



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Πληροφοριακά Συστήματα Υπολογιστικού Νέφους : Πρότυπα, Εφαρμογές και Εξελίξεις
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Σταμάτιος Βασιλακόπουλος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ 09022
Κατεύθυνση	Δικτυοκεντρικά Πληροφοριακά Συστήματα
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Πειραιώς-Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα
Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής

Ημερομηνία Παράδοσης **Ιανουάριος 2012**



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Χρήστος Δουληγέρης,
Καθηγητής

Δημήτριος Βέργαδος
Λέκτορας

Παναγιώτης
Κοτζανικολάου
Λέκτορας

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ - ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	13
2.1. ΟΡΙΣΜΟΙ.....	13
2.2. ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ.....	15
2.3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	16
2.4. ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΤΥΧΕΣ	16
3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	18
3.1. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ.....	19
3.2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΝΙΣΤ	21
3.2.1. <i>Βασικά Χαρακτηριστικά</i>	21
3.2.2. <i>Μοντέλα επέκτασης</i>	22
3.2.3. <i>Μοντέλα Υπηρεσιών</i>	25
3.2.4. <i>Περίληψη της αρχιτεκτονικής υπολογιστικού νέφους</i>	28
4. ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΝΕΦΟΥΣ - ΡΟΛΟΙ.....	29
4.1. ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΝΕΦΟΥΣ	29
4.2. ΤΥΠΟΙ ΧΡΗΣΤΩΝ – ΡΟΛΟΙ.....	33
5. ΠΑΡΟΧΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ.....	41
5.1. ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	42
5.1.1. <i>Υπηρεσίες Cloud Computing της Amazon.com</i>	42
5.1.2. <i>Η πλατφόρμα Azure της Microsoft</i>	48
5.1.3. <i>Η Google App Engine</i>	49
5.1.4. <i>Σύγκριση των Amazon, Google, Microsoft</i>	50

5.1.5.	Bluelock και VMware	53
5.1.6.	Fujitsu Global Cloud Platform	55
5.1.7.	Εργαλεία στο σχεδιασμό Υπολογιστικού νέφους	55
5.1.8.	Λειτουργικά συστήματα νέφους	57
5.2.	ΣΥΜΦΩΝΙΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (SLA'S)	58
5.2.1.	Υποσχέσεις	59
5.2.2.	Περιορισμοί	60
5.2.3.	Υποχρεώσεις	61
5.2.4.	Συστάσεις	61
5.3.	CLOUD SLA MANAGEMENT (CSM)	63
5.4.	ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΝΕΦΟΥΣ	65
6.	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	67
6.1.	ΧΡΕΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ MICROSOFT AZURE	69
6.2.	ΧΡΕΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ AMAZON	71
6.3.	ΠΟΛΥΜΙΣΘΩΣΗ	73
7.	ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑ	75
7.1.	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ	77
7.2.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ	78
7.3.	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑ	80
7.4.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑ	81
7.5.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ	82
7.5.1.	Διαλειτουργικότητα ανά μοντέλο υπηρεσιών	82
7.5.2.	Διαλειτουργικότητα ανά μοντέλο επέκτασης	84
8.	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	87

8.1.	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΙΕΕΕ	87
8.2.	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ISO/IEC	87
8.3.	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ETSI	89
8.4.	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΛΟΙΠΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	89
9.	ΟΦΕΛΗ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	92
9.1.	ΟΦΕΛΗ	93
9.2.	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	97
10.	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	100
10.1.	ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ	100
10.2.	ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ	101
11.	ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	104
11.1	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	106
11.2	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	110
11.3	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	111
11.4	ΑΝΟΙΧΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	112
	11.5.1. Θέματα στην επικοινωνία	112
	11.5.2. Θέματα υπολογιστικής	113
12.	ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	118

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την αύξηση της χρήσης Διαδικτύου, τον πολλαπλασιασμό των κινητών συσκευών, και την ανάγκη για την αποδοτικότητα ενέργειας και επεξεργασίας, το πεδίο είναι ανοιχτό για ένα διαφορετικό μοντέλο υπολογισμού, την ιδέα του υπολογιστικού νέφους. Αυτή την ιδέα έρχεται να υλοποιήσει το υπολογιστικό νέφος. Αν και δεν υπάρχει κάποιος στενός ορισμός για την έννοια του υπολογιστικού νέφους, η ιδέα της ολότητας πληροφορικής ως υπηρεσία είναι η βάση για τον ορισμό του υπολογιστικού νέφους. Το συνονθύλευμα των σημερινών τεχνολογιών της επιστήμης της πληροφορικής έρχεται να προσφερθεί ως υπηρεσία υπολογιστικής ισχύος, αποθήκευσης, διαχείρισης εφαρμογών, ψυχαγωγίας, κοινωνικής δικτύωσης και πάσης υπολογιστικής φύσεως παροχή μέσα από το νέφος.

Η παρούσα διατριβή έχει σκοπό να αποτυπώσει τη τρέχουσα κατάσταση, τις εξελίξεις και μελλοντικές κατευθύνσεις της πλέον επίκαιρης τάσης της πληροφορικής, αυτή του υπολογιστικού νέφους. Ως αποτέλεσμα της ποικιλομορφίας του διαδικτύου και των εμπλεκόμενων τεχνολογιών και συσκευών, η έρευνα του υπολογιστικού νέφους συναντά σημαντικά εμπόδια όπως η αδυναμία εγκαθίδρυσης ισχυρών προτύπων καθοδόν προς τη διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων, Επιπλέον το βάρος της έρευνας πρόσφατα έχει επικεντρωθεί στα συστήματα κινητού υπολογιστικού νέφους τα οποία είναι η επέκταση του υπολογιστικού νέφους για την ενσωμάτωση κινητών υπολογιστικών συσκευών. Συνεπώς τα ήδη γνωστά θέματα που επηρεάζουν την ποιότητα των ασύρματων δικτύων έρχονται να κλιθούν αντιμετώπια στις υλοποιήσεις υπολογιστικού νέφους. Η παρούσα εργασία κάνει εκτενείς αναφορές για το κινητό νέφος προς σ'αυτήν την κατεύθυνση, δίνοντας μια γενική εικόνα για την τρέχουσα έρευνα και τα υπάρχοντα συστήματα και αρχιτεκτονικές.

Το περιεχόμενο της μελέτης εκτείνεται σε 12 κεφάλαια με στόχο να παρουσιάσει όσο το δυνατόν περισσότερες πτυχές του υπολογιστικού νέφους. Ως αναγκαιότητα παρουσιάζονται τα υπάρχοντα μοντέλα αρχιτεκτονικής του νέφους με κύριο και επικρατέστερο εκείνο του NIST. Εκτενής αναφορά γίνεται στις επικρατέστερες υπάρχουσες λύσεις υπολογιστικού νέφους της αγοράς καθώς στην τιμολογιακή πολιτική που ακολουθούν οι πάροχοι υπηρεσιών νέφους της διεθνούς αγοράς. Σημαντικό ζήτημα στην ίδια κατεύθυνση είναι και η μελέτη της σύστασης συμβολαίων και συμβάσεων επιπέδου υπηρεσίας μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών στην αρχιτεκτονική του υπολογιστικού νέφους. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στα υπάρχοντα και υπό έρευνα πρότυπα υπολογιστικού νέφους προς την κατεύθυνση της διαλειτουργικότητας και της ποιότητας υπηρεσίας. Ίσως το σημαντικότερο τομέα έρευνας του υπολογιστικού νέφους αποτελούν τα συστήματα κινητού υπολογιστικού νέφους για τα οποία γίνεται εκτενής μελέτη. Τέλος παρουσιάζεται ως επίλογος μία σύνοψη της επικρατούσας κατάστασης και των προσδοκιών για την πολλά υποσχόμενη ανάπτυξη των συστημάτων υπολογιστικού νέφους.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών της επεξεργασίας και αποθήκευσης και τη γιγάντωση του Διαδικτύου, οι υπολογιστικοί πόροι έχουν γίνει φτηνότεροι, ισχυρότεροι και με μεγαλύτερη διαθεσιμότητα από ποτέ. Οι τεχνολογίες εικονικοποίησης (virtualization) έχουν ωριμάσει και αποτελούν πλέον μια αξιόπιστη λύση για την αποδέσμευση των εφαρμογών λογισμικού από το υλικό. Αυτές οι τεχνολογικές τάσεις έχουν επιτρέψει τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου υπολογισμού αποκαλούμενου υπολογιστικό νέφος, στο οποίο οι πόροι (π.χ., υπολογιστική ισχύς και αποθήκευση) παρέχονται ως γενικές λειτουργίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται επί μισθώσεως από τους χρήστες μέσω του Διαδικτύου με τρόπο που να χρεώνονται μόνο κατά παραγγελία (on-demand).

Γενικότερα, το υπολογιστικό νέφος είναι επεξεργασία, αποθήκευση, λογισμικό και πληροφορία που προσφέρεται στους χρήστες του κατά απαίτηση μέσω διαδικτύου είτε σε υπολογιστές είτε σε φορητές συσκευές και smartphones. Είναι επίσης ένας τρόπος δυναμικά εξελικτικής παροχής πόρων ως υπηρεσίες μέσω διαδικασιών εικονικοποίησης.

Με το υπολογιστικό νέφος, οι τελικοί χρήστες και οι επιχειρήσεις μπορούν απλά να αποθηκεύσουν και να επεξεργαστούν τα δεδομένα σε ένα "νέφος," που είναι ένα εικονικό περιβάλλον που ενσωματώνει τα κέντρα δεδομένων, τις υπηρεσίες, τις εφαρμογές, αλλά και το εξειδικευμένο προσωπικό των παρόχων της πληροφορικής ως υπηρεσίας.

Στο παράδειγμα της καθημερινότητας μας, θα δούμε ότι ο καθένας αποθηκεύει τα αρχεία του ή τις φωτογραφίες στο διαδίκτυο. Συμμετέχει σε σελίδες κοινωνικής δικτύωσης (π.χ. twitter, facebook) και δημιουργεί ιστολόγια. Κατά συνέπεια, οι περισσότεροι από μας είναι πράγματι ήδη σε υπολογιστικά νέφη, είτε το ξέρουμε είτε όχι. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, και τα δεδομένα και η εφαρμογή αποθηκεύονται σε κάποιον μακρινό εξυπηρετητή, παρά στον υπολογιστή γραφείου, το φορητό υπολογιστή, ή κάποια άλλη υπολογιστική συσκευή.

Το υπολογιστικό νέφος είναι ελκυστικό στις επιχειρήσεις δεδομένου ότι αποβάλλει από τους χρήστες την απαίτηση να προ-προγραμματίσουν για τις απαιτούμενες παροχές, και επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αρχίσουν από λίγους και να αυξήσουν τους πόρους μόνο όταν υπάρχει αύξηση στην απαίτηση υπηρεσιών. Αποβάλλεται συνεπώς η ανάγκη για μεγάλες επενδύσεις σε εξοπλισμό κέντρου δεδομένων, συντήρησης και προσωπικού τεχνολογίας της πληροφορικής. Εκτός όμως από τη μείωση κόστους, το υπολογιστικό νέφος επιτρέπει στις επιχειρήσεις να παραμείνουν ευέλικτες σε πιθανές αλλαγές των απαιτήσεων της αγοράς. Εάν μια επιχείρηση πρέπει να κλιμακωθεί γρήγορα με αύξηση ή μείωση της υπολογιστικής ισχύος και της υποδομής δικτύου, μπορεί απλά να πληρώσει για περισσότερους κατά παραγγελία υπολογιστικούς πόρους διαθέσιμους από τους παρόχους υπηρεσιών νέφους.

Παρόλα αυτά προκύπτουν και ανασταλτικοί παράγοντες για την υιοθέτηση του νέφους, οι κύριοι από τους οποίους είναι η έλλειψη προτυποποίησης προς τη διαλειτουργικότητα και κατ'επέκταση την ποιότητα υπηρεσίας καθώς και η ανασφάλεια του χρήστη για τη ακριβή θέση των δεδομένων. Η παρούσα μελέτη προσπαθεί να καλύψει όλους τους τομείς δραστηριότητας και έρευνας στην εξέλιξη του υπολογιστικού νέφους. Συγκεκριμένα η έκταση της μελέτης διαρθρώνεται σε 12 κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορες απόψεις και ορισμοί για την έννοια του υπολογιστικού νέφους για την ασφαλή εισαγωγή του αναγνώστη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο νέφος. Μολονότι οι ορισμοί για το υπολογιστικό νέφος είναι πολλοί και διαφορετικοί, η ιδέα παραμένει στην προσφορά όλων των πτυχών της πληροφορικής ως υπηρεσία. Η αρχιτεκτονική του νέφους που

παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3 χωρίζει αυτή την προσφορά των υπηρεσιών σε επίπεδα σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών. Η πιο εδραιωμένη άποψη σχετικά με τη γενική αρχιτεκτονική του νέφους είναι αυτή που δίνεται από το National Institute of Standards and Technology και μελετάται στο παρόν.

Το τέταρτο κεφάλαιο έχει ως στόχο να παρουσιάσει τους ρόλους οι οποίοι εμπλέκονται στην αρχιτεκτονική του υπολογιστικού νέφους, σε ποιες υπηρεσίες απευθύνονται καθώς και τις κατηγορίες εφαρμογών σύμφωνα με τα μοντέλα υπηρεσιών νέφους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στις υπάρχουσες επικρατέστερες εμπορικές λύσεις υπολογιστικού νέφους καθώς και στους παρόχους υπηρεσιών νέφους. Συγκεκριμένα αναλύονται οι υποσχέσεις, οι υποχρεώσεις και οι περιορισμοί που διέπουν τις συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών (SLA's). Το έκτο κεφάλαιο αφορά τον τομέα της τιμολογιακής πολιτικής. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες υπάρχουσες φόρμουλες υπολογισμού του κόστους για τις υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους, ενώ παράλληλα γίνεται μια ανάλυση αγοράς για τις ισχύουσες τιμές υπηρεσιών μεταξύ των κύριων παρόχων νέφους αυτή τη στιγμή.

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται μελέτη με κατεύθυνση τη διαλειτουργικότητα και τη φορητότητα μεταξύ συστημάτων και λύσεων υπολογιστικού νέφους. Είναι ένα φλέγον ζήτημα για την ώρα καθώς αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αξιοπιστία και την ποιότητα υπηρεσιών που βιώνει ο χρήστης. Ένα πολύ σημαντικό θέμα και μάλιστα ένας από τους ανασταλτικούς παράγοντες υιοθέτησης του υπολογιστικού νέφους από τους οργανισμούς είναι η ελλιπής προτυποποίηση. Το κεφάλαιο 8 ακολουθεί για να παρουσιάσει την τρέχουσα κατάσταση όσον αφορά τις ενέργειες προτυποποίησης των διαδικασιών του νέφους. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι προσπάθειες και τα ανοιχτά projects των οργανισμών προτυποποίησης όπως οι IEEE, ETSI, ISO/IEC άλλοι οργανισμοί και ερευνητικών ομάδων. Στο ένατο κεφάλαιο γίνεται μία σύνοψη όσον αφορά τα πλεονεκτήματα, τα οφέλη, αλλά και τα μειονεκτήματα σε υλοποιήσεις υπολογιστικού νέφους. Στο κεφάλαιο 10 παρουσιάζονται οι εξελίξεις οι έρευνα και οι στατιστικές για το μέλλον του υπολογιστικού νέφους ενώ στο κεφάλαιο 11 γίνεται εκτενής μελέτη στα συστήματα κινητού υπολογιστικού νέφους όντας η πιο φλέγουσα τάση των τελευταίων μηνών. Συγκεκριμένα μελετώνται η αρχιτεκτονική, οι εφαρμογές, τα πλεονεκτήματα αλλά και τα ανοιχτά θέματα που προκύπτουν στην αγορά από τη σύγκλιση του τεράστιου πλέον αριθμού φορητών υπολογιστικών συσκευών και του υπολογιστικού νέφους.

2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ - ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Γενικότερα επικρατεί μια ευρύτητα στην προσπάθεια προσδιορισμού του νέφους ακόμα και ανάμεσα στην επιστημονική κοινότητα. Υπάρχει αρκετή σύγχυση γύρω από τον ορισμό του υπολογιστικού νέφους. Ο γράφων προσπαθεί να δώσει μια πλήρη εικόνα των δυνατοτήτων των εφαρμογών υπολογιστικού νέφους και όχι να δώσει έναν στενό ορισμό. Η ευρύτητα και οι ανεξάντλητες δυνατότητες του νέφους δεν επιτρέπουν το στενό του προσδιορισμό. Για τον ίδιο όμως λόγο προκύπτουν σύνθετα προβλήματα και εμπόδια στην εφαρμογή και διαλειτουργικότητα όπως παρουσιάζονται στα κεφάλαιο 7.

Πριν εισχωρήσουμε βαθύτερα στο θέμα της αρχιτεκτονικής θα δούμε μερικούς από τους ορισμούς για το υπολογιστικό νέφος που έχουν δοθεί κατά καιρούς από ανθρώπους της πληροφορικής είτε στην ακαδημαϊκή κοινότητα και τους ερευνητικούς οργανισμούς, είτε στην αγορά της πληροφορικής .

Η βασική διαφορά μεταξύ αυτού και άλλων «συγγενικών» προσεγγίσεων, όπως το grid computing ή το utility computing, είναι στην έννοια της αφαίρεσης των υπηρεσιών από τα προϊόντα. Αυτό γίνεται με την εικονικοποίηση των σύνθετων δικτύων, server, και εφαρμογών που χρησιμοποιούνται από πίσω έτσι ώστε η πληροφορική είναι πιο προσιτή στον καθένα οποιοδήποτε μεγέθους κι αν είναι οι ανάγκες του. Έτσι τα υπολογιστικά συστήματα γίνονται πιο προσιτά για χρήση σε ανθρώπους χωρίς πολλές τεχνικές γνώσεις και επιτρέπει στους χρήστες ακόμα και να δημιουργήσουν λογισμικό σε «έτοιμες» πλατφόρμες.

2.1. Ορισμοί

Παρακάτω παρουσιάζονται οι απόψεις μερικών σημαντικών ανθρώπων στο χώρο των εξελίξεων της πληροφορικής όσον αφορά τον ορισμό του υπολογιστικού νέφους. Ο Kirill Sheynkman μέλος συμβουλίου των GridGain Systems αναφέρει ότι "το μοντέλο του υπολογιστικού νέφους έχει εστιάσει αρχικά στο να κάνει το επίπεδο του υλικού (hardware) καταναλώσιμο ως κατά βούληση επεξεργαστική ισχύ και αποθηκευτικό χώρο. Αυτό είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα, αλλά για να εκμεταλλευτούν οι επιχειρήσεις τη δύναμη του νέφους, πρέπει να διαμορφωθεί πλήρης υποδομή εφαρμογής, να επεκταθεί, και να προσαρμοστεί δυναμικά σε αυτά τα εικονικά περιβάλλοντα υλικού."

Ο Steve Jobs, ιδρυτής της Apple σε ομιλία του πίσω στο 1997 αναφέρει την εμπειρία του ως απλός χρήστης με 4 προσωπικούς υπολογιστές σε απομακρυσμένες γεωγραφικά τοποθεσίες. Αυτό που έκανε ήταν να έχει πρόσβαση στα προσωπικά του δεδομένα και να τα ανανεώνει να ήταν κάθε φορά στον τοπικό σκληρό δίσκο. Πολύ αργότερα, το 2011 στο WWDC, το περιέγραψε ως "σκληρό δίσκο στον ουρανό". Το παραπάνω σενάριο παρουσιάζει μια πρώιμη έννοια του νέφους από πλευράς εικονικοποίησης αποθήκευσης σε επίπεδο hardware. Αυτό που έρχεται να προστεθεί στον σημερινό ορισμό του υπολογιστικού νέφους είναι η γενικότερη πληροφορική ως προσφερόμενη υπηρεσία. Προς αυτή την κατεύθυνση ένας σύγχρονος και πολύ κατατοπιστικός ορισμός είναι αυτός που αναφέρουν οι Armbrust κ συνεργάτες στο [1] ως εξής "Το υπολογιστικό νέφος αναφέρεται στις εφαρμογές που παραδίδονται ως υπηρεσίες μέσω του διαδικτύου, στα υπολογιστικά μηχανήματα (hardware) και στο λογισμικό (software) που βρίσκονται σε ένα κέντρο πληροφοριών που παρέχει αυτές τις υπηρεσίες". Μια ακόμα ενδιαφέρουσα άποψη παραθέτει ο Kevin Hartig, διευθυντής του open source Assimilator project της Sun Microsystems. " Το υπολογιστικό νέφος επικαλύπτει μερικές από τις έννοιες των

distributed, grid και utility computing, έχει όμως την δική του έννοιά εάν συμφραστικά χρησιμοποιείται σωστά. Το υπολογιστικό νέφος πραγματικά έχει πρόσβαση στους πόρους και τις υπηρεσίες που πρέπει να εκτελέσουν λειτουργίες με δυναμικά μεταβαλλόμενες ανάγκες. Ένας υπεύθυνος για την ανάπτυξη εφαρμογής ή υπηρεσιών ζητά την πρόσβαση από το νέφος παρά από ένα συγκεκριμένο τερματικό σημείο ή έναν καθορισμένο πόρο. Αυτό που συμβαίνει στο νέφος είναι ότι διαχειρίζεται πολλαπλές υποδομές από πολλαπλούς οργανισμούς και αποτελείται από ένα ή περισσότερα πλαίσια που επιστρώνονται πάνω από τις υποδομές και τις συνδέουν. Το νέφος είναι εικονικοποίηση των πόρων και διατηρείται και ρυθμίζεται από μόνο του." [2].

Ο κύριος λόγος για την ύπαρξη των διαφορετικών αντιλήψεων για το υπολογιστικό νέφος είναι ότι το υπολογιστικό νέφος, αντίθετα από άλλους τεχνικούς όρους, δεν είναι μια νέα τεχνολογία, αλλά μάλλον ένα νέο πρότυπο διαδικασιών που συγκεντρώνει ένα σύνολο υπαρχουσών τεχνολογιών για να διευθύνει μια επιχείρηση με έναν διαφορετικό τρόπο (Zhang κ συνεργάτες) [10].

Πράγματι, οι περισσότερες από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο υπολογιστικό νέφος, όπως η εικονικοποίηση και η βασισμένη στην στην χρησιμότητα τιμολόγηση, δεν είναι νέες. Αντ' αυτού, το υπολογιστικό νέφος χρησιμοποιεί αυτές τις υπάρχουσες τεχνολογίες για να καλύψει τις τεχνολογικές και οικονομικές απαιτήσεις της σημερινής ζήτησης στην την τεχνολογία πληροφοριών.

Ας σκεφτούμε τώρα το νέφος από την πλευρά του καταναλωτή. Σαν δύο απλά παραδείγματα δημόσιου νέφους σε επίπεδο καταναλωτή, ας δούμε το Google mail και το YouTube. Από αυτά τα sites οι χρήστες έχουν πρόσβαση στα δεδομένα υπό μορφή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, εικόνων, και βίντεο από οποιαδήποτε συσκευή που έχει μια σύνδεση με το Διαδίκτυο. Όταν οι χρήστες μεταφορτώνουν e-mails ή «στριμάρουν» βίντεο, δεν ξέρουν από που ακριβώς τα δεδομένα προήλθαν ή πήγαν. Αντ' αυτού, απλά ξέρουν ότι τα δεδομένα τους βρίσκονται κάπου μέσα στο νέφος. Στην πραγματικότητα, το υπολογιστικό νέφος περιλαμβάνει πολύ περισσότερη πολυπλοκότητα από τα προηγούμενα δύο παραδείγματα και είναι αυτή η πολυπλοκότητα που κάνει το υπολογιστικό νέφος να δείχνει ευεργετικό στους μεμονωμένους καταναλωτές αλλά και τις μεγάλες επιχειρήσεις. Το υπολογιστικό νέφος είναι μια νέα τεχνολογία από την οποία πολλές διαφορετικές βιομηχανίες και άτομα μπορούν να ωφεληθούν. Η έννοια είναι απλή. Το νέφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει τις υπηρεσίες που ειδήλως θα έπρεπε να εγκατασταθούν σε έναν προσωπικό υπολογιστή.

Οι Hu και συνεργάτες. [11] αναφέρουν ότι το υπολογιστικό νέφος είναι από πολλές απόψεις ένα συνονθύλευμα διαφορετικών τεχνολογιών της πληροφορικής και εννοιών όπως το grid computing, η εικονικοποίηση, η αυτόνομη υπολογιστική, η υπηρεσιοκεντρική αρχιτεκτονική (SOA), τα δίκτυα peer-to-peer (P2P) και η επί παντός πληροφορική (ubiquitous computing). Υπό αυτήν τη μορφή, το υπολογιστικό νέφος έχει κληρονομήσει πολλά από τα οφέλη και τα μειονεκτήματα αυτών των τεχνολογιών. Μια από τις κύριες κατευθυντήριες δυνάμεις πίσω από την ανάπτυξη του υπολογιστικού νέφους ήταν να χρησιμοποιηθούν πλήρως οι ήδη υπάρχοντες, αλλά υποχρησιμοποιούμενοι υπολογιστικοί πόροι στα κέντρα δεδομένων [11].

Το Amazon έπλασε τη λέξη "ελαστικότητα" και δίνει μια καλή ιδέα για τα κύρια χαρακτηριστικά του νέφους: η διαβάθμιση των πόρων για την επιχείρηση μπορεί να επιτευχθεί εντός λεπτών ή ακόμα και τα δευτερολέπτων, αντί για ημέρες ή εβδομάδες, έτσι αποφεύγεται η υποχρησιμοποίηση ή και η υπερχρησιμοποίηση των πόρων για την επιχείρηση.

2.2. Γνωρίσματα του νέφους

Το υπολογιστικό νέφος είναι η πολυπρόθητη για πολλά χρόνια έννοια της ολότητας της πληροφορικής ως υπηρεσία. Έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει ένα τεράστιο μέρος της βιομηχανίας της πληροφορικής, καθιστώντας τον τρόπο που το λογισμικό σχεδιάζεται και διατίθεται, ελκυστικό και λειτουργικό. Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών διαδικτύου δεν απαιτούν πλέον μεγάλο αρχικό υλικό κεφάλαιο για να επεκτείνουν την υπηρεσία τους ή ανθρώπινες δαπάνες για να το λειτουργήσουν.

Από τη σκοπιά του υλικού, τρεις πτυχές είναι νέες στο υπολογιστικό νέφος.

1. Η παραίτηση των άπειρων διαθέσιμων υπολογιστικών πόρων κατόπιν αιτήσεως (on demand). Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφεται η ανάγκη των χρηστών του νέφους για προσχέδιο χρησιμοποίησης πόρων.

2. Αποκλείει από τους χρήστες την εκ των προτέρων δέσμευση. Αποβάλλει έτσι από τους χρήστες την απαίτηση να προσχεδιάσουν για τις απαιτούμενες παροχές, και επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αρχίσουν από λίγους και να αυξήσουν τους πόρους μόνο όταν υπάρχει αύξηση στην απαίτηση υπηρεσιών.

3. Η δυνατότητα πληρωμής για τη χρήση των υπολογιστικών πόρων σε βραχυπρόθεσμη βάση και όσο χρειάζεται (π.χ., επεξεργαστές ανά ώρα και αποθήκευση ανά ημέρα) και η επαναμίσθωση αυτών αν απαιτείται, έτσι αποδεσμεύονται οι πόροι όταν δεν είναι αναγκαίοι γλιτώνοντας έτσι σε συντήρηση και κατανάλωση.

Τέλος οι Zhang και συνεργάτες [10] παραθέτουν συνοπτικά στους λόγους για τους οποίους το υπολογιστικό νέφος είναι πολλά υποσχόμενο για τις επιχειρήσεις.

Καμία αρχική επένδυση: Το υπολογιστικό νέφος χρησιμοποιεί πρότυπο τιμολόγησης τύπου «πλήρωσε όσο καταναλώνεις» (pay as you go). Δηλαδή ένας φορέας παροχής υπηρεσιών δεν πρέπει να επενδύσει στην υποδομή για να αρχίσει να επωφελείται από το υπολογιστικό νέφος. Νοικιάζει απλά τους πόρους από το νέφος σύμφωνα με τις ανάγκες του και πληρώνει για την τρέχουσα χρήση.

Μείωση της λειτουργικής δαπάνης: Οι πόροι σε ένα περιβάλλον νέφους μπορούν να διατεθούν γρήγορα και να αποδεσμευθούν μετά κατ' απαίτηση. Ως εκ τούτου, ένας οργανισμός δεν χρειάζεται πλέον να προσχεδιάζει σύμφωνα με το μέγιστο φορτίο. Αυτό παρέχει τεράστια αποταμίευση δεδομένου ότι οι πόροι μπορούν να αποδεσμευθούν για να γλιτώσουν σε λειτουργικές δαπάνες όταν η ζήτηση υπηρεσιών είναι χαμηλή.

Υψηλή εξελικτικότητα: Οι πάροχοι υποδομής συγκεντρώνουν μεγάλο ποσό πόρων από τα κέντρα δεδομένων και τους καθιστούν ευπρόσιτους. Ένας φορέας παροχής υπηρεσιών μπορεί εύκολα να επεκτείνει την υπηρεσία του σε μεγάλες κλίμακες προκειμένου να αντιμετωπιστεί η γρήγορη αύξηση στις απαιτήσεις των υπηρεσιών.

Εύκολη πρόσβαση: Οι υπηρεσίες που φιλοξενούνται στο νέφος είναι γενικά βασισμένες στο WEB. Επομένως, είναι ευπρόσιτες μέσω ποικίλων συσκευών με σύνδεση στο Διαδίκτυο. Αυτές οι συσκευές περιλαμβάνουν όχι μόνο PCs και laptops, αλλά και κινητά τηλέφωνα και PDAs.

Μείωση των επιχειρησιακών κινδύνων και των δαπανών συντήρησης: Με τη μεταφορά της υποδομής υπηρεσιών στα νέφη, ένας οργανισμός μετατοπίζει τους επιχειρησιακούς κινδύνους του (όπως οι αποτυχίες υλικού) στους παρόχους υποδομής, οι οποίοι έχουν συχνά καλύτερη πείρα και είναι καλύτερα εξοπλισμένοι για τη διαχείριση αυτών των κινδύνων. Επιπλέον, ένας φορέας παροχής υπηρεσιών μπορεί να περικόψει τη συντήρηση υλικού και τις δαπάνες κατάρτισης προσωπικού IT.

2.3. Βασικές τεχνολογίες Υπολογιστικού Νέφους

Εικονικοποίηση. Με την εικονικοποίηση, οι εφαρμογές και η υποδομή είναι ανεξάρτητες, επιτρέποντας στους servers να μοιραστούν πολλές εφαρμογές που τρέχουν ουσιαστικά οπουδήποτε στον κόσμο. Αυτό είναι δυνατό εφ' όσον η εφαρμογή είναι εικονικοποιημένη. Η εικονικοποίηση της εφαρμογής στο νέφος σημαίνει να «πακεταριστούν» όλα τα bits της εφαρμογής με όλα όσα χρειάζεται για να τρέξει, συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων της βάσης δεδομένων, του υλικολογισμικού (middleware) και του λειτουργικού συστήματος. Αυτή η αυτόνομη μονάδα της οικονικοποιημένης εφαρμογής μπορεί να τρέξει οπουδήποτε στον κόσμο [1]. Η εικονικοποίηση ενεργοποιεί επίσης τα αποκαλούμενα sandboxes. Το Sandboxes προσδίδουν έναν υψηλότερο βαθμό ασφάλειας και αξιοπιστίας με την παροχή ενός μηχανισμού που ενθυλακώνει και τρέχει τα προγράμματα πιο ακίνδυνα. Κατά την Intel, ένα sandbox χρησιμοποιείται συνήθως για "να εκτελέσει μη δοκιμασμένο κώδικα, ή προγράμματα από μη διαπιστευμένους τρίτους, προμηθευτές και μη εμπιστευμένους χρήστες".

Εξισορρόπηση φορτίου. Η εξισορρόπηση φορτίου είναι το κλειδί της επιτυχίας για τις αρχιτεκτονικές νέφους. Διαμοιράσει τις διαδικασίες εργασίας ομοιόμορφα μεταξύ 2 ή περισσότερων υπολογιστών, έτσι ώστε οι πόροι να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά και επομένως αυξάνεται η απόδοση και η διαθεσιμότητα. Ο αποκαλούμενος εξισορροπιστής φορτίου (load balancer) είναι ικανός να εξετάζει αυτόματα το διαφορετικό φόρτο εργασίας με προσαρμογή των αποφάσεων διανομής σύμφωνα με τη στιγμή που γίνεται ένα αίτημα. Λύσεις εξισορρόπησης φορτίου χρησιμοποιούνται συχνά στις υπηρεσίες Διαδικτύου, όπου η ιδέα της εξισορρόπησης φορτίου διαχειρίζεται από την εφαρμογή.

2.4. Μη λειτουργικές πτυχές

Οι μη λειτουργικές πτυχές αντιπροσωπεύουν τις ιδιότητες ενός συστήματος, και όχι συγκεκριμένες τεχνολογικές απαιτήσεις. Μπορούν να πραγματοποιηθούν και να ερμηνευθούν με διαφορετικούς τρόπους που μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες επιπτώσεις στη συμβατότητα και διαλειτουργικότητα μεταξύ των επιμέρους παρόχων καθώς ακολουθούν το ο καθένας τη δική του προσέγγιση για να ικανοποιήσουν τις αντίστοιχες απαιτήσεις, οι οποίες διαφέρουν

έντονα μεταξύ των παρόχων. Οι μη λειτουργικές πτυχές είναι ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα νέφη διαφέρουν τόσο έντονα στην ερμηνεία τους.

Οι σημαντικότερες μη λειτουργικές πτυχές είναι:

Η ελαστικότητα είναι ένα ουσιαστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των συστημάτων νέφους και περιγράφει την ικανότητα της υποδομής να προσαρμόζεται στην αλλαγή των ενδεχομένων μη λειτουργικών απαιτήσεων, π.χ το μέγεθος των δεδομένων που υποστηρίζονται από μια εφαρμογή, τον αριθμό ταυτόχρονων χρηστών κ.λπ. Κάποιος μπορεί να διακρίνει μεταξύ της οριζόντιας και κάθετης εξελισιμότητας. Η *οριζόντια εξελισιμότητα* αναφέρεται στην ποσότητα των υπολογιστικών μονάδων που χρειάζονται για την ικανοποίηση π.χ του μεταβαλλόμενου αριθμού αιτημάτων. Η *κάθετη εξελισιμότητα* αναφέρεται στο μέγεθος των ίδιων των υπολογιστικών μονάδων και μ'αυτό εννοείται η ποσότητα των πόρων που απαιτούνται για να διατηρηθεί το μέγεθος τους. Η εξελισιμότητα στο νέφος περιλαμβάνει κλιμάκωση και προς τα πάνω και προς τα κάτω. Η ελαστικότητα επιτρέπει τη δυναμική ολοκλήρωση και την εξαγωγή των φυσικών πόρων στην υποδομή. Γενικά, υποτίθεται ότι οι αλλαγές στην υποδομή των πόρων αναγγέλλονται πρώτα στο διαχειριστή του υλικολογισμικού (middleware), αλλά στα συστήματα μεγάλης κλίμακας είναι ζωτικής σημασίας ότι τέτοιες αλλαγές μπορούν να διενεργηθούν αυτόματα.

Οι ώρες που αγοράζονται μέσω του υπολογιστικού νέφους μπορούν να διανεμηθούν μη-ομοιόμορφα στην δικτυωμένη σε αυτό κοινότητα. Για παράδειγμα με τη χρήση 100 ωρών server σήμερα και καμίας ώρας αύριο, η πληρωμή αφορά μόνο το χρόνο για τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, η απουσία αρχικής κύριας δαπάνης επιτρέπει στο κεφάλαιο να αναπροσανατολιστεί στην επιχειρησιακή επένδυση. Προς αυτή την κατεύθυνση οι Armbrust κ' συνεργάτες [1] υποστηρίζουν ότι ακόμα κι αν το μοντέλο *pay as you go* μπορεί να είναι ακριβότερο από την αγορά ενός συγκρίσιμου server κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου, το κόστος αντισταθμίζεται από τα εξαιρετικά σημαντικά οικονομικά οφέλη της ελαστικότητας του υπολογιστικού νέφους και τη μεταφορά του κινδύνου, και ειδικά τους κινδύνους υποχρησιμοποίησης και του κορεσμού των πόρων.

Η βασική παρατήρηση στην ελαστικότητα είναι ότι η δυνατότητα του υπολογιστικού νέφους να προστεθούν ή να αφαιρεθούν οι πόροι με ποσοτική ακρίβεια (ένας server τη φορά για το EC2) και με μια χρονική ανοχή λεπτών αντί εβδομάδων επιτρέπει το ταίριασμα των πόρων στο φόρτο εργασίας με περισσότερη ακρίβεια. Οι παγκόσμιες εκτιμήσεις της χρησιμοποίησης των server στα datacenters κυμαίνονται από 5% ως 20% [1]. Μπορεί να ακούγεται πολύ χαμηλό, αλλά είναι σύμφωνο με την παρατήρηση ότι για πολλές υπηρεσίες ο μέγιστος φόρτος εργασίας υπερβαίνει το μέσο όρο με παράγοντα 2 έως και 10 [1].

Η αξιοπιστία είναι απαραίτητη προϋπόθεση για όλα τα συστήματα νέφους προκειμένου να υποστηρίζονται οι σύγχρονες εφαρμογές στα κέντρα δεδομένων στο νέφος. Η αξιοπιστία θεωρείται ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του νέφους. Η αξιοπιστία δείχνει την ικανότητα να εξασφαλιστεί σταθερή λειτουργία του συστήματος χωρίς διακοπές, π.χ καμία απώλεια δεδομένων. Η αξιοπιστία επιτυγχάνεται μέσω της περιπτής χρησιμοποίησης των πόρων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι, πολλές από τις πτυχές της αξιοπιστίας κινούνται από το υλικό προς κάποια λύση βασισμένη στο λογισμικό. Ειδικότερα, υπάρχει μια ισχυρή σχέση μεταξύ της διαθεσιμότητας (βλ. κατωτέρω) και της

αξιοπιστίας, εντούτοις, η αξιοπιστία εστιάζει ειδικότερα στην πρόληψη της απώλειας δεδομένων και της διαδικασίας της εκτέλεσης κώδικα.

Η Ποιότητα της υποστήριξης **υπηρεσιών (Quality of Service – QoS)** είναι μια σχετική ικανότητα που είναι ουσιαστική σε πολλές περιπτώσεις χρήσης όπου συγκεκριμένες απαιτήσεις πρέπει να καλυφθούν από τις μεταφερόμενες στο νέφος υπηρεσίες ή/και πόρους. Στις περιπτώσεις των επιχειρήσεων, οι βασικές μετρικές QoS όπως ο χρόνος απόκρισης, το εύρος ζώνης κ.λπ. πρέπει να εγγυηθούν στο ελάχιστο, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι συναντώνται οι εγγυήσεις ποιότητας του χρήστη. Η αξιοπιστία είναι μια ιδιαίτερη πτυχή του QoS που διαμορφώνει μια συγκεκριμένη απαίτηση ποιότητας.

Η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα είναι ουσιαστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των συστημάτων νέφους που αφορούν έντονα την ελαστική ικανότητα. Περιλαμβάνουν την έγκαιρη αντίδραση στις αλλαγές στον αριθμό των αιτημάτων και το μέγεθος των πόρων, αλλά και προσαρμογή στις αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών που απαιτούν διαφορετικούς τύπους πόρων, διαφορετική ποιότητα ή διαφορετικές διαδρομές, κ.λπ. Η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα απαιτούν τους πόρους (ή τουλάχιστον τη διαχείρισή τους) να είναι αυτόνομοι.

Η διαθεσιμότητα των υπηρεσιών και των δεδομένων είναι μια ουσιαστική ικανότητα των συστημάτων νέφους και ήταν μια από τις πρωταρχικές πτυχές στο πρώιμο στάδιο του νέφους. Έγκειται στη δυνατότητα να εισάγει πλεονασμό υπηρεσιών και δεδομένων έτσι ώστε τα σφάλματα να μπορούν να καλυφθούν διαφανώς. Η ανοχή σφάλματος απαιτεί επίσης τη δυνατότητα να εισάγεται νέος πλεονασμός (π.χ. προηγούμενος αποτυχημένοι ή νέοι κόμβοι) κατά online τρόπο, χωρίς κάποια σημαντική πτώση απόδοσης. Με την αυξανόμενη ταυτόχρονη πρόσβαση, η διαθεσιμότητα επιτυγχάνεται ιδιαίτερα μέσω της αντιγραφής των δεδομένων - υπηρεσιών και της διανομής τους στους διαφορετικούς πόρους.

3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ

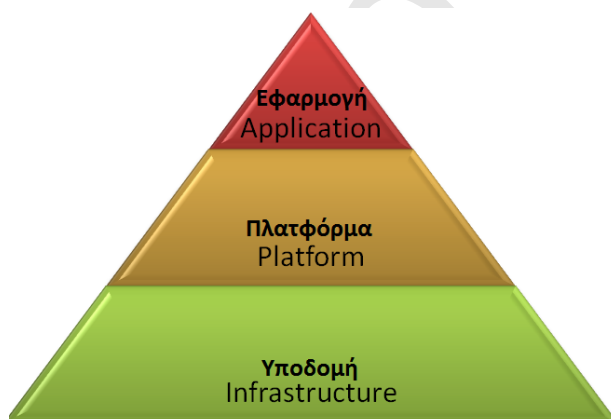
Από τη πλευρά της αρχιτεκτονικής, υπάρχει αρκετή σύγχυση στο πώς το νέφος είναι και παρόμοιο αλλά και διαφορετικό από υπάρχοντα πρότυπα υπολογιστικής και πώς αυτές οι ομοιότητες και διαφορές επιδρούν στις οργανωτικές, λειτουργικές και τεχνολογικές προσεγγίσεις στις πρακτικές δικτύωσης και δεδομένων.

3.1. Προσεγγίσεις στην αρχιτεκτονική του νέφους

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η απεικόνιση του Michael Sheehan της εταιρίας GoGrid για το νέφος ως πυραμίδα παροχής υπηρεσιών. Η παρακάτω απεικόνιση μας δίνει μια πρώτη ματιά για την αλληλουχία των στρωμάτων της αρχιτεκτονικής του υπολογιστικού νέφους [Εικόνα 3.1]. Ο Michael Sheehan προτείνει ένα σχήμα πυραμίδας νέφους ώστε να γίνουν πιο κατανοητές οι λύσεις που προσφέρονται. Στην κορυφή της πυραμίδας οι χρήστες είναι στενά περιορισμένοι μόνο σε ότι η εφαρμογή είναι και του τι μπορεί να κάνει. Σχεδόν οποιοδήποτε λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS) μπορεί να ενταχθεί σε αυτήν την ομάδα.

Με κίνηση προς τα κάτω στην πυραμίδα, αποκτάται αυξανόμενη ευελιξία και έλεγχος αλλά υπάρχει ακόμα αρκετός περιορισμός στις κινήσεις. Σ'αυτήν την κατηγορία τα πράγματα γίνονται πιο περίπλοκα στο να επιτύχουν. Τα προϊόντα και οι επιχειρήσεις όπως η Google App Engine που θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο, το Heroku, ή το force.com (πλατφόρμα Salesforce [21]) εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία.

Στο κατώτατο σημείο της πυραμίδας είναι οι πάροχοι υποδομής όπως το Amazon EC2 στο οποίο επίσης γίνεται αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο, ή η GoGrid. Οι επιχειρήσεις που παρέχουν την υποδομή ενεργοποιούν πλατφόρμες στο νέφος και εφαρμογές στο νέφος. Οι περισσότερες επιχειρήσεις σ'αυτή την κατηγορία λειτουργούν την δική τους υποδομή, επιτρέποντας τους να παρέχουν περισσότερα χαρακτηριστικά, υπηρεσίες και έλεγχο από άλλους μέσα στην πυραμίδα.



Εικόνα 3.1 πυραμίδα παροχής υπηρεσιών (Πυραμίδα νέφους)

Το πρώτο επίπεδο της πυραμίδας μπορεί να διαιρεθεί σε δύο επίπεδα, στο στρώμα υλικού/κέντρου δεδομένων και στο στρώμα υποδομής, συνεπώς η αρχιτεκτονική της υποδομής υπολογιστικού νέφους μπορεί να επεκταθεί σε 4 επίπεδα: το στρώμα υλικού/κέντρου δεδομένων, το στρώμα υποδομής, το στρώμα πλατφορμας και το στρώμα εφαρμογής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2

Ειδικότερα:

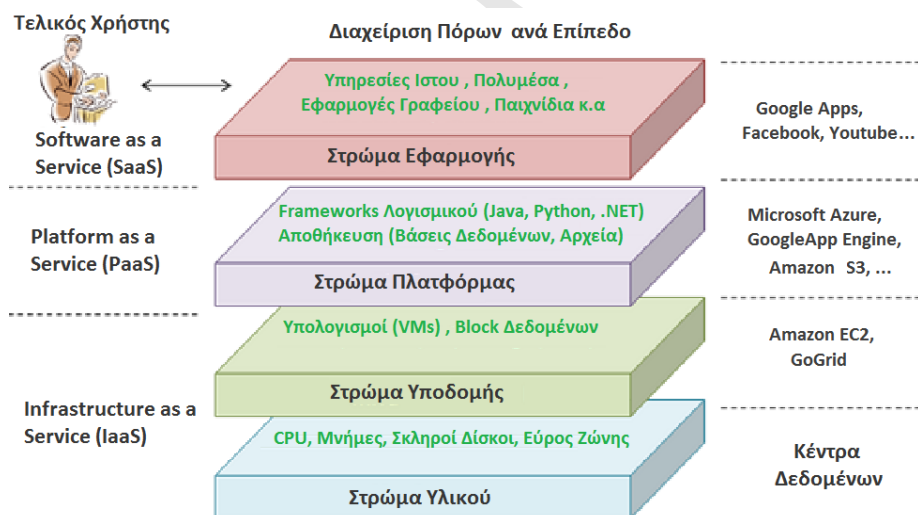
Το στρώμα υλικού: Αυτό το στρώμα είναι αρμόδιο για τη διαχείριση των φυσικών πόρων του νέφους, συμπεριλαμβανομένων των servers, των δρομολογητών, της παροχής ρεύματος και των συστημάτων ψύξης. Στην πράξη, το στρώμα υλικού εφαρμόζεται στα κέντρα δεδομένων. Ένα κέντρο δεδομένων περιέχει συνήθως χιλιάδες servers που οργανώνονται σε ράφια και διασυνδέονται μέσω διακοπών, δρομολογητών ή και άλλων συσκευών δικτύωσης. Τα χαρακτηριστικά ζητήματα στο στρώμα υλικού περιλαμβάνουν τη διαμόρφωση υλικού, την ανοχή

σε σφάλματα, τη διαχείριση κυκλοφορίας, την παροχή ρεύματος και τη διαχείριση των συσκευών ψύξης.

Το στρώμα υποδομής: Επίσης γνωστό ως στρώμα εικονικοποίησης, το στρώμα υποδομής δημιουργεί μια ομάδα των πόρων αποθήκευσης και υπολογισμού με τμηματοποίηση (partitioning) των φυσικών πόρων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες εικονικοποίησης όπως τα Xen, KVM και VMware. Το στρώμα υποδομής είναι ένα ουσιαστικό συστατικό του υπολογιστικού νέφους, δεδομένου ότι πολλά κύρια χαρακτηριστικά, όπως η δυναμική ανάθεση των πόρων, παρέχονται μόνο μέσω των τεχνολογιών εικονικοποίησης.

Το στρώμα πλατφόρμας: Χτισμένο πάνω από το στρώμα υποδομής, το στρώμα πλατφόρμας αποτελείται από τα λειτουργικά συστήματα και τα πλαίσια εφαρμογής. Ο σκοπός του στρώματος πλατφόρμας είναι να ελαχιστοποιηθεί το φορτίο της επέκτασης των εφαρμογών απευθείας στους VM containers. Για παράδειγμα, η Google App Engine λειτουργεί στο στρώμα πλατφόρμας για να παρέχει API υποστήριξη για τις εφαρμογές αποθήκευσης, βάσεων δεδομένων και επιχειρησιακής λογικής των τυπικών εφαρμογών Ιστού.

Το στρώμα εφαρμογής: Στο πιο υψηλό επίπεδο της ιεραρχίας, το στρώμα εφαρμογής αποτελείται από τις πραγματικές εφαρμογές νέφους. Όντας διαφορετικές από τις παραδοσιακές εφαρμογές, οι εφαρμογές νέφους επιτυγχάνουν αυτόματη κλιμάκωση (scaling) για να επιτύχει καλύτερη απόδοση, διαθεσιμότητα και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας.

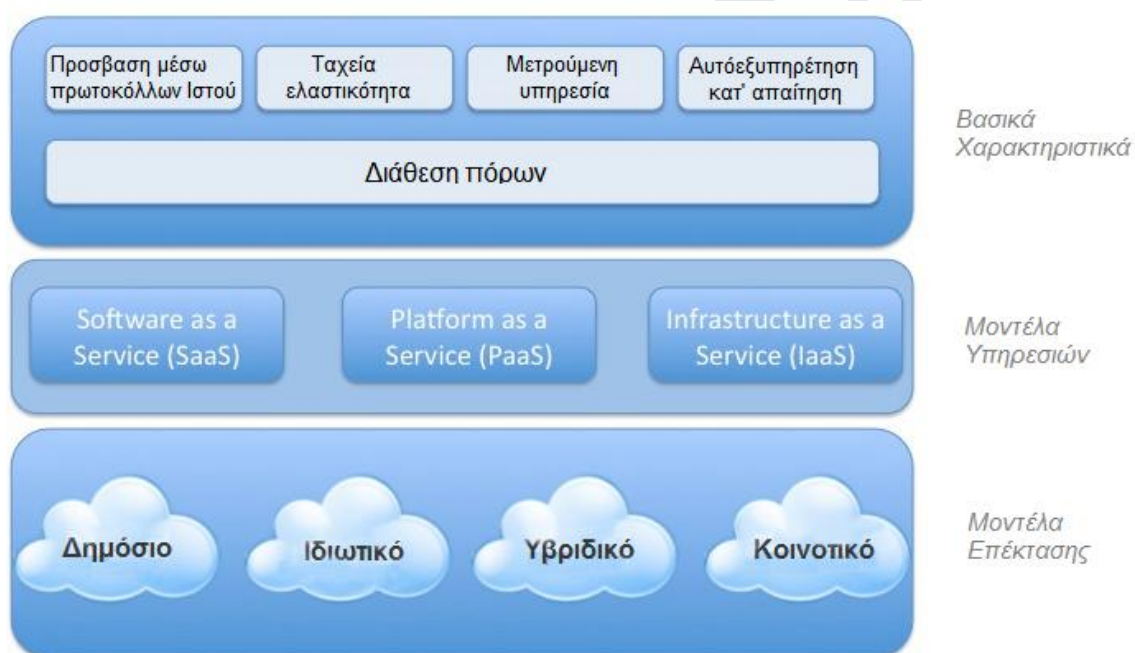


Εικόνα 3.2 Η αρχιτεκτονική της υποδομής υπολογιστικού νέφους σε 4 επίπεδα [10]

Στην αριστερή πλευρά της εικόνας διαγράφονται τα μοντέλα υπηρεσιών SaaS, IaaS και PaaS τα οποία σαν σύνολο περιγράφουν την ιδέα της γενικής πληροφορικής ως υπηρεσία. Λεπτομερέστερη περιγραφή θα δοθεί παρακάτω στην προσέγγιση του NIST (National Institute of Standards and Technology).

3.2. Αρχιτεκτονική του NIST

Μια πιο λεπτομερής προσέγγιση στην αρχιτεκτονική του υπολογιστικού νέφους παρουσιάζεται παρακάτω σύμφωνα με την καθοδήγηση του Εθνικού ιδρύματος προτύπων και τεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών (**NIST**) και τις προσπάθειές του γύρω από τον καθορισμό του υπολογιστικού νέφους. Ο NIST καθορίζει το νέφος με την περιγραφή πέντε βασικών χαρακτηριστικών, τριών μοντέλων υπηρεσιών, και τεσσάρων μοντέλων επέκτασης. Συνοψίζονται με οπτικά μέσα από την [Εικόνα 3.3] και εξηγούνται λεπτομερώς κατωτέρω.



Εικόνα 3.3 Οπτική αναπαράσταση του ορισμού του νέφους κατά τον NIST .

Στις τρεις επόμενες παραγράφους αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά, τα μοντέλα υπηρεσιών, και τα μοντέλα επέκτασης όπως ορίζονται από τον NIST και όπως αναπαριστώνται στην Εικόνα 3.3

3.2.1. Βασικά Χαρακτηριστικά

Σύμφωνα με τον NIST (National Institute of Standards and Technology) υπάρχουν 5 ουσιώδη χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους, τα οποία εξηγούν τη σχέση και τη διαφορά που υφίσταται συγκριτικά με τις παραδοσιακές υπολογιστικές μεθόδους.

- **Αυτοεξυπηρέτηση κατ' απαίτηση** (on-demand-self-service)
Οι καταναλωτές μπορούν να εφοδιάζονται ή να σταματούν την παροχή υπηρεσιών, χωρίς ανθρώπινη διαμεσολάβηση με τον πάροχο υπηρεσιών.
- **Πρόσβαση μέσω πρωτοκόλλων Ιστού** από οποιοδήποτε υπολογιστή.
Παρέχεται ικανότητα κάλυψης δικτύου και πρόσβαση μέσω τυποποιημένων μηχανισμών.
- **Χρήση ενός κοινού περιηγητή ιστού** (Web browser)
για την πρόσβαση στη διεπαφή του λογισμικού, χωρίς την απαίτηση εξεζητημένων add-ons ή απαιτήσεις λειτουργικού συστήματος.
- **Διάθεση πόρων** (resource pooling).
Οι πόροι του παρόχου που χρησιμοποιούνται για υπολογιστικές διαδικασίες διατίθενται για να εξυπηρετούν πολλαπλούς χρήστες. Οι πόροι χρησιμοποιούν ένα μοντέλο «πολύ-ενοικιαστή» και συνδυάζοντας δυναμικά φυσικούς και εικονικούς πόρους ανταποκρίνονται στην εκάστοτε καταναλωτική ζήτηση.
- **Ταχεία ελαστικότητα**
Οι υπηρεσίες μπορούν να παρέχονται γρήγορα και ελαστικά.
- **Μετρούμενη υπηρεσία**
Τα συστήματα Cloud Computing οργανώνουν και βελτιστοποιούν αυτόματα τη διάθεση των πόρων παρέχοντας δυνατότητα μέτρησης των χρησιμοποιούμενων υπηρεσιών ανάλογα το είδος (π.χ. αποθήκευσης, επεξεργασίας, εύρους ζώνης ή διαθέσιμων λογαριασμών χρηστών).

3.2.2. Μοντέλα επέκτασης

Ανεξάρτητα από το πρότυπο υπηρεσιών που χρησιμοποιείται (SaaS, PaaS, ή IaaS), υπάρχουν τέσσερα πρότυπα επέκτασης για τις υπηρεσίες νέφους με παράγωγες παραλλαγές που ξετάζουν συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχουν παράγωγα πρότυπα επέκτασης νέφους που προκύπτουν λόγω της ωρίμανσης των προσφορών της αγοράς και της απαίτησης των πελατών. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα εικονικά ιδιωτικά νέφη (virtual private clouds), τα οποία είναι ένας τρόπος εκμετάλλευσης της δημόσιας υποδομής νέφους κατά τρόπο ιδιωτικό ή ημι-ιδιωτικό και διασύνδεσης αυτών των πόρων με τους εσωτερικούς πόρους στα κέντρα δεδομένων του καταναλωτή συνήθως μέσω ιδεατού ιδιωτικού δικτύου (VPN).

Η αρχιτεκτονική νοοτροπία στο σχεδιασμό των λύσεων έχει σαφείς επιπτώσεις στην μελλοντική ευελιξία, ασφάλεια, και φορητότητα της επακόλουθης λύσης, όπως και τις ικανότητες συνεργασίας με άλλες σχεδιαστικές λύσεις. Προσοχή πρέπει επίσης να δοθεί στην επιλογή μεταξύ των ιδιωτικών και των λύσεων ανοιχτής αρχιτεκτονικής για παρόμοιους λόγους.

- **Δημόσιο Νέφος**

Η υποδομή νέφους τίθεται στην διάθεση του ευρέος κοινού ή μιας μεγάλης ομάδας βιομηχανίας και ανήκει σε κάποιον οργανισμό – πάροχο υπηρεσιών νέφους. Τα δημόσια νέφη προσφέρουν διάφορα βασικά οφέλη στους φορείς παροχής υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένης της μηδενικής αρχικής επένδυσης για υποδομή και τη μεταφορά των κινδύνων προς τους προμηθευτές της υποδομής. Παρόλα αυτά τα δημόσια νέφη υστερούν στον έλεγχο το δεδομένων μέσα στο νέφος, το δίκτυο και τις ρυθμίσεις ασφαλείας, τα οποία παρακωλύουν την αποτελεσματικότητά του δημόσιου νέφους σε πολλά επιχειρησιακά σενάρια.

- **Ιδιωτικό Νέφος**

Ένα ιδιωτικό νέφος δίνει σε έναν οργανισμό ενός και μόνο νέφους την αποκλειστική πρόσβαση και χρήση της υποδομής και των υπολογιστικών πόρων. Μπορεί να ρυθμιστεί είτε από τον οργανισμό καταναλωτή είτε από κάποιον τρίτο, και μπορεί να φιλοξενηθεί στις εγκαταστάσεις του ίδιου του οργανισμού (on-premise) ή στις εγκαταστάσεις κάποιου άλλου οργανισμού (off premise). Ένα ιδιωτικό νέφος προσφέρει τον υψηλότερο βαθμό ελέγχου της απόδοσης, της αξιοπιστίας και της ασφάλειας. Εντούτοις, επικρίνονται συχνά για την ομοιότητά τους με τα παραδοσιακά κέντρα δεδομένων και δεν παρέχουν την ευκολία της μηδενικής αρχικής δαπάνης.

- **Υβριδικό Νέφος**

Η υποδομή του υβριδικού νέφους είναι μια σύνθεση δύο ή περισσότερων νεφών (ιδιωτικού, κοινοτικού, ή δημοσίου) που παραμένουν μοναδικές οντότητες αλλά ενώνονται από την τυποποιημένη τεχνολογία η οποία επιτρέπει τη φορητότητα των δεδομένων και της εφαρμογής (π.χ cloud bursting για εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ νεφών). Ένα υβριδικό νέφος είναι ένας συνδυασμός δημόσιου και ιδιωτικού νέφους που προσπαθεί να εξαλείψει τους περιορισμούς κάθε προσέγγισης. Σε ένα υβριδικό νέφος, μέρος των υπηρεσιών της υποδομής τρέχει στο ιδιωτικό νέφος ενώ τα υπόλοιπα στο δημόσιο νέφος. Τα υβριδικά νέφη προσφέρουν περισσότερη ευελιξία από τα δημόσια και ιδιωτικά νέφη. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται το γεγονός ότι, κατά το σχεδιασμό ενός υβριδικού νέφους απαιτείται προσεκτικός διαμοιρασμός μεταξύ των τμημάτων του δημόσιου και ιδιωτικού νέφους.

- **Κοινοτικό Νέφος**

Η υποδομή νέφους μοιράζεται από διάφορους οργανισμούς και υποστηρίζει μια συγκεκριμένη κοινότητα που έχει κοινά ενδιαφέροντα και τακτικές. Μπορεί να ρυθμιστεί από τον οργανισμό ή κάποιον τρίτο και μπορεί να είναι τοποθετημένη εντός ή εκτός των εγκαταστάσεων του οργανισμού. Ένας καταναλωτής μπορεί να έχει πρόσβαση στους

τοπικούς πόρους του νέφους, και επίσης στους πόρους άλλων συμμετεχόντων οργανισμών.

- **Εικονικό Ιδιωτικό Νέφος**

Ένα VPC είναι ουσιαστικά μια πλατφόρμα που τρέχει πάνω από τα δημόσια νέφη. Η κύρια διαφορά είναι ότι ένα VPC στηρίζεται στην τεχνολογία ενός ιδεατού ιδιωτικού δικτύου (VPN) το οποίο επιτρέπει στους φορείς παροχής υπηρεσιών να σχεδιάσουν την τοπολογία τους και τις ρυθμίσεις ασφάλειας όπως π.χ τους κανόνες του firewall. Το VPC είναι ουσιαστικά ένα πιο ολιστικό σχέδιο δεδομένου ότι όχι μόνο εικονικοποιεί τους servers και τις εφαρμογές, αλλά και το δίκτυο επικοινωνίας. Επιπλέον, για τις περισσότερες επιχειρήσεις, το VPC παρέχει την ανεμπόδιστη μετάβαση από μια ιδιόκτητη υποδομή υπηρεσιών σε μια στο υποδομή νέφους, εξ αιτίας του εικονικοποιημένου στρώματος δικτύου [10].

Για τους περισσότερους φορείς παροχής υπηρεσιών, που επιλέγουν το σωστό πρότυπο νέφους εξαρτάται από το επιχειρησιακό σενάριο. Παραδείγματος χάριν, οι υπολογιστικά απαιτητικές επιστημονικές εφαρμογές επεκτείνονται καλύτερα στα δημόσια νέφη για οικονομική αποτελεσματικότητα.

Στον παρακάτω πίνακα 1 γίνεται μια σύνοψη των πλεονεκτημάτων ή μειονεκτημάτων για τα τρία βασικά μοντέλα επέκτασης. Το ιδιωτικό, το δημόσιο και το υβριδικό.

Πίνακας 1. Σύνοψη των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων για το δημόσιο, ιδιωτικό, και υβριδικό νέφος.

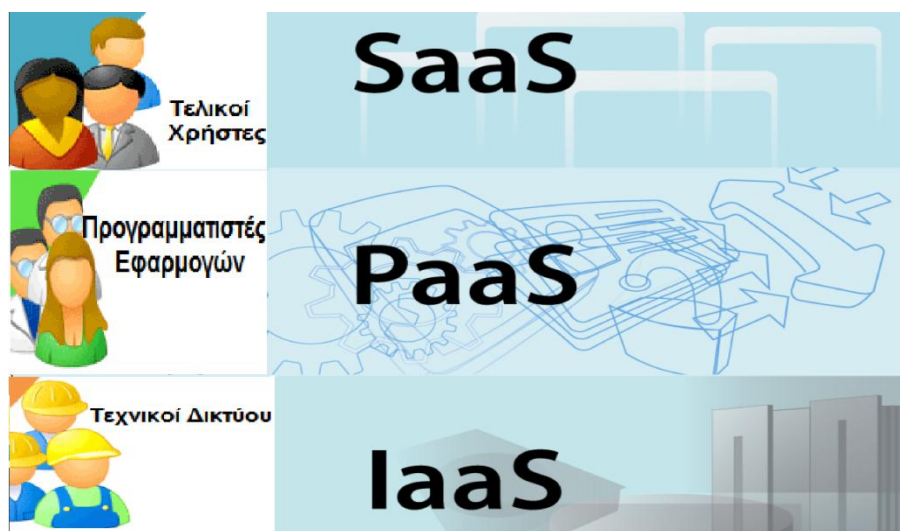
	Δημόσιο νέφος	Ιδιωτικό νέφος	Υβριδικό νέφος
Πλεονεκτήματα	1. Το απλούστερο να εφαρμοστεί και να χρησιμοποιηθεί	Επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο αναπροσαρμογών λογισμικού servers, κ.λπ... .	Οικονομικά το πιο αποδοτικό λόγω της ευελιξίας χρησιμοποίησης δημόσιου και ιδιωτικού νέφους
	2. Ελάχιστες αρχικές δαπάνες	Ελάχιστες μακροπρόθεσμες δαπάνες	Λιγότερο ευαίσθητο σε παρατεταμένες διακοπές λειτουργίας υπηρεσιών
	3. Κέρδη αποδοτικότητας χρησιμοποίησης μέσω της εικονικοποίησης των server	Κέρδη αποδοτικότητας χρησιμοποίησης μέσω της εικονικοποίησης των server	Κέρδη αποδοτικότητας χρησιμοποίησης μέσω της εικονικοποίησης των server
	4. Διαδεδομένη δυνατότητα πρόσβασης	—	Σχεδιασμένο για το χειρισμό εξάρσεων φόρτου εργασίας
	5. Δεν απαιτεί χώρο για τα κέντρα δεδομένων	—	—

	6.	Σχεδιασμένο για το χειρισμό εξάρσεων φόρτου εργασίας	—	—
Μειονεκτήματα	1.	Ακριβότερο μακροπρόθεσμα	Μεγάλες αρχικές δαπάνες	Δύσκολο να εφαρμοστεί λόγω σύνθετης διαχείρισης και διαφορετικών κέντρων δεδομένων
	2	Ευαίσθητο σε παρατεταμένες διακοπές λειτουργίας υπηρεσιών	Ευαίσθητο στις παρατεταμένες διακοπές λειτουργίας υπηρεσιών	Απαιτεί τη δέσμευση χώρου για κέντρο δεδομένων
	3.	—	Περιορισμένη δυνατότητα πρόσβασης	—
	4.	—	Απαιτεί τη μεγαλύτερη δέσμευση χώρου για το κέντρο δεδομένων	—
	5.	—	Δεν είναι σχεδιασμένο για το χειρισμό εξάρσεων φόρτου εργασίας	—

Παρατηρούμε συνεπώς ότι ο κάθε ενδιαφερόμενος ρέπει προς διαφορετική λύση. Στη μέχρι τώρα βιβλιογραφία και διεθνή πείρα, αν και τα υπολογιστικά νέφη βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο, έχει αποδειχθεί ότι στις περισσότερες των περιπτώσεων απαιτείται μια λύση υβριδικού τύπου. Συνήθως στις μεγάλες επιχειρήσεις ένας και μόνο πάροχος αδυνατεί πάντα να καλύψει όλες τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη.

3.2.3. Μοντέλα Υπηρεσιών

Η παροχή υπηρεσιών νέφους διαιρείται μεταξύ τριών βασικών προτύπων και διάφορων παράγωγων συνδυασμών. Οι τρεις θεμελιώδεις ταξινομήσεις αναφέρονται συχνά ως "μοντέλο SPI," όπου "SPI" αναφέρεται στο λογισμικό (Software), την πλατφόρμα (Platform) ή την υποδομή (Infrastructure) ως υπηρεσία, αντίστοιχα.



Εικόνα 3.4 - Μοντέλα Υπηρεσιών Υπολογιστικού Νέφους.

- **Υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS),**

αφορά την υποδομή των υπολογιστικών πόρων ως υπηρεσία, μαζί με την αποθήκευση και τη δικτύωση. Αντί για την αγορά servers, λογισμικού, κέντρου δεδομένων, ή εξοπλισμού δικτύων, οι πελάτες αγοράζουν αντ' αυτού τους πόρους αυτούς πλήρως ως υπηρεσία. Η ικανότητα που παρέχεται στον καταναλωτή είναι στην παροχή επεξεργασίας, την αποθήκευση, τα δίκτυα, και άλλους θεμελιώδεις υπολογιστικούς πόρους όπου ο καταναλωτής είναι σε θέση να επεκτείνει και να τρέξει αυθαίρετα λογισμικό, το οποίο θα μπορούσε να είναι εφαρμογές ή και λειτουργικά συστήματα. Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ή ελέγχει την υποδομή του νέφους αλλά έχει τον έλεγχο σε θέματα λειτουργικών συστημάτων, αποθήκευσης, εφαρμογών, και ενδεχομένως περιορισμένο έλεγχο επιλεκτικών τμημάτων δικτύωσης.

Οι Amazon Web Services είναι ένα τέτοιο παράδειγμα, όπου η υποδομή είναι διαθέσιμη με έναν τρόπο πληρωμής βάση χρήσης (pay as you go) με αυτοεξυπηρέτηση και κατέχει servers, αποθήκευση και διαμόρφωση δικτύου, έτοιμα και να τρέχουν, ενώ δεν υπάρχει ανησυχία για ενοίκιο ή κέντρα δεδομένων.

- **Λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a service - SaaS)**

Μερικές φορές αναφέρεται και ως "κατα παραγγελία λογισμικό," (on demand) και είναι ένα μοντέλο παροχής λογισμικού στο οποίο το λογισμικό και τα σχετικά δεδομένα του φιλοξενούνται κεντρικά (τυπικά στο νέφος) και προσπελαύνονται από τους χρήστες με τη χρήση μιας ελαφριάς υπολογιστικής συσκευής, π.χ laptop, PDA, smartphone χρησιμοποιώντας απλά έναν φυλλομετρητή Ιστού (web browser) μέσω του Διαδικτύου. Η ικανότητα που παρέχεται στον καταναλωτή είναι να χρησιμοποιηθούν οι εφαρμογές του προμηθευτή που τρέχουν σε μια υποδομή νέφους.

Οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό που γίνεται απευθείας προσιτό από το νέφος βάση χρήσης ή ενοικίου από το να αγοράσουν ολόκληρο το

πακέτο λογισμικού τοπικά με την αβεβαιότητα ότι η επένδυση θα αποπληρωθεί σε μακροπρόθεσμη βάση. Καμία συντήρηση ή αναπροσαρμογή δεν απαιτείται αυτό διότι αυτή είναι ευθύνη του προμηθευτή λογισμικού.

Για παράδειγμα, το Google Apps προσφέρει λογισμικό on-line για την επιχείρηση ή ιδιωτικούς φορείς οι οποίοι μπορούν να κάνουν τη θεμελιώδη επιχειρησιακές δραστηριότητες που μια συνηθισμένη σουίτα εφαρμογών γραφείου μπορεί να παρέχει. Το Google Apps περιλαμβάνει συνεργασία στα έγγραφα κειμένου, παρουσίαση και υπολογισμούς με λογιστικά φύλλα καθώς και ημερολόγια και υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

- **Πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform as a service - PaaS).**

Είναι η παράδοση μιας υπολογιστικής πλατφόρμας και ενός πακέτου λύσεων ως υπηρεσία. Η PaaS προσφέρει τη διευκόλυνση της επέκτασης των εφαρμογών χωρίς το κόστος και την πολυπλοκότητα της αγοράς και της διαχείρισης υλικού και λογισμικού. Αυτό παρέχει όλες τις εγκαταστάσεις που απαιτούνται για να υποστηρίξουν τον πλήρη κύκλο ζωής της δημιουργίας και της παράδοσης των εφαρμογών υπηρεσιών Ιστού εξ ολοκλήρου διαθέσιμων από το Διαδίκτυο.

Η ικανότητα που παρέχεται στον καταναλωτή είναι να εφαρμόσει επάνω στην υποδομή του νέφους εφαρμογές που δημιουργούνται ή είναι στην κατοχή του καταναλωτή με τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού και εργαλεία που υποστηρίζονται από τον προμηθευτή. Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ή ελέγχει την υποδομή του νέφους συμπεριλαμβανομένου του δικτύου, των servers, των λειτουργικών συστημάτων, ή της αποθήκευσης, αλλά έχει τον έλεγχο των εφαρμογών.

Οι Armbrust κ συνεργάτες στο [1] αναφέρουν ότι η πλατφόρμα ως υπηρεσία παρέχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τον κύκλο ζωής της ανάπτυξης εφαρμογών Διαδικτύου και online υπηρεσιών από τον σχεδιασμό, την εφαρμογή, την αποσφαλμάτωση, τη δοκιμή, την επέκταση, τη λειτουργία και την υποστήριξη τους. Συνήθως για την ανάπτυξη χρησιμοποιείται ο φυλλομετρητής Διαδικτύου. Με την πλατφόρμα ως υπηρεσία ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον λογισμικού μπορεί να τρέξει σε έναν φορέα παροχής υπηρεσιών χωρίς ανησυχία για την τεχνολογία που υπάρχει από κάτω.

Συμπερασματικά, και με τη βοήθεια της εικόνας 3.4 συνοψίζουμε ότι η IaaS περιλαμβάνει ολόκληρο το πακέτο των πόρων υποδομής από τις εγκαταστάσεις στις πλατφόρμες υλικού που τις ενσωματώνουν. Εν τέλει, η IaaS παρέχει ένα σύνολο από APIs (Application Interfaces), το οποίο επιτρέπει στους καταναλωτές τη διαχείριση και άλλες μορφές αλληλεπίδρασης με την υποδομή. Η PaaS κάθεται πάνω από την IaaS και δίνει προσθέτει ένα επιπρόσθετο στρώμα ολοκλήρωσης στα πλαίσια της ανάπτυξης εφαρμογών, των ικανοτήτων υλικολογισμικού (middleware), και λειτουργιών όπως η βάση δεδομένων και η ανταλλαγή μηνυμάτων. Αυτές οι υπηρεσίες επιτρέπουν στους προγραμματιστές να αναπτύξουν εφαρμογές στην πλατφόρμα με τις γλώσσες προγραμματισμού και τα εργαλεία που υποστηρίζονται από το πακέτο εφαρμογών του νέφους. Το SaaS στη συνέχεια χτίζεται επάνω στους σωρούς των IaaS και PaaS και παρέχει ένα ανεξάρτητο λειτουργικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται για να δώσει την εμπειρία της ολοκλήρωσης στους χρήστες, συμπεριλαμβανομένου του περιεχομένου, της παρουσίασης του, της εφαρμογής, και των ικανοτήτων διαχείρισης.

3.2.4. Περίληψη της αρχιτεκτονικής υπολογιστικού νέφους

Η απόφαση που κάθε επιχείρηση πρέπει να πάρει για το αν το υπολογιστικό νέφος θα αποδειχθεί ευεργετικό δεν είναι τόσο ευδιάκριτη. Κάθε επιχείρηση πρέπει να λάβει μια απόφαση ως προς τον ποιο τύπο νέφους θα χρησιμοποιήσει: δημόσιο, ιδιωτικό, ή υβριδικό. Κάθε τύπος νέφους έχει ένα σύνολο θετικών και αρνητικών επιπτώσεων όπως φαίνονται και συνοπτικά στον πίνακα 1. Παραδείγματος χάριν, το δημόσιο νέφος έχει τον ελάχιστο προκαταβαλλόμενο κόστος (αρχικό κεφάλαιο) εξαιτίας του γεγονότος ότι οι χρήστες δεν χρειάζεται να επενδύσουν στην υποδομή. Εντούτοις, έχει το μέγιστο μακροπρόθεσμο κόστος δεδομένου ότι οι χρήστες πρέπει να πληρώνουν για τη μίσθωση μακροπρόθεσμα, ενώ ο χρήστης στο ιδιωτικό νέφος πληρώνει λιγότερα μακροπρόθεσμα λόγω της ιδιοκτησίας του νέφους.

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερες επιχειρήσεις έχουν αρχίσει να υιοθετούν το νέφος ως τρόπο να περικοπούν οι δαπάνες χωρίς να θυσιάσουν την παραγωγικότητά τους. Αυτή η μείωση κόστους προέρχεται από την ελαχιστοποίηση ή εξάλειψη της απαίτησης για συντήρηση από τα εσωτερικά τμήματα IT τους όπως και τη δυνατότητά τους να αποποιηθούν του τεράστιου κεφαλαίου που συνδέεται με την αγορά servers για το τοπικό κέντρο δεδομένων τους. Ακόμη και για εκείνες τις επιχειρήσεις που υιοθετούν υβριδικά νέφη που απαιτούν μερικούς τοπικούς servers, ο αριθμός αυτός μειώνεται εντυπωσιακά λόγω του ότι δεν είναι απαραίτητη πλέον η ύπαρξη ενός κέντρου δεδομένων. Εκτός από τη μείωση κόστους, το υπολογιστικό νέφος επιτρέπει στις επιχειρήσεις να παραμείνουν δυναμικά ευέλικτες στις αλλαγές των προβλεπόμενων απαιτήσεων της αγοράς. Εάν μια επιχείρηση πρέπει να κλιμακωθεί γρήγορα με αύξηση ή μείωση της υπολογιστικής ισχύος και της υποδομής δικτύου, μπορεί απλά να πληρώσει για περισσότερους κατα παραγγελίας υπολογιστικούς πόρους διαθέσιμους από τους παρόχους υπηρεσιών νέφους. Αυτό το ίδιο επίπεδο εξελισιμότητας δεν επιτυγχάνεται απλά μόνο με ένα τοπικό κέντρο δεδομένων. Δεδομένου ότι η τεχνολογία υπολογιστικού νέφους συνεχίζει να ωριμάζει, ένας αυξανόμενος αριθμός επιχειρήσεων πρόκειται να είναι πρόθυμος να το υιοθετήσει.

4. ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΝΕΦΟΥΣ - ΡΟΛΟΙ

Η αγορά του υπολογιστικού νέφους έχει μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών για κάθε ένα από τα μοντέλα υπηρεσιών που προαναφέρθηκαν. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια παρουσίαση των λύσεων – υπηρεσιών που προσφέρονται από τους παρόχους υπολογιστικού νέφους καθώς και θα δοθεί μια επεξήγηση των ρόλων που παίρνουν μέρος κατά την παροχή των υπηρεσιών στο νέφος.

4.1. Ταξινόμια υπηρεσιών νέφους

Σε αυτήν την παράγραφο γίνεται μέσω του πίνακα 2 μια κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών που μπορούν να γίνουν διαθέσιμες σε κάθε στρώμα του υπολογιστικού νέφους. Ο πίνακας είναι ενδεικτικός καθώς όλο και περισσότερες πτυχές της πληροφορικής προσφέρονται ως υπηρεσία. Αυτός είναι και ο σκοπός πίσω από την ιδέα του νέφους. Η ολότητα της πληροφορικής ως υπηρεσία.

Επίσης αν στενέψουμε το πεδίο των συγκεκριμένων ικανοτήτων και λειτουργιών μέσα σε κάθε ένα από τα μοντέλα υπολογιστικού νέφους, ή χρησιμοποιώντας τη λειτουργική σύζευξη των υπηρεσιών και των δυνατοτήτων ανάμεσά τους, μπορούν να προκύψουν παράγωγες ταξινομήσεις. Παραδείγματος χάριν η αποθήκευση ως υπηρεσία (Storage as a Service) είναι μια συγκεκριμένη υποκατηγορία στην οικογένεια IaaS.

Συχνά άλλωστε στη βιβλιογραφία αναφέρεται επιτυχώς ότι οτιδήποτε μπορεί να ενταχθεί στις υπηρεσίες του νέφους απλά αν του «κολλήσουμε» το aaS. Παραδείγματος χάριν HaaS (Hardware as a Service) ή GaaS (Gaming as a Service).

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους

Υπηρεσίες SaaS	Υπηρεσίες PaaS	Υπηρεσίες IaaS
<i>Email και σουίτες γραφείου:</i> Εφαρμογές για email, επεξεργασία κειμένου, λογιστικά φύλλα, παρουσιάσεις, κ.α	<i>Επιχειρησιακή νοημοσύνη:</i> Πλατφόρμες για τη δημιουργία των εφαρμογών όπως τα dashboards, και η ανάλυση δεδομένων.	<i>Backup και αποκατάσταση:</i> Υπηρεσίες για backup και αποκατάσταση συστημάτων αρχείων σε servers και desktop.

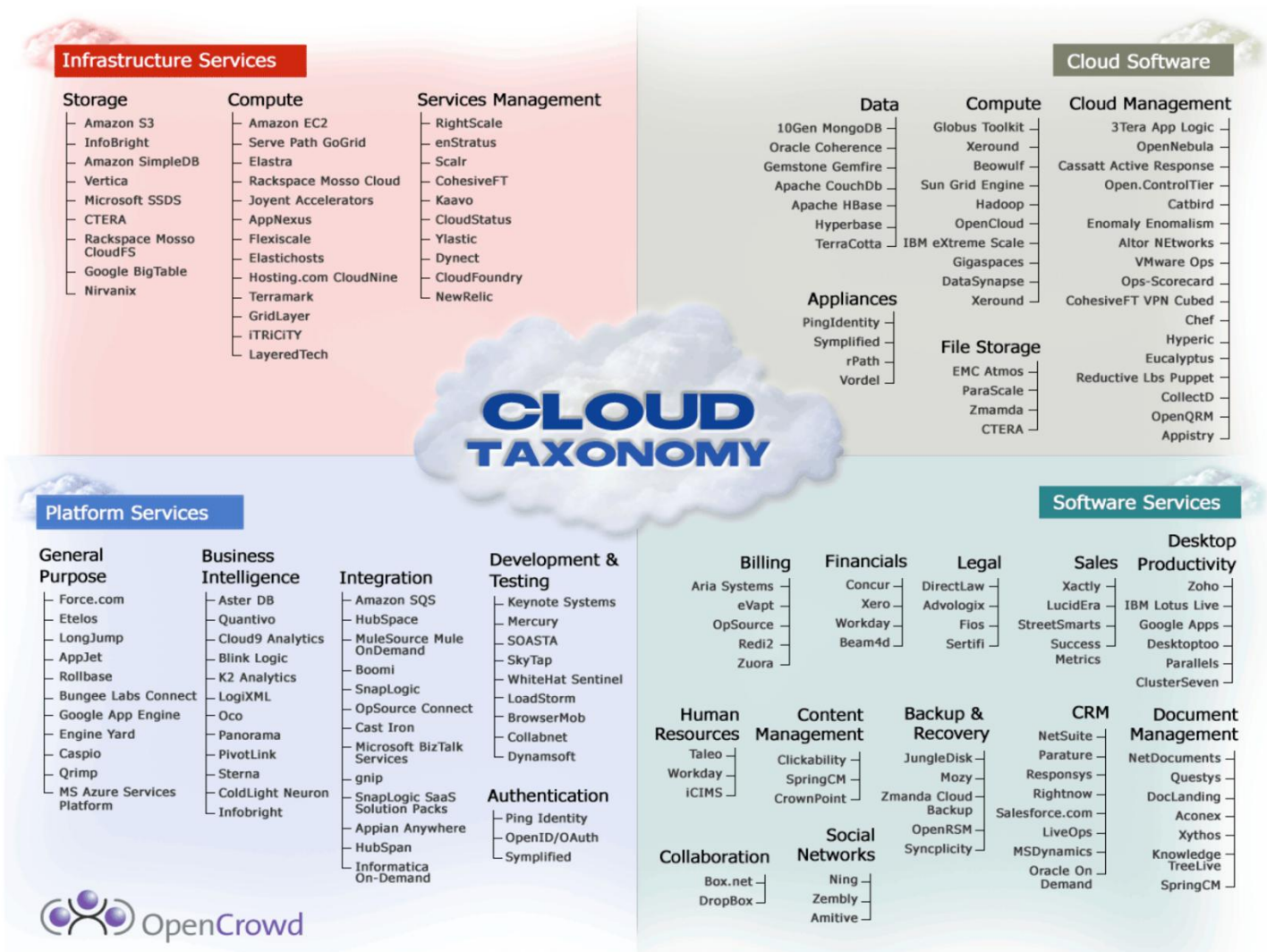
<p><i>Τιμολόγηση:</i> Υπηρεσίες εφαρμογής για τη διαχείριση της τιμολόγησης των πελατών, βασισμένη στη χρήση και τις συνδρομές στα προϊόντα και τις υπηρεσίες.</p>	<p><i>Βάση δεδομένων:</i> Υπηρεσίες που προσφέρουν λύσεις σχεσιακών βάσεων δεδομένων ή εξελικτικών μη-SQL datastores.</p>	<p><i>Υπολογιστικές μονάδες :</i> Servers ως πόροι για τρέχουν σε συστήματα νέφους που μπορούν να διαμορφώνονται δυναμικά με τον τρόπο που αυτό απαιτείται.</p>
<p><i>Διαχείριση πελατειακών σχέσεων - Customer Relationship Management (CRM):</i> Εφαρμογές CRM που κυμαίνονται από εφαρμογές τηλεφωνικού κέντρου ως και αυτοματοποίηση πωλήσεων.</p>	<p><i>Ανάπτυξη και δοκιμές:</i> Πλατφόρμες για την ανάπτυξη και τις δοκιμές στον κύκλο ανάπτυξης της εφαρμογής, οι οποίες επεκτείνονται όπως απαιτηθεί.</p>	<p><i>Δίκτυα Διαμοιρασμού Περιεχομένου - Content Delivery Networks (CDNs):</i> Τα CDNs αποθηκεύουν το περιεχόμενο και τα αρχεία για να βελτιώσουν την απόδοση και το κόστος του περιεχομένου σε Web-based συστήματα.</p>
<p><i>Συνεργασία:</i> Εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες να συνεργάζονται σε ομάδες εργασίας, μέσα στις επιχειρήσεις, και διεπιχειρησιακά..</p>	<p><i>Ολοκλήρωση:</i> Πλατφόρμες ανάπτυξης για την οικοδόμηση εφαρμογών ολοκλήρωσης στο νέφος και μέσα στην επιχείρηση.</p>	<p><i>Διαχείριση υπηρεσιών:</i> Υπηρεσίες που διαχειρίζονται τις πλατφόρμες υποδομής νέφους. Αυτά τα εργαλεία παρέχουν συχνά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που οι προμηθευτές δεν παρέχουν ή δεν ειδικεύονται στη διαχείριση ορισμένων τεχνολογιών εφαρμογής.</p>
<p><i>Διαχείριση Περιεχομένου:</i> Υπηρεσίες για τη διαχείριση της παραγωγής και της πρόσβασης στο περιεχόμενο για Web-based εφαρμογές.</p>	<p><i>Επέκταση εφαρμογής:</i> Πλατφόρμες για την ανάπτυξη εφαρμογών γενικού σκοπού. Αυτές οι υπηρεσίες παρέχουν βάσεις δεδομένων, περιβάλλοντα χρόνου εκτέλεσης εφαρμογής Ιστού, κ.α</p>	<p><i>Αποθήκευση:</i> Μαζικά εξελικτικός αποθηκευτικός χώρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές, backups, αρχειοθέτηση, και αποθήκευση αρχείων.</p>

<p><i>Διαχείριση εγγράφων:</i> Εφαρμογές για τη διαχείριση εγγράφων, workflows, και παροχή χώρου εργασίας για τις ομάδες ή τις επιχειρήσεις ώστε να βρίσκουν και να έχουν πρόσβαση στα έγγραφα.</p>		
<p><i>Οικονομικές Εφαρμογές:</i> Εφαρμογές για τη διαχείριση οικονομικών διαδικασιών που κυμαίνονται από την επεξεργασία δαπανών και τιμολόγησης ως τη φορολογική διαχείριση.</p>		
<p><i>Ανθρώπινο δυναμικό:</i> Λογισμικό για τη διαχείριση των λειτουργιών του ανθρώπινου δυναμικού μέσα στις επιχειρήσεις.</p>		
<p><i>Πωλήσεις:</i> Οι εφαρμογές που σχεδιάζονται συγκεκριμένα για τις πωλήσεις όπως η τιμολόγηση κ.λπ.</p>		
<p><i>Κοινωνικά δίκτυα:</i> Κοινωνικό λογισμικό που εγκαθιστά και διατηρεί μια σύνδεση μεταξύ των χρηστών που είναι δεμένοι σε έναν ή περισσότερους συγκεκριμένους τύπους αλληλεξαρτήσεων.</p>		

<p>Προγραμματισμός επιχειρηματικών πόρων - <i>Enterprise Resource Planning (ERP)</i>: Υπολογιστικό σύστημα που χρησιμοποιείται για να διαχειριστεί τους εσωτερικούς και εξωτερικούς πόρους, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών πόρων, υλικών, και ανθρώπινου δυναμικού.</p>		
--	--	--

Τα πλεονεκτήματα του SaaS και στους τελικούς χρήστες και στους φορείς παροχής υπηρεσιών γίνονται καλά κατανοητά. Οι φορείς παροχής υπηρεσιών απολαμβάνουν την πολύ απλουστευμένη εγκατάσταση λογισμικού τη συντήρηση και το συγκεντρωτικό έλεγχο ενώ οι τελικοί χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία οποτεδήποτε και οπουδήποτε, να μοιραστούν δεδομένα και να συνεργαστούν ευκολότερα, και να αποθηκεύουν τα δεδομένα τους ασφαλώς στην υποδομή του νέφους. Το υπολογιστικό νέφος επιτρέπει την υλοποίηση SaaS και την κατ' απαίτηση κλιμάκωση χωρίς να χρειάζεται η κτήση ενός κέντρου δεδομένων.

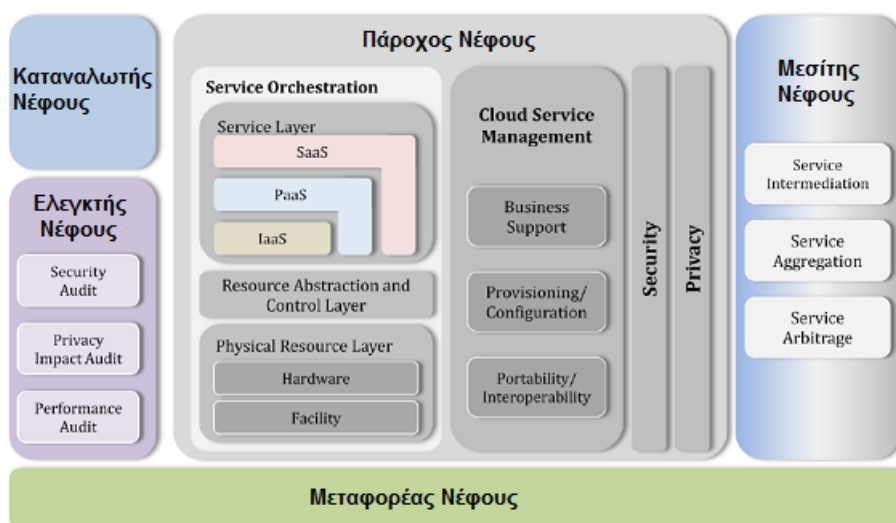
Η ταξινόμηση του OpenCrowd Cloud Solutions στην εικόνα κατωτέρω παρέχει μια ευρύτερη ανασκόπηση του αυξανόμενου συνόλου λύσεων υπολογισμού νέφους. Παρέχει το κάτωθι διάγραμμα για να καταδείξει την ποικιλομορφία των διαθέσιμων λύσεων σήμερα.



Εικόνα 4.1 Η ταξινόμια υπηρεσιών νέφους του OpenCrowd Cloud Solutions [6]

4.2. Τύποι Χρηστών – Ρόλοι

Η εικόνα 4.2 παρουσιάζει μια επισκόπηση της αρχιτεκτονικής αναφοράς για το υπολογιστικό νέφος του NIST, η οποία προσδιορίζει τους σημαντικότερους ρόλους, δραστηριότητες και τις λειτουργίες τους στο υπολογιστικό νέφος. Το διάγραμμα απεικονίζει γενικά μια αρχιτεκτονική υψηλότερου επιπέδου και είναι προορισμένο για να διευκολύνει την κατανόηση των απαιτήσεων, των χρήσεων, των χαρακτηριστικών και των προτύπων στο υπολογιστικό νέφος.



Εικόνα 4.2: Το εννοιολογικό πρότυπο αναφοράς του NIST

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.2, η αρχιτεκτονική αναφοράς υπολογισμού νέφους του NIST καθορίζει πέντε σημαντικούς ρόλους: καταναλωτής νέφους, πάροχος νέφους, Μεταφορέας νέφους, ελεγκτής νέφους και μεσίτης νέφους. Κάθε ρόλος είναι μια οντότητα (ένα πρόσωπο ή οργανισμός) που συμμετέχει σε μια συναλλαγή ή μια διαδικασία ή/και εκτελεί στόχους στο υπολογισμό νέφους. Ο πίνακας 3 επεξηγεί εν συντομία τους ρόλους που καθορίζονται στην αρχιτεκτονική αναφοράς υπολογισμού νέφους του NIST.

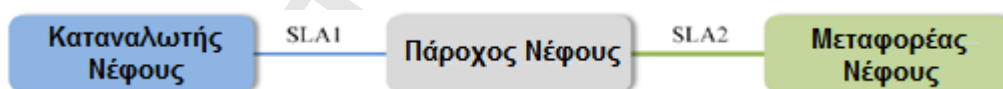
Πίνακας 3. Ρόλοι στο υπολογιστικό νέφους του NIST [4].

Ρόλος	Καθορισμός
Καταναλωτής νέφους	Ένα πρόσωπο ή οργανισμός που διατηρεί μια επιχειρησιακή σχέση με, και χρησιμοποιεί την υπηρεσία από τους προμηθευτές νέφους.
Πάροχος νέφους	Ένα πρόσωπο, οργανισμός, ή μια οντότητα αρμόδια για να καταστήσει μια υπηρεσία διαθέσιμη στα ενδιαφερόμενα συμβαλλόμενα μέρη.
Ελεγκτής νέφους	Ένα συμβαλλόμενο μέρος που μπορεί να διευθύνει την ανεξάρτητη αξιολόγηση των υπηρεσιών νέφους, των διαδικασιών των πληροφοριακών συστημάτων, της απόδοσης και της ασφάλειας των εφαρμογών νέφους.

Μεσίτης νέφους	Μια οντότητα που διαχειρίζεται τη χρήση, την απόδοση και την παράδοση των υπηρεσιών νέφους, και διαπραγματεύεται τις σχέσεις μεταξύ των παρόχων νέφους και των καταναλωτών νέφους.
Μεταφορέας νέφους	Ένας μεσάζων που παρέχει τη συνδετικότητα και τη μεταφορά των υπηρεσιών νέφους από τους προμηθευτές νέφους για να καλύψει τους καταναλωτές.

Ένας καταναλωτής νέφους μπορεί να ζητήσει την υπηρεσία από έναν μεσίτη νέφους αντί να έρθει σε άμεσα επαφή με έναν προμηθευτή νέφους. Ο μεσίτης νέφους μπορεί να δημιουργήσει μια νέα υπηρεσία με συνδυασμό πολλαπλών υπηρεσιών ή με την ενίσχυση μιας υπάρχουσας υπηρεσίας.

Οι μεταφορείς νέφους παρέχουν τη συνδετικότητα και τη μεταφορά των υπηρεσιών νέφους από τους προμηθευτές νέφους για να καλύψουν τους καταναλωτές. Όπως διευκρινίζεται στην Εικόνα 4.3 ένας πάροχος νέφους συμμετέχει και τακτοποιεί δύο μοναδικές συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών (Service Level Agreements - SLAs), μια με έναν μεταφορέα νέφους (SLA2) και μια με έναν καταναλωτή νέφους (SLA1). Τα SLAs θα εξετασθούν αναλυτικά στο κεφάλαιο 5. Ένας πάροχος νέφους τακτοποιεί τις συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών (SLAs) με έναν μεταφορέα νέφους και μπορεί να ζητήσει αφιερωμένες και κρυπτογραφημένες συνδέσεις για να εξασφαλίσει ότι οι υπηρεσίες νέφους καταναλώνονται σε συνεπές επίπεδο σύμφωνα με τις συμβατικές υποχρεώσεις με τους καταναλωτές νέφους. Σε αυτήν την περίπτωση, ο πάροχος μπορεί να διευκρινίσει τις απαιτήσεις του στην ικανότητα, την ευελιξία και τη λειτουργία στο SLA2 προκειμένου να παρασχεθούν οι απαιτήσεις του SLA1.



Εικόνα 4.3 SLAs μεταξύ Καταναλωτή, Παρόχου και Μεταφορέα

Παρακάτω αναλύονται διεξοδικά οι ανωτέρω ρόλοι.

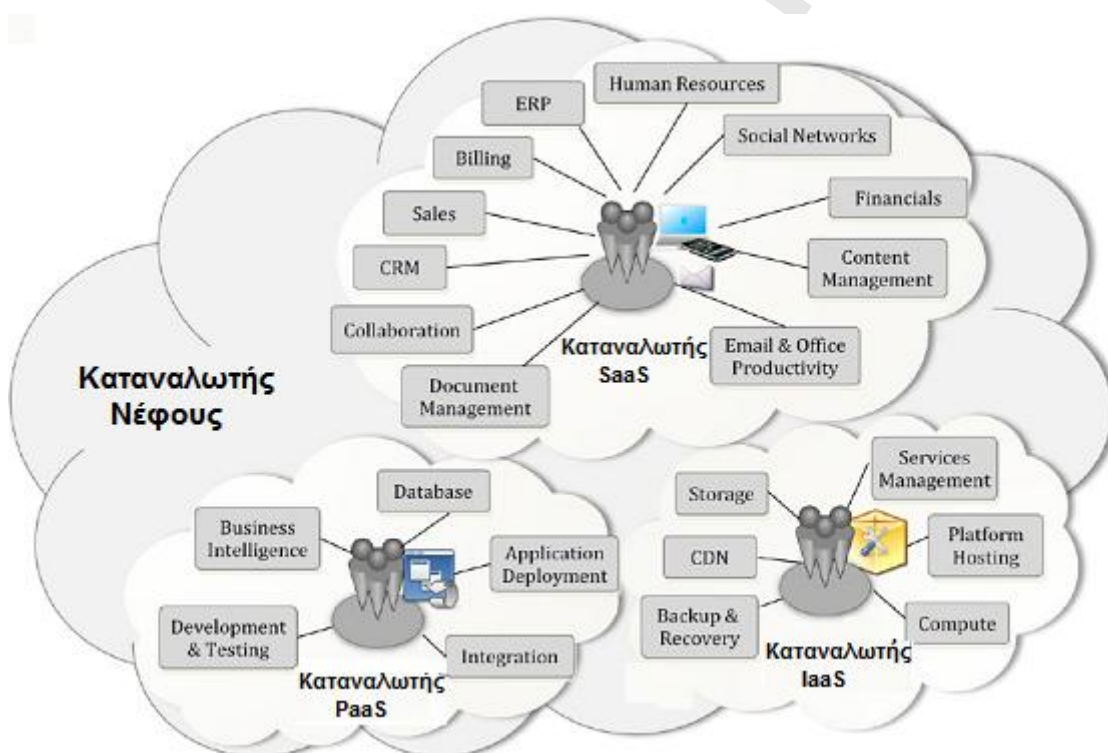
Καταναλωτής νέφους

Ο καταναλωτής νέφους είναι ο κύριος μέτοχος για τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους. Ένας καταναλωτής νέφους αντιπροσωπεύει ένα πρόσωπο ή οργανισμό που διατηρεί μια επιχειρησιακή σχέση με έναν προμηθευτή νέφους, και χρησιμοποιεί υπηρεσίες από αυτόν. Ένας καταναλωτής νέφους μελετά τον κατάλογο υπηρεσιών από έναν προμηθευτή νέφους, ζητά την αντίστοιχη υπηρεσία, οργανώνει τις συμβάσεις των υπηρεσιών με τον προμηθευτή

νέφους, και χρησιμοποιεί την υπηρεσία. Ο καταναλωτής νέφους μπορεί να τιμολογηθεί για την υπηρεσία, και πρέπει να τακτοποιήσει τις πληρωμές αναλόγως.

Οι καταναλωτές νέφους χρειάζονται SLAs για να διευκρινίσουν τις τεχνικές απαιτήσεις απόδοσης που ικανοποιούνται από έναν προμηθευτή νέφους. Τα SLAs μπορούν να καλύψουν τους όρους σχετικά με την ποιότητα της υπηρεσίας, την ασφάλεια, κάλυψη για πιθανές αποτυχίες απόδοσης κ.α. Ένας πάροχος νέφους μπορεί επίσης να απαριθμήσει στα SLAs ένα σύνολο υποσχέσεων που δεν γίνονται ρητά στους καταναλωτές, π.χ. περιορισμούς, και υποχρεώσεις που οι καταναλωτές πρέπει να δεχτούν. Ένας καταναλωτής νέφους μπορεί ελεύθερα να επιλέξει έναν προμηθευτή νέφους με καλύτερες τιμές και περισσότερους ευνοϊκούς όρους. Τυπικά η πολιτική τιμολόγησης νέφους του παρόχου είναι μη διαπραγματεύσιμη, εκτός αν ο πελάτης απαιτεί βαριά χρήση και είναι σε θέση να διαπραγματευτεί για καλύτερες συμβάσεις.

Η εικόνα 4.4 είναι μια οπτική αναπαράσταση του πίνακα 3 της προηγούμενης παραγράφου και βοηθά στην κατανόηση των ενεργειών του ρόλου του καταναλωτή νέφους.



Εικόνα 4.4 Κατηγοριοποίηση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους

Οι καταναλωτές SaaS μπορούν να είναι οργανισμοί που παρέχουν στα μέλη τους πρόσβαση στις εφαρμογές λογισμικού, τελικοί χρήστες που χρησιμοποιούν άμεσα τις εφαρμογές λογισμικού, ή διαχειριστές εφαρμογών λογισμικού που διαμορφώνουν τις εφαρμογές για τους

τελικούς χρήστες. Οι καταναλωτές SaaS μπορούν να τιμολογηθούν με τον αριθμό τελικών χρηστών, το χρόνο της χρήσης, το εύρος ζώνης δικτύου που καταναλώνουν, την ποσότητα δεδομένων που αποθηκεύονται ή τη διάρκεια των αποθηκευμένων δεδομένων.

Οι καταναλωτές νέφους PaaS μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα εργαλεία και τους πόρους εκτέλεσης που παρέχονται από τους προμηθευτές νέφους για να αναπτύξουν, να εξετάσουν, να επεκτείνουν και να διαχειριστούν τις εφαρμογές που φιλοξενούνται σε ένα περιβάλλον νέφους. Οι καταναλωτές PaaS μπορεί να είναι είτε υπεύθυνοι για την ανάπτυξη εφαρμογής που σχεδιάζουν και εφαρμόζουν τα προγράμματα εφαρμογών, ή ελεγκτές εφαρμογής που τρέχουν και εξετάζουν τις εφαρμογές στα βασισμένα στο νέφος περιβάλλοντα, ή διαχειριστές εφαρμογής που διαμορφώνουν και ελέγχουν την απόδοση της εφαρμογής σε μια πλατφόρμα. Οι καταναλωτές PaaS μπορούν να τιμολογηθούν σύμφωνα με, την επεξεργασία, την αποθήκευση βάσεων δεδομένων και τους πόρους δικτύου που καταναλώνονται από την εφαρμογή PaaS, και τη διάρκεια της χρήσης της πλατφόρμας.

Οι Καταναλωτές IaaS έχουν πρόσβαση στους εικονικούς υπολογιστές, στην αποθήκευση στο δίκτυο, στα τμήματα υποδομής δικτύου, και άλλους θεμελιώδεις υπολογιστικούς πόρους τους οποίους μπορούν να επεκτείνουν και να τρέξουν αυθαίρετο λογισμικό.

Οι καταναλωτές IaaS μπορούν να είναι είτε υπεύθυνοι για την ανάπτυξη συστημάτων, διαχειριστές συστημάτων και διαχειριστές IT που ενδιαφέρονται για τη δημιουργία, την εγκατάσταση, τη διαχείριση και τον έλεγχο των υπηρεσιών για τις διαδικασίες υποδομής IT. Οι καταναλωτές IaaS είναι ικανοί να προσεγγίσουν αυτούς τους υπολογιστικούς πόρους, και τιμολογούνται σύμφωνα με την ποσότητα ή τη διάρκεια των πόρων που καταναλώνονται, όπως οι ώρες CPU που χρησιμοποιούνται από τους εικονικούς υπολογιστές, τον όγκο και τη διάρκεια των δεδομένων που αποθηκεύονται, το εύρος ζώνης δικτύου που καταναλώνεται, τον αριθμό των IP διευθύνσεων που χρησιμοποιούνται για ορισμένο διαστημα κ.α.

Πάροχος νέφους

Ένας Πάροχος νέφους είναι ένα πρόσωπο ή οργανισμός. Είναι η αρμόδια οντότητα για να καταστήσει μια υπηρεσία διαθέσιμη στα ενδιαφερόμενα συμβαλλόμενα μέρη. Ένας πάροχος νέφους αποκτά και διαχειρίζεται την υποδομή υπολογισμού που απαιτείται για την παροχή των υπηρεσιών, τρέχει το λογισμικό νέφους που παρέχει τις υπηρεσίες, και κάνει τη ρύθμιση για να παραδώσει τις υπηρεσίες νέφους στους καταναλωτές νέφους μέσω της πρόσβασης στο δίκτυο.

Για το λογισμικό ως υπηρεσία, ο πάροχος νέφους επεκτείνει, διαμορφώνει, διατηρεί και ενημερώνει τη λειτουργία των εφαρμογών λογισμικού σε μια υποδομή νέφους έτσι ώστε οι υπηρεσίες να είναι στα αναμενόμενα επίπεδα για να καλύψουν τους καταναλωτές. Ο πάροχος SaaS αναλαμβάνει τις περισσότερες από τις αρμοδιότητες για τη διαχείριση και τον έλεγχο των εφαρμογών και της υποδομής, ενώ οι καταναλωτές νέφους περιορίζονται στη χρήση των εφαρμογών.

Για το PaaS, ο πάροχος νέφους διαχειρίζεται την υποδομή για την πλατφόρμα και τρέχει το λογισμικό νέφους που παρέχει τα συστατικά της πλατφόρμας, όπως τον σωρό του χρόνου εκτέλεσης λογισμικού (runtime stack), τις βάσεις δεδομένων, και άλλα τμήματα υλικολογισμικού. Ο πάροχος νέφους PaaS επίσης υποστηρίζει τη διαδικασία ανάπτυξης, επέκτασης και διαχείρισης του καταναλωτή νέφους PaaS με την παροχή εργαλείων όπως τα ενσωματωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης (Integrated Development Environments - IDEs), τα πακέτα

ανάπτυξης λογισμικού (Software Development Kits - SDKs), τα εργαλεία επέκτασης και διαχείρισης. Ο καταναλωτής νέφους PaaS έχει τον έλεγχο των εφαρμογών και ενδεχομένως μερικών ρυθμίσεων του περιβάλλοντος που φιλοξενείται, αλλά έχει περιορισμένη ή και καθόλου πρόσβαση στην υποδομή που κρύβεται κάτω από την πλατφόρμα όπως το δίκτυο, τους servers, τα λειτουργικά συστήματα (OS), ή η αποθήκευση.

Για το IaaS, ο πάροχος νέφους αποκτά τους φυσικούς υπολογιστικούς πόρους που κρύβονται κάτω από την υπηρεσία, συμπεριλαμβανομένων των servers, των δικτύων, της υποδομής αποθήκευσης και φιλοξενίας. Ο πάροχος νέφους τρέχει το λογισμικό νέφους που είναι απαραίτητο για να καθιστά τους υπολογιστικούς πόρους διαθέσιμους στον καταναλωτή νέφους IaaS μέσω ενός συνόλου διεπαφών υπηρεσιών και αφαιρέσεων των πόρων υπολογισμού, όπως οι εικονικές μηχανές και οι εικονικές διεπαφές δικτύων. Ο καταναλωτής νέφους IaaS χρησιμοποιεί στη συνέχεια αυτούς τους υπολογιστικούς πόρους, όπως έναν εικονικό server, για τις θεμελιώδεις υπολογιστικές ανάγκες του. Σε σχέση με τους καταναλωτές SaaS και PaaS, ένας καταναλωτής νέφους IaaS έχει πρόσβαση σε πιά θεμελιώδεις μορφές των υπολογισμού πόρων και έχει έτσι περισσότερο έλεγχο των περισσότερων τμημάτων λογισμικού σε μια στοίβα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένου του OS και του δικτύου. Ο πάροχος νέφους IaaS, αφ' ετέρου, έχει τον έλεγχο του φυσικού υλικού και του λογισμικού που κάνει πιθανή την παροχή αυτών των υπηρεσιών υποδομής, παραδείγματος χάριν, τους φυσικούς servers, τον εξοπλισμό δικτύου, τις συσκευές αποθήκευσης, κτλ.

Ελεγκτής νέφους

Ένας ελεγκτής νέφους είναι ένα συμβαλλόμενο μέρος που μπορεί να εκτελέσει μια ανεξάρτητη εξέταση ελέγχου των υπηρεσιών νέφους με την πρόθεση να εκφράσει μια άποψη επ'αυτού. Οι έλεγχοι εκτελούνται για να ελέγξουν την προσαρμογή στα πρότυπα μέσω της αναθεώρησης των αντικειμενικών δεδομένων. Ένας ελεγκτής νέφους μπορεί να αξιολογήσει τις υπηρεσίες που παρέχονται από έναν πάροχο νέφους από την άποψη των ελέγχων ασφάλειας, του αντίκτυπου της ιδιωτικότητας, της απόδοσης, κ.λπ.

Οι έλεγχοι ασφάλειας είναι τα λειτουργικά, και τεχνικά μέτρα προστασίας, διαχείρισης, ή τα αντίμετρα που υιοθετούνται μέσα σε ένα οργανωτικό πληροφοριακό σύστημα για να προστατεύσουν την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα, και τη διαθεσιμότητα του συστήματος και των πληροφοριών του. Για τον έλεγχο ασφάλειας, ένας ελεγκτής νέφους μπορεί να κάνει μια αξιολόγηση των ελέγχων ασφάλειας στο πληροφοριακό σύστημα για να καθορίσει το βαθμό στον οποίο οι έλεγχοι εφαρμόζονται σωστά, λειτουργούν όπως θα έπρεπε, και παράγουν το επιθυμητό αποτέλεσμα όσον αφορά τις απαιτήσεις ασφάλειας για το σύστημα. Ο έλεγχος ασφάλειας πρέπει επίσης να περιλάβει την επαλήθευση της συμμόρφωσης με την πολιτική κανονισμού και ασφάλειας. Παραδείγματος χάριν, ένας ελεγκτής μπορεί να επιφορτιστεί με την εξασφάλιση ότι εφαρμόζονται οι σωστές πολιτικές στη διατήρηση των δεδομένων σύμφωνα με τους σχετικούς κανόνες. Ο ελεγκτής μπορεί να εξασφαλίσει ότι το σταθερό περιεχόμενο δεν έχει τροποποιηθεί και ότι οι αρχειακές απαιτήσεις των νομικών και επιχειρησιακών δεδομένων έχουν ικανοποιηθεί.

Μεσίτης νέφους

Δεδομένου ότι το υπολογιστικό νέφος εξελίσσεται, η ολοκλήρωση των υπηρεσιών νέφους μπορεί να είναι πάρα πολύ σύνθετη για να διαχειριστεί από τους καταναλωτές νέφους. Ένας καταναλωτής νέφους μπορεί να ζητήσει τις υπηρεσίες νέφους από έναν μεσίτη νέφους, αντί να έρθει σε επαφή με έναν προμηθευτή νέφους άμεσα. Ένας μεσίτης νέφους είναι μια οντότητα που διαχειρίζεται τη χρήση, την απόδοση και την παράδοση των υπηρεσιών νέφους και διαπραγματεύεται τις σχέσεις μεταξύ των παρόχων νέφους και των καταναλωτών νέφους.

Γενικά, ένας μεσίτης νέφους μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες σε τρεις κατηγορίες:

Μεσολάβηση υπηρεσιών: Ένας μεσίτης νέφους ενισχύει μια δεδομένη υπηρεσία με τη βελτίωση κάποιας συγκεκριμένης ικανότητας και την παροχή προστιθεμένης αξίας στις υπηρεσίες των καταναλωτών νέφους. Η βελτίωση μπορεί να είναι στην πρόσβαση στις υπηρεσίες νέφους, στη διαχείριση ταυτότητας, στην απόδοση των εκθέσεων (reporting), την ενισχυμένη ασφάλεια, κ.λπ.

Συνάθροιση υπηρεσιών: Ένας μεσίτης νέφους συνδυάζει και ενσωματώνει πολλαπλές υπηρεσίες σε μια ή περισσότερες νέες υπηρεσίες. Ο μεσίτης παρέχει την ολοκλήρωση των δεδομένων και εξασφαλίζει την ασφαλή μετακίνηση των δεδομένων μεταξύ του καταναλωτή νέφους και των πολλαπλών παρόχων νέφους.

Πρόκριση συναλλαγής υπηρεσιών: Η οικονομική πρόκριση συναλλαγής υπηρεσιών είναι παρόμοια με τη συνάθροιση υπηρεσιών εκτός από το ότι οι υπηρεσίες που αθροίζονται δεν είναι προκαθορισμένες. Η οικονομική πρόκριση συναλλαγής υπηρεσιών σημαίνει ότι ένας μεσίτης έχει την ευελιξία να επιλέξει υπηρεσίες από πολλαπλές λύσεις. Ο μεσίτης νέφους, παραδείγματος χάριν, μπορεί να χρησιμοποιήσει μια υπηρεσία πίστωσης για να μετρήσει και να επιλέξει τη λύση με το καλύτερο αποτέλεσμα.

Μεταφορέας νέφους

Ένας μεταφορέας νέφους ενεργεί ως μεσάζων που παρέχει τη συνδεσιμότητα και τη μεταφορά των υπηρεσιών νέφους μεταξύ των καταναλωτών νέφους και των παρόχων νέφους. Οι μεταφορείς νέφους παρέχουν πρόσβαση στους καταναλωτές μέσω του δικτύου, των τηλεπικοινωνιών και άλλων συσκευών πρόσβασης. Παραδείγματος χάριν, οι καταναλωτές νέφους μπορούν να λάβουν τις υπηρεσίες νέφους μέσω συσκευών πρόσβασης στο δίκτυο, όπως τα PC, τα lap-top, τα κινητά τηλέφωνα, τα PDAs κ.λπ. Η διανομή των υπηρεσιών νέφους παρέχεται κανονικά από τους μεταφορείς δικτύων και τηλεπικοινωνιών ή έναν *πράκτορα μεταφορών*, όπου ο πράκτορας μεταφορών αναφέρεται σε μια επιχείρηση που παρέχει τη φυσική μεταφορά των μέσων αποθήκευσης όπως οι μεγάλης χωρητικότητας σκληροί δίσκοι. Ας σημειωθεί ότι ένας πάροχος νέφους θα υπογράψει SLAs με έναν μεταφορέα νέφους για να παρέχει υπηρεσίες σύμφωνες με το επίπεδο των SLAs που προσφέρονται για να καλύψει τις απαιτήσεις των καταναλωτών, και μπορεί να απαιτήσει από το μεταφορέα νέφους να παρέχει αφιερωμένες και ασφαλείς συνδέσεις μεταξύ των καταναλωτών νέφους και των παρόχων νέφους.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

5. ΠΑΡΟΧΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ

Ενώ η έλξη στο νέφος για τους προμηθευτές SaaS είναι σαφής, το ποιοί θα γίνουν πάροχοι νέφους και γιατί είναι ένα ερώτημα. Καταρχήν πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι οι οικονομίες που εξελίσσονται βάση στατιστικής πολυπλοκότητας και μαζικής αγοραστικής δύναμης απαιτούν την κατασκευή εξαιρετικά μεγάλων κέντρων δεδομένων (datacenters) .

Η κατασκευή, ο σχεδιασμός, και η υλοποίηση μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι υπόθεση πολλών χιλιάδων ή και εκατομμυρίων ευρώ σε κάποιες περιπτώσεις. Εντούτοις, λόγω της φαινομενικής αύξησης των υπηρεσιών Ιστού από το 2000 και μετά, πολλές μεγάλες επιχειρήσεις Διαδικτύου, συμπεριλαμβανομένων των Amazon, eBay, Google, Microsoft και άλλων, είχαν ήδη ξεκινήσει να φτιάχνουν τέτοιες εγκαταστάσεις. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι αυτές οι επιχειρήσεις έπρεπε επίσης να αναπτύξουν εξελικτική υποδομή λογισμικού (όπως το MapReduce [50] και το σύστημα αρχείων της Google), και τη λειτουργική πείρα να εξοπλίσουν τα datacenters τους ενάντια στις πιθανές φυσικές και ηλεκτρονικές επιθέσεις.

Επομένως, ένας απαραίτητος αλλά μη ικανοποιητικός όρος για μια επιχείρηση για να γίνει πάροχος υπολογιστικού νέφους είναι ότι πρέπει να έχει τις υπάρχουσες επενδύσεις όχι μόνο σε πολύ μεγάλα datacenters, αλλά και σε μεγάλης κλίμακας υποδομή λογισμικού καθώς και τη λειτουργική πείρα που απαιτείται για να τα τρέξει. Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους όρους, ποικίλοι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν αυτές τις επιχειρήσεις για να γίνουν πάροχοι υπολογιστικού νέφους:

1. Υπάρχουσα επένδυση. Η προσθήκη υπηρεσιών νέφους πάνω από την υπάρχουσα υποδομή παρέχει ένα νέο ρεύμα εισοδήματος με χαμηλό επιπλέον κόστος, που βοηθά να αποσβέσει τις μεγάλες επενδύσεις των datacenters. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι πολλές τεχνολογίες του Amazon Web Services αναπτύχθηκαν αρχικά για εσωτερικές λειτουργίες της Amazon.

2. Υπεράσπιση της φίρμας. Καθώς οι συμβατικές εφαρμογές ενστερνίζονται το υπολογιστικό νέφος, οι εταιρίες πληροφορικής με ένα καθιερωμένο όνομα σε εκείνες τις εφαρμογές θα ήταν λογικό να παρακινηθούν στο να υλοποιήσουν και οι ίδιοι μία λύση νέφους. Παραδείγματος χάριν, το Microsoft Azure παρέχει μια άμεση πορεία για τους υπάρχοντες πελάτες των επιχειρηματικών εφαρμογών της Microsoft μεταναστεύοντας σε ένα περιβάλλον νέφους.

3. Πελατειακές σχέσεις. Εταιρίες υπηρεσιών IT όπως η IBM Global Services έχουν εκτενείς σχέσεις πελατών μέσω της προσφοράς των υπηρεσιών τους. Η παροχή μιας επώνυμης προσφοράς μιας λύσης υπολογιστικού νέφους δίνει σε εκείνους τους πελάτες μια δίχως ανησυχία πορεία μετανάστευσης που διατηρεί τις επενδύσεις αμφοτέρων των συμβαλλόμενων μερών στη σχέση πελατών.

4. Δημιουργία πλατφόρμας. π.χ η πρωτοβουλία του Facebook να επιτραπούν οι addon εφαρμογές είναι μια μεγάλη κίνηση στο υπολογιστικό νέφος, και πράγματι ένας πάροχος υποδομής για τις εφαρμογές του Facebook είναι η Joyent η οποία είναι πάροχος υπολογιστικού νέφους. Επιπλέον το κίνητρο του Facebook ήταν να καταστεί η εφαρμογή κοινωνικής δικτύωσής τους μια νέα πλατφόρμα ανάπτυξης.

5.1. Εμπορικές Εφαρμογές

5.1.1. Υπηρεσίες Cloud Computing της Amazon.com

Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα δύο κυρίαρχα συστήματα υπολογιστικού νέφους της Amazon.com. Τα EC2 και S3. Αν θέλουμε να κατηγοριοποιήσουμε τις δύο αυτές υπηρεσίες θα λέγαμε ότι και τα δύο ανήκουν στην κατηγορία της υποδομής ως υπηρεσία (IaaS) με το EC2 να παρέχει υπολογιστική ικανότητα ενώ το S3 παρέχει αποθήκευση στο νέφος.

Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud)

Το Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) είναι μια διαδικτυακή υπηρεσία που παρέχει υπολογιστική ικανότητα στο Νέφος, ικανή να προσαρμόσει τα μεγέθη της στις ανάγκες του χρήστη. Παρέχει πλήρη έλεγχο των υπολογιστικών πόρων και επιτρέπει να εκτελούνται υπολογισμοί στο υπολογιστικό περιβάλλον του Amazon. Το Amazon EC2 μειώνει το χρόνο που απαιτείται για την απόκτηση και έναρξη λειτουργίας νέων εικονικών μηχανών (το Amazon έχει ονομάσει μία υπολογιστική μονάδα της με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ως instance) σε μερικά μόλις λεπτά, επιτρέποντας εκτεταμένη ευελιξία, είτε με αύξησης των υπολογιστικών πόρων είτε με μείωση, καθώς αλλάζουν οι απαιτήσεις του χρήστη. Το Amazon EC2 επιτρέπει την πληρωμή μόνο για την υπολογιστική δύναμη που χρησιμοποιείται πραγματικά, ενώ παρέχει στους προγραμματιστές εργαλεία για την οικοδόμηση εφαρμογών ανθεκτικών σε σφάλματα.

Λειτουργικότητα του Amazon EC2

Το Amazon EC2 είναι ένα εικονικό υπολογιστικό περιβάλλον, που επιτρέπει τη χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών ώστε να τεθούν σε λειτουργία τα instances του με μια ποικιλία λειτουργικών συστημάτων, να φορτωθούν στο ήδη υπάρχον περιβάλλον εφαρμογών και να γίνει τελική χρήση όσων συστημάτων η επιχείρηση έχει ανάγκη. Για τη χρήση του EC2 η επιχείρηση πρέπει:

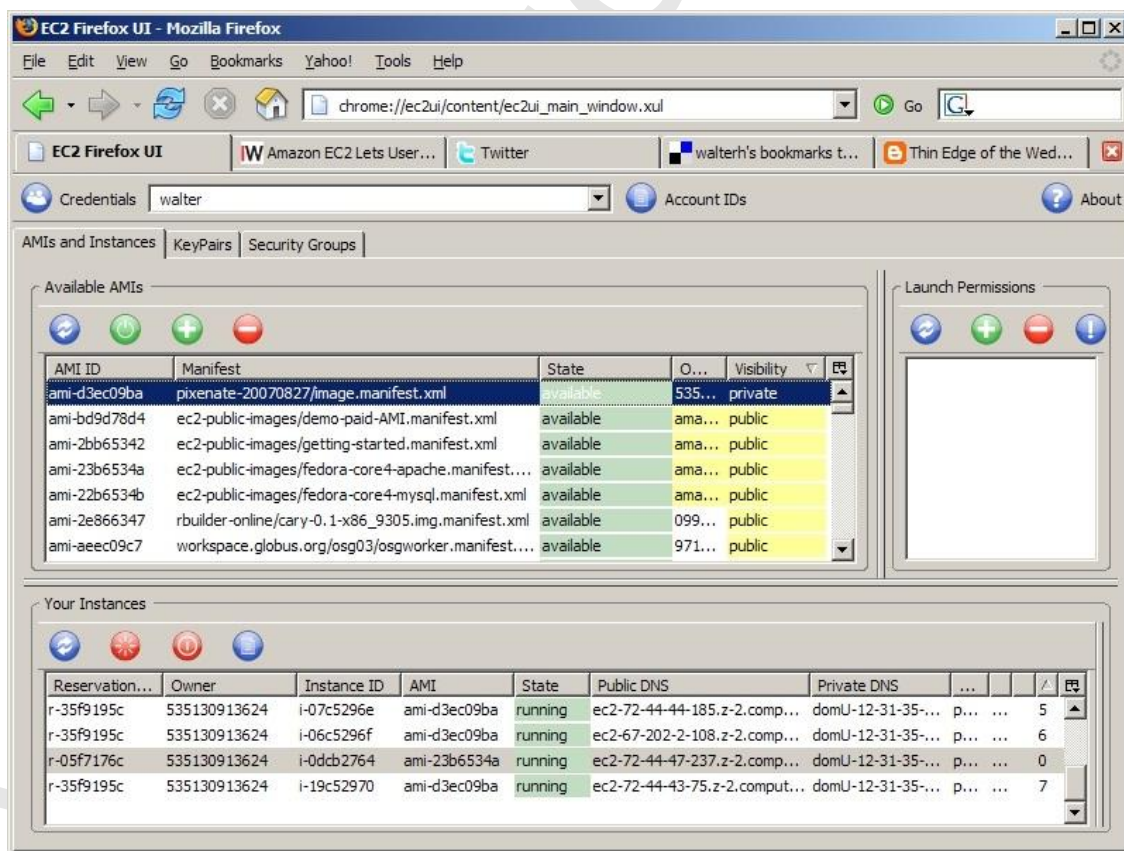
- Να δημιουργήσει ένα Amazon Machine Image (AMI) που θα περιέχει τις εφαρμογές, τις βιβλιοθήκες, τα δεδομένα, καθώς και σαφείς ρυθμίσεις.
- Να ρυθμίσει την ασφάλεια και την πρόσβαση στο δίκτυο για τα instances του Amazon EC2.
- Να επιλέξει ποιο τύπο εικονικής μηχανής και ποιο λειτουργικό σύστημα επιθυμεί, στη συνέχεια, να ξεκινήσει και να παρακολουθεί όσα instances της AMI της χρειάζεται, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες API ή μια ποικιλία εργαλείων διαχείρισης τα οποία παρέχονται.

- Να προσδιορίσει αν θέλει να εκτελούνται οι διαδικασίες της σε διάφορες τοποθεσίες, χρησιμοποιώντας στατικές IP ή τα instances της να λειτουργούν σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία.
- Να πληρώνει μόνο για τους πόρους που πραγματικά καταναλώνει, όπως τις ώρες χρήσης των instances ή των όγκο μεταφοράς δεδομένων.

Σημαντικά χαρακτηριστικά υπηρεσίας

Ελαστικότητα: Το Amazon EC2 επιτρέπει στην επιχείρηση να αυξήσει ή να μειώσει τους υπολογιστικούς πόρους της μέσα σε λίγα λεπτά. Μπορεί να προσθέσει έναν, εκατοντάδες ή και χιλιάδες servers ταυτόχρονα. Επιπλέον, επειδή είναι όλα ελεγχόμενα από το διαδικτυακό API, η επάυξηση των servers μπορεί να μειωθεί ή να αυξηθεί κατά βούληση.

Έλεγχος: Η επιχείρηση έχει τον πλήρη έλεγχο των instances. Έχει πρόσβαση στο καθένα, και μπορεί να αλληλεπιδράσει με αυτά, όπως θα έκανε με οποιοδήποτε μηχάνημα. Μπορεί να σταματήσει το instance, διατηρώντας ταυτόχρονα τα δεδομένα από το σημείο εκκίνησης του και, στη συνέχεια, να κάνει επανεκκίνηση το ίδιο instance με τη χρήση του API (Εικόνα 5.1). Τα instances μπορούν να επανεκκινηθούν απομακρυσμένα με χρήση της διαδικτυακής υπηρεσίας API.



Εικόνα 5.1 : Το API του Amazon EC2

Ευελιξία: Η εταιρία έχει την επιλογή πολλαπλών τύπων instances, λειτουργικών συστημάτων, και πακέτων λογισμικού. Το Amazon EC2 επιτρέπει να επιλεγεί η διαμόρφωση του αποθηκευτικού μέσου ή το μέγεθος της CPU που είναι βέλτιστο για την επιλογή του λειτουργικού συστήματος και της εφαρμογής του. Για παράδειγμα, η επιλογή λειτουργικού συστήματος περιλαμβάνει πολλές διανομές Linux, καθώς και τα Windows Server της Microsoft.

Σχεδίαση για χρήση με άλλες Amazon Web Services: Το Amazon EC2 λειτουργεί σε συνδυασμό με την Amazon Storage Service (Amazon S3), την Υπηρεσία Σχεσιακής Βάσης Δεδομένων της Amazon.com (Amazon RDS), την Amazon SimpleDB και την Amazon Simple Queue Service (Amazon SQS) ώστε να παρέχει μια ολοκληρωμένη λύση για υπολογιστικές υπηρεσίες, επεξεργασία διαδικασιών και την αποθήκευση αυτών σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Αξιοπιστία: Το Amazon EC2 προσφέρει ένα ιδιαίτερα αξιόπιστο περιβάλλον όπου τα εφεδρικά instances μπορούν να λειτουργούν γρήγορα και αξιόπιστα. Η σύμβαση Amazon EC2 Service Level Agreement δεσμεύεται για 99,95% διαθεσιμότητα για κάθε περιφερειακό Amazon EC2.

Ασφάλεια: Το Amazon EC2 προσφέρει πολλούς μηχανισμούς για τη διασφάλιση των υπολογιστικών πόρων. Επίσης περιλαμβάνει υπηρεσίες διαδικτύου για τη ρύθμιση του firewall που ελέγχει την πρόσβαση στο δίκτυο των instances. Κατά την έναρξη των πόρων του Amazon EC2 εντός του Virtual Private Cloud της Amazon.com (Amazon VPC), η επιχείρηση μπορεί να απομονώσει τα υπολογιστικά instances, καθορίζοντας το εύρος των διευθύνσεων IP που θέλει να χρησιμοποιήσει και να συνδεθεί με την υπάρχουσα υποδομή της με χρήση IPsec VPN.

Κόστος: Το Amazon EC2 υλοποιεί οικονομία κλίμακας. Η επιχείρηση πληρώνει ένα μοναδιαίο κόστος μόνο για την υπολογιστική ικανότητα που πραγματικά καταναλώνει. Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρεις τιμολογιακές προσεγγίσεις του Amazon. Αναλυτική παρουσίαση της τρέχουσας τιμολόγησης υπηρεσιών διαφορετικών παρόχων γίνεται στο κεφάλαιο 6.

- Κατ' απαίτηση instances (On-Demand): Τα κατ' απαίτηση instances επιτρέπουν στην επιχείρηση να πληρώνει για υπολογιστική ικανότητα ανά ώρα χωρίς μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις. Αυτό την απαλλάσσει από το κόστος και την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού, της αγοράς, και της διατήρησης του υλικού, μετατρέποντας τα μεγάλα πάγια κόστη σε πολύ μικρότερα μεταβλητά κόστη. Τα κατ' απαίτηση instances αφαιρούν επίσης την ανάγκη να αγοραστεί "δίχτυ ασφαλείας" που θα επιτρέψει αντιμετώπιση της ζήτησης σε ώρες αιχμής.
- Instances με κράτηση (Reserved instances): Τα instances με κράτηση δίνουν στην επιχείρηση την επιλογή να κάνει μια μικρή, εφάπαξ πληρωμή για κάθε instance που θέλει να δεσμεύσει και στη συνέχεια λαμβάνει σημαντική έκπτωση στα ωριαία τέλη χρήσης. Μετά την εφάπαξ πληρωμή για ένα instance, το instance διατίθεται αποκλειστικά για αυτή, και δεν έχει καμία άλλη υποχρέωση.
- Σημειακά instances (Spot instances): Τα Spot instances επιτρέπουν στους πελάτες να υποβάλουν προσφορά για αχρησιμοποίητα Amazon EC2 και τη διαχείριση αυτών των instances για όσο διάστημα η προσφορά τους υπερβάλει την τρέχουσα τιμή. Ένα μοντέλο που λειτουργεί ουσιαστικά με τις αρχές της προσφοράς και της ζήτησης. Μια σχετικά ευέλικτη επιχείρηση μπορεί να μειώσει τα κόστη της κάνοντας χρήση αυτής της υπηρεσίας.

Χαρακτηριστικά

Το Amazon EC2 παρέχει μια σειρά από ισχυρά χαρακτηριστικά για την οικοδόμηση επεκτάσιμων και ανεκτικών σε αποτυχίες επιχειρηματικώς εφαρμογών συμπεριλαμβανομένων των:

Amazon Elastic Block Store: Το Amazon Elastic Block Store (EBS) προσφέρει σταθερό χώρο αποθήκευσης για τα Amazon EC2 instances.

Πολλαπλές Περιοχές: Το Amazon EC2 παρέχει τη δυνατότητα να τοποθετήσει η επιχείρηση τα instances σε διάφορες τοποθεσίες. Οι θέσεις του Amazon EC2 αποτελούνται από ζώνες και περιοχές διαθεσιμότητας. Οι ζώνες διαθεσιμότητας είναι ξεχωριστές τοποθεσίες που έχουν κατασκευαστεί για να προστατεύονται από αποτυχίες σε άλλες ζώνες διαθεσιμότητας και να παρέχουν φθηνή προσφορά δικτύου σε άλλες ζώνες διαθεσιμότητας στην ίδια περιφέρεια. Με αυτό τον τρόπο η επιχείρηση μπορεί να προστατεύσει τις εφαρμογές της από την πιθανή αποτυχία μιας σταθερής θέσης. Οι περιφέρειες αποτελούνται από μία ή περισσότερες ζώνες διαθεσιμότητας και είναι γεωγραφικά διασκορπισμένες. Το Amazon EC2 είναι προς το παρόν διαθέσιμο σε πέντε περιοχές: Ανατολική ΗΠΑ (Βόρεια Βιρτζίνια), Δυτική ΗΠΑ (Βόρεια Καλιφόρνια), ΕΕ (Ιρλανδία), Ασία-Ειρηνικός (Σιγκαπούρη), και Ασία-Ειρηνικός (Τόκιο).

Ελαστικές IP Διευθύνσεις: Οι ελαστικές διευθύνσεις IP είναι στατικές διευθύνσεις IP σχεδιασμένες για δυναμικά συστήματα νέφους. Μια ελαστική διεύθυνση IP συνδέεται με το λογαριασμό του χρήστη, όχι όμως με κάποιο συγκεκριμένο instance, και ο χρήστης έχει τον έλεγχο. Αντίθετα από τις παραδοσιακές στατικές διευθύνσεις IP, οι ελαστικές διευθύνσεις IP επιτρέπουν μια ευελιξία σε περίπτωση προβλήματος με κάποια instances. Αντί ο χρήστης να περιμένει για έναν τεχνικό να αναδιαμορφώσει τα δεδομένα ή να αντικαταστήσει τον host του, το Amazon EC2 δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να λειτουργήσει γύρω από το συγκεκριμένο instance και να επαναχαρτογραφήσει την ελαστική διεύθυνση IP σε περίπτωση αντικατάστασης.

Amazon Virtual Private Cloud: Το Amazon VPC είναι μια ασφαλής και απρόσκοπτη γέφυρα μεταξύ μιας ήδη υπάρχουσας εταιρικής υποδομής πληροφοριακών συστημάτων και του νέφους. Το Amazon VPC επιτρέπει στις επιχειρήσεις να συνδέσουν την υπάρχουσα υποδομή τους σε ένα σύνολο απομονωμένων υπολογιστικών πόρων μέσω ενός εικονικού ιδιωτικού δικτύου (VPN), καθώς και να επεκτείνουν τις υπάρχουσες δυνατότητες διαχείρισής τους, όπως τις υπηρεσίες ασφάλειας, τα firewalls και τα συστήματα ανίχνευσης εισβολής για να συμπεριλάβουν τους πόρους του.

Amazon CloudWatch: Το Amazon CloudWatch είναι μια διαδικτυακή υπηρεσία που παρέχει παρακολούθηση των πόρων του νέφους AWS και των εφαρμογών, ξεκινώντας με το Amazon EC2. Παρέχει ορατότητα στην αξιοποίηση των πόρων, στις επιχειρησιακές επιδόσεις, και στα συνολικά μοντέλα της ζήτησης περιλαμβάνοντας μετρήσεις όπως η χρήση της CPU, η ανάγνωση και χρήση δίσκου και η κυκλοφορία του δικτύου. Μπορεί η επιχείρηση να πάρει τις στατιστικές και να δει τις γραφικές παραστάσεις για τα δεδομένα που μετράει.

Αυτόματη επέκταση: Η αυτόματη επέκταση επιτρέπει στην επιχείρηση να επεκτείνει αυτόματα τη δυναμικότητα του Amazon EC2 προς τα πάνω ή προς τα κάτω ανάλογα με τις συνθήκες που η ίδια έχει ορίσει. Με την αυτόματη επέκταση η επιχείρηση μπορεί να εξασφαλίσει ότι ο αριθμός των instances του Amazon EC2 που χρησιμοποιεί, αυξάνεται ομαλά κατά τη διάρκεια αιχμής της ζήτησης για τη διατήρηση σταθερών επιδόσεων, και μειώνεται αυτόματα κατά τη διάρκεια της χαμηλής ζήτησης για την ελαχιστοποίηση του κόστους. Η αυτόματη επέκταση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για εφαρμογές που υφίστανται ωριαία, ημερήσια ή εβδομαδιαία διακύμανση στη χρήση.

Ελαστική εξισορρόπηση φορτίου: Η ελαστική εξισορρόπηση φορτίου διανέμει αυτόματα την εισερχόμενη κίνηση εφαρμογών σε πολλά instances του Amazon EC2, επιτρέποντας έτσι να

επιτευχθεί ακόμη μεγαλύτερη ανοχή σε σφάλματα αιτήσεων δυναμικότητας, παρέχοντας μια αδιάλειπτη υποστήριξη στην εκάστοτε ζήτηση. Μια επιπλέον λειτουργία είναι ότι εντοπίζει τα ελαττωματικά instances και κατευθύνει την κίνηση των εφαρμογών στα υγιή του συνόλου, ενώ μπορεί να ενεργοποιηθεί εντός μιας ζώνης διαθεσιμότητας ή εντός πολλαπλών ζωνών

Υψηλής Απόδοσης Υπολογιστικές Συστοιχίες (High Performance Computing Clusters - HPC): Οι πελάτες με πολύπλοκα υπολογιστικά φορτία,, είτε με εφαρμογές ευαίσθητες στις επιδόσεις του δικτύου μπορούν να επιτύχουν υψηλή υπολογιστική απόδοση δικτύου, που παρέχεται από ειδικά προσαρμοσμένη υποδομή, ενώ επωφελούνται από την ελαστικότητα, την ευελιξία και τα οικονομικά πλεονεκτήματα του Amazon EC2. Τα instances του Cluster Compute και του Cluster GPU έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να παρέχουν υψηλής απόδοσης δυνατότητες δικτύωσης και μπορούν να ξεκινήσουν με προγραμματισμό σε ομάδες, επιτρέποντας καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του δικτύου προς όφελος της επιχείρησης.

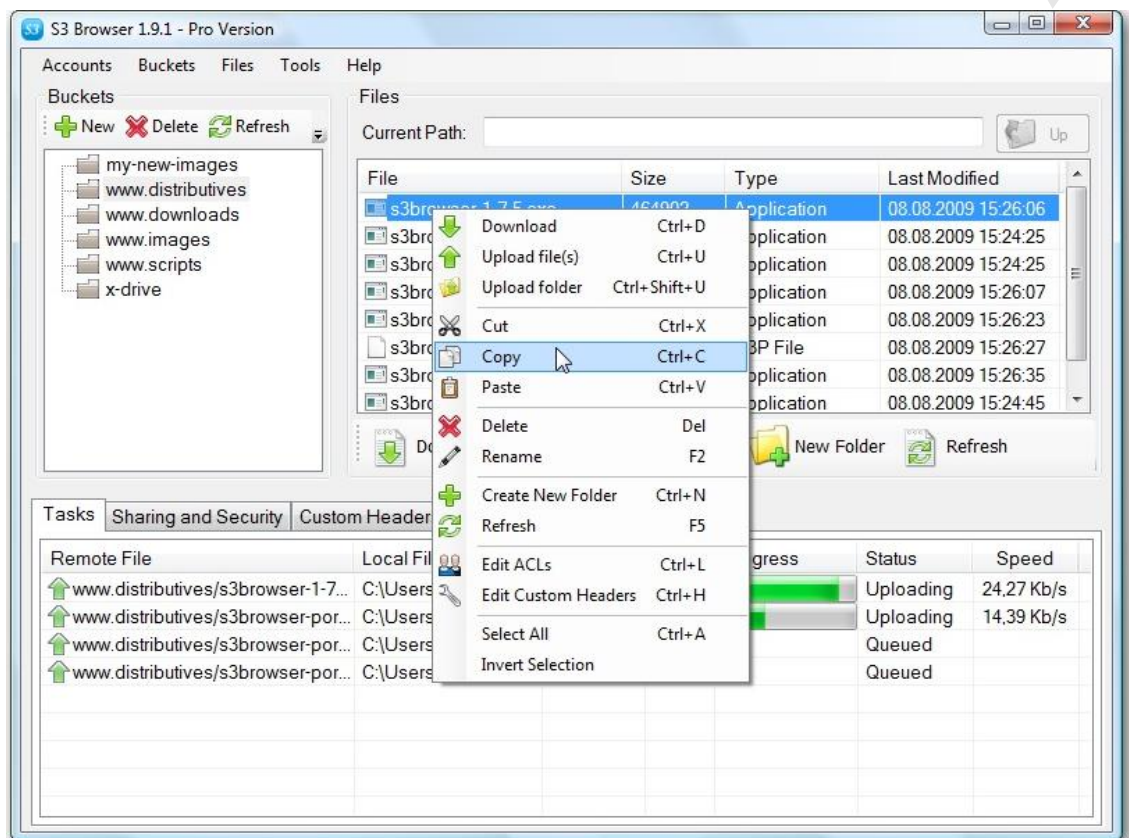
Amazon S3 (Simple Storage Service)

Το Amazon S3 είναι λειτουργία αποθήκευσης στο διαδίκτυο. Παρέχει μια απλή ηλεκτρονική υπηρεσία με μορφή ενός εύχρηστου περιβάλλοντος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση και ανάκτηση οποιασδήποτε ποσότητας δεδομένων, οποιαδήποτε στιγμή, από οποιοδήποτε σημείο του διαδικτύου.

Λειτουργικότητα του Amazon S3

Το Amazon S3 είναι δομημένο με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δίνει τη δυνατότητα εγγραφής, ανάγνωσης και διαγραφής αντικειμένων που εκτείνονται από 1 byte έως 5 terabytes σε όγκο δεδομένων το καθένα, ενώ ο αριθμός αυτών των αντικειμένων είναι απεριόριστος.
- Κάθε αντικείμενο αποθηκεύεται σε ένα ξεχωριστό bucket («κάδος»), από όπου και μπορεί να ανακτηθεί με ένα μοναδικό κλειδί, κατασκευασμένο από το διαχειριστή του.
- Ένα bucket μπορεί να αποθηκευτεί σε μία από πολλές περιοχές. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την περιοχή για να βελτιστοποιήσει την ασφάλεια και να ελαχιστοποιήσει το κόστος. Προς το παρόν είναι διαθέσιμο στις περιοχές που είναι διαθέσιμο και το Amazon EC2.
- Αντικείμενα που έχουν αποθηκευτεί σε μία περιοχή δε φεύγουν ποτέ από αυτή, εκτός και αν ο χρήστης τα μεταφέρει αλλού. Για παράδειγμα αντικείμενα που αποθηκεύτηκαν στο κέντρο της Ευρώπης, παραμένουν για πάντα στην Ευρώπη.
- Παρέχονται μηχανισμοί πιστοποίησης για να εξασφαλίσουν ότι τα δεδομένα διατηρούνται ασφαλή από μη εγκεκριμένη πρόσβαση. Τα αντικείμενα μπορούν αν γίνουν ιδιωτικά ή δημόσια και τα δικαιώματα χρήσης τους καθορίζονται από την ιδιοκτήτρια επιχείρηση.



Εικόνα 5.2 : Γραφικό περιβάλλον του Amazon S3

Συνήθειες περιπτώσεις χρήσης

Αποθήκευση περιεχομένου και διανομή: Το Amazon S3 παρέχει αποθηκευτικό χώρο, ιδιαίτερα ευέλικτο και διαρκώς διαθέσιμο για μεγάλο φάσμα περιεχομένου που εκτείνεται από διαδικτυακές εφαρμογές μέχρι αρχεία πολυμέσων. Επιτρέπει στην επιχείρηση να μεταφορτώσει όλη την αποθηκευτική δομή της στο Νέφος, όπου μπορεί να κάνει χρήση των πλεονεκτημάτων της επεκτασιμότητας και της ωριαίας τιμολόγησης, διαχειρίζοντας έτσι επιτυχώς τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες της. Η επιχείρηση έχει τη δυνατότητα να διανέμει το περιεχόμενο απευθείας από το Amazon S3 ή να το χρησιμοποιήσει για να προωθήσει το περιεχόμενο των αρχείων σε άλλες τοποθεσίες.

Αποθήκευση για ανάλυση δεδομένων: Εάν η εταιρία αποθηκεύει δεδομένα για ανάλυση, είτε οικονομικά δεδομένα για υπολογισμούς και κοστολόγηση, είτε φωτογραφίες για επεξεργασία, το Amazon S3 προσφέρει μια τοποθεσία αποθήκευσης του αυθεντικού περιεχομένου. Στη συνέχεια το περιεχόμενο αυτό μπορεί να σταλθεί στο Amazon EC2 για επεξεργασία ή ανάλυση σε μεγάλη κλίμακα - και μάλιστα χωρίς περεταίρω χρέωση για μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δύο συστημάτων. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων, τα τελικά προϊόντα επεξεργασίας αποθηκεύονται ξανά στο Amazon S3.

Backup, Αρχαιοθέτηση και Αποκατάσταση από καταστροφή: Το Amazon S3 είναι ιδανικό για αποθήκευση σημαντικών πληροφοριών για backup, αρχαιοθέτηση και αποκατάσταση μετά από απώλεια δεδομένων.

Η Amazon έχει μια αρκετά μεγάλη λίστα πελατών μεταξύ των οποίων οι Autodesk, Blue Star Infotech, Egis Technology, Ericsson, Guardian News & Media, IBM, Mendeley, Nimbus Health, SPIEGEL.TV, IMDb, NASA Jet Propulsion Lab, Hitachi, SEGA και πολλοί ακόμα.

5.1.2. Η πλατφόρμα Azure της Microsoft

Το δεύτερο παράδειγμα παρόχου υπηρεσιών νέφους που παρατίθεται σε αυτό το κεφάλαιο είναι η πλατφόρμα Azure της Microsoft.

Η πλατφόρμα Azure των Microsoft Windows εντάσσεται όπως είναι σαφές στην κατηγορία της πλατφόρμας ως υπηρεσία (PaaS). Αποτελείται από τρία συστατικά και κάθε ένα από αυτά παρέχει ένα συγκεκριμένο σύνολο υπηρεσιών για να καλύψει τους χρήστες. Η Windows Azure παρέχει ένα περιβάλλον βασισμένο στα Windows για να τρέχει εφαρμογές και να αποθηκεύει τα δεδομένα στους servers των κέντρων δεδομένων. Η SQL Azure παρέχει υπηρεσίες νέφους βάση του SQL Server. Οι Υπηρεσίες .NET παρέχουν υπηρεσίες διανεμημένης υποδομής για να καλύψουν τοπικές και βασισμένες στο νέφος εφαρμογές. Η πλατφόρμα Windows Azure χρησιμοποιείται και από εφαρμογές που τρέχουν στο νέφος και σε τοπικά συστήματα. Υποστηρίζει επίσης τις εφαρμογές που στηρίζονται στο .NET Framework και άλλες γλώσσες που συνήθως υποστηρίζονται στα συστήματα Windows, όπως η C#, η Visual Basic, η C++, και άλλες. Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη μπορούν να δημιουργήσουν εφαρμογές Ιστού χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως ASP.NET και Windows Communication Foundation (WCF), εφαρμογές που τρέχουν ως ανεξάρτητες διαδικασίες στο υπόβαθρο, ή εφαρμογές που συνδυάζουν και τα δύο. Η Windows Azure επιτρέπει την αποθήκευση δεδομένων σε blobs (binary large objects), πίνακες, και σειρές αναμονής, που προσεγγίζονται με το πρωτόκολλο REST μέσω HTTP ή HTTPS. Τα συστατικά της SQL Azure είναι η Βάση δεδομένων SQL Azure και το "Huron" Data Sync. Η Βάση δεδομένων SQL Azure στηρίζεται στον Microsoft SQL Server, για την παροχή ενός συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS) στο νέφος. Τα δεδομένα μπορούν να προσπελαστούν με ADO.NET και άλλες διεπαφές πρόσβασης δεδομένων των Windows. Οι χρήστες μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν εντός της εγκατάστασης λογισμικό για να εργαστούν με τις πληροφορίες του νέφους. Το "Huron" Data Sync συγχρονίζει τα σχεσιακά δεδομένα στις διάφορες DBMS εντός της εγκατάστασης.



Εικόνα 5.3: Συστατικά της πλατφόρμας Azure

Οι Υπηρεσίες .NET διευκολύνουν τη δημιουργία διανεμημένων εφαρμογών. Το τμήμα ελέγχου πρόσβασης παρέχει μια βασισμένη στο νέφος εφαρμογή επαλήθευσης ταυτότητας στις εφαρμογές και τις επιχειρήσεις. Ο διάυλος υπηρεσιών (Service Bus) βοηθά μια εφαρμογή να εκθέσει τα τελικά σημεία των υπηρεσιών Ιστού που μπορούν να προσεγγιστούν από άλλες εφαρμογές, είτε εντός εγκατάστασης είτε στο νέφος. Σε κάθε τελικό σημείο ορίζεται ένα URI, το οποίο οι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να εντοπίσουν και να έχουν πρόσβαση σε μια υπηρεσία.

Η πλατφόρμα Azure των Microsoft Windows έχει αρκετούς πελάτες μεταξύ των οποίων οι Boeing, Hitachi Consulting, Fujitsu, Easyjet, XeroX, T-Mobile, Transport of London, NASA και αρκετοί ακόμα.

5.1.3. Η Google App Engine

Η Google App Engine εμπίπτει επίσης στη κατηγορία της πλατφόρμας ως υπηρεσία (PaaS). Είναι μια πλατφόρμα για τις παραδοσιακές εφαρμογές Ιστού σε κέντρα δεδομένων που διαχειρίζεται η Google. Οικονομοποιεί τις εφαρμογές μέσα από πολλαπλούς servers. Η App Engine προσφέρει αυτόματη κλιμάκωση (scaling) για τις εφαρμογές Ιστού καθώς ο αριθμός αιτημάτων αυξάνεται για μια εφαρμογή. Η App Engine διαθέτει αυτόματα περισσότερους πόρους για την εφαρμογή Ιστού για να αντιμετωπιστεί τις πρόσθετες απαιτήσεις. Αυτήν την περίοδο, οι υποστηριγμένες γλώσσες προγραμματισμού είναι οι Python και Java. Τα frameworks Ιστού που τρέχουν στην Google App Engine είναι τα Django, CherryPy, Pylons, και web2py. Τα τρέχοντα APIs υποστηρίζουν λειτουργίες όπως η αποθήκευση και η ανακτηση δεδομένων από ένα μεγάλο πίνακα μιας μη σχεσιακής βάσης δεδομένων, η υποβολή αιτημάτων HTTP και η εναποθήκευση (caching). Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη έχουν πρόσβαση στο filesystem μόνο για ανάγνωση.

Η Google App Engine είναι δωρεάν για μέχρι ένα ορισμένο ποσό καταναλωμένων πόρων. Επιπλέον χρεώσεις υπάρχουν για πρόσθετη αποθήκευση, εύρος ζώνης, ή κύκλους CPU που απαιτούνται από την εφαρμογή. Απελευθερώθηκε αρχικά ως beta έκδοση τον Απρίλιο του 2008, και βγήκε από beta τον Σεπτέμβριο του 2011 [13].

Η App Engine περιλαμβάνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

- δυναμική εξυπηρέτηση Ιστού, με πλήρη υποστήριξη για τις κοινές τεχνολογίες Ιστού
- αποθήκευση με ερωτήματα, ταξινόμηση και συναλλαγές
- αυτόματη κλιμάκωση και εξισορρόπηση φορτίου
- APIs για την επικύρωση των χρηστών και την αποστολή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με χρησιμοποίηση του Google Accounts

- ένα πλήρως χαρακτηρισμένο τοπικό περιβάλλον ανάπτυξης που μιμείται την Google App Engine στον τοπικό υπολογιστή.
- σειρές αναμονής για την εκτέλεση εργασίας έξω από το πεδίο ενός αιτήματος Ιστού
- σχεδιασμένοι στόχοι για την έναυση γεγονότων (triggering) κατα τακτά χρονικά διαστήματα

Τα App Engine kits για την ανάπτυξη λογισμικού (SDKs) των Java, Python, και Go κάθε ένα περιλαμβάνει μια εφαρμογή server δικτύου που μιμείται όλες τις App Engine υπηρεσίες στον τοπικό υπολογιστή του χρήστη. Κάθε SDK περιλαμβάνει όλα τα APIs και τις βιβλιοθήκες που είναι διαθέσιμες στην App Engine. Ο web server επίσης μιμείται το ασφαλές περιβάλλον του sandbox, συμπεριλαμβανομένων των ελέγχων για προσπάθειες να προσπελαστούν πόροι συστήματος που απαγορεύονται στο χρόνο εκτέλεσης του περιβάλλοντος του App Engine.

Η κονσόλα διαχείρισης είναι μια βασισμένη στο WEB διεπαφή που τρέχει στην App Engine για τη διαχείριση των αιτημάτων του χρήστη. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία νέων εφαρμογών, τη διαμόρφωση των domain names, τη μελέτη των αρχείων καταγραφής συμβάντων, και την προσπέλαση των δεδομένων μιας εφαρμογής.

5.1.4. Σύγκριση των Amazon, Google, Microsoft

Σε αυτή την παράγραφο γίνεται μια σύγκριση των τριών προαναφερόμενων κατασκευαστών λύσεων νέφους και πώς κάθε ένας παρέχει τους εικονικούς πόρους (υπολογισμός, αποθήκευση, δικτύωση) και εξασφαλίζει την εξελισιμότητα και την υψηλή διαθεσιμότητα των πόρων. Ο πίνακας 4 συνοψίζει τα τρία παραδείγματα των πιο δημοφιλών λύσεων νέφους από την άποψη της κατηγοριοποίησης του utility computing, των τύπων εφαρμογών, και το πιο σημαντικό των μοντέλων υπολογισμού, αποθήκευσης και αυτόματης κλιμάκωσης. Προφανώς, αυτές οι τρεις λύσεις νέφους είναι βασισμένες σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης και διαχείρισης των πόρων. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν έναν τύπο ή συνδυασμούς διάφορων τύπων νέφους για να ικανοποιήσουν συγκεκριμένες επιχειρησιακές απαιτήσεις.

Οποιαδήποτε εφαρμογή χρειάζεται ένα μοντέλο υπολογισμού, ένα μοντέλο αποθήκευσης και ακόμη ένα μοντέλο επικοινωνίας. Η στατιστική πολύπλεξη που είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί η ελαστικότητα και η παραίσηση της άπειρης ικανότητας απαιτεί τους πόρους να είναι εικονικοποιημένοι, έτσι ώστε η εφαρμογή του πώς πολυπλέκονται και διαμοιράζονται να είναι αδιαφανής στον προγραμματιστή.

Ένα EC2 instance είναι κάτι σαν φυσικό hardware, και οι χρήστες μπορούν να ελέγξουν σχεδόν ολόκληρο τον σωρό λογισμικού, από τον πυρήνα προς τα πάνω. Δεν υπάρχει κανένα όριο εκ των προτέρων στα είδη εφαρμογών που μπορούν να φιλοξενηθούν, όσον αφορά επίπεδο εικονικοποίησης, αποθήκευσης συσκευών ή συνδετικότητας επιπέδου IP. Αφ' ετέρου, αυτό το καθιστά εγγενώς δύσκολο για το Amazon να προσφέρει την αυτόματη εξελισιμότητα και την ανάκαμψη από αποτυχία, επειδή η σημασιολογία που συνδέεται με την αντιγραφή και άλλα ζητήματα διαχείρισης κατάστασης είναι ιδιαίτερα εξαρτημένη από την εφαρμογή. Η Amazon Web Services (AWS) προσφέρει διάφορες υπηρεσίες διαχείρισης υψηλότερου επιπέδου, συμπεριλαμβανομένων διάφορων υπηρεσιών αποθήκευσης για χρήση από κοινού με το EC2, όπως η SimpleDB. Εντούτοις, αυτές οι λύσεις έχουν υψηλότερη καθυστέρηση και μη τυποποιημένα API, και είναι κατανοητό ότι δεν είναι ευρέως χρησιμοποιημένες όπως άλλα μέρη του AWS.

Η Google AppEngine στοχεύει αποκλειστικά στις παραδοσιακές εφαρμογές Ιστού. Επιπλέον, οι εφαρμογές της AppEngine βασίζονται σε αιτήματα και αποκρίσεις, και υπό αυτήν τη μορφή δεσμεύονται σοβαρά από το πόσο χρόνο CPU μπορούν να χρησιμοποιήσουν στην απόκριση ενός ιδιαίτερου αιτήματος. Η εντυπωσιακή αυτόματη κλιμάκωση, οι μηχανισμοί υψηλής διαθεσιμότητας της AppEngine, και η MegaStore, όλα διέπονται από αυτούς τους περιορισμούς. Κατά συνέπεια, η AppEngine δεν είναι κατάλληλη για γενικής χρήσης υπολογισμό [1].

Το Microsoft Azure είναι ένα ενδιάμεσο σημείο σε αυτό το φάσμα της ευελιξίας εναντίον της ευκολίας για τον προγραμματιστή. Οι εφαρμογές Azure γράφονται χρησιμοποιώντας τις βιβλιοθήκες .NET, και συντάσσονται με το Common Language Runtime, ένα γλωσσικά ανεξάρτητο περιβάλλον. Το σύστημα υποστηρίζει γενικής χρήσης υπολογιστική, παρά μια ενιαία κατηγορία εφαρμογής. Οι χρήστες έχουν επιλογή της γλώσσας, αλλά δεν μπορούν να ελέγξουν το λειτουργικό σύστημα ή το χρόνο εκτέλεσης. Οι βιβλιοθήκες παρέχουν έναν βαθμό αυτόματης διαμόρφωσης δικτύου και επανάκαμψης από σφάλμα - εξελισιμότητα, αλλά απαιτούν από τον υπεύθυνο για την ανάπτυξη να διευκρινίσει επεξηγηματικά μερικές ιδιότητες εφαρμογής προκειμένου τα παρπάνω να ισχύσουν. Κατά συνέπεια, το Microsoft Azure είναι κάτι μεταξύ των πλήρων πλαισίων εφαρμογής όπως η AppEngine αφ' ενός, και των εικονικών μηχανών υλικού όπως το EC2 αφ' ετέρου.

Ο πίνακας 4 συνοψίζει πώς αυτές οι τρεις περιπτώσεις οικονομικοποιούν τον υπολογισμό, την αποθήκευση, και τη δικτύωση. Amazon έχει αρχίσει να προσφέρει βάσεις δεδομένων της Oracle μέσα στις AWS, αλλά το οικονομικό μοντέλο και η χορήγηση αδειών αυτής της λύσης, την κάνει μια λιγότερο φυσική επιλογή για το υπολογισμό νέφους.

Πίνακας 4: Παραδείγματα παρόχων υπολογιστικού νέφους και πώς κάθε ένας παρέχει τους εικονικοποιημένους πόρους (Armburst κ' συν. [1])

	Amazon Web Services	Microsoft Azure	Google AppEngine
Μοντέλο υπολογισμού (VM)	<ul style="list-style-type: none"> • x86 Σέτ εντολών (ISA) μέσω Xen VM • Η ελαστικότητα υπολογισμού επιτρέπει την εξελισιμότητα, αλλά ο υπεύθυνος για την ανάπτυξη πρέπει να «χτίσει» τα μηχανήματα, ή πρέπει να τα παρέχει κάποιος τρίτος 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Common Language Runtime (CLR) VM. Κοινή ενδιάμεση μορφή που εκτελείται σε διαχειριζόμενο περιβάλλον • Οι μηχανές βασίζονται σε δηλωτικές περιγραφές. • Αυτόματη εξισορρόπηση φορτίου 	<ul style="list-style-type: none"> • Προκαθορισμένη δομή εφαρμογής και framework. handlers που παρέχονται από τους προγραμματιστές και είναι γραμμένοι σε Python. • Αυτόματη κλιμάκωση προς τα πάνω και κάτω του υπολογισμού και της αποθήκευσης. Ανάκαμψη δικτύου και server. Όλα είναι σύμφωνα με την 3-tier Web app δομή (Το νήμα της ΒΔ στη βάση, το νήμα της εφαρμογής στο μεσαίο

			στρώμα και το νήμα του πελάτη στην κορυφή)
Μοντέλο αποθήκευσης	<ul style="list-style-type: none"> • Σειρά προτύπων απο block store (EBS) σε augmented key /blob store (SimpleDB) • Η αυτόματη κλιμάκωση ποικίλλει από καθόλου ή διαμοιραζόμενη (EBS) έως πλήρως αυτοματοποιημένη (SimpleDB. S3), ανάλογα με ποιο μοντέλο χρησιμοποιείται • Οι εγγυήσεις συνέπειας ποικίλλουν ανάλογα με ποιο μοντέλο χρησιμοποιείται • APIs ποικίλουν από τυποποιημένα (EBS) έως ιδιόκτητα 	<ul style="list-style-type: none"> • SQL Υπηρεσίες δεδομένων (περιορισμένη πρόσβαση του SQL Server) • Azure υπηρεσία αποθήκευσης 	• MegaStore/BigTable
Μοντέλο δικτύωσης	<ul style="list-style-type: none"> • Δηλωτική προδιαγραφή της τοπολογίας επιπέδου IP, απόκρυψη εσωτερικών λεπτομερειών τοποθέτησης • Οι ομάδες ασφάλειας επιτρέπουν τον περιορισμό των κόμβων που μπορούν να επικοινωνήσουν • Οι ζώνες διαθεσιμότητας παρέχουν την αφαίρεση της ανεξάρτητης αποτυχίας δικτύων • Οι ελαστικές IP διευθύνσεις παρέχουν συνεχώς ανιχνεύσιμη διαδρομή ονόματος δικτύου 	<ul style="list-style-type: none"> • Αυτόματο. Βασισμένες στον προγραμματιστή δηλωτικές περιγραφές των συστατικών των εφαρμογών (ρόλοι) 	<ul style="list-style-type: none"> • σταθερή τοπολογία για τη διαμόρφωση 3-tier Web app δομής • Η κλιμάκωση προς τα πάνω και προς τα κάτω είναι αυτόματη και αόρατη στον προγραμματιστή

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται μερικές ακόμα λύσεις και εργαλεία υπολογιστικού νέφους για να δωθεί στον αναγνώστη μια πιο γενική εικόνα της αγοράς των συστημάτων υπολογιστικού νέφους σήμερα.

5.1.5. Bluelock και VMware

Οι Bluelock και VMware εργάζονται στενά μαζί ως στρατηγικοί συνεργάτες προκειμένου να υλοποιήσουν την επόμενη γενιά των υβριδικών νεφών επιχειρηματικής κατηγορίας. Τα εικονικά κέντρα δεδομένων της Bluelock βασίζονται στην υπηρεσία VMware vCloud Datacenter, και παρέχουν ασφάλεια, διαλειτουργικότητα, και έλεγχο που οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις απαιτούν να μετασχηματίσουν στα κέντρα δεδομένων τους.

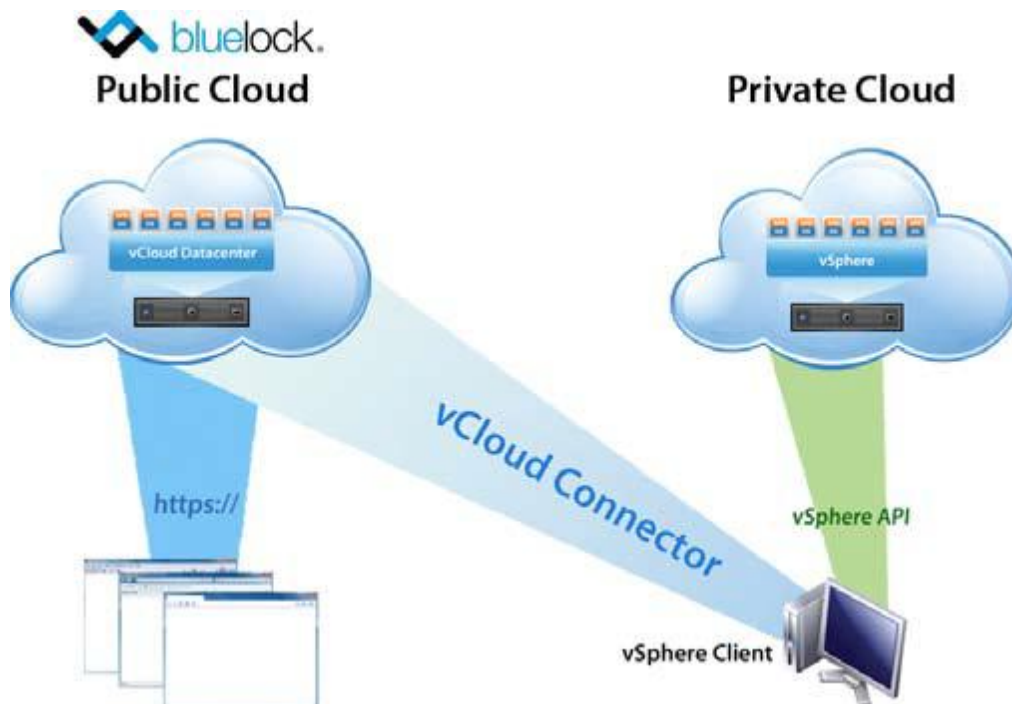
Εικονικά κέντρα δεδομένων της Bluelock

Τα εικονικά κέντρα δεδομένων της Bluelock παρέχουν στις επιχειρήσεις ένα ελαστικό, εξελικτικό περιβάλλον δημοσίου νέφους σχεδιασμένο ειδικά για μεγαλύτερες και μεσαίες επιχειρήσεις με σύνθετες ανάγκες υποδομής.

Ευελιξία και Έλεγχος

Τα εικονικά κέντρα δεδομένων της Bluelock προσφέρουν στα τμήματα IT των επιχειρήσεων την ελαστικότητα και τον έλεγχο των εικονικών μηχανών, μαζί με τα πρότυπα δικτύου, ασφάλειας, και καταλόγου τα οποία συνήθως διαχειρίζονται στα δικά τους ιδιωτικά VMware περιβάλλοντα. Τα τμήματα IT μπορούν γρήγορα να χτίσουν νέες εικονικές μηχανές από τους δημόσιους και ιδιωτικούς καταλόγους των προτύπων εικονικών μηχανών ή να φορτώσουν απλά τις εικονικές μηχανές που ήδη τρέχουν στο περιβάλλον τους.

Ο VMware vCloud Connector επιτρέπει στους πελάτες του Bluelock να μετακινήσουν τις εικονικές μηχανές, τις vApps, και τα πρότυπα μεταξύ των εσωτερικών datacenters και των Bluelock Virtual Datacenters με μια κεντροποιημένη διεπαφή διαχείρισης υβριδικού νέφους. Ο vCloud Connector προσκολλάται σε έναν πελάτη vSphere και επιτρέπει στους διαχειριστές να έχουν πρόσβαση στις κονσόλες απομακρυσμένα, να κερδίσει διαφάνεια στην εικονική κατανομή των πόρων και την κατανάλωση, και να συνδέονται και διαχειρίζονται όλα τα εικονικά περιβάλλοντα νέφους.



Εικόνα 5.4 : Μετακίνηση εικονικών μηχανών, vApps, και προτύπων μεταξύ εσωτερικών datacenters και Bluelock Virtual Datacenters.

Φορητοτητα και Συμβατοτητα

Τα εικονικά κέντρα δεδομένων της Bluelock χρησιμοποιούν την τεχνολογία υποδομής νέφους της VMware, συμπεριλαμβανομένων των vCloud Director, vCloud API, VMware vSphere, και ασφάλειας vShield. Με τη χρησιμοποίηση ενός κοινού προτύπου διαχείρισης και ασφάλειας, το τμήμα IT μπορέστε να μετακινήσει τους φόρτους εργασίας μεταξύ των εσωτερικών datacenters και των Bluelock εικονικών Datacenters.

Στην Εικόνα 5.4 ο VMware vCloud Connector επιτρέπει στους πελάτες Bluelock να μετακινήσουν εικονικές μηχανές, vApps, και πρότυπα μεταξύ των εσωτερικών datacenters και Bluelock Virtual Datacenters.

Η υπηρεσία των εικονικών κέντρων δεδομένων της Bluelock προσφέρει ελαστικότητα, δεδομένου ότι οι Bluelock και VMware υποστηρίζονται από το πρότυπο Open Virtualization Form (OVF). Με μια τυποποιημένη μεθοδολογία για τη συσκευασία και τη διανομή των εικονικών μηχανών, οι οργανισμοί IT μπορούν ελεύθερα και αδιάρρηκτα να μετακινήσουν τους φόρτους εργασίας μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού νέφους. Με την ευκολία της διακίνησης και του φόρτου εργασίας μέσω του OVF, οι Bluelock και VMware αποτελούν μια καλή λύση καθώς αποφεύγεται σημαντικά η περίπτωση «κλειδώματος» σε ένα μονο κατασκευαστή και λύνονται αρκετά θέματα διαλειτουργικότητας όπως θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 7.

5.1.6. Fujitsu Global Cloud Platform

Η Fujitsu παρέχει την υπηρεσία νέφους Global Cloud Platform, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν και να έχουν πρόσβαση σε εικονικούς servers, μονάδες αποθήκευσης, και δίκτυα μέσω του Διαδικτύου σε μόνιμη βάση, από τον Οκτώβριο του 2010. Η Global Cloud Platform προσφέρει IaaS μέσω ενός δικτύου από τα κέντρα δεδομένων της Fujitsu. Ένας χρήστης μπορεί να επιλέξει μια επιθυμητή διαμόρφωση δικτύου από μια πύλη εφαρμογή αυτοεξυπηρέτησης στο φυλλομετρητή Ιστού, και να προσθέσει όσους servers (εικονικές μηχανές) όπως απαιτούνται στο δίκτυο [28].

Στην Ιαπωνία, η υπηρεσία προωθήθηκε με το όνομα On-Demand Virtual System Service τον Οκτώβριο του 2010, και από τότε έχει υιοθετηθεί από έναν σημαντικό αριθμό πελατών. Από τον Ιούνιο του 2011 η υπηρεσία προσφέρεται καθολικά με το όνομα Global Cloud Platform μέσω κέντρων δεδομένων σε Ιαπωνία, Αυστραλία, Σιγκαπούρη, Ηνωμένες Πολιτείες, Ηνωμένο Βασίλειο, και Γερμανία. Χρησιμοποιώντας μια πλατφόρμα νέφους που συγκεντρώνει μια σειρά από τις τεχνολογίες του Fujitsu Group, αυτό είναι η πρώτη καθολική δημόσια υπηρεσία νέφους που δημιουργείται στην Ιαπωνία. Το Fujitsu's IaaS δημόσιο νέφος, γνωστός ως On-Demand Virtual System Service, είναι μια υπηρεσία τιμολόγησης κατ'απαίτηση (pay-as-you-go) που παραδίδει συσσωρευμένη εικονικοποιημένη υποδομή ICT, συμπεριλαμβανομένων των server και της λειτουργίας αποθήκευσης καθώς επίσης, το δίκτυο και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ασφάλειας, σύμφωνα με τις ανάγκες πελατών. Αυτή η υπηρεσία παρέχει στους servers πρότυπα συστήματος (system templates) που αποτελούνται από εικονικούς servers με προεγκατεστημένο το υλικολογισμικό, οι οποίοι μειώνουν εντυπωσιακά το φόρτο εργασίας και το χρόνο για την προμήθεια, την εγκατάσταση, και την οργάνωση. Στις συγκρίσιμες υπηρεσίες, εάν ο χρήστης πρέπει να εγκαταστήσει πρόσθετο υλικολογισμικό που δεν περιλαμβάνεται στα πρότυπα του συστήματος, πρέπει να τα φορτώσει στον εικονικό server μέσω του Διαδικτύου και να τα εγκαταστήσει, το οποίο μπορεί να πάρει ώρες για μεγάλα πακέτα εφαρμογών. Με την υπηρεσία της Fujitsu, σε αντίθεση, εκατοντάδες πακέτων εφαρμογών φιλοξενούνται σε μια βιβλιοθήκη λογισμικού, αποκαλούμενη ως Software Media Pack Library, η οποία μειώνει το χρόνο μεταφοράς σε λίγα λεπτά. Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει επίσης τη γρήγορη πρόσβαση στο υλικολογισμικό που απαιτείται για να εγκαταστήσει τις επιχειρησιακές εφαρμογές. Για να χρησιμοποιήσει μια χαρακτηριστική διαμόρφωση υλικολογισμικού, ο χρήστης επιλέγει μόνο έναν server με εκείνο το υλικολογισμικό προεγκατεστημένο. Και εάν ο χρήστης θέλει να προσθέσει άλλα προϊόντα υλικολογισμικού, μπορούν να αντιγραφούν από τη Software Media Pack Library [27].

Η Fujitsu είναι μόνιμο μέλος του διοικητικού συμβουλίου του DMTF [8], μιας διεθνούς επιτροπής προτύπων για τις διαδικασίες διαχείρισης και τις τεχνολογίες εικονικοποίησης, για πολλά έτη (περισσότερα στο κεφάλαιο 7 περι προτυποποίησης). Πρόσφατα, Fujitsu εργάστηκε για να προαγάγει το API προτυποποίησης των IaaS υπηρεσιών νέφους και έχει προτείνει το δικό της On-Demand Virtual System Service σαν παράδειγμα προς αυτήν την κατεύθυνση.

5.1.7. Εργαλεία στο σχεδιασμό Υπολογιστικού νέφους

Nimbus

Το Nimbus είναι ένα open source πακέτο εργαλείων για την παροχή IaaS δυνατοτήτων στην επιστημονική κοινότητα. Για να το επιτύχει αυτό εστιάζει σε τρεις στόχους [29]:

- **Επιτρέπει στους παρόχους των πόρων να χτίσουν ιδιωτικά ή κοινοτικά νέφη IaaS.** Η Nimbus υπηρεσία χώρου εργασίας παρέχει μια εφαρμογή υπολογιστικού νέφους που επιτρέπει στους χρήστες να μισθώσουν τους υπολογιστικούς πόρους με την ανάπτυξη εικονικών μηχανών (VMs) σε εκείνους τους πόρους. Ένα συμπληρωματικό εργαλείο, το Cumulus, παρέχει μια εφαρμογή αποθήκευσης στο νέφος βασισμένης στην ποσόστωση. Το Cumulus σχεδιάστηκε για την εξελισιμότητα και επιτρέπει στους προμηθευτές να διαμορφώσουν πολλαπλές εφαρμογές αποθήκευσης στο νέφος.
- **Επιτρέπει στους χρήστες τη χρήση IaaS.** Ένα παράδειγμα ενός εργαλείου σε αυτήν την κατεύθυνση είναι το Nimbus Context Broker, το οποίο δημιουργεί ένα κοινό πλαίσιο διαμόρφωσης και ασφάλειας στους πόρους από τα ενδεχομένως πολλαπλά νέφη. Το Nimbus προσφέρει επίσης εργαλεία κλιμάκωσης επιτρέποντας στους χρήστες για κλιμακωθούν αυτόματα στους πολλαπλούς διανεμημένους παρόχους. Στις ομάδες του Nimbus τα εργαλεία αυτά τα ονομάζουν "sky computing tools" δεδομένου ότι λειτουργούν συχνά σε ένα περιβάλλον πολλαπλών νεφών που συνδυάζει τις ιδιωτικές και δημόσιες ιδιότητες του νέφους.
- **Επιτρέπει στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη την επέκταση και τον πειραματισμό στην προσαρμογή της IaaS.** Για την επίτευξη αυτού του στόχου παρέχεται μια ιδιαίτερα διαμορφώσιμη και επεκτάσιμη εφαρμογή ανοικτής πηγής. Παραδείγματος χάριν, η υπηρεσία χώρου εργασίας μπορεί να διαμορφωθεί για να υποστηρίξει διαφορετικές εφαρμογές εικονικοποίησης (Xen ή KVM), επιλογές διαχείρισης των πόρων (συμπεριλαμβανομένων των χρονοπρογραμματιστών όπως ο PBS), διεπαφές (συμπεριλαμβανομένης της συμβατότητας με το Amazon EC2), και πολλές άλλες επιλογές. Τα συστατικά του Nimbus επιτρέπουν στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη να τα επεκτείνουν εύκολα.

Ο συνδυασμός εκείνων των εργαλείων και ικανοτήτων με διαφορετικούς τρόπους επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύξουν γρήγορα λύσεις κοινοτικού νέφους. Παραδείγματος χάριν, μια κοινότητα να θελήσει να χρησιμοποιήσει το Nimbus IaaS να διαμορφώσει ένα ιδιωτικό ή κοινοτικό νέφος ενώ μια άλλη μπορεί να θελει να εστιάσει στην αύξηση των πόρων ενός ήδη υπάρχοντος νέφους με πόρους από διάφορα κοινοτικά και δημόσια νέφη.

OpenNebula

Το OpenNebula.org είναι ένα πρόγραμμα ανοικτής πηγής που στοχεύει στην οικοδόμηση ενός βιομηχανικά τυποποιημένου ανοικτού εργαλείου υπολογισμού νέφους για να διαχειριστεί την πολυπλοκότητα και την ετερογένεια των διανεμημένων υποδομών κέντρων δεδομένων.

Το OpenNebula είναι ένα ανοικτό εργαλείο που εγκαθίσταται στα υπάρχοντα περιβάλλοντα κέντρων δεδομένων για να χτίσει ένα υπολογιστικό περιβάλλον νέφους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρώτιστα ως εργαλείο εικονικοποίησης για να διαχειριστεί τις εικονικές υποδομές στο ιδιωτικό νέφος. Στις πιά πρόσφατες εκδόσεις του, το OpenNebula προσπαθεί να υποστηρίξει το υβριδικό νέφος για να συνδυάσει την τοπική υποδομή με τη δημόσια βασισμένη OpenNebula υποστηρίζει επίσης δημόσια νέφη με την παροχή των διεπαφών νέφους για να εκθέσει τις λειτουργίες του για την εικονική μηχανή, την αποθήκευση και τη διαχείριση δικτύων [12].

5.1.8. Λειτουργικά συστήματα νέφους

Το νέφος είναι ο πιο πολυσυζητημένος όρος στη βιομηχανία της πληροφορικής. όλοι μιλούν για το νέφος και οι όλοι οι προμηθευτές μεταφέρουν τα προϊόντα και τις προσφορές των υπηρεσιών τους στο νέφος. Στον τομέα των λειτουργικών συστημάτων συμβαίνει επίσης το ίδιο και έτσι ένα OS νέφους είναι ένα απλουστευμένο λειτουργικό σύστημα που τρέχει σε έναν φυλλομετρητή Ιστού, παρέχοντας πρόσβαση σε ποικίλες εφαρμογές ιστού και επιτρέπει στο χρήστη να εκτελέσει πολλές απλές λειτουργίες χωρίς την έναρξη ενός λειτουργικού συστήματος πλήρους κλίμακας. Λόγω της απλότητάς του ένα OS νέφους μπορεί να εκκινήσει σε πολύ λίγα δευτερόλεπτα. Το λειτουργικά συστήματα νέφους σχεδιάζονται για Netbooks, κινητές συσκευές Διαδικτύου, και PCs που χρησιμοποιούνται κυρίως για πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Από ένα OS νέφους ο χρήστης μπορεί γρήγορα να μεταβεί στο κύριο OS, επειδή είναι δυνατό να συνεχιστεί το κύριο OS στο υπόβαθρο χρησιμοποιώντας ένα OS νέφους.

Ένα βασισμένο στον Ιστό λειτουργικό σύστημα, αποκαλούμενο επίσης και ως webOS ή Webtop, συνίσταται σε ένα λειτουργικό σύστημα περιβάλλοντος γραφείου που εγκαθίσταται σε έναν server στο νέφος και γίνεται προσπελάσιμο μέσω ενός φυλλομετρητή Ιστού και μιας σύνδεσης με το Διαδίκτυο. Η διεπαφή του μοιάζει με οποιοδήποτε υπολογιστή γραφείου μόνο δουλεύει μέσα από τον φυλλομετρητή ιστού.

Ένα webtop περιλαμβάνει τυπικά τις ίδιες εφαρμογές που μπορείτε να βρείτε στον υπολογιστή σας, έναν φυλλομετρητή Ιστού, διαχείριση αρχείων, μια σουίτα εφαρμογών γραφείου, έναν media player, ένα λογισμικό επεξεργασίαςεικόνας, κ.λπ. Οι εικονικοί υπολογιστές γραφείου μπορούν να επεκταθούν με νέο λογισμικό και να αναβαθμιστούν ακριβώς όπως σας και με οποιοδήποτε υπολογιστή γραφείου. Έτσι υπάρχει πρόσβαση στα έγγραφα, τις φωτογραφίες, τη μουσική και όλα τα άλλα αρχεία του χρήστη από οποιοδήποτε υπολογιστή ή κινητό τηλέφωνο.

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει σε έναν χρήστη για να έχει πρόσβαση στον εικονικό υπολογιστή γραφείου του από οπουδήποτε σε όλο τον κόσμο, χωρίς καν να χρησιμοποιήσει την πρόσβαση στο δίκτυο ενός μακρινού PC.

Ανάμεσα σε διάφορους κατασκευαστές φορητών συσκευών, η Google έχει αρχίσει την διάθεση του Chromebook, ένα lap-top και ένα λειτουργικό σύστημα σε έναν φυλλομετρητή Ιστού. Ο χρήστης περιορίζεται σε εφαρμογές Ιστού, και δεν υπάρχει καμία εγγενής εφαρμογή. Σε αντάλλαγμα, ως όφελος αυξάνεται η ζωή μπαταριών, απαιτείται απλούστερη συντήρηση, γρηγορότερο bootup, ελάχιστο υλικό (πολυ μικρός σκληρός δίσκος), και χαμηλότερο κόστος αγοράς. Όμως, ένας χρήστης πρέπει να είναι πρόθυμος να περιοριστεί στον κόσμο των υπηρεσιών της Google.

Τα οικονομικά όμως δεν φαίνονται να ευνοούν αυτήν την προσέγγιση. Οι συσκευές που εξαρτώνται εξ ολοκλήρου από τις εφαρμογές Ιστού απαιτούν ασύρματη ή ενσύρματη ευρυζωνικότητα για τη σύνδεση στο Διαδίκτυο, η οποία είναι δαπανηρά για το εγγύς μέλλον. Συγχρόνως, οι δαπάνες για υπολογιστική ισχύ και μνήμη συνεχίζουν να μειώνονται. Υπάρχει μικρό οικονομικό πλεονέκτημα στην ελαχιστοποίηση του υλικού στις κινητές συσκευές, και οποιοδήποτε πλεονέκτημα θα μπορούσε να αντισταθμιστεί από τις δαπάνες εύρους ζώνης [37].

Σε αντίθεση με την προσέγγιση της Google, η Apple φαίνεται να έχει εξελίξει περισσότερο το όραμα του υπολογισμού νέφους. Ο Steve Jobs μίλησε για αυτό στο WWDC το 1997, πριν 14 χρόνια. Περιέγραψε ένα όραμα ενός "μεγάλου δικτυωμένου κόσμου" όπου όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε servers και έχουν πρόσβαση από "λεπτούς πελάτες". Αυτές οι συσκευές αποκαλούνται "λεπτές" από την άποψη του υλικού έναντι του υπολογιστή γραφείου αλλά είναι πολύ ικανοί φορητοί υπολογιστές. Σύμφωνα με τη στάση της Apple για το iCloud, εάν η επεξεργασία γίνεται στη συσκευή αντί του νέφους, οι κύριες λειτουργίες του νέφους γίνονται ο συγχρονισμός των δεδομένων και εφαρμογής στις διάφορες συσκευές. Ο συγχρονισμός και το backup γίνονται διαφανώς στο χρήστη.

Μια άλλη τάση είναι η μετακίνηση μακριά από το γενικό Ιστό (και τις εφαρμογές Ιστού που ζουν στον φυλλομετρητή) στις υποβοηθούμενες δικτυακά εγγενής εφαρμογές. Σε αυτή τη λογική κινείται η Microsoft με τα Windows 8. Έτσι δεν υπάρχει κανένας περιορισμός των εφαρμογών αποκλειστικά στον φυλλομετρητή.

5.2. Συμφωνίες Επιπέδου Υπηρεσίας (SLA's)

Προκειμένου να επιβιώσει στο σημερινό περιβάλλον ένας οργανισμός, πρέπει να είναι σε θέση να αναμένει το απροσδόκητο δεδομένου ότι υπάρχουν πάντα νέες, απρόβλεπτες προκλήσεις. Ο μόνος τρόπος να υπερνικηθούν με συνέπεια αυτές οι προκλήσεις είναι να δημιουργηθεί ένα ισχυρό αρχικό σύνολο βασικών κανόνων, και να συσταθεί από την αρχή ένα σχέδιο για πιθανές αποκλίσεις. Οι προκλήσεις μπορούν να προέλθουν από πολλά μέτωπα, όπως το δίκτυο, την ασφάλεια, την αποθήκευση, την επεξεργαστική ισχύ, τη βάση δεδομένων, τη διαθεσιμότητα λογισμικού ή ακόμα και τη νομοθεσία ή τις ρυθμιστικές αλλαγές. Συνεπώς έχει νόημα να καθοριστεί ένα σχέδιο για όταν πηγαίνουν άσχημα τα πράγματα, έτσι ώστε να διατηρείται ένα κατώτατο επίπεδο υπηρεσίας. Συνεπώς η σύσταση SLA είναι πολύ κρίσιμη για την ένταξη στην υποδομή του υπολογιστικού νέφους.

Οι απαιτήσεις των καταναλωτών υπηρεσιών αποκλίνουν σημαντικά. Δεν είναι δυνατό να ικανοποιηθούν όλες οι καταναλωτικές προσδοκίες από την προοπτική των φορέων παροχής υπηρεσιών και ως εκ τούτου πρέπει να επιτευχθεί μια ισορροπία μέσω μιας διαδικασίας διαπραγμάτευσης. Το πώς να τιμολογήσουν (και πώς να διαπραγματευτούν και να αξιολογηθούν) οι συμβάσεις υπολογισμού νέφους θα γίνει ένα τεράστιο ζήτημα κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας καθώς όλο και περισσότερες εταιρίες και κυβερνητικοί οργανισμοί μεταναστεύουν στο υπολογιστικό νέφος.

Οι όροι ενός συνδρομητή της υπηρεσίας για το νέφος καθορίζονται με μια δεσμευτική νομικά συμφωνία μεταξύ των δύο συμβαλλόμενων μερών που περιλαμβάνονται συχνά σε δύο μέρη: (1) μια συμφωνία υπηρεσιών, και (2) μια συμφωνία του επιπέδου των υπηρεσιών (SLA). Γενικά, η συμφωνία υπηρεσιών είναι ένα νομικό έγγραφο που διευκρινίζει τους κανόνες της νομικής σύμβασης μεταξύ ενός συνδρομητή και ενός παρόχου, και το SLA είναι ένα πιο σύντομο έγγραφο που δηλώνει τις τεχνικές υποσχέσεις απόδοσης που γίνονται από έναν πάροχο συμπεριλαμβανομένων των ανακάμψεων απο αποτυχίες απόδοσης. Για λόγους απλότητας, ο

συνδυασμός αυτών των δύο εγγράφων αναφέρεται ως SLA. Τα υπογεγραμμένα SLAs μεταξύ των συνδρομητών και των παρόχων μπορούν κάλλιστα να τερματιστούν οποιαδήποτε στιγμή από καθένα συμβαλλόμενο μέρος, καθένας για την αιτία όπως μια παραβίαση από τους συνδρομητές πολιτικής της αποδεκτής χρήσης του νέφους, ή για την ανικανότητα του συνδρομητή να πληρώσει κατά τρόπο έγκαιρο. Επιπρόσθετα, μια συμφωνία μπορεί να τερματιστεί και χωρίς κανέναν λόγο. Οι συνδρομητές πρέπει να αναλύουν τις πολιτικές λήξης και διατήρησης δεδομένων. Οι υποσχέσεις των παρόχων, συμπεριλαμβανομένων των ρητών δηλώσεων σχετικά με τους περιορισμούς, κωδικοποιούνται στα SLAs τους. Το SLA ενός παρόχου έχει τρία βασικά μέρη: (1) μια συλλογή των υποσχέσεων που έκανε στους συνδρομητές, (2) μια συλλογή των υποσχέσεων που δεν γίνονται ρητά στους συνδρομητές, δηλ., περιορισμοί, και (3) ένα σύνολο υποχρεώσεων που οι συνδρομητές πρέπει να δεχτούν.

Τα επίπεδα υπηρεσιών, η ασφάλεια, η διακυβέρνηση, η συμμόρφωση, και οι προσδοκίες αξιοπιστίας της υπηρεσίας και του παρόχου ορίζονται βάσει του νόμου, ρυθμίζονται, και επιβάλλονται, όταν προσφέρεται ένα SLA στον καταναλωτή. Υπάρχουν δύο τύποι SLA, τα διαπραγματεύσιμα και μη διαπραγματεύσιμα. Ελλείψει ενός SLA, ο καταναλωτής διαχειρίζεται όλες τις πτυχές του νέφους υπό έλεγχο του. Όταν προσφέρεται ένα μη διαπραγματεύσιμο SLA, ο πάροχος διαχειρίζεται εκείνα τα τμήματα που ορίζονται στη συμφωνία. Στην περίπτωση PaaS ή IaaS, είναι συνήθως η ευθύνη των διαχειριστών του καταναλωτή να διαχειριστούν αποτελεσματικά τις υπόλοιπες υπηρεσίες που διευκρινίζονται στο SLA, με κάποιο όφει που αναμένεται από τον πάροχο για την ασφάλεια της πλατφόρμας και των συστατικών της υποδομής ώστε να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα και η ασφάλεια των υπηρεσιών. Πρέπει να είναι σαφές σε όλες τις περιπτώσεις ότι κάποιος μπορεί να ορίσει/μεταβιβάσει την ευθύνη αλλά όχι απαραίτητα την κυριότητα.

5.2.1. Υποσχέσεις

Γενικά, οι πάροχοι κάνουν τέσσερις βασικές υποσχέσεις προς στο συνδρομητή:

Διαθεσιμότητα. Οι πάροχοι διαφημίζουν την υπόσχεση διαθεσιμότητας ως ποσοστό αδιάκοπης λειτουργίας (uptime) που κυμαίνεται από 99,5 τοις εκατό ως 100,0 τοις εκατό. Αυτές είναι ισχυρές αξιώσεις, και απαιτείται προσοχή για να γίνει κατανοητό το πώς υπολογίζονται αυτά τα ποσοστά. Συχνά, το ποσοστό ισχύει για τον αριθμό χρονικών διαστημάτων μέσα σε έναν κύκλο τιμολόγησης, ή πιο μεγάλες περιόδους όπως ένα έτος, στις οποίες υπηρεσίες δεν παραμένουν αδιάκοπες για όλο το χρονικό διάστημα. Τα παραδείγματα χρονικών διαστημάτων που χρησιμοποιούνται από τους προμηθευτές είναι τα 5 λεπτά, 15 λεπτά, και 1 ώρα. Γενικά, ο καθορισμός του "uptime" ορίζεται διαισθητικά ως η ανταπόκριση των υπηρεσιών, αλλά σε μερικές περιπτώσεις, πολλαπλά υποσυστήματα νέφους πρέπει να αποτύχουν προτού να κριθεί η υπηρεσία ως μη διαθέσιμη. Οι προμηθευτές μπορούν επίσης να περιορίσουν τις υποσχέσεις διαθεσιμότητας εάν οι αποτυχίες είναι συγκεκριμένες για συγκεκριμένες λειτουργίες ή εικονικές μηχανές (VMs).

Λύσεις για περιορισμό της αποτυχίας. Εάν ένας πάροχος αποτυγχάνει να δώσει την υποσχόμενη διαθεσιμότητα, τότε πρέπει να αντισταθμίσει τους συνδρομητές με μια πίστωση υπηρεσιών για μελλοντική χρήση των υπηρεσιών νέφους. Οι πιστώσεις υπηρεσιών μπορούν να υπολογιστούν με διαφορετικούς τρόπους, αλλά καθορίζονται συνήθως από το πόσο καιρό η υπηρεσία ήταν μη διαθέσιμη εντός μιας συγκεκριμένης περιόδου χρέωσης. Οι πιστώσεις

υπηρεσιών καλύπτονται γενικά για να μην υπερβούν ένα ποσοστό των δαπανών ενός συνδρομητή στην περίοδο χρέωσης στην οποία ο χρόνος διακοπής εμφανίστηκε. Χαρακτηριστικά κυμαίνονται από 10 τοις εκατό ως 100 τοις εκατό των τρεχουσών δαπανών ενός συνδρομητή, ανάλογα με τον πάροχο.

Η ευθύνη για μια πίστωση υπηρεσιών τοποθετείται γενικά στο συνδρομητή, ο οποίος πρέπει να παρέχει έγκαιρες πληροφορίες για τη φύση της διακοπής λειτουργίας και το χρονικό μήκος της διακοπής λειτουργίας. Είναι ασαφές εάν ένας πάροχος θα ενημερώσει εθελοντικά έναν συνδρομητή για μια διακοπή υπηρεσιών.

Συντήρηση δεδομένων. Εάν η πρόσβαση ενός συνδρομητή στις υπηρεσίες νέφους τερματίζεται για κάποιο λόγο, π.χ επειδή ο συνδρομητής έχει παραβιάσει την αποδεκτή πολιτική χρήσης του νέφους ή λόγω μη πληρωμής, οι περισσότεροι πάροχοι δηλώνουν ότι δεν έχουν καμία υποχρέωση να συντηρήσουν οποιαδήποτε δεδομένα συνδρομητών που παραμένουν στην αποθήκευση του νέφους τους. Περαιτέρω, μετά από εθελοντική διακοπή ενός συνδρομητή από το νέφος, οι προμηθευτές γενικά δηλώνουν ότι δεν θα σβήσουν σκόπιμα τα δεδομένα συνδρομητών για μια περίοδο 30 ημερών. Μερικοί πάροχοι συντηρούν μόνο ένα τμήμα των δεδομένων των συνδρομητών, ή συστήνουν στους συνδρομητές: (1) να κάνουν backup στο νέφος ενός άλλου παρόχου, ή (2) τοπικά.

Νομική μεταχείριση των πληροφοριών των συνδρομητών. Γενικά, οι πάροχοι υπόσχονται να μην πωλήσουν, να μην χορηγήσουν άδεια, ή να αποκαλύψουν τα δεδομένα των συνδρομητών εκτός από περίπτωση νομικού αιτήματος. Οι πάροχοι, εντούτοις, συνήθως επιφυλάσσουν το δικαίωμα να ελεγχθούν οι ενέργειες συνδρομητών σε ένα νέφος, και μπορούν ακόμη και να απαιτήσουν ένα αντίγραφο του λογισμικού συνδρομητών για να βοηθήσουν σε εκείνο τον έλεγχο.

5.2.2. Περιορισμοί

Γενικά, οι πολιτικές των παρόχων περιλαμβάνουν πέντε βασικούς περιορισμούς:

Προγραμματισμένες διακοπές λειτουργίας. Εάν ένας πάροχος αναγγέλλει μια σχεδιασμένη διακοπή λειτουργίας υπηρεσιών, η διακοπή λειτουργίας δεν μετρά ως αποτυχία. Για μερικούς προμηθευτές, οι διακοπές λειτουργίας πρέπει να αναγγελθούν εκ των προτέρων, ή πρέπει να είναι οριακές στη διάρκεια.

Γεγονότα ανωτέρας βίας. Οι πάροχοι αποκηρύσσουν γενικά όλη την ευθύνη για τα γεγονότα που υπερβαίνουν το ρεαλιστικό έλεγχό τους. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τις διακοπές ρεύματος, τις φυσικές καταστροφές, και τις αποτυχίες στη συνδετικότητα δικτύων μεταξύ των συνδρομητών και των παρόχων.

Αλλαγές SLA. Οι πάροχοι διατηρούν γενικά το δικαίωμα να αλλάξουν τους όρους του SLA οποιαδήποτε στιγμή, και να αλλάξουν την τιμολόγηση με περιορισμένη προηγούμενη ειδοποίηση. Για τις τυποποιημένες αλλαγές SLA, η ειδοποίηση δίνεται γενικά από έναν πάροχο με ανάρτησή της σε έναν ιστοχώρο. Είναι έπειτα ευθύνη του συνδρομητή να ελέγχει περιοδικά

τον ιστοχώρο για τις αλλαγές. Οι αλλαγές μπορούν να εφαρμοστούν αμέσως ή μετά από μια καθυστέρηση αρκετών εβδομάδων. Για τις αλλαγές που έχουν επιπτώσεις στον απολογισμό ενός μεμονωμένου συνδρομητή, η ειδοποίηση μπορεί να παραδοθεί μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή μιας υπηρεσίας παράδοσης.

Ασφάλεια. Οι πάροχοι γενικά βεβαιώνουν ότι δεν είναι αρμόδιοι για την ασφάλεια, δηλαδή για, αναρμόδια τροποποίηση ή κοινοποίηση των δεδομένων συνδρομητών, ή για τις διακοπές υπηρεσιών που προκαλούνται από την κακόβουλη δραστηριότητα. Σε μερικές περιπτώσεις, οι πάροχοι υπόσχονται βέλτιστες προσπάθειες να προστατεύσουν τα δεδομένα των συνδρομητών, αλλά όλοι οι πάροχοι που ερωτήθηκαν αποκηρύσσουν την ευθύνη ασφάλειας για την παραβίαση δεδομένων, την απώλεια δεδομένων, ή τις διακοπές υπηρεσιών. Περαιτέρω, είναι ασαφές το κατά πόσο θα ήταν εύκολο για έναν συνδρομητή να καθορίσει ότι μια διακοπή υπηρεσιών προκλήθηκε κακόβουλα ή προκλήθηκε για κάποιο άλλο λόγο.

Αλλαγές στα API υπηρεσιών. Οι πάροχοι διατηρούν γενικά το δικαίωμα να αλλάξουν ή να διαγράψουν APIs των υπηρεσιών οποιαδήποτε στιγμή.

5.2.3. Υποχρεώσεις

Γενικά, οι συνδρομητές πρέπει να συμφωνήσουν με τρεις βασικές υποχρεώσεις:

Πολιτικές αποδεκτής χρήσης. Οι συνδρομητές πρέπει γενικά να συμφωνήσουν να απέχουν από την αποθήκευση παράνομου περιεχομένου, όπως η παιδική πορνογραφία, και από παρὰ νόμους δραστηριότητες όπως: (1) τζόγος, (2) αποστολή spam, (3) επιθέσεις ασφάλειας (π.χ., άρνηση της υπηρεσίας), (4) διανομή spyware, (5) παρεισφρητική παρακολούθηση, και (6) προσπάθεια να υπονομευθούν οι υποδομές των συστημάτων νέφους. Οι πολιτικές αποδεκτής χρήσης ποικίλουν μεταξύ των παρόχων.

Εξουσιοδοτημένο λογισμικό. Όλοι οι πάροχοι δηλώνουν ότι το λογισμικό τρίτων που τρέχει στα σύννεφά τους πρέπει να προσαρμοστεί στους όρους αδειών του λογισμικού. Σε μερικές περιπτώσεις, οι προμηθευτές συσσωρεύουν τέτοιο λογισμικό και διενεργούν έλεγχο για να εξασφαλίσουν ότι οι περιορισμοί που ορίζονται στις άδειες επιβάλλονται.

Έγκαιρες πληρωμές. Οι δαπάνες υπηρεσιών νέφους αναλαμβάνονται γενικά βαθμιαία κατά τη διάρκεια μιας περιόδου χρέωσης, με την αμοιβή του προμηθευτή στο τέλος της περιόδου. Η αποτυχία ενός συνδρομητή να πληρώσει, μετά από μια περίοδο χάριτος, υποβάλλεται συνήθως σε αναστολή ή λήξη της συμφωνίας η οποία μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια δεδομένων του συνδρομητή.

5.2.4. Συστάσεις

Ορολογία. Οι συνδρομητές πρέπει να δώσουν μεγάλη προσοχή στους όρους που χρησιμοποιούνται στα SLAs. Οι κοινοί όροι μπορούν να επαναπροσδιοριστούν από έναν πάροχο νέφους με τρόπο που να είναι συγκεκριμένοι για τις προσφορές εκείνου του παρόχου.

Ανάκαμψη. Εκτός αν ένα συγκεκριμένο SLA έχει συζητηθεί με έναν πάροχο, η ανάκαμψη απο οποιεσδήποτε αποτυχίες είναι πιθανό να είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Οι συνδρομητές μπορούν αν θέλουν να διατυπώσουν τις περιπτώσεις ανάκαμψης που είναι ισόμετρες με τη ζημία που μπορεί να προκληθεί.

Συμμόρφωση. Οι συνδρομητές πρέπει να αξιολογήσουν προσεκτικά εάν το SLA διευκρινίζει τη συμμόρφωση με τους κατάλληλους νόμους και τους κανονισμούς που διέπουν τα δεδομένα συνδρομητών.

Ασφάλεια, κριτική διάθεση, και backup. Οι συνδρομητές πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά το SLA για οποιεσδήποτε αποκηρύξεις σχετικά με την ασφάλεια ή την κρίσιμη επεξεργασία, και πρέπει επίσης να ψάξουν για οποιοδήποτε σχόλιο για το εάν ο πάροχος συστήνει το ανεξάρτητο backup των δεδομένων που αποθηκεύονται στο σύννεφό τους.

Διαπραγμάτευση του SLA. Εάν οι όροι του προεπιλεγμένου SLA δεν καλύπτουν όλες τις ανάγκες του συνδρομητή, ο συνδρομητής πρέπει να συζητήσει τις τροποποιήσεις του SLA με τον πάροχο πριν από τη χρήση.

Εν κατακλείδι, ας δούμε συνοπτικά ποιες παραμέτρους θα πρέπει να εμπεριέχει ένα SLA.

Μια ενδεικτική λίστα είναι η παρακάτω [7] :

- Διαθεσιμότητα (π.χ. 99.99% τις εργάσιμες ημέρες, 99.9% για νύχτες/ Σαββατοκύριακα)
- Απόδοση (π.χ. μέγιστοι χρόνοι απόκρισης).
- Ασφάλεια/μυστικότητα των δεδομένων (π.χ. η κρυπτογράφηση όλων αποθηκευμένων και διαβιβασθέντων δεδομένων).
- Προσδοκίες αποκατάστασης καταστροφής (π.χ. υποχρέωση αποκατάστασης χειρότερης περίπτωσης).
- Θέση των δεδομένων (π.χ. σύμφωνα με την τοπική νομοθεσία).
- Πρόσβαση στα δεδομένα (π.χ. δεδομένα ανακτήσιμα από τον προμηθευτή με αναγνώσιμο σχήμα).
- Φορητότητα των δεδομένων (π.χ. δυνατότητα να κινηθούν τα δεδομένα προς έναν διαφορετικό προμηθευτή).
- Αλλαγή διαδικασίας διαχείρισης (π.χ. αναπροσαρμογές – αλλαγές ή νέες υπηρεσίες)
- Διαδικασία μεσολάβησης διαφωνίας (π.χ. διαδικασία κλιμάκωσης, συνέπειες).
- Στρατηγική εξόδου από το νέφος με προσδοκίες από τον προμηθευτή για να εξασφαλίσει ομαλή μετάβαση.

Το SLA πρέπει να ενεργεί ως οδηγός για το χειρισμό των πιθανών προβλημάτων. Πρέπει να εξεταστεί ως εργαλείο για τη σταθερότητα της υπηρεσίας, που προστατεύει το ενεργητικό της επιχείρησης και ελαχιστοποιεί τις δαπάνες εάν απαιτηθούν δραστικές ενέργειες.

Εν τέλη, το SLA είναι η σύμβασή με το φορέα παροχής υπηρεσιών και θέτει τις προσδοκίες για τη σχέση με τον πελάτη. Πρέπει να γραφτεί για να προστατεύσει την υπηρεσία νέφους του πελάτη σύμφωνα με το επίπεδο κινδύνου που είναι έτοιμος να δεχτεί. Ο στόχος είναι να υπάρξει ένα SLA με το οποίο και ο καταναλωτής και ο πάροχος νέφους μπορούν να καταλάβουν και να συμφωνήσουν, συμπεριλαμβανομένης μιας στρατηγικής εξόδου. Το SLA πρέπει να εξεταστεί ως έγγραφο που καθιερώνει τη συνεργασία μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών και χρησιμοποιείται για να μετριάσει οποιαδήποτε προβλήματα.

Μακροπρόθεσμα, η σύσταση SLAs και θα εξοικονομεί χρήματα των συμβαλλόμενων μερών και θα οδηγήσει στην ικανοποίηση όχι μόνο για τα άμεσα ενδιαφερόμενα μέρη, αλλά σημαντικότερα, για τους τελικούς χρήστες.

5.3. Cloud SLA Management (CSM)

Η διαχείριση των SLA στο νέφος (Cloud SLA Management - CSM) έγκειται στο να ελέγξει τη χρήση και την παραλαβή των πόρων από και προς τρίτους. Η στρατηγική CSM περιλαμβάνει τη διαπραγμάτευση της σύμβασης και τον έλεγχο της πραγματοποίησής της σε πραγματικό χρόνο. Κατά συνέπεια, το CSM καλύπτει τον καθορισμό συμβάσεων SLA (βασικό σχήμα μέσα στις παραμέτρους της QoS), τη διαπραγμάτευση SLA, την εποπτεία του SLA, και την επιβολή του SLA. Επίσης το CSM έχει ανάγκη να καθοριστούν οι μειώσεις και οι εκπτώσεις που εφαρμόζονται όταν ένας φορέας παροχής υπηρεσιών αποτυγχάνει να συναντήσει τις επιθυμητές παραμέτρους υπηρεσιών ή δεν εκπληρώνει μια συμφωνία.

Σύμφωνα με τους Khasnabish κ' συνεργάτες [5] οι απαιτήσεις στο CSM είναι οι ακόλουθες:

Προδιαγραφή προτύπων SLA. Όταν ο φορέας παροχής υπηρεσιών δημοσιεύει μια νέα υπηρεσία, ένα πρότυπο SLA που περιγράφει τον τύπο συμβάσεων που πηγαίνει με τη χρήση των πόρων θα πρέπει να διευκρινιστεί. Ένα τέτοιο πρότυπο μπορεί είναι δύσκολο να καθοριστεί. Προτείνεται έτσι η ανάπτυξη ενός σκελετού προτύπου με την αντίστοιχη διαδικασία σύνταξης.

Διαπραγμάτευση. Ο πελάτης υπηρεσιών και οι φορείς παροχής υπηρεσιών πρέπει να συμφωνήσουν σχετικά με τους όρους του SLA που τους δεσμεύουν και επίσης με τις συνέπειες στις παραβιάσεις.

Βελτιστοποίηση των πόρων. Όταν το SLA επεξεργάζεται το αίτημα πρόσβασης υπηρεσιών από τον πελάτη υπηρεσιών, πρέπει επίσης να λάβει υπόψη τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων, και το QoS που εγγυάται στο SLA.

Παρακολούθηση. Μόλις αρχίσει το σύστημα νέφους την πρόσβαση στους πόρους του, πρέπει να ελέγξει - παρακολουθήσει τους λειτουργούντες πόρους. Οι πληροφορίες από την παρακολούθηση χρησιμοποιούνται έπειτα για να αποδείξουν ότι το QoS που συμφωνείται μέσα στο SLA ικανοποιείται.

Επαναδιαπραγμάτευση. Κάποιο συμβαλλόμενο μέρος της σύμβασης μπορεί να επιθυμήσει να αλλάξει την πολιτική χρήσης των πόρων ενώ το σύστημα τρέχει, προκειμένου να συμμορφωθεί με μια αλλαγή στους εξωτερικούς όρους. Προκειμένου να διατηρηθεί συνεχής η συμπεριφορά της διαδικασίας, το συμφωνηθέν SLA χρειάζεται αναρρύθμιση για να εξασφαλιστεί η ζωτικότητα της διαδικασίας μετά από την έλλειψη μετανάστευσης των πόρων.

Αξιολόγηση. Οι διευθυντές και οι χρήστες εκτός από τις τρέχουσες πληροφορίες ενδιαφέρονται και για άλλα δεδομένα όπως τις παραβιάσεις των συμβάσεων ή τις καθολικές στατιστικές που απαιτούνται επίσης προκειμένου να ελέγξουν το SLA. Η αξιολόγηση είναι η διαδικασία ελέγχου των προηγούμενων πληροφοριών που προέκυψαν από τον έλεγχο.

Λογιστική. Η χρήση ενός πόρου παράγει ένα λογιστικό φύλλο που περιγράφει τους χρησιμοποιούμενους πόρους και τους ευθυγραμμίζει με τους κανόνες τιμολόγησης που συμφωνούνται στο SLA. Αυτό είναι μια βάση για τη σύνταξη της πραγματικής οικονομικής συναλλαγής, η οποία μπορεί να είναι στη δυσμείνεια του προμηθευτή σε περίπτωση αποτυχίας να συμμορφωθεί με το συμφωνημένο QoS. Αυτό το θέμα είναι πολύ ευαίσθητο, και η ανάπτυξη εργαλείων για ένα τέτοιο θέμα θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψιν.

Σημαντικό επίπεδο έρευνας στα SLAs έχει εκτελεσθεί κατά τη διάρκεια των προσπαθειών τυποποίησης. Υπάρχουν δύο κύριες προδιαγραφές για την περιγραφή ενός SLA για τις υπηρεσίες Ιστού.

- 1) η Web Service Agreement (WS-Agreement) από το Open Grid forum (OGF) και
- 2) τα Web Service Level Agreement language και framework (WSLA) από την IBM.

Παρότι τα παραπάνω έχουν συσταθεί για χρήση σε υπηρεσίες Ιστού μπορούν ευκολα να προσαρμοστούν για τη σύναψη συμφωνία παροχής υπηρεσιών σε συστήματα νέφους. Οι Patel κ' συνεργάτες [35] προτείνουν ένα μηχανισμό για τη διαχείριση SLAs για χρήση σε περιβάλλον υπολογιστικού νέφους, βασισμένο στο Web Service Level Agreement (WSLA) framework, που είναι αναπτυγμένο για SLA έλεγχος και επιβολή SLA σε περιβάλλοντα Service Oriented Architecture (SOA) υπηρεσιών Ιστού.

Το WSLA αποτελείται από ένα σύνολο εννοιών και τη γλώσσα XML. Έχει ως σκοπό να συντάσσει τις συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών με έναν επίσημο τρόπο. Το WSLA περιλαμβάνει τρεις κύριες οντότητες.

1. Συμβαλλόμενα μέρη: Το WSLA περιέχει τις περιγραφές για
 - το φορέα παροχής υπηρεσιών,
 - τον καταναλωτή υπηρεσιών και τους τρίτους. Ο στόχος αυτών των τρίτων μπορεί να ποικίλει από τη μέτρηση των παραμέτρων υπηρεσιών στη λήψη μέτρων σχετικά με τις παραβιάσεις όπως εξουσιοδοτούνται από τον καταναλωτή είτε τον φορέα παροχής υπηρεσιών.

2. Παράμετροι SLA: Στο WSLA, οι παράμετροι SLA διευκρινίζονται από τις μετρικές. Οι μετρικές καθορίζουν πώς οι παράμετροι υπηρεσιών μπορούν να μετρηθούν και συνήθως αποτελούν λειτουργίες. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο σημαντικοί τύποι μετρικών.

- Οι μετρικές των πόρων ανακτώνται άμεσα από τους πόρους του προμηθευτή και χρησιμοποιούνται όπως είναι χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.
- Η σύνθετη μετρική αντιπροσωπεύει έναν συνδυασμό διάφορων μετρικών των πόρων, που υπολογίζεται σύμφωνα με έναν συγκεκριμένο αλγόριθμο. Παραδείγματος χάριν οι συναλλαγές ανά ώρα συνδυάζουν τις ακατέργαστες μετρικές της αρίθμησης συναλλαγής των πόρων και του uptime. Οι σύνθετες μετρικές απαιτούνται όταν οι καταναλωτές χρειάζονται οξυδερκείς και βασισμένες στα συμπραζόμενα πληροφορίες όπου οι ακατέργαστοι αριθμοί δεν αρκούν.

3. Στόχοι επιπέδου υπηρεσιών (Service Level Objectives - SLOs): Είναι ένα σύνολο επίσημων εκφράσεων. Αυτές οι επίσημες εκφράσεις έχουν την γνωστή δομή του τύπου if... then. Το if περιέχει τους όρους και το then περιέχει τις ενέργειες. Μια δράση αντιπροσωπεύει τι έχει συμφωνήσει να εκτελέσει ένα συμβαλλόμενο μέρος όταν οι όροι ικανοποιούνται.

5.4. Κύκλος ζωής των υπηρεσιών νέφους

Αυτή η παράγραφος περιγράφει ένα στιγμιότυπο της δουλειάς που γίνεται στον Open Cloud Standards Incubator της DMTF, συμπεριλαμβανομένων περιπτώσεων χρήσης και αρχιτεκτονικής αναφοράς όσον αφορούν τις διεπαφές μεταξύ ενός φορέα παροχής υπηρεσιών νέφους και ενός καταναλωτή υπηρεσιών νέφους. Ο στόχος του Incubator είναι να καθορίσει ένα σύνολο αρχιτεκτονικής σημασιολογίας που ενοποιεί τη διαλειτουργική διαχείριση της επιχείρησης και του υπολογιστικού νέφους.

Η Ομάδα Εργασίας Διανεμημένης Διοίκησης (*Distributed Management Task Force* – DMTF) είναι μια μη κερδοσκοπική οργανισμός από μελη της βιομηχανίας που αφιερώνεται στην προώθηση των επιχειρήσεων, της διαχείρισης συστημάτων και της διαλειτουργικότητας. [8]

Στο μοντέλο του Open Cloud Standards Incubator, οι καταναλωτές νέφους συνάπτουν συμβάσεις με τους προμηθευτές νέφους για τις υπηρεσίες. Μια υπηρεσία νέφους έχει ένα σύνολο ευδιάκριτων σταδίων κύκλου της ζωής. Η εικόνα 5.6 περιγράφει τα επιμέρους στάδια του κύκλου της ζωής των υπηρεσιών και των περιπτώσεων χρήσης που συνδέονται με κάθε στάδιο.



Εικόνα 5.6 –Κύκλος ζωής και περιπτώσεις χρήσης υπηρεσιών νέφους [8]

Αφότου ο σχεδιαστής της υπηρεσίας έχει δημιουργήσει τα συστατικά της υπηρεσίας, αρχίζει τη διαδικασία της διάθεσης στους καταναλωτές νέφους με τη δημιουργία ενός template που καθορίζει το περιεχόμενο και τη διεπαφή της υπηρεσίας.

Το template προσαρμόζεται έπειτα από τον προμηθευτή για να δημιουργήσει μια υπηρεσία που προσφέρει για κατανάλωση από έναν ή περισσότερους καταναλωτές. Μια προσφορά είναι η μονάδα που ένας καταναλωτής ζητά με την καθιέρωση μιας σύμβασης με τον προμηθευτή για εκείνη την προσφορά. Ο πάροχος παρέχει ένα instance της υπηρεσίας που ικανοποιεί τους περιορισμούς που καθορίζονται στην προσφορά και το template, και ο καταναλωτής χρησιμοποιεί το instance όπως καθορίζεται σύμβαση. Αφότου διακόπτεται η σύμβαση, ο πάροχος παίρνει πίσω το instance και τους πόρους που το υποστηρίζουν.

6. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Το υπολογιστικό νέφος παρέχει ένα μοντέλο κοστολόγησης το οποίο ακολουθεί τον κανόνα πληρωμής ανάλογα με τη χρήση των υπολογιστικών πόρων σε μία βραχυπρόθεσμη βάση όποτε απαιτείται και απαλλαγή από οποιαδήποτε οικονομική δέσμευση όταν οι πόροι δεν είναι πλέον απαραίτητοι. Επομένως, όταν πλέον δεν χρειάζονται οι μηχανές και οι αποθηκευτικοί χώροι, αποδεσμεύονται.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το «Elastic Compute Cloud» (EC2) των διαδικτυακών υπηρεσιών της Amazon όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και η τιμολογιακή πολιτική του οποίου αναλύεται σε επόμενη παράγραφο.

Την τρέχουσα περίοδο, οι πόροι μπορούν να αποκτηθούν μέσω τριών διαφορετικών μεθόδων, κάθε μια με της σχέδιο τιμολόγησής του και τη σχετική ποιότητα υπηρεσίας όπως παρουσιάζονται παρακάτω.

Αγορά κατ'απαίτηση: Αυτό το μοντέλο επιτρέπει στους χρήστες να αξιοποιήσουν τον πόρο μετά από την απαίτηση οποιαδήποτε στιγμή, και ο χρήστης χρεώνεται με την ώρα χωρίς μακροπρόθεσμες υποχρεώσεις. Η τιμολόγηση είναι ανά ώρα χρήσης της οικονομικοποιημένης υπολογιστικής μηχανής (πχ EC2 Instance) που καταναλώνεται από το χρόνο εκκίνησης έως τον τερματισμό της. Αυτό το μοντέλο ελευθερώνει το χρήστη από αρχικές δαπάνες και περιπλοκές, αλλά η τιμή αυτού του μοντέλου είναι η υψηλότερη μεταξύ τριών προτύπων.

Αγορά με κράτηση: Αυτό το μοντέλο αγοράς επιτρέπει σε έναν χρήστη των πόρων του νέφους να αγοράσει μια ποσότητα πόρων για ένα μακροπρόθεσμο χρονικό διάστημα (π.χ., ολόκληρο έτος), και απαιτείται μια εκ των προτέρων αμοιβή έτσι ώστε μπορεί να έχει μεγαλύτερη έκπτωση. Όταν χρησιμοποιούνται τα instances που έχουν κρατηθεί προηγουμένως, ο χρήστης χρεώνεται για τη χρήση των πόρων σε χαμηλότερη τιμή από τα instances που ενεργοποιούνται στο μοντέλο αγοράς κατ'απαίτηση.

Αγορά σημείου. Αυτό το μοντέλο αγοράς είναι μια δευτερεύουσα αγορά δημοπρασίας για τους χρήστες ώστε να καταναλώνουν τους πόρους με χαμηλότερο και πιο ευέλικτο κόστος. Η τιμή τίθεται από τον προμηθευτή νέφους ανάλογα με την κατάσταση προσφοράς και ζήτησης της αγοράς των πόρων νέφους. Για να χρησιμοποιήσει τα instances σημείου, ο χρήστης πρέπει να διευκρινίσει τον τύπο, την επιθυμητή περιοχή, τον αριθμό των instances που απαιτούνται, και τη μέγιστη τιμή που είναι πρόθυμος να πληρώσει ανά ώρα. Εάν η προσφορά της μέγιστης τιμής του χρήστη υπερβεί την τρέχουσα τιμή τοις μετρητοίς, το αίτημά του χρήστη θα εκπληρωθεί και τα instances θα τρέξουν μέχρι είτε ο χρήστης να επιλέξει να τα σταματήσει είτε μέχρι η τιμή τοις μετρητοίς για το instance αυξηθεί επάνω από τη μέγιστη τιμή που έδωσε ο χρήστης. Η αμοιβή χρήσης που χρεώνεται είναι αυτή που τέθηκε από τον προμηθευτή των πόρων νέφους στο χρόνο που ο πόρος χρησιμοποιείται. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η τιμή της αγοράς σημείου είναι χαμηλότερη απ'ό,τι στην αγορά κατ'απαίτηση, αλλά είναι λίγο υψηλότερη από την αγορά με κράτηση.

Οι Shang κ συνεργάτες [32] υποστηρίζουν ότι, η τιμή ενός πόρου υπολογιστικού νέφους αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

$$P = P_c + P_s + P_{in} + P_{out} + P_{tran}$$

P_c : Η τιμή για την υπολογιστική μονάδα (π.χ τιμή ενός instance στο EC2).

Ps: η τιμή των δεδομένων του χρήστη (αποθηκευτικός χώρος)

PinPout : η τιμή της κυκλοφορίας στο δίκτυο

Ptran: η τιμή των διαδικασιών αρχείων (όπως οι put,get,copy,post,list κ.λπ.) μέσα σε μια εικονική μηχανή. Παραδείγματος χάριν, το *Ptran* του Amazon EC2 είναι \$0,01 ανά 1.000 αιτήματα.

Οι περισσότερες ερευνητικές προτάσεις για μοντέλα τιμολογιακής πολιτικής υλοποιούνται είτε με τη θεωρία ουρών [32],[33], είτε με learning curve models και στοχαστικά μοντέλα [34]. Η τρέχουσα έρευνα δίνει περισσότερη προσοχή στον προγραμματισμό ικανότητας του προμηθευτή, ή το βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό των πόρων σε ένα υβριδικό περιβάλλον.

Οι Narayan κ' συν. [35] προτείνουν το Smart Metering. Το Smart Metering, είναι ένα πρότυπο τιμολόγησης όπου, οι καταναλωτές χρεώνονται μεταβλητά ποσοστά για την ενέργεια που καταναλώνεται βασισμένη τις συνθήκες φορτίου. Το χρονικό διάστημα χρησιμοποίησης της υπηρεσίας νέφους διαιρείται σε timeslots. Οι πληροφορίες τιμολόγησης που λαμβάνονται ως συνάρτηση του φορτίου χρησιμοποιούνται για την τιμολόγηση των καταναλωτών. Το ποσό του λογαριασμού είναι μια συνάρτηση της τιμολόγησης για ένα timeslot και η αντίστοιχη χρησιμοποίηση του υπολογιστικού πόρου.

Το Smart Metering προτείνει την τιμολόγηση βασισμένη στο λειτουργικό κόστος της υπηρεσίας. Σε αυτό το μοντέλο τιμολόγησης το βασικό κόστος της υπηρεσίας διευκρινίζεται από το φορέα παροχής υπηρεσιών, *Cbase*.

Οι κανόνες τιμολόγησης που καθορίζουν τα γενικά έξοδα τιμολόγησης για το τρέξιμο της υπηρεσίας υπό τις διάφορες συνθήκες φορτίου διευκρινίζονται από το φορέα παροχής υπηρεσιών, *Cload_t*, όπου *t* είναι η χρονική περίπτωση λειτουργίας. Η τρέχουσα τιμή, *P_t* για το instance σε μια δεδομένη κατάσταση φορτίου δίνεται από την εξίσωση 1.

$$P_t = C_{base} * C_{load_t} \quad (1)$$

Όπου,

P_t → λειτουργικό κόστος στο χρόνο *t*

Cbase → βασικό λειτουργικό κόστος

Cload_t → κόστος για τρέξιμο της υπηρεσίας κάτω από φορτίο *load_t* σε χρόνο *t*.

Οι υπολογισμοί τιμολόγησης περιλαμβάνουν τον καθορισμό του γενικού φορτίου στο νέφος μέσα από μια πρόσφατη ιστορία και από τη λήψη ενός σταθμισμένου αθροίσματος του ποσού του φορτίου στις οντότητες και τις αντίστοιχες πληροφορίες τιμολόγησης όπως περιγράφονται ανωτέρω. Το γενικό φορτίο *L_t* στην υποδομή του νέφους στο χρόνο *t* είναι το άθροισμα του φορτίου σε κάθε κόμβο όπως δίνεται από τη 2:

$$L_t = \sum_{i=1}^n l_i \quad (2)$$

όπου,

$Lt \rightarrow$ συνολικό φορτίο στο νέφος σε χρόνο t

$li \rightarrow$ δείκτης φορτίου του επιμέρους τμήματος νέφους.

Το φορτίο που λαμβάνεται στην εξίσωση 2 χαρτογραφείται σε μια αντίστοιχη τιμή τιμολόγησης σε δεδομένη περίπτωση χρόνου, t .

Το ποσό τιμολόγησης υπολογίζεται ως άθροισμα του προϊόντος της στιγμιαίας τιμολόγησης που λαμβάνεται στην εξίσωση 1 και τη χρησιμοποίηση του καταναλωτή, ut . Το συνολικό ποσό του λογαριασμού λαμβάνεται όπως στην εξίσωση 3.

$$Bill = \sum_{t=1}^n P_t * u_t \quad (2)$$

Όπου,

$Pt \rightarrow$ λειτουργικό κόστος στο χρόνο t

$ut \rightarrow$ χρησιμοποίηση των πόρων του καταναλωτή στο χρόνο t .

Η τρέχουσα εφαρμογή του Smart Metering είναι συμβατή με την υποδομή νέφους Eucalyptus. Το σύστημα μπορεί να επεκταθεί για να συνεργαστεί και με άλλους φορείς παροχής υπηρεσιών νέφους όπως τα Nimbus, Amazon κ.α.

6.1. Χρεώσεις στις υπηρεσίες του Microsoft Azure

Τιμολόγηση υπολογισμού:

Κάθε instance είναι ένας εικονικός server. Υπάρχουν 5 επιλογές στα μεγέθη των εικονικών server. Ο πίνακας κατωτέρω συνοψίζει τους πόρους που παρέχονται από κάθε το μέγεθος κάθε instance.

Πίνακας 5: Τιμολόγηση υπολογισμού

Μέγεθος εικονικής μηχανής	Πυρήνες CPU	Μνήμη	Κόστος/ ώρα
Πολύ μικρό	Κοινοί	768 MB	\$0.04
Μικρό	1	1.75 GB	\$0.12
Μεσαίο	2	3.5 GB	\$0.24
Μεγάλο	4	7 GB	\$0.48

Πολύ Μεγάλο	8	14 GB	\$0.96
-------------	---	-------	--------

Οι υπολογιστικές ώρες χρεώνονται μόνο όταν χρησιμοποιούνται κατ'απαιτήσή. Οι υπολογιστικές ώρες τιμολογούνται με βάση τον αριθμό ωρών που η υπηρεσία χρησιμοποιήθηκε πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό των υπολογιστικών instances. Όλες οι υπολογιστικές ώρες, εκτός από αυτές της κατηγορίας των πολύ μικρών instances τα οποία τιμολογούνται χωριστά, μετατρέπονται σε ώρες μικρών instances όταν παρουσιάζονται στο λογαριασμό .

Τιμολόγηση για την Αποθήκευση:

Η υπηρεσία αποθήκευσης υποστηρίζει ουσιαστικά όλους τους τύπους αποθήκευσης, από δομημένα σε μη δομημένα δεδομένα, μη SQL βάσης δεδομένων, και σειρών αναμονής. Η αποθήκευση είναι διαχειριζόμενη υπηρεσία και έχει μηνιαίο SLA της τάξης του 99,9%.

Η Standard pay-as-you-go τιμολόγηση για την αποθήκευση είναι:

\$0.14 ανά GB που αποθηκεύεται το μήνα βασισμένο στον καθημερινό μέσο όρο

και

\$0.01 ανά 10,000 συναλλαγές αποθήκευσης

Η τιμολόγηση υποχρέωσης για την ικανότητα αποθήκευσης για αρχική περίοδο συνδρομής έξι μηνών είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 6: Τιμολόγηση για την Αποθήκευση για περίοδο συνδρομής έξι μηνών

Υποχρέωση αποθήκευσης	Τιμή	Έκπτωση από το αρχικό ποσό
1 - 50 TB / μήνα	\$0.125 / GB	10.7%
51 - 500 TB / μήνα	\$0.112 / GB	20%
501 - 1,000 TB / μήνα	\$0.103 / GB	26.4%
1,001 TB - 5 PB / μήνα	\$0.085 / GB	29.3%

Πίνακας 7: Τιμολόγηση για την SQL Azure Βάση δεδομένων

Βάση δεδομένων	Standard pay as you go τιμολόγηση
Web Edition (up to 5 GB)	\$9.99 ανά 1 GB από τη βάση δεδομένων το μήνα

Business Edition (up to 150 GB)	\$99.99 ανά 10 GB από τη βάση δεδομένων το μήνα (Μέγιστη δαπάνη \$499.95 ανά βάση δεδομένων)
---------------------------------	---

Οι πελάτες τιμολογούνται με βάση το μέγιστο μέγεθος βάσης δεδομένων σε μια ημέρα. Η SQL Azure χρεώνεται ως μηνιαία αμοιβή για κάθε βάση δεδομένων, αλλά εκείνη η χρέωση βάσεων δεδομένων αποσβήνεται κατά τη διάρκεια του μήνα και χρεώνεται σε καθημερινή βάση. Αυτή η καθημερινή χρέωση εξαρτάται από το ποιος τύπος βάσεων δεδομένων χρησιμοποιήθηκε (Web Edition ή Business Edition).

6.2. Χρεώσεις στις υπηρεσίες του Amazon

Η τιμολόγηση κατωτέρω περιλαμβάνει το κόστος για να τρέξουν ιδιωτικά και δημόσια AMIs σε συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα.

Πίνακας 8: Τιμολόγηση υπολογισμού (Amazon EC2)

Μέγεθος Περίπτωσης (Instance)	Πυρήνες CPU	Μνήμη	Κόστος ανά ώρα Linux/UNIX Windows	Windows με SQL Server
----------------------------------	----------------	-------	---	--------------------------

Micro	Κοινοί	613 MB	\$0.025	\$0.035	--
Small	1	1.7 GB	\$0.095	\$0.12	--
Large	4	7.5 GB	\$0.38	\$0.48	\$1.08
Extra Large	8	15 GB	\$0.76	\$0.96	\$1.56
High-Memory XL	6.5	17.1 GB	\$0.57	\$0.62	\$1.22
High-Memory Double XL	13	34.2 GB	\$1.14	\$1.24	\$1.84
High-Memory Quadruple XL	26	68.4 GB	\$2.28	\$2.48	\$3.68
High-CPU Medium	5	1.7 GB	\$0.19	\$0.29	--
High-CPU XL	20	7 GB	\$0.76	\$1.16	\$2.36
Cluster Compute Quadruple XL	33.5	23 GB	\$1.30	\$1.61	\$2.39
Cluster Compute Eight XL	88	60.5 GB	\$2.10	\$2.97	\$3.85

Πίνακας 9: Τιμολόγηση για την Αποθήκευση (Amazon S3):

Το πρώτο 1 TB / μήνα	\$0.140 ανά GB
Επόμενα 49 TB / μήνα	\$0.125 ανά GB
Επόμενα 450 TB / μήνα	\$0.110 ανά GB
Επόμενα 500 TB / μήνα	\$0.095 ανά GB
Επόμενα 4000 TB / μήνα	\$0.080 ανά GB
Επόμενα 5000 TB / μήνα	\$0.055 ανά GB

Πίνακας 10: Τιμολόγηση Αιτημάτων (Amazon S3):

Αιτήματα PUT, COPY, POST, ή LIST	\$0.01 ανά 1,000 αιτήματα
GET και όλα τα άλλα αιτήματα	\$0.01 ανά 10,000 αιτήματα
Καμία χρέωση για τα αιτήματα διαγραφής	

Πίνακας 11: Μεταφοράς δεδομένων (Amazon S3):

Μεταφορά δεδομένων ΠΡΟΣ το νέφος	
Όλη η Μεταφορά δεδομένων	\$0.000 ανά GB
Μεταφορά δεδομένων ΑΠΟ το νέφος	
Το πρώτο 1 GB / μήνα	\$0.000 ανά GB
Up to 10 TB / μήνα	\$0.120 ανά GB
Next 40 TB / μήνα	\$0.090 ανά GB
Next 100 TB / μήνα	\$0.070 ανά GB
Next 350 TB / month	\$0.050 per GB

Η μεταφορά δεδομένων " ΠΡΟΣ " και " ΑΠΟ " αναφέρεται στη μεταφορά ΠΡΟΣ μια περιοχή της Amazon S3 ΑΠΟ μια περιοχή της Amazon S3 . Δεν υπάρχει καμία χρέωση μεταφοράς για τα δεδομένα που μεταφέρονται εντός μιας περιοχής της Amazon S3 μέσω ενός αιτήματος COPY. Τα δεδομένα που μεταφέρονται μέσω αιτήματος COPY μεταξύ των περιοχών χρεώνεται στις κανονικές τιμές. Δεν υπάρχει καμία δαπάνη μεταφοράς δεδομένων για τα δεδομένα που μεταφέρονται μεταξύ Amazon EC2 και Amazon S3 μέσα στην ίδια περιοχή του Amazon. Δεδομένα που μεταφέρονται μεταξύ Amazon EC2 και Amazon S3 σε όλες τις άλλες περιοχές χρεώνονται στις τιμές μεταφοράς δεδομένων Διαδικτύου και στις δύο πλευρές της μεταφοράς.

6.3. Πολυμίσθωση

Η Πολυμίσθωση με απλούστερη μορφή του υπονοεί τη χρήση των ίδιων πόρων ή της εφαρμογής από πολλαπλούς καταναλωτές που μπορούν να ανήκουν στον ίδιο οργανισμό ή σε διαφορετικό. Ο αντίκτυπος της πολυμίσθωσης είναι η διαφάνεια των δεδομένων και στα ίχνη των διαδικασιών από άλλο χρήστη ή μισθωτή. Η πολυμίσθωση στα μοντέλα υπηρεσιών νέφους υπονοεί μια ανάγκη για την επιβολή μέσω πολιτικής, της κατάτμησης, της απομόνωσης, της διακυβέρνησης, των επιπέδων υπηρεσιών, και των προτύπων τιμολόγησης για τις διαφορετικές καταναλωτικές ομάδες. [3]

Οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν δημόσιες υπηρεσίες των παρόχων νέφους προσφερόμενες σε μεμονωμένους χρήστες ή, στην περίπτωση φιλοξενίας ιδιωτικού νέφους, ένας οργανισμός μπορεί να διαχωρίσει τους χρήστες ως διαφορετικές επιχειρησιακές ομάδες που μοιράζονται μια κοινή υποδομή.

Από την προοπτική ενός προμηθευτή, η πολυμίσθωση προτείνει μια αρχιτεκτονική και σχεδιαστική προσέγγιση για να επιτρέψει στις οικονομίες την κλιμάκωση, τη διαθεσιμότητα, τη διαχείριση, την κατάτμηση, την απομόνωση, και τη λειτουργική αποδοτικότητα. Αυτές οι υπηρεσίες μοιράζουν την υποδομή, τα δεδομένα, τα μεταδεδομένα, τις υπηρεσίες, και τις εφαρμογές σε πολλούς διαφορετικούς καταναλωτές.

Η πολυμίσθωση μπορεί επίσης να πάρει διαφορετικούς ορισμούς ανάλογα με το πρότυπο υπηρεσιών νέφους του προμηθευτή στο μέτρο που μπορεί να συνεπάγεται τις ικανότητες που περιγράφονται ανωτέρω στην υποδομή, τη βάση δεδομένων, ή τα επίπεδα εφαρμογής. Ένα παράδειγμα θα ήταν η διαφορά μεταξύ μιας εφαρμογής πολυμίσθωσης των IaaS, SaaS, και PaaS.

Τα μοντέλα επέκτασης νέφους δίνουν διαφορετική σημασία στην πολυμίσθωση. Εντούτοις, ακόμη και στην περίπτωση ενός ιδιωτικού νέφους, ένας μόνο οργανισμός μπορεί να έχει ένα πλήθος συμβούλων και τρίτων, καθώς επίσης και μια επιθυμία για έναν υψηλό βαθμό λογικού διαχωρισμού μεταξύ των επιχειρησιακών μονάδων. Κατά συνέπεια, πρέπει πάντα να λαμβάνονται πάντα υπόψιν οι απαιτήσεις της πολυμίσθωσης.

7. ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑ

Ενώ υπάρχουν πολλές ερευνητικές ομάδες, σχέδια και δημοσιευμένες προδιαγραφές που εξετάζονται αυτή τη στιγμή, είναι φυσικό ότι θα επέλθει σταθερότητα καθώς οι δυνάμεις της αγοράς, η καταναλωτική ζήτηση και τα οικονομικά θα κατασταλάξουν σε ένα πιο εύχρηστο και διαλειτουργικό σύνολο φορέων.

Ο πολλαπλασιασμός του υπολογιστικού νέφους υπόσχεται μείωση του κόστους στην υποδομή και γρηγορότερες βελτιώσεις λογισμικού. Για παράδειγμα η αμερικανική κυβέρνηση, μαζί με άλλους πιθανούς πελάτες υπολογιστικού νέφους, παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον για την κίνηση προς το νέφος. Εντούτοις, η υιοθέτηση του υπολογιστικού νέφους εξαρτάται πολύ από τον τρόπο με τον οποίο το νέφος μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις και ανησυχίες των χρηστών σχετικά με την ασφάλεια, τη φορητότητα και τη διαλειτουργικότητα.

Για τη φορητότητα, οι ενδεχόμενοι πελάτες ενδιαφέρονται να ξέρουν εάν μπορούν να διακινήσουν τα δεδομένα ή τις εφαρμογές τους σε πολλαπλά περιβάλλοντα νέφους με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και την μέγιστη ασφάλεια. Από τη σκοπιά της διαλειτουργικότητας, οι χρήστες ενδιαφέρονται για την ικανότητα να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ή μεταξύ των πολλαπλών νεφών.

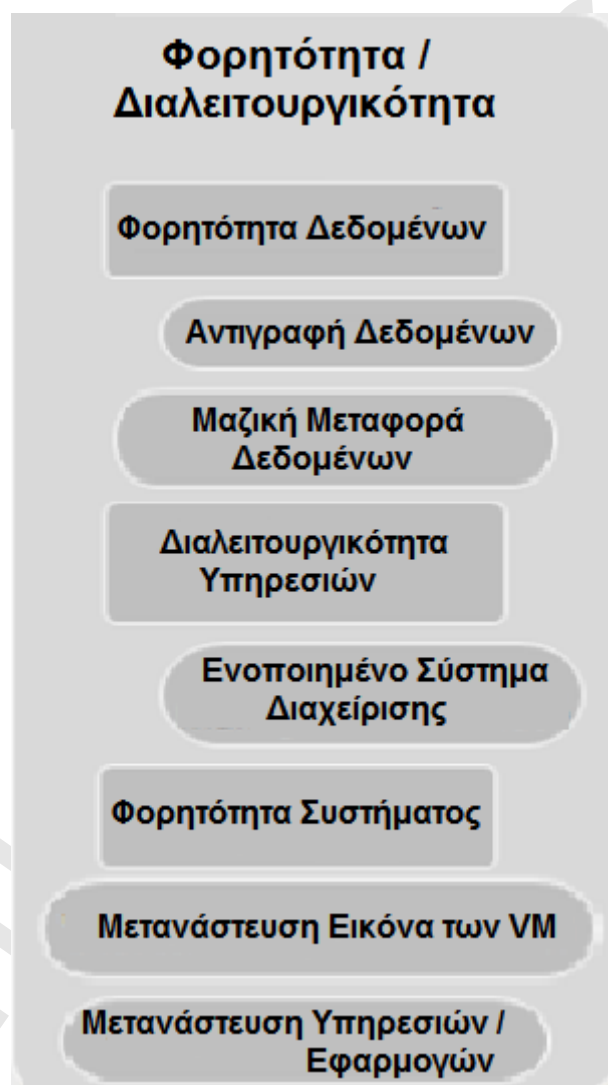
Ένας σημαντικός αριθμός οργανισμών όχι μόνο σκέπτονται να χρησιμοποιήσουν έναν συγκεκριμένο τύπο νέφους, αλλά και έναν συνδυασμό τους. Κατ' αυτό τον τρόπο, είναι δυνατό να αποκομίσουν υψηλότερα οφέλη από τον κάθε τύπο νέφους. Παραδείγματος χάριν, μέσα από την υποδομή ως υπηρεσία (IaaS), η χρήση των "δημόσιων νεφών" αποδίδει καλύτερη οικονομία, αλλά το διαμοιρασμένο μοντέλο υποδομής περιορίζει τη διαμόρφωση, την ασφάλεια, και την ιδιομορφία του SLA.

Αντίθετα, μέσα στο "φιλοξενημένο νέφος", ένας πελάτης μπορεί να επιτύχει τα οφέλη και από τους δύο κόσμους, με την άνεση μιας νοικιασμένης υποδομής από την άποψη της αυτοματοποίησης, της διαμόρφωσης, της ασφάλειας, αλλά και την εξελιγμότητα και τα χαρακτηριστικά ενός προσαρμοσμένου SLA. Εντούτοις, το υψηλό κόστος των φιλοξενημένων νεφών οφείλεται στην ύπαρξη ενός ολόκληρου server που προορίζεται για έναν συγκεκριμένο πελάτη [20]. Οι πελάτες μπορούν επίσης να αλλάξουν προμηθευτές νέφους (δηλ. δημόσια ή φιλοξενημένα νέφη) ανάλογα με την καλύτερη προσφορά και προκειμένου να γίνει μια βέλτιστη επιλογή σχετικά με τη χρήση, τις δαπάνες, και τα οφέλη τους. Παρ' όλα αυτά, σήμερα φαίνεται μη ρεαλιστικό να ολοκληρωθούν οι προαναφερθείσες απαιτήσεις χωρίς απώλειες, λόγω της έλλειψης προτυποποίησης. Για παράδειγμα, οι πελάτες πρέπει να διαχειριστούν όλα αυτά τα διαφορετικά νέφη με την χρήση διαφορετικών APIs (Application Programming Interfaces). Για αυτόν τον λόγο, η ανάγκη να καθοριστούν με σαφήνεια τα πρότυπα διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο προς τη διαλειτουργικότητα.

Οι πάροχοι νέφους πρέπει να παρέχουν τους μηχανισμούς που θα υποστηρίξουν τη φορητότητα των δεδομένων, τη διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών και τη φορητότητα των συστημάτων. Η φορητότητα δεδομένων είναι η δυνατότητα των καταναλωτών νέφους να αντιγράψουν τα αντικείμενα δεδομένων μέσα ή έξω από ένα νέφος ή να χρησιμοποιήσουν έναν δίσκο για μαζική μεταφορά δεδομένων. Η διαλειτουργικότητα υπηρεσιών είναι η δυνατότητα των καταναλωτών νέφους να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα και τις υπηρεσίες τους μέσα από πολλαπλούς προμηθευτές νέφους με μια ενοποιημένη διεπαφή διαχείρισης. Η φορητότητα συστημάτων επιτρέπει τη μετανάστευση μιας σταματημένης εικονικής μηχανής ή μιας εικόνας

της μηχανής από έναν προμηθευτή σε έναν άλλο, ή μεταναστεύει εφαρμογές και υπηρεσίες με το περιεχόμενό τους από έναν φορέα παροχής υπηρεσιών σε άλλον.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα διάφορα μοντέλα υπηρεσιών νέφους μπορεί να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σχετικά με τη φορητότητα και τη διαλειτουργικότητά τους. Παραδείγματος χάριν, το IaaS απαιτεί τη δυνατότητα να μεταναστεύσει τα δεδομένα και να τρέχει τις εφαρμογές σε ένα νέο νέφος. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο οι εικόνες των εικονικών μηχανών να μεταναστεύουν σε νέους προμηθευτές νέφους που μπορεί να χρησιμοποιήσουν διαφορετικές τεχνολογίες εικονικοποίησης. Ενώ στο SaaS, εστιάζουμε στη φορητότητα των δεδομένων, και έτσι είναι σημαντικό να εκτελεστούν εξαγωγές δεδομένων και backup δεδομένων με ένα τυποποιημένο φορμά.



Εικόνα 7.1: Διαλειτουργικότητα & Φορητότητα - Ενέργειες & απαιτήσεις

Από τη μία πλευρά, η διαλειτουργικότητα και η φορητότητα μας επιτρέπουν να κλιμακώσουμε μια υπηρεσία από πολλαπλούς ανόμοιους προμηθευτές σε παγκόσμια κλίμακα και να έχουμε

ένα σύστημα που να λειτουργεί και να εμφανίζεται ως ένα. Από την άλλη, η διαλειτουργικότητα και η φορητότητα επιτρέπουν την εύκολη μετακίνηση των δεδομένων και των εφαρμογών από μια πλατφόρμα σε άλλη, ή από έναν φορέα παροχής υπηρεσιών σε άλλον.

Η φορητότητα και η διαλειτουργικότητα δεν είναι οι μοναδικές εκτιμήσεις για τα περιβάλλοντα νέφους και οι σχετικές πτυχές ασφάλειάς τους δεν είναι καινούργιες έννοιες που επέρχονται με τον Υπολογιστικό Νέφος. Εντούτοις, τα ανοικτά και συχνά, κοινά επεξεργαστικά περιβάλλοντα που υπάρχουν μέσα στο νέφος φέρνουν την ανάγκη για ακόμα μεγαλύτερες προφυλάξεις από αυτές που απαιτούνται για τα παραδοσιακά μοντέλα επεξεργασίας. Η πολύ μίσθωση σημαίνει ότι τα δεδομένα και οι εφαρμογές συνευρίσκονται με τα δεδομένα και τις εφαρμογές άλλων επιχειρήσεων και η πρόσβαση στα εμπιστευτικά δεδομένα είναι δυνατή μέσα από κοινές πλατφόρμες, της κοινής αποθήκευσης και των κοινών δικτύων.

7.1. Αντιμετώπιση προβλημάτων στη Διαλειτουργικότητα

Τα APIs στα νέφη δεν είναι ακόμα τυποποιημένα, και αυτό που συμβαίνει σήμερα είναι ότι κάθε πάροχος νέφους έχει το δικό του συγκεκριμένο API για την ανάπτυξη και τη διαχείριση των υπηρεσιών του. Παραδείγματος χάριν, το API του Amazon EC2 είναι διαφορετικό από αυτό του GoGrid, ακόμα κι αν και οι δύο προσφέρουν παρόμοιες υπηρεσίες IaaS. Επιπλέον, κάθε πάροχος νέφους έχει την δική του λύση που τείνει να «κλειδώσει» τους χρήστες σε μια συγκεκριμένη τεχνολογία. Παραδείγματα τέτοιων λύσεων είναι το Amazon Elastic Load Balancing [25] και το Salesforce Real-time Query Optimizer [21]. Όταν οι πελάτες εξαρτώνται από ένα εργαλείο εξισορρόπησης φορτίου για να διαχειριστούν την κυκλοφορία, δεν είναι μια τετριμμένη διαδικασία να επανασχεδιαστεί, επανεφαρμοστεί (και να ενσωματωθεί) η ίδια λειτουργία εάν μεταναστεύουν σε έναν άλλο προμηθευτή νέφους. Εκτός κι εάν ο νέος πάροχος νέφους προσφέρει ένα API που είναι πλήρως συμβατό με αυτό που ένα εργαλείο εξισορρόπησης φορτίου είναι σε θέση να κάνει. Σε αυτήν την περίπτωση, η έλλειψη προτυποποίησης μπορεί να φέρει μειονεκτήματα, όταν απαιτείται η διακίνηση, η ολοκλήρωση, ή η ανταλλαγή πόρων.

Ένα πρόσθετο πρόβλημα έγκειται στην ανάγκη των ενσωματωμένων νέφους, υπό την έννοια ότι οι χρήστες θα κινούσαν πληροφορίες/εφαρμογές/VMs από το ένα νέφος στο άλλο χωρίς απώλεια λειτουργικότητας.

Ακόμη και για το πιο σημαντικό πρόβλημα μέσα στη διαλειτουργικότητα νέφους, το θέμα είναι η έλλειψη ενός τυποποιημένου API. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται επίσης να σχεδιαστούν κοινοί μηχανισμοί για τιμολόγηση, λογιστική και μέτρηση των παραμέτρων SLA στις απαιτήσεις του νέφους [20].

Στη συνέχεια καθορίζονται οι κρίσιμοι παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν κατά τον σχεδιασμό για τη φορητότητα και τη διαλειτουργικότητα.

Η διαλειτουργικότητα είναι η απαίτηση να εργαστούν μαζί τα συστατικά ενός οικοσυστήματος από νέφη για να επιτύχουν το προοριζόμενο αποτέλεσμα. Σε ένα οικοσύστημα υπολογιστικού νέφους, τα συστατικά μπορούν καλώς να προέλθουν από διαφορετικές πηγές. Νέφους, παραδοσιακές, δημόσιες και ιδιωτικές εφαρμογές νέφους. Η διαλειτουργικότητα εξουσιοδοτεί εκείνα τα συστατικά έτσι ώστε να αντικαθίστανται από νέα ή διαφορετικά συστατικά που προέρχονται από διαφορετικούς προμηθευτές και να συνεχίσουν να λειτουργούν, όπως πρέπει για να γίνεται η ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ των συστημάτων.

Οι επιχειρήσεις, στο χρόνο, θα λάβουν αποφάσεις που οδηγούν στην επιθυμία να αλλάξουν προμηθευτές. Οι πιθανοί λόγοι για αυτήν την εκούσια αλλαγή περιλαμβάνουν:

- Μια απαράδεκτη αύξηση κόστους στο χρόνο ανανέωσης της σύμβασης
- Η δυνατότητα να αποκτηθεί η ίδια υπηρεσία σε μια φτηνότερη τιμή
- Ένας πάροχος παύει τις επιχειρησιακές διαδικασίες
- Ένας πάροχος κλείνει ξαφνικά μια ή περισσότερες υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται χωρίς αποδεκτά σχέδια μετανάστευσης
- Απαράδεκτη μείωση στην ποιότητα υπηρεσιών, όπως η αποτυχία να καλυφθούν οι βασικές απαιτήσεις απόδοσης ή να επιτευχθούν τα SLA's.
- Μια επιχειρησιακή διαφωνία μεταξύ του πελάτη νέφους και του προμηθευτή
- Η έλλειψη διαλειτουργικότητας (και επίσης φορητότητας) μπορεί να οδηγήσει στο κλείσιμο κάποιου συγκεκριμένου φορέα παροχής υπηρεσιών νέφους.

Ο βαθμός στον οποίο η διαλειτουργικότητα μπορεί να επιτευχθεί ή να διατηρηθεί όταν εξετάζουμε ένα πρόγραμμα νέφους, συχνά εξαρτάται από το βαθμό στον οποίο ένας πάροχος νέφους χρησιμοποιεί ανοικτές ή δημοσιευμένες αρχιτεκτονικές, τυποποιημένα πρωτόκολλα και **standard API's**. Αν και πολλοί προμηθευτές "ανοικτής" και "standards based" παροχής επιβάλλουν εξαιρέσεις και περιορισμούς που μπορούν να εμποδίσουν και τη διαλειτουργικότητα και τη φορητότητα.

7.2. Προτάσεις για τη διαλειτουργικότητα

Hardware –Υλικό στο φυσικό επίπεδο

Το υλικό αναπόφευκτα θα ποικίλει ή θα αλλάξει κατά τη διάρκεια του χρόνου και από προμηθευτή σε προμηθευτή, αφήνοντας αναγκαστικά χάσματα διαλειτουργικότητας εάν η άμεση πρόσβαση υλικού απαιτείται.

Όποτε είναι δυνατή, συνίσταται η χρήση εικονικοποίησης για να μην υπάρχουν πολλές ανησυχίες σε επίπεδο υλικού.

Εάν το υλικό πρέπει να εξεταστεί άμεσα, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι γίνονται οι ίδιοι ή και καλύτεροι φυσικοί και διοικητικοί έλεγχοι ασφάλειας κατά την μεταφορά από έναν προμηθευτή προς άλλο.

Συσκευές Φυσικού δικτύου

Οι δικτυακές συσκευές συμπεριλαμβανομένων των συσκευών ασφάλειας θα είναι διαφορετικές μεταξύ των φορέων παροχής υπηρεσιών μαζί με τα API και την διαδικασία διαμόρφωσης.

- Για να διατηρηθεί η διαλειτουργικότητα, το φυσικό υλικό δικτύου πρέπει να είναι σε εικονική περίμετρο. Όσο το δυνατόν περισσότερο, τα API πρέπει να έχουν την ίδια λειτουργικότητα.

Εικονικοποίηση

- Συνίσταται η χρήση ανοικτών σχημάτων εικονικοποίησης όπως το OVF (το οποίο περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο) για να βοηθήσει στο να εξασφαλίσει η διαλειτουργικότητα.
- Αρχαιοθέτηση και κατανόηση του ποιοι συγκεκριμένοι σύνδεσμοι στην εικονικοποίηση χρησιμοποιούν ανεξάρτητα φορμά. Υπάρχει περίπτωση να μην λειτουργήσουν σε άλλο πάροχο.

Πλαίσια

Οι διαφορετικοί προμηθευτές πλατφορμών προσφέρουν διαφορετικά πλαίσια εφαρμογής νέφους και έτσι οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ τους επηρεάζουν τη διαλειτουργικότητα.

- Απαιτείται έρευνα των API για να καθοριστεί πού βρίσκονται οι διαφορές. Έπειτα χρειάζεται προγραμματισμός για τις όποιες απαραίτητες αλλαγές μπορούν να απαιτηθούν στην επεξεργασία εφαρμογών κατά την μεταφορά σε έναν νέο προμηθευτή.
- Συνίσταται η χρήση ανοικτού και δημοσιευμένου API για την εξασφάλιση ευρύτερης υποστήριξης για τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των επιμέρους συστατικών και για να διευκολυνθεί η μετανάστευση των εφαρμογών και των δεδομένων εάν κριθεί απαραίτητη μια αλλαγή παρόχου υπηρεσιών.
- Οι εφαρμογές στο νέφος επικοινωνούν συχνά μέσω του Διαδικτύου και μπορεί να εμφανιστούν διακοπές λειτουργίας. Πρέπει να καθοριστεί, πώς η αποτυχία σε ένα συστατικό της υποδομής (ή μια αργή απόκριση) θα έχει αντίκτυπο σε άλλα και να αποφευχθούν οι καταστάσεις που μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα των δεδομένων του συστήματος όταν αποτυγχάνει ένα απομακρυσμένο συστατικό της υποδομής.

Αποθήκευση

Οι απαιτήσεις αποθήκευσης θα ποικίλουν για διαφορετικούς τύπους δεδομένων. Τα δομημένα δεδομένα απαιτούν συχνότερα ένα σύστημα βάσεων δεδομένων, ή συγκεκριμένα φορμά εφαρμογής. Τα μη δομημένα δεδομένα μπορούν να είναι διάφορα κοινά φορμά εφαρμογής που χρησιμοποιούνται από τους επεξεργαστές κειμένου, τα λογιστικά φύλλα (spreadsheet) και τις παρουσιάσεις. Εδώ υπάρχει ανησυχία στο να μεταφερθούν αδιάρρηκτα τα δεδομένα που αποθηκεύονται από μια υπηρεσία σε άλλη.

- Αποθήκευση των μη δομημένων δεδομένων σε ένα καθιερωμένο φορητό φορμά.
- Αξιολόγηση των απαιτήσεων κρυπτογράφησης των δεδομένων κατά τη μεταφορά.
- Έλεγχος για συμβατά συστήματα βάσεων δεδομένων και αξιολόγηση των απαιτήσεων μετατροπής εάν είναι απαραίτητο.

Ασφάλεια

Τα δεδομένα και οι εφαρμογές στο νέφος κατοικούν στα συστήματα που ο χρήστης δεν έχει στην κατοχή του και πιθανώς έχει μόνο περιορισμένο έλεγχο. Διάφορα σημαντικά δεδομένα που πρέπει να εξεταστούν για τη διαλειτουργική ασφάλεια είναι τα εξής:

- Χρήση SAML ή WS-Security για αυθεντικοποίηση έτσι ώστε οι έλεγχοι να είναι διαλειτουργικοί με άλλα συστήματα που βασίζονται σε πρότυπο.
- Με την κρυπτογράφηση των δεδομένων προτού τοποθετηθούν στο νέφος θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι δεν θα διαβληθούν μέσα στο περιβάλλον του νέφους.
- Όταν τα κλειδιά κρυπτογράφησης είναι σε χρήση, απαιτείται έρευνα του πώς και πού τα κλειδιά αποθηκεύονται για να εξασφαλιστεί ότι η πρόσβαση στα υπάρχοντα κρυπτογραφημένα δεδομένα διατηρείται.
- Πρέπει να αναλογίζονται οι ευθύνες και η αξιοπιστία του καταναλωτής εάν εμφανιστεί ένας συμβιβασμός λόγω απρόβλεπτων "χασμάτων" στις μεθόδους προστασίας που προσφέρονται από το φορέα παροχής υπηρεσιών.
- Τα αρχεία καταγραφής συμβάντων (log files) πρέπει να αντιμετωπιστούν στο ίδιο επίπεδο ασφάλειας με όλα τα άλλα δεδομένα που κινούνται προς το νέφος. Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα αρχεία καταγραφής είναι διαλειτουργικά για να εξασφαλιστεί η συνοχή των αρχείων καταγραφής πριν και μετά την μετακίνηση καθώς επίσης και η συμβατότητα με οτιδήποτε σύστημα διαχείρισης αρχείων καταγραφής είναι σε χρήση.
- Κατά την ολοκλήρωση μιας μεταφοράς πρέπει να εξασφαλιστεί ότι όλα τα δεδομένα, τα αρχεία καταγραφής συμβάντων, και άλλες πληροφορίες διαγράφονται από το αρχικό σύστημα.

7.3. Αντιμετώπιση προβλημάτων στη Φορητότητα

Η φορητότητα καθορίζει την ευκολία στην δυνατότητα να μεταφέρονται τα συστατικά της εφαρμογής και να επαναχρησιμοποιούνται αλλού, ανεξάρτητα από τον προμηθευτή, την πλατφόρμα, το OS, την υποδομή, την θέση, την αποθήκευση και το φορμά των δεδομένων ή των API. Η φορητότητα και η διαλειτουργικότητα πρέπει να εξεταστούν είτε η μετανάστευση νέφους είναι στις δημόσιες, ιδιωτικές, ή υβριδικές λύσεις επέκτασης νέφους. Υπάρχουν σημαντικά δεδομένα που θα πρέπει να εξεταστούν για την επιλογή μοντέλου υπηρεσιών ανεξάρτητα από το εάν μια στρατηγική μετανάστευσης γίνει στο Software as a Service (SaaS), στο Platform as a Service (PaaS), ή στο Infrastructure as a Service (IaaS).

Η φορητότητα είναι μια βασική πτυχή που εξετάζεται κατά την επιλογή παρόχου νέφους δεδομένου ότι μπορεί συγχρόνως να βοηθήσει στην αποτροπή του κλειδώματος σε έναν μόνο κατασκευαστή και να φέρει επιχειρησιακά οφέλη αφήνοντας πανομοιότυπες επεκτάσεις νέφους να εμφανίζονται σε διαφορετικές λύσεις παρόχων νέφους, είτε με σκοπό την αποκατάσταση μιας καταστροφής, είτε για τη σφαιρική επέκταση μιας διανεμημένης ενιαίας λύσης.

- Η αδυναμία να εξεταστούν κατάλληλα η φορητότητα και η διαλειτουργικότητα σε μια μετανάστευση νέφους μπορεί να οδηγήσει στην αποτυχία να επιτευχθούν τα επιθυμητά οφέλη από την μεταφορά στο νέφος και μπορεί να οδηγήσουν σε δαπανηρά προβλήματα ή καθυστερήσεις στο πρόγραμμα εξαιτίας των παραγόντων που πρέπει να αποφευχθούν όπως:
- Κλείδωμα στην εφαρμογή, στον κατασκευαστή, ή στον πάροχο. Η επιλογή μιας συγκεκριμένης λύσης νέφους μπορεί να περιορίσει τη δυνατότητα να γίνει η μεταφορά προς μια άλλη προσφορά νέφους ή σε έναν άλλο κατασκευαστή

- Η ασυμβατότητα στην επεξεργασία και οι προστριβές προκαλούν τη διάσπαση της υπηρεσίας. Οι διαφορές του παρόχου, της πλατφόρμας, ή της εφαρμογής μπορούν να οδηγήσουν σε ασυμβατότητα που προκαλεί την δυσλειτουργία των εφαρμογών μέσα σε μια διαφορετική υποδομή νέφους
- Ο απροσδόκητος επανασχεδιασμός εφαρμογής ή η αλλαγή επιχειρησιακής διαδικασίας. Η μεταφορά σε έναν νέο προμηθευτή νέφους μπορεί να δημιουργήσει την ανάγκη για επανάληψη του τρόπου με τον οποίο μια διαδικασία λειτουργεί ή την απαίτηση αλλαγών στην κωδικοποίηση για να διατηρηθούν οι αρχικές συμπεριφορές
- Η δαπανηρή μετανάστευση δεδομένων ή η μετατροπή τους. Η έλλειψη διαλειτουργικών και φορητών φορμά μπορεί να οδηγήσει σε μη σχεδιασμένες αλλαγές δεδομένων κατά την μεταφορά προς έναν νέο προμηθευτή
- Η επανεκπαίδευση ή η επισκευή του νέου λογισμικού εφαρμογής ή διαχείρισης
- Η απώλεια δεδομένων ή η ασφάλεια της εφαρμογής. Η διαφορετική πολιτική ασφάλειας ή ελέγχου, η βασική διαχείριση ή η προστασία των δεδομένων μεταξύ των παρόχων μπορούν να ανοίξουν άγνωστα χάσματα ασφάλειας κατά την μεταφορά προς έναν νέο πάροχο ή μια πλατφόρμα .

Προτάσεις για τη φορητότητα

Υπάρχουν διάφορα ζητήματα που συναντούμε στην πορεία της μεταφοράς προς το νέφος. Οι εκτιμήσεις και οι συστάσεις φορητότητας που επηρεάζουν την μεταφορά προς το νέφος περιλαμβάνουν:

- **Επίπεδο υπηρεσιών.** Τα SLA's θα διαφέρουν ανάμεσα στους παρόχους και υπάρχει η ανάγκη να κατανοηθεί πώς αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στη δυνατότητα αλλαγής προμηθευτή.
- **Διαφορετικές αρχιτεκτονικές.** Τα συστήματα στο νέφος μπορούν να εγκαθίστανται σε πλατφόρμες ανόμοιας αρχιτεκτονικής. Είναι σημαντική η γνώση το πώς αυτο περιορίζει τη φορητότητα με την κατανόηση των εξαρτήσεων ανάμεσα σε υπηρεσίες και πλατφόρμες, οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν API, hypervisors, τη λογική εφαρμογής, και άλλους περιορισμούς.
- **Ολοκλήρωση ασφάλειας.** Τα συστήματα νέφους και ειδικότερα η φορητότητα φέρνουν ανησυχίες για τη διατήρηση της ασφάλειας, όπως οι παρακάτω:

Μηχανισμοί ταυτότητας και αυθεντικοποίησης για την πρόσβαση του χρήστη ή της διαδικασίας στα συστήματα, πρέπει τώρα να λειτουργούν σε όλα τα συστατικά ενός συστήματος νέφους. Η χρήση ανοικτών προτύπων για την ταυτότητα όπως η SAML θα βοηθήσει να εξασφαλιστεί η φορητότητα. Η ανάπτυξη του εσωτερικού συστήματος IAM για την υποστήριξη των ισχυρισμών SAML και του εσωτερικού συστήματος για την υποδοχή του SAML θα βοηθήσει τη μελλοντική φορητότητα του συστήματος στο νέφος.

Τα **κλειδιά κρυπτογράφησης** πρέπει να είναι τοπικά, και όταν είναι πιθανό να διατηρούνται τοπικά

Τα **μεταδεδομένα** είναι μια πτυχή ψηφιακών πληροφοριών που συχνά και εύκολα αγνοούνται αφού δεν είναι άμεσα ορατά κατά την εργασία με αρχεία και έγγραφα. Τα

μεταδεδομένα αποτελούν μια σημαντική παράμετρο στο νέφος, επειδή μεταφέρονται μαζί με το έγγραφο. Όταν γίνεται μεταφορά αρχείων και των μεταδεδομένων τους σε ένα νέο περιβάλλον νέφους, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα αντίγραφα των αρχείων μεταδεδομένων αφαιρούνται ασφαλώς έτσι ώστε να αποτραπεί αυτές οι πληροφορίες να παραμείνουν πίσω.

Η μεταφορά των υπηρεσιών προς το νέφος είναι μια μορφή εξαγωγής πόρων (outsourcing). Επομένως η φορητότητα (και ως ένα βαθμό η διαλειτουργικότητα) πρέπει να είναι ένα βασικό κριτήριο στρατηγικής οποιουδήποτε οργανισμού κινείται στις υπηρεσίες νέφους, επιτρέποντας μια βιώσιμη στρατηγική εξόδου να αναπτυχθεί.

7.4. Προτάσεις διαλειτουργικότητας ανά μοντέλο υπηρεσιών και μοντέλο επέκτασης

Παρακάτω γίνονται πιο συγκεκριμένα μερικές προτάσεις και κατευθύνσεις σε κάθε κατηγορία υπηρεσιών νέφους.

7.5.1. Διαλειτουργικότητα ανά μοντέλο υπηρεσιών

Υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS)

Ενώ η ευθύνη του προμηθευτή νέφους είναι να παράσχει τις βασικές υπολογιστικές χρησιμότητες, όπως η αποθήκευση, η υπολογιστική ισχύς, κ.λπ., ο πελάτης νέφους είναι αρμόδιος για μια πλειοψηφία θεμάτων σχεδιασμού εφαρμογών σχετικών με τη διαλειτουργικότητα. Ο πάροχος νέφους πρέπει να παρέχει τους τυποποιημένους υπολογιστικούς πόρους και πόρους υλικού που μπορούν να αλληλεπιδράσουν με διάφορα ανόμοια συστήματα με ελάχιστη προσπάθεια. Ο πάροχος νέφους πρέπει αυστηρά να εμμένει στα πρότυπα βιομηχανίας για να διατηρήσει τη διαλειτουργικότητα. Ο πάροχος πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξει σύνθετα σενάρια όπως η μεσιτεία νέφους, τις εκρήξεις νέφους (cloud bursting), τα υβριδικά νέφη, την πολυνεφική ομοσπονδία (sky computing), κ.λπ.

- Χρειάζεται κατανόηση του πώς οι εικόνες των VMs μπορούν να συλληφθούν και να εξαχθούν σε νέους προμηθευτές νέφους και ποιού ίσως να χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες εικονικοποίησης.
- Προσδιορισμός και αποκλεισμός οποιεσδήποτε επεκτάσεις είναι συγκεκριμένες για έναν μόνο προμηθευτή στο εικονικό περιβάλλον μηχανών.
- Κατανόηση του ποιες πρακτικές είναι σε θέση να σιγουρέψουν τον σωστό τερματισμό των εικόνων των VM αφότου μια εφαρμογή καταργείται από τον προμηθευτή νέφους.
- Κατανόηση των πρακτικών που χρησιμοποιούνται για τον αφοπλισμό των δίσκων και των συσκευών αποθήκευσης.
- Κατανόηση των εξαρτήσεων που βασίζονται στην πλατφόρμα/υλικό που πρέπει να προσδιοριστούν πριν από τη μετανάστευση της εφαρμογής/δεδομένων.

- Πρέπει να υπάρχει πρόσβαση από τον πελάτη στα αρχεία καταγραφής συμβάντων, στα ίχνη και την πρόσβαση στα αρχεία τιμολόγησης που βρίσκονται στον προμηθευτή νέφους.
- Προσδιορισμός των επιλογών για να επαναληφθεί ή να επεκταθεί η υπηρεσία με τον προμηθευτή νέφους, εν μέρει ή στο σύνολο, εάν η νέα υπηρεσία αποδεικνύεται υποδεέστερη.
- Καθορισμός εάν υπάρχουν οποιεσδήποτε λειτουργίες επιπέδου διαχείρισης, διεπαφές, ή API που χρησιμοποιούνται και που είναι ασύμβατες με το νέο προμηθευτή.
- Κατανόηση των δαπανών που περιλαμβάνονται για την μεταφορά των δεδομένων προς και από έναν προμηθευτή νέφους
- Καθορισμός του ποιά μέσα υποστηρίζονται για να μεταφέρουν τα δεδομένα όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα στο νέφος μέσω της χρησιμοποίησης των τυποποιημένων πρακτικών όπως η συμπίεση δεδομένων.
- Κατανόηση του ποια ασφάλεια παρέχεται και ποιος διατηρεί την πρόσβαση στα κλειδιά κρυπτογράφησης.

Πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform as a Service PaaS)

Ο πάροχος νέφους είναι αρμόδιος για να παρέχει μια πλατφόρμα στην οποία οι καταναλωτές μπορούν να στηρίξουν τα συστήματά τους. Παρέχουν ένα περιβάλλον χρόνου εκτέλεσης και έναν ενσωματωμένο σωρό εφαρμογής. Επιτρέπει στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη να αναπτυχθούν γρήγορα και να επεκτείνουν τις συνήθεις εφαρμογές στις προσφερθείσες πλατφόρμες χωρίς την ανάγκη να χτιστεί η υποδομή. Ο πάροχος νέφους παρέχει ολόκληρη την υποδομή και τη συντήρησή της στους καταναλωτές του.

- Όποτε είναι δυνατόν, συνίσταται χρήση συστατικών πλατφόρμας με μια τυποποιημένη σύνταξη, με ανοικτό API, και ανοικτά πρότυπα, για παράδειγμα το Open Cloud Computing Interface (**OCCI**).
- Κατανόηση του ποια εργαλεία είναι διαθέσιμα για ασφαλή μεταφορά δεδομένων, backup και ανάκτηση.
- Κατανόηση και τεκμηρίωση των τμημάτων και των ενοτήτων των εφαρμογών σύμφωνα με τον προμηθευτή PaaS και ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής με στρώματα αφαίρεσης για την ελαχιστοποίηση της άμεσης πρόσβασης στα ιδιόκτητα τμήματα.
- Κατανόηση του πώς οι βασικές υπηρεσίες όπως η παρακολούθηση, η καταγραφή, και ο έλεγχος θα μεταφερθούν σε ένα νέο προμηθευτή.
- Κατανόηση του ποιες προστασίες παρέχονται για τα δεδομένα που τοποθετούνται στο νέφος και τα δεδομένα που παράγονται και που διατηρούνται στο νέφος.
- Κατανόηση των λειτουργιών ελέγχου που παρέχονται από τον προμηθευτή νέφους και πώς θα μεταφράζονται στο νέο προμηθευτή.

- Κατά τη μετανάστευση σε μια νέα πλατφόρμα, χρειάζεται κατανόηση των επιδράσεων στην απόδοση και τη διαθεσιμότητα της εφαρμογής και πώς αυτές οι επιδράσεις θα μετρηθούν.
- Κατανόηση του πώς η δοκιμή θα ολοκληρωθεί πριν και μετά τη μετανάστευση για να ελεγχθεί ότι οι υπηρεσίες ή οι εφαρμογές λειτουργούν σωστά. Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι ευθύνες για τις δοκιμές τόσο των παρόχων, αλλά και των χρηστών, είναι πλήρως κατανοητές και τεκμηριωμένες.

Λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a Service SaaS)

Ο πάροχος νέφους παρέχει δυνατότητες εφαρμογής πέρα από το νέφος, και ο πελάτης διαχειρίζεται ακριβώς τις διαδικασίες του και τις πληροφορίες που ρέουν μέσα και έξω από το σύστημα. Ο πελάτης χρειάζεται έναν φυλλομετρητή, και η πλειοψηφία της διαχείρισης σε όλα τα υπόλοιπα επίπεδα μένει στον προμηθευτή.

- Εκτέλεση των εξαγωγών των κανονικών δεδομένων και των backup σε ένα μορμά που να είναι χρησιμοποιήσιμο χωρίς τον προμηθευτή SaaS.
- Κατανόηση εάν τα μεταδεδομένα μπορούν να διατηρηθούν ή να μεταναστεύσουν.
- Εάν είναι απαραίτητο συνίσταται η χρήση υπηρεσιών μεταβίβασης δεδομένων.
- Κατανόηση ότι οποιαδήποτε custom εργαλεία θα πρέπει να επαναξιοποιηθούν, ή ο νέος πάροχος πρέπει να παρέχει εκείνα τα εργαλεία, ή να δεσμευτεί να παρέχει (και να υποστηρίξει) αυτά τα εργαλεία.
- Επισκόπηση και έλεγχος για να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα της αποτελεσματικότητας του ελέγχου μεταξύ παλαιού και νέου παρόχου..
- Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα backups και τα άλλα αντίγραφα των logs, των αρχείων πρόσβασης, και οποιωνδήποτε άλλων σχετικών πληροφοριών, που μπορούν να απαιτηθούν για νομικούς ή λόγους συμμόρφωσης, μπορούν να μεταναστεύσουν.
- Κατανόηση των διεπαφών διαχείρισης, ελέγχου και αναφοράς και ολοκλήρωσή τους μεταξύ των περιβαλλόντων.
- Δοκιμή και αξιολογήση όλων των εφαρμογών πριν από τη μετανάστευση και επανεκτέλεσή τους, εάν είναι εφικτό πριν από τον τερματισμό τους.

7.5.2. Διαλειτουργικότητα ανά μοντέλο επέκτασης

Ιδιωτικό νέφος

Το Ιδιωτικό νέφος νοείται όταν ο καταναλωτής τρέχει ένα περιβάλλον / μια υπηρεσία νέφους μέσα στην επιχείρησή του ή χρησιμοποιεί την προσφορά ιδιωτικού νέφους από προμηθευτές νέφους (επεκτείνοντας το εσωτερικό δίκτυο σε ένα κέντρο φιλοξενίας ενός παρόχου υπηρεσιών).

- Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι υπάρχει διαλειτουργικότητα μεταξύ των κοινών hypervisors όπως ο KVM, ο VMware και ο Xen.

- Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα τυποποιημένα API χρησιμοποιούνται για τις λειτουργίες διαχείρισης όπως για χρήστες και τη διαχείριση των προνομίων τους, τη διαχείριση των εικόνων VM, τη διαχείριση εικονικών δικτύων, Διαχείριση υπηρεσιών, Διαχείριση αποθήκευσης, Διαχείριση υποδομής, Διαχείριση πληροφοριών, κλπ.

Δημόσιο νέφος

Η διαλειτουργικότητα στο δημόσιο νέφος σημαίνει έκθεση στις περισσότερες κοινές διεπαφές νέφους. Μπορεί να είναι συγκεκριμένου κατασκευαστή ή με ανοικτές προδιαγραφές και διεπαφές παρόχων όπως οι OCCI, libcloud, κ.λπ.

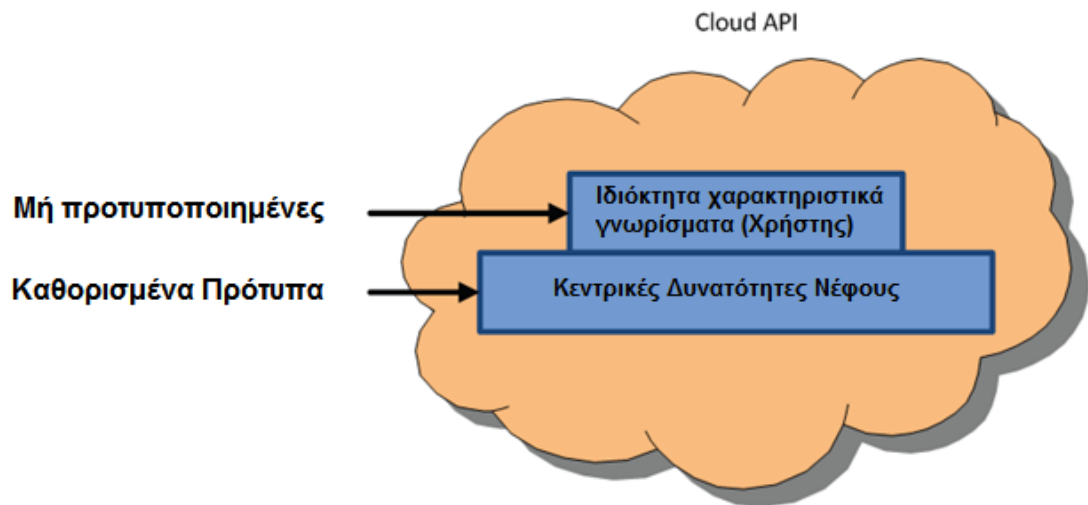
- Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι προμηθευτές νέφους εκθέτουν κοινές ή ανοικτές διεπαφές για να υπάρχει πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες νέφους στην προσφορά των υπηρεσιών τους.

Υβριδικό νέφος

Σε αυτό το σενάριο η τοπική ιδιωτική υποδομή του καταναλωτή πρέπει να έχει την ικανότητα να συνεργαστεί με εξωτερικούς προμηθευτές νέφους. Ένα κοινό σενάριο είναι "η έκρηξη στο νέφος" (cloud bursting), όπου μια επιχείρηση μοιράζεται το φορτίο με εξωτερικούς προμηθευτές νέφους για να ικανοποιήσει τις μέγιστες απαιτήσεις.

- Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι προμηθευτές νέφους εκθέτουν κοινές ή/και ανοικτές διεπαφές για να υπάρχει πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες νέφους στην προσφορά των υπηρεσιών τους.
- Πρέπει να εξασφαλιστεί η δυνατότητα συνένωσης με διαφορετικούς προμηθευτές νέφους για να ενεργοποιηθούν υψηλά επίπεδα εξελιξιμότητας.

Η Amazon, η GoGrid, η Salesforce, η Google, η AT&T και άλλοι προμηθευτές νέφους, ενδεχομένως να μην συμφωνήσουν σε έναν εύκολο και τυποποιημένο τρόπο για να εξαγάγουν/εισάγουν τέτοιες διαμορφώσεις νέφους. Προφανώς οι προμηθευτές εκείνων των λύσεων νέφους δεν ενδιαφέρονται να δώσουν συνολική ελευθερία στους πελάτες τους να αλλάζουν προμηθευτές κατά τρόπο απλό, και επίσης δεν επιθυμούν να ανοίξουν άμεσο "ανταγωνισμό" με άλλες επιχειρήσεις. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι το υπολογιστικό νέφος χρειάζεται μια κοινή και πιο βασική προσέγγιση στην αλληλεπίδραση με τις προσφερόμενες υπηρεσίες και πόρους. Δεν σημαίνει ότι οι ιδιόκτητες λύσεις θα εξαφανιστούν ή θα περιοριστούν. Βασικά, η πρώτη κίνηση τυποποίησης θα πρέπει να εξετάσει τις *κεντρικές δυνατότητες του νέφους* ή τα *χαρακτηριστικά γνωρίσματα του νέφους* (Εικόνα 7.2). Αυτές οι βασικές λειτουργίες μέσα σε ένα νέφος, όπως η διαχείριση και η παροχή εικονικών πόρων, η αποθήκευση, ή τα τμήματα δικτύων, έχουν υψηλό επίπεδο σημαντικότητας. Κατά συνέπεια, από τη μια πλευρά, πρέπει να γίνει μια εκτενής έρευνα μεταξύ των υπαρχόντων παρόχων νέφους για να εξαγάγει τις βασικές και τις πιο ενδιαφέρουσες κεντρικές λειτουργίες του νέφους. Αφ' ετέρου, οι προμηθευτές νέφους θα έχουν ακόμα την ευκαιρία να προσθέσουν δικές τους λειτουργίες, αλλά χωρίς να αγγίζουν τις *κεντρικές δυνατότητες του νέφους* και να καταστήσουν σαφές ποιες είναι οι δικές τους δυνατότητες που προστίθενται στα APIs.



Εικόνα 7.2 : Οι κεντρικές Δυνατότητες του νέφους ως βάση για τα APIs του νέφους

Το mOSAIC είναι ένα project που στοχεύει στην ανάπτυξη μιας πλατφόρμας ανοικτού κώδικα που επιτρέπει στις εφαρμογές να διαπραγματεύονται τις υπηρεσίες νέφους όπως ζητείται από τους χρήστες τους. Χρησιμοποιώντας την οντολογία νέφους, οι εφαρμογές θα είναι σε θέση να διευκρινίσουν τις απαιτήσεις υπηρεσιών τους και να τις διαβιβάσουν στην πλατφόρμα μέσω του καινοτόμου API. Η πλατφόρμα θα εφαρμόσει έναν μηχανισμό μεσιτείας πολύ-πρακτόρων (multi-agent brokering) που θα ψάχνει για τις υπηρεσίες που ταιριάζουν στο αίτημα των εφαρμογών και θα συνθέσει ενδεχομένως την απαιτούμενη υπηρεσία εάν δεν βρεθεί κανένα άμεσο αποτέλεσμα αναζήτησης. Η πλατφόρμα θα διευκολύνει τον ανταγωνισμό μεταξύ των παρόχων νέφους, οι οποίοι, σε αντάλλαγμα, θα είναι σε θέση να προσεγγίσουν πελάτες που δεν θα μπορούσαν πριν. Το mOSAIC project, που περιλαμβάνει έξι οργανώσεις από πέντε ευρωπαϊκές χώρες, έχει ξεκινήσει στο πλαίσιο του προγράμματος FP7-ICT. Σκοπεύει να βελτιώσει το state-of-the-art στο υπολογιστικό νέφος δημιουργώντας και προάγοντας μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογής νέφους ανοικτού κώδικα και μια πλατφόρμα που στοχεύει στην ανάπτυξη εφαρμογών προσανατολισμένων σε πολλαπλά νέφη. Το κύριο όφελος του mOSAIC πακέτου λογισμικού θα είναι μια διαφανής και απλή πρόσβαση σε ετερογενείς πόρους υπολογιστικού νέφους και η αποφυγή κλειδώματος σε ιδιόκτητες λύσεις. Το συγκεκριμένο εγχείρημα είναι ένα βήμα προς την νεότερη έννοια του Υπολογιστικού ουρανού (Sky Computing). Ο υπολογιστικός ουρανός είναι ένα πρότυπο υπολογισμού, όπου οι πόροι από τους πολλαπλούς προμηθευτές νέφους προορίζονται να δημιουργήσουν μια διανεμημένη υποδομή μεγάλης κλίμακας [46].

8. ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ

Ο τομέας της προτυποποίησης των διαδικασιών στο νέφος είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο λόγω των εμποδίων της ποικιλομορφίας των λύσεων της αγοράς. Πολλές ερευνητικές ομάδες, forums και οργανισμοί προτυποποίησης εργάζονται για τη δημιουργία προτύπων που να καλύπτουν επαρκώς όλες τις πτυχές του νέφους ώστε να καθιερωθούν στην ανάπτυξη συστημάτων υπολογιστικού νέφους. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αυτές οι προσπάθειες και δίδεται μια γενική εικόνα για την κατάσταση στον τομέα της προτυποποίησης στο νέφος.

8.1. Προτυποποίηση του IEEE

Ο IEEE τον Απρίλιο του 2011 προώθησε μια πρωτοβουλία υπολογιστικού νέφους που επιδιώκει να καθορίσει πρότυπα για τη διαλειτουργικότητα νέφους. Για αυτόν τον λόγο, η IEEE έχει αναγγείλει δύο ομάδες εργασίας.

Η μια ομάδα P2301, μισθώνεται για να συντάξει πρότυπα για την καθιέρωση της φορητότητας, ή τη δυνατότητα αποστολής ενός φορτίου εργασίας, από ένα νέφος, σε ένα άλλο. Η παραγωγή της θα είναι γνωστή ως “Draft Guide for Cloud Portability and Interoperability Profiles.”

Η δεύτερη ομάδα εργασίας, P2302, επικεντρώνεται στο να επιτρέψει σε ένα σύστημα που βρίσκεται σε ένα νέφος να λειτουργήσει με ένα σύστημα σε ένα άλλο νέφος. Αυτή η ομάδα θα παράγει ένα σχέδιο προτύπου με τίτλο “Intercloud Interoperability and Federation.” Δηλαδή για την ομοσπονδία και διαλειτουργικότητα μεταξύ νεφών.

Έχουν υπάρξει προηγούμενες προσπάθειες να εξεταστούν και τα δύο πρότυπα. Η ομάδα προτύπων DMTF, παραδείγματος χάριν, με το Open Virtualization Format (OVF), καθώς και τα Cloud Security Alliance’s advisories, αλλά έχουν οδηγήσει μόνο σε μερικές εφαρμογές. Το Cloud Security Alliance “λειτουργεί ως μια ομάδα χρηστών” με το να βρίσκει τις καλύτερες πρακτικές, αλλά δεν εφαρμόζει απαραίτητα αυστηρό έλεγχο στην έκδοση των εγγράφων, όπως πρέπει να κάνει ένα σώμα προτύπων όπως ο ISO ή ο ANSI.

Για παράδειγμα, οι προμηθευτές νέφους Amazon Web Services and Microsoft Azure χρησιμοποιούν ευκρινώς διαφορετικά μέτρα και συνδυασμούς πόρων στις προσφορές τους, κάνοντας δύσκολη την σύγκριση ανάμεσα στις υπηρεσίες και στις τιμές.

Η ομάδα εργασίας P2301 θα παράγει έναν οδηγό φορητότητας για τους προμηθευτές νέφους, τους παρόχους υπηρεσιών και τους πελάτες τους. Η εργασία της θα οδηγήσει σε πρότυπα που θα επιτρέψουν στους χρήστες να ξέρουν ότι αγοράζουν πόρους και υπηρεσίες που συναντούν τυποποιημένους ορισμούς και μέτρα, με τη δυνατότητα να μεταφερθούν από ένα νέφος σε ένα άλλο. Η ομάδα εργασίας P2302 θα καθορίσει την τοπολογία, τα πρωτόκολλα, τη λειτουργία, και τη διακυβέρνηση για τη διαλειτουργικότητα από νέφος σε νέφος και τις συνενωμένες διαδικασίες, που αναφέρονται επίσης στο υβριδικό υπολογιστικό νέφος μεταξύ των δημόσιων και ιδιωτικών κέντρων δεδομένων στα νέφη. Τα πρότυπα αυτά θα παράσχουν μια οικονομία κλίμακας που είναι διαφανής στους χρήστες.

8.2. Προτυποποίηση των ISO/IEC

Μια ακόμα προσπάθεια προτυποποίησης της διαλειτουργικότητας στα υπολογιστικά συστήματα νέφους είναι αυτή των οργανισμών ISO/IEC. Οι ISO και IEC έχουν καθιερώσει τη Μικτή Τεχνική

Επιτροπή (Joint Technical Committee), ISO/IEC JTC. Το Νοέμβριο του 2009, η JTC 1 καθιέρωσε μια νέα υποεπιτροπή, την Sc38 με την ειδικότητα «διαλειτουργική διανεμημένη πλατφόρμα και υπηρεσίες» (Distributed Application Platform and Services - DAPS).

Προτεινόμενος τομέας εργασίας

Η τυποποίηση για το DAPS περιλαμβάνει:

- Υπηρεσίες Ιστού (Web Services),
- Προσανατολισμένη στις υπηρεσίες αρχιτεκτονική (Service Oriented Architecture-SOA), και
- Υπολογιστικά Συστήματα Νέφους (Cloud Computing)

Το Sc38 θα εγκαταστήσει έναν ενεργό σύνδεσμο (liaison) συνεργασίας με όλους τους αρμόδιους οργανισμούς (συμπεριλαμβανομένων άλλων υποομάδων του JTC 1 και εξωτερικών οργανισμών, π.χ., κοινοπραξιών) για να εξασφαλίσει την ανάπτυξη και την επέκταση της διαλειτουργικής διανεμημένης πλατφόρμας και πρότυπων υπηρεσιών στις σχετικές περιοχές.

Το Inter-Cloud είναι ένα διασυνδεδεμένο σφαιρικό "νέφος από νέφη" και μια επέκταση του Διαδικτύου στο οποίο είναι βασισμένο. Για το Inter-Cloud, η εξασφάλιση διαλειτουργικότητας μεταξύ των νέφους είναι ουσιαστική για τον πολλαπλασιασμό και την υιοθέτηση του υπολογιστικού νέφους μεταξύ των υπεύθυνων για την ανάπτυξη και την επιχείρηση, και θα πρέπει να εξεταστούν νέα πρωτόκολλα και φορμά.

Το Study Group on Cloud Computing (SGCC) θα ερευνήσει τις απαιτήσεις της αγοράς για τυποποίηση, ανοίγοντας διάλογο με τους σχετικούς οργανισμούς ανάπτυξης προτύπων και κοινοπραξίες για να προσδιοριστούν τα πιθανά θέματα εργασίας για το JTC 1.

Καθορισμός σχεδίου του SGCC:

- Παροχή προτάσεων ταξινόμιας, ορολογίας και τιμολόγησης για το υπολογιστικό νέφος.
-
- Αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης της τυποποίησης στο υπολογιστικό νέφος εντός του JTC 1 και σε άλλους οργανισμούς ανάπτυξης προτύπων και κοινοπραξίες, αρχίζοντας με το έγγραφο JTC 1 N 9687.
- Καταγραφή των απαιτήσεων τυποποίησης αγοράς/επιχείρησης/χρήστη και τις προκλήσεις που πρέπει να εξετασθούν.

- Επικοινωνία και συνεργασία με σχετικούς οργανισμούς ανάπτυξης προτύπων και κοινοπραξίες σχετικές με το υπολογιστικό νέφος.
- Ίδρυση workshops για τη συλλογή των απαιτήσεων, όπως απαιτούνται.
- Παροχή μιας έκθεσης δραστηριοτήτων και συστάσεων στο Sc 38.

8.3. Προτυποποίηση του ETSI

Ο στόχος του ETSI TC CLOUD (προηγουμένως TC GRID) είναι να αντιμετωπιστούν τα ζητήματα που συνδέονται με τη σύγκλιση μεταξύ της τεχνολογίας πληροφοριών (IT) και των Τηλεπικοινωνιών. Η εστίαση είναι στα σενάρια όπου η συνδετικότητα υπερβαίνει το τοπικό δίκτυο. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο το Υπολογιστικό Πλέγμα αλλά και την αναδυόμενη εμπορική τάση προς το Υπολογιστικό Νέφος το οποίο δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην πανταχού παρούσα πρόσβαση στο δίκτυο αλλά και στους εξελικτικούς υπολογιστικούς πόρους και αποθήκευσης. Από τότε που το TC CLOUD παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις διαλειτουργικές λύσεις σε καταστάσεις που περιλαμβάνουν τις συνεισφορές και από τις IT βιομηχανίες και από τις βιομηχανίες Τηλεπικοινωνιών, η έμφαση δίνεται στην υποδομή του Infrastructure as a Service, ως πρότυπο παροχής υπηρεσιών (IaaS). Το TC CLOUD εστιάζει στις διαλειτουργικές εφαρμογές και υπηρεσίες που βασίζονται σε καθολικά πρότυπα και στα εργαλεία επικύρωσης που υποστηρίζουν αυτά τα πρότυπα. Προβλέπεται λοιπόν η εξέλιξη προς μια συνεπή υποδομή γενικού σκοπού. Αυτό θα υποστηρίξει τις δικτυωμένες εφαρμογές στις IT επιχειρήσεις, στον δημόσιο τομέα, και στα ακαδημαϊκά και καταναλωτικά περιβάλλοντα.

8.4. Προτυποποιήσεις λοιπών οργανισμών

Σε κοινή τροχιά βρίσκεται και το Focus Group on Cloud Computing (FG Cloud) του International Telecommunication Union (ITU). Ο στόχος του Focus Group είναι να συλλέξει και να τεκμηριώσει πληροφορίες και έννοιες που θα ήταν χρήσιμες για την ανάπτυξη Συστάσεων που θα υποστηρίξουν τις υπηρεσίες / εφαρμογές υπολογιστικού νέφους από την προοπτική των Τηλεπικοινωνιών/ICT [23].

Ομοίως το Cloud Computing Interoperability Forum (CCIF) διαμορφώθηκε προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σφαιρικό οικοσύστημα υπολογιστικού νέφους με το οποίο οι οργανώσεις είναι σε θέση να εργαστούν άρρηκτα μαζί, για λόγους ευρύτερης βιομηχανικής ανάπτυξης της τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους και των σχετικών υπηρεσιών της. Μια βασική προϋπόθεση θα είναι η δημιουργία ενός από κοινού συμφωνημένου πλαισίου, που επιτρέπει τη δυνατότητα δύο ή περισσότερων πλατφορμών νέφους να ανταλλάξουν πληροφορίες σε μια ενοποιημένη ιδιοκτησία.

Το Open Grid Forum OGF είναι μια ανοικτή κοινότητα δεσμευμένη στις γρήγορες εξελίξεις και υιοθετεί λύσεις της εφαρμοσμένης πληροφορικής. Το Applied Distributed Computing είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη νέων, καινοτόμων και εξελικτικών εφαρμογών και υποδομών που είναι ουσιαστικές στην παραγωγικότητα της επιχείρησης. Το OGF ολοκληρώνει την εργασία του μέσω των ανοικτών φόρουμ που χτίζουν την κοινότητα, ερευνούν τις νέες τάσεις, μοιράζονται τις καλύτερες πρακτικές και παγιώνουν αυτές τις καλύτερες πρακτικές σε πρότυπα.

Τέλος αξίζει να αναφέρουμε και το Open Group του οποίου στόχος είναι να οδηγήει στην ανάπτυξη ανοικτών, ουδέτερων προτύπων IT και πιστοποιήσεων. Το Open Group είναι μια καθολική κοινοπραξία που επιτρέπει την επίτευξη επιχειρησιακών στόχων μέσω των προτύπων IT. Με περισσότερες από 400 οργανισμούς μέλη, εκτείνεται όλους τους τομείς της κοινότητας IT.

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 12) δίνει μια συγκεντρωτική λίστα των οργανισμών και ερευνητικών ομάδων που αναπτύσσουν δραστηριότητα με σκοπό την εγκαθίδρυση προτύπων για τα συστήματα υπολογιστικού νέφους.

Πίνακας 12 : Περίληψη δραστηριότητας προτυποποίησης υπολογιστικού νέφους [26]

	Τύπος πρωτοβουλίας
Open Grid Forum (OGF)	Κοινοπραξία βιομηχανίας
Distributed Management Task Force (DMTF)	Κοινοπραξία βιομηχανίας
Cloud Security .Alliance (CSA)	Κοινοπραξία βιομηχανίας
ETSI Technical Committee (TC) CLOUD	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Προτυποποίησης
OASIS	Κοινοπραξία βιομηχανίας
Storage Networking Industry Association (SNIA)	Κοινοπραξία βιομηχανίας
ITU-T Focus Group on Cloud Computing	Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης
CCF (Cloud Computing Forum in Korea)	Κορεατική κοινοπραξία βιομηχανίας

KCSA (Korea Cloud Service Association)	Κορεατική κοινοπραξία βιομηχανίας
The Open Group	Κοινοπραξία βιομηχανίας
Study Group on Smart Cloud (Japan)	Ιαπωνική βιομηχανική κοινοπραξία
European Network and Information Security Agency (ENISA)	Αντιπροσωπεία της ΕΕ
ISO/IEC JTC 1 SC 7	Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης
ISO/IEC JTC 1/SC 27	Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης
Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)	Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης
CESI (China Electronics Standardization Institute)	Κινεζικός Οργανισμός Προτυποποίησης
Cloud Industry Forum (CIF)	Κοινοπραξία βιομηχανίας

Οι λιγότερες προσπάθειες τυποποίησης, από τους προμηθευτές και τους οργανισμούς προτυποποίησης πλέον κάνουν δύσκολο για τους προμηθευτές και τους χρήστες να καθορίσουν τι πρόκειται να προκύψει στο άμεσο μέλλον. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές προσπάθειες τυποποίησης σε μερικές συγκεκριμένες περιοχές του υπολογιστικού νέφους και καμία σε άλλες. Χρειάζεται μεγαλύτερη ανάδραση από τους πελάτες, για να σίγουρο ότι ικανοποιούνται των χρηστών. Μια άλλη πρόκληση είναι η «φρεσκάδα» της αγοράς, όπως αναφέρει ο James Staten, αντιπρόεδρος και κύριος αναλυτής στην ερευνητική εταιρία Forrester. Επειδή το υπολογιστικό νέφος δεν έχει ακόμα καθιερωθεί, θα μπορούσαν να προκύψουν ουσιαστικές αλλαγές στο τεχνολογικό πεδίο κάνοντας ένα νέο πρότυπο να μοιάζει ξεπερασμένο. Η τεχνολογία και η αγορά θα πρέπει να ωριμάσουν και να σταθεροποιηθούν λίγο προτού οι απαιτήσεις τυποποίησης γίνουν προφανείς.

Σύμφωνα με την IBM η διαδικασία τυποποίησης θα σταθεροποιηθεί κατά τη διάρκεια των επόμενων πέντε ετών με την εμφάνιση μερικών προδιαγραφών που θα διαμορφώνουν μια βασική γραμμή που όλοι οι προμηθευτές νέφους θα πρέπει να υποστηρίξουν. Ο Stadtmueller της προγνωστικής εταιρίας τηλεπικοινωνιών Stratcast υπολόγισε ότι τα πρότυπα που θα διασφαλίσουν την ασφάλεια και τη διαλειτουργικότητα θα τελειοποιηθούν μέσα στα επόμενα πέντε έτη, όταν οι προμηθευτές, οι κυβερνήσεις, και οι οργανισμοί θα συμφωνούν σχετικά με αυτό που αποτελεί ένα ασφαλές περιβάλλον νέφους.

Αφ' ετέρου, ο James Thomason, κύριος αρχιτέκτονας του παρόχου λογισμικού IaaS Gale Technologies, αναφέρει ότι τα πρότυπα υπολογιστικού νέφους καθυστερήσουν δραματικά να υλοποιηθούν. Πρόβλεψε ότι οι προμηθευτές θα προσπαθήσουν πρώτα να τυποποιήσουν τις δικές τους εφαρμογές για να αποκομίσουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, δημιουργώντας αρχικά ατελείωτες προδιαγραφές. Κατά συνέπεια, αναφέρει, η τυποποίηση θα εμφανιστεί μόνο όταν δεν θα μπορεί πλέον να ανεχτεί η αγορά την έλλειψη διαλειτουργικότητας.

9. ΟΦΕΛΗ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ

Οι επιχειρήσεις μετακινούνται όλο και περισσότερο από το ιδιόκτητο IT υλικό, λογισμικό και υπηρεσίες σε πιο οικονομικά και ευέλικτα πρότυπα υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας τις πρόσφατες προόδους στην τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους. Αν και μερικοί έχουν εκφράσει την ανησυχία σχετικά με την ανικανότητα των δημόσιων νεφών να έχουν την απαραίτητη απόδοση, ασφάλεια, και φορητότητα εφαρμογών, διαπιστώθηκε ότι τα υβριδικά και επιχειρησιακά δημόσια πρότυπα νέφους μπορούν να υπερνικήσουν αυτούς τους περιορισμούς. Η υβριδική τεχνολογία νέφους σε επίπεδο επιχειρήσεων επιτρέπει στους φόρτους εργασίας να κινούνται μεταξύ ενός ιδιωτικού datacenter και συμβατικών δημόσιων υπηρεσιών νέφους. Με την εξαγωγή (offloading) ενός μεγάλου μέρους του φόρτου επεξεργασίας και αποθήκευσής τους στα δημόσια υβριδικά και δημόσια επιχειρησιακά νέφη, οι οργανισμοί μπορούν όχι μόνο να μειώσουν σημαντικά τις δαπάνες τους, αλλά και να βελτιώσουν την ποιότητα της υπηρεσίας και να αυξήσουν γενική επιχειρησιακή κινητικότητα.

Οι οργανισμοί IT εστιάζουν στη μείωση των ουσιαστικών επενδύσεων στις υποδομές των τμημάτων IT, τα οποία ξοδεύουν συνεχώς σε συντήρηση, βελτιώσεις, και άλλες σχετικές οργανωτικές δραστηριότητες διοίκησης και διαχείρισης. Έτσι οι οργανισμοί βρίσκονται αντιμέτωποι με δύσκολες αποφάσεις σχετικές με την υποδομή, την αποθήκευση, τους servers, το δίκτυο, και τον τις υπολογιστικές απαιτήσεις για τα νέα προγράμματα. Αφού ληφθούν αυτές οι αποφάσεις και οι διαδικασίες παράδοσης είναι τελειοποιημένες, μερικές εφαρμογές θα συνεχίσουν να αυξάνονται, ενώ άλλες θα φθάσουν σε ένα τελικό επίπεδο και άλλες θα πρέπει να αποσυρθούν αφού εξυπηρετήσουν το σκοπό τους. Τα σενάρια μπορεί να είναι δύσκολα να προβλεφθούν και έτσι οι επιχειρήσεις πρέπει να κατορθώσουν να ικανοποιήσουν την ζήτηση σε περιόδους αιχμής και να προσαρμόσουν τους μέγιστους προβλεπόμενους φόρτους εργασίας για νέες λύσεις και υπηρεσίες.

Μια πρόσφατη έρευνα της IDG που πραγματοποιήθηκε καθολικά μεταξύ υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων IT σε μεγάλες επιχειρήσεις, ένας σημαντικός αριθμός διευθυντών βλέπει το νέφος περισσότερο σαν έναν μηχανισμό για να υποστηρίξει τα παραγόμενα επί παραγγελία έργα ή τις επιχειρησιακές εφαρμογές. Η εφαρμογή νέων τεχνολογιών και επιχειρησιακών πρακτικών με νέους τρόπους επιτρέπει στους πόρους να αναπροσανατολιστούν για να παράγουν καλύτερα επιχειρησιακά αποτελέσματα. Μια τέτοια έκβαση είναι η επιχειρησιακή ευελιξία, που θεωρείται από την πλειοψηφία των υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων IT ως κορυφαίος κριτήριο για τη μεταστροφή στο υπολογιστικό νέφος, που ακολουθείται από μείωση των δαπανών υποδομής του τμήματος IT. Στην παρακάτω εικόνα 9.1, παρουσιάζονται σύμφωνα με την έρευνα της IGT, τα κυριότερα κριτήρια για την ενσωμάτωση ενός οργανισμού στο νέφος.



Εικόνα 9.1 : Τα 10 κυριότερα κριτήρια για την ενσωμάτωση οργανισμών στο νέφος (IDG Research, Ιανουάριος 2011).

9.1. Οφέλη

Οι Khajeh-Hosseini και συνεργάτες [58], αναφέρουν ότι το υπολογιστικό νέφος έχει σκοπό να αλλάξει τον τρόπο που λειτουργούν τα πληροφοριακά συστήματα σε μία επιχείρηση και πώς αυτά αναπτύσσονται εντός μιας εταιρίας εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι φτηνά, απλά στη χρήση και χαρακτηρίζονται από δυνατότητες επεκτασιμότητας. Το υπολογιστικό νέφος μπορεί να είναι σημαντικά φθηνότερο συγκριτικά με την αγορά και συντήρηση ενός κέντρου δεδομένων και επεξεργαστικής ισχύος, καθώς εξαλείφει πλήρως την ανάγκη υποστήριξης του.

Σε πολλές επιχειρήσεις, ένα εκτιμώμενο ως χαμηλό διοικητικό κόστος μπορεί να είναι αρκετά υψηλό όταν τα τμήματα είναι διάσπαρτα σε ένα κτίριο, λόγω της διατήρησης και συντήρησης του IT εξοπλισμού. Με τη συμβολή του υπολογιστικού νέφους οι επιχειρήσεις μπορούν να υποσκελίσουν το κόστος διαχείρισης με τρεις τρόπους. Πρώτα με τη δομή του συστήματος, η οποία αποτελείται από το IT εξοπλισμό τη συντήρηση και την αναβάθμιση του, αλλά και τις αναβαθμίσεις λογισμικού. Όλα αυτά αναλαμβάνονται από το Νέφος. Δεύτερον, το Νέφος διασφαλίζει τη διεκπεραίωση και διαχείρισή του backup. Τέλος, η εγκατάσταση μιας εφαρμογής λογισμικού λαμβάνει χώρα μια φορά και γίνεται διαθέσιμη σε όλους τους χρήστες. Βέβαια η διαχείριση της εφαρμογής, λ.χ. η υποστήριξη της, οι αναβαθμίσεις της ή διαχείριση της από τους χρήστες, δε συμπεριλαμβάνεται κατά τη μεταφορά στο Νέφος, με αποτέλεσμα να είναι καθοριστικός ο λόγος για να μεταβεί μια επιχείρηση στο νέφος, αλλά αποτελεί έναν, έστω και ελάχιστονο σημασίας, λόγο, σημαντικό να γίνει αντιληπτό ότι αυτά που θεωρούνται χαμηλά διοικητικά κόστη, μπορούν πριν τη μεταφορά στο νέφος να είναι αρκετά υψηλότερα από το κόστος χρήσης του Νέφους.

Στα συμβατικά συστήματα, η χρήση των πόρων γενικά είναι χαμηλή. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που είναι χαμηλή η χρησιμοποίηση των πόρων, καθώς τα στελέχη συνήθως επενδύουν στην απόκτηση πόρων προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις περιόδους υψηλής ζήτησης. Αυτό βέβαια συνεπάγεται ότι, πέραν αυτών των περιόδων, οι υπολογιστικοί πόροι παραμένουν ανεκμετάλλευτοι. Η συμβολή του υπολογιστικού νέφους σε αυτό το ζήτημα είναι ότι ουσιαστικά ελαστικοποιεί την παροχή των πόρων, ανάλογα με τη ζήτηση.

Το υπολογιστικό νέφος ουσιαστικά προσφέρει μια κάλυψη των αναγκών των πόρων που προσεγγίζει πολύ καλύτερα τις πραγματικές ανάγκες σε πραγματικό χρόνο, εξασφαλίζοντας οικονομία για την επιχείρηση.

Πολλές νεοσύστατες επιχειρήσεις πιθανότατα δε θα υπήρχαν χωρίς τις υπηρεσίες Νέφους. Παράδειγμα τέτοιων επιχειρήσεων είναι η Animoto, που παρέχει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να μετατρέψει φωτογραφίες σε καλλιτεχνικά μουσικά βίντεο κάνοντας χρήση λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης. Όταν λανσαρίστηκε αυτή η υπηρεσία στο Facebook, ένα κοινωνικό δίκτυο, η ζήτηση ήταν τέτοια που έπρεπε η επιχείρηση να αυξήσει τις εικονικές της μηχανές στην Amazon από 50 σε 3.500 εντός τριών ημερών. Ένα αδύνατο σενάριο επίτευξης ακόμη και με παροχή τεράστιων κεφαλαίων από την ίδια την επιχείρηση. Το AWS δεν αντιμετώπιζε πρόβλημα να ανταπεξέλθει σε αυτή την κορύφωση της ζήτησης και κάλυψε επαρκώς τις ανάγκες της επιχείρησης.

Η ισχύς του server είναι ανάλογη του κόστους λειτουργίας του, δεδομένου των απαιτούμενων διαδικασιών ψύξης και κατανάλωσης ενέργειας. Το Cloud Computing μειώνει αυτό το κόστος, καθώς διαχειρίζεται καλύτερα τις ανάγκες σε ενέργεια, σε διαδικασίες ψύξης και σε κόστος κιλοβατώρας. Αυτό προκύπτει από μία καλύτερη διαχείριση αυτών των παραγόντων κόστους, δεδομένου ότι είναι από τους κυριότερους πόρους μιας εταιρίας παροχής υπηρεσιών Νέφους. Επίσης οι πάροχοι Cloud Computing επιλέγουν να εγκατασταθούν σε περιοχές με χαμηλές αντικειμενικές αξίες.

Συνοψίζοντας τα κυριότερα οφέλη θα λέγαμε ότι είναι τα εξής:

1. Η γενική διάθεση οικονομικών και ανθρώπινων πόρων για τη διαχείριση και συντήρηση ενός κέντρου πληροφοριών εντός της επιχείρησης πολλές φορές κοστίζει περισσότερο από την καταβολή αντιτίμου για τις υπηρεσίες Νέφους.
2. Η χρήση υπολογιστικών πόρων γίνεται ορθότερα με τη χρήση Cloud Computing, χωρίς να γίνεται σπατάλη αυτών.
3. Οι υπηρεσίες Νέφους καταφέρνουν μέσα από τις οικονομίες κλίμακας να μειώσουν τις απαιτήσεις σε ενέργεια, άρα και το συνολικό κόστος, για τη διαχείριση πληροφοριών.

Οι πάροχοι υπηρεσιών Νέφους ωφελούν ιδιαίτερα τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις και καλύπτουν τις αδυναμίες τους λόγω περιορισμένων ή ανύπαρκτων πόρων και προϋπολογισμών.

Οι δημόσιες και οι υβριδικές υπηρεσίες νέφους ποικίλλουν πάρα πολύ σε συνάρτηση με το κόστος, την απόδοση και την ασφάλεια. Η χρήση δημόσιων υπηρεσιών νέφους από τους προμηθευτές, παραδείγματος χάριν, μπορεί να παρέχει μερικά βραχυπρόθεσμα οφέλη, αλλά αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμα προβλήματα. Εν δυνάμει κινδύνους αποτελούν η ασύμβατη απόδοση, οι κρυμμένες δαπάνες, οι προκλήσεις που συνδέονται με την φορητότητα της εφαρμογής από και προς στα δημόσια νέφη και οι πιθανές παραβιάσεις των απαιτήσεων ασφάλειας και συμμόρφωσης. Στην αξιολόγηση των κατασκευαστών υπολογιστικού νέφους, η IDG Research δείχνει ότι οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων IT, κατατάσσουν την υψηλή απόδοση και την ασφάλεια σε επίπεδο επιχείρησης ως τις δύο πιο σημαντικές ικανότητες σε ένα μοντέλο υπολογιστικού νέφους.



Εικόνα 9.2 : Κορυφαίες ικανότητες παρόχων ή τεχνολογίας (IDG Research, Ιανουάριος 2011)

Πλεονεκτήματα υπολογιστικού νέφους για τις επιχειρήσεις

- Χαμηλότερες δαπάνες PC.** Το υπολογιστικό νέφος επιτρέπει σε έναν οργανισμό να μειώσει τον προϋπολογισμό του για τους υπολογιστές γραφείου (desktop PCs). Επειδή οι εφαρμογές τρέχουν στο νέφος και όχι στον προσωπικό υπολογιστή γραφείου, δεν χρειάζεται η υπολογιστική ισχύς ή ο χώρος στον σκληρό δίσκο που απαιτείται από το παραδοσιακό λογισμικό υπολογιστών γραφείου. Ως εκ τούτου, οι υπολογιστές πελατών σε διαδικασίες υπολογισμού νέφους μπορούν να είναι λιγότερο ακριβοί, με τους μικρότερους σκληρούς δίσκους, λιγότερη μνήμη και αποδοτικότερους επεξεργαστές. Στην πραγματικότητα, ένας υπολογιστής σε αυτό το σενάριο δεν θα χρειαζόταν ούτε έναν CD ή DVD οδηγό, επειδή κανένα πρόγραμμα λογισμικού δεν πρέπει να φορτωθεί και κανένα αρχείο εγγράφων δεν πρέπει να σωθεί.
- Χαμηλότερες δαπάνες συντήρησης.** Ο υπολογιστικό νέφος μειώνει πολύ τη συντήρηση υλικού και λογισμικού για οργανισμούς όλων των μεγεθών. Με μικρότερη ανάγκη για υλικό (λιγότεροι servers), οι δαπάνες συντήρησης μειώνονται άμεσα. Αυτός ο κανόνας ισχύει επίσης για τη συντήρηση λογισμικού. Δεδομένου ότι όλες οι εφαρμογές νέφους είναι βασισμένες αλλού, οι υπολογιστές του οργανισμού δεν έχουν να διατηρήσουν λογισμικό για το προσωπικό IT.
- Χαμηλότερες δαπάνες λογισμικού.** Αντί να χρηματοδοτούνται χωριστά πακέτα λογισμικού για κάθε υπολογιστή, ο οργανισμός πρέπει να παρέχει μόνο την πρόσβαση σε μια εφαρμογή στο νέφος για εκείνους τους υπαλλήλους που την χρησιμοποιούν πραγματικά. Ακόμα κι αν οι βασισμένες στο WEB εφαρμογές κοστίζουν το ίδιο ποσό για να λειτουργήσουν με το παρόμοιο λογισμικό υπολογιστών γραφείου, το προσωπικό ΤΠ κερδίζει το κόστος του να στέλνει και να διατηρεί εκείνα τα προγράμματα για κάθε υπολογιστή γραφείου στον οργανισμό. Η αρχική επένδυση λογισμικού μιας επιχείρησης είναι χαμηλότερη με το υπολογιστικό νέφος παρά με το παραδοσιακό λογισμικό υπολογιστών γραφείου. Στην πραγματικότητα, πολλές επιχειρήσεις (όπως η Google) προσφέρουν τις βασισμένες στο WEB εφαρμογές τους, δωρεάν, πράγμα που στους μεγάλους ή μικρούς οργανισμούς, είναι ελκυστικότερο από τις υψηλές δαπάνες που χρεώνονται από τη Microsoft και τους παρόμοιους προμηθευτές λογισμικού υπολογιστών γραφείου.

Ένα ακόμα σημαντικό όφελος του υπολογιστικού νέφους μπορεί να είναι η μειωμένες εκπομπές ρύπων με αποτέλεσμα την προστασία του περιβάλλοντος. Το υπολογιστικό νέφος μπορεί να κόψει τις εκπομπές άνθρακα στο μισό, όπως δείχνει η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το Carbon Disclosure Project στο Λονδίνο εστίασε σε μεγάλες επιχειρήσεις IT στη Γαλλία και την Αγγλία και διαπιστώθηκε ότι θα μπορούσαν να επιτύχουν μεγάλη μείωση κόστους και μειώσεις άνθρακα μέχρι το 2020 εάν μετακινούσαν τα συστήματα τους προς τα κοινά δίκτυα δεδομένων[19].

Πλεονεκτήματα του υπολογιστικού νέφους για τους τελικούς χρήστες

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται από το υπολογιστικό νέφος είναι πολλά, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- Χαμηλότερες δαπάνες υπολογιστών. Δεν χρειάζεται ένας ακριβός και μεγάλης ισχύος υπολογιστής για να τρέξει WEB εφαρμογές υπολογιστικού νέφους. Δεδομένου ότι οι εφαρμογές τρέχουν στο νέφος, και όχι στα PC γραφείου, ο προσωπικός υπολογιστής του τελικού χρήστη δεν χρειάζεται την επεξεργαστική ισχύ ή τον χώρο στον σκληρό δίσκο που απαιτείται από το παραδοσιακό λογισμικό υπολογιστών γραφείου. Για τη χρήση βασισμένων στο WEB εφαρμογών, το PC μπορεί να είναι λιγότερο ακριβό, με μικρότερο σκληρό δίσκο, λιγότερη μνήμη και λιγότερο αποδοτικό επεξεργαστή.
- Βελτιωμένη απόδοση. Με λιγότερα προγράμματα να φορτώνουν την μνήμη του υπολογιστή, το PC θα έχει σαφώς καλύτερη απόδοση. Πιο απλά, οι υπολογιστές σε ένα σύστημα υπολογιστικού νέφους φορτώνουν και τρέχουν γρηγορότερα επειδή έχουν λιγότερα προγράμματα και διαδικασίες φορτωμένα στη μνήμη.
- Μειωμένες δαπάνες λογισμικού. Αντί της αγοράς ακριβών εφαρμογών λογισμικού, μπορούμε να πάρουμε περισσότερα από αυτά που χρειαζόμαστε, δωρεάν. Οι περισσότερες εφαρμογές υπολογιστικού νέφους σήμερα για τον οικιακό χρήστη είναι ελεύθερες (π.χ τα Google Docs).
- Στιγμιαίες αναπροσαρμογές λογισμικού. Ένα άλλο σχετικό με το λογισμικό πλεονέκτημα στον υπολογισμό νέφους είναι ότι δεν υπάρχουν υψηλές δαπάνες για βελτιωμένες εκδόσεις. Όταν η εφαρμογή είναι στο WEB, οι αναπροσαρμογές συμβαίνουν αυτόματα και είναι διαθέσιμες την επόμενη φορά που η συσκευή συνδέεται στο νέφος.
- Απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης. Το υπολογιστικό νέφος προσφέρει εικονικά απεριόριστη αποθήκευση. π.χ ένας σκληρός δίσκος ενός PC της τάξης των 500GB είναι απειροελάχιστος μπροστά στις εκατοντάδες των διαθέσιμων petabytes (1εκατομμύριο gigabytes) στο νέφος.
- Αυξανόμενη αξιοπιστία δεδομένων. Αντίθετα με την υπολογιστική ισχύ ενός desktop, στον οποίο ένα «σπάσιμο» σκληρού δίσκου μπορεί να καταστρέψει όλα τα πολύτιμα δεδομένα, ένας δίσκος που «σπάει» στο νέφος δεν θα έχει επιπτώσεις στην αποθήκευση των δεδομένων του χρήστη. Αυτό επίσης σημαίνει ότι εάν ένα PC στο σπίτι «κρασάρει», όλα τα δεδομένα είναι ακόμα έξω στο νέφος, ακόμα προσβάσιμα. Σε έναν κόσμο όπου λίγοι μεμονωμένοι χρήστες προσωπικού υπολογιστή κάνουν επιμελώς backup στα δεδομένα τους, το υπολογιστικό νέφος είναι επαναστατικό στο backup των δεδομένων.
- Καθολική πρόσβαση εγγράφων. Τα έγγραφα που δημιουργήθηκαν στον υπολογιστή στο σπίτι ή στο γραφείο μένουν στο νέφος, και μπορούν να είναι προσβάσιμα από

οποιοδήποτε υπολογιστική συσκευή (laptop, PDA, smartphone) με μια σύνδεση στο Διαδίκτυο. Όλα τα έγγραφα είναι αμέσως διαθέσιμα οπουδήποτε.

- Διαθεσιμότητα πρόσφατης έκδοσης. Ένα άλλο πλεονέκτημα του υπολογιστικού νέφους σχετικό με τα έγγραφα είναι ότι όταν γίνεται τροποποίηση του εγγράφου π.χ στο σπίτι, εκείνη η επεξεργασθείσα έκδοση είναι αυτή που θα φανεί όταν γίνει πρόσβαση στο έγγραφο στην εργασία. Στο νέφος αποθηκεύεται η πιο πρόσφατη έκδοση των εγγράφων.
- Ευκολότερη ομαδική συνεργασία. Σε πολλούς χρήστες, αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του υπολογιστικού νέφους —πολλοί χρήστες μπορούν να συνεργαστούν εύκολα με έγγραφα και προγράμματα. Επειδή τα έγγραφα φιλοξενούνται στο νέφος, και όχι σε μεμονωμένους υπολογιστές, το μόνο που χρειάζεται είναι ένας υπολογιστής με μια σύνδεση στο Διαδίκτυο.
- Ανεξαρτησία συσκευών. Δεν υπάρχει πλέον δέσμευση σε έναν μόνο υπολογιστή ή δίκτυο. Όταν ο χρήστης αλλάζει υπολογιστές, οι υπάρχουσες εφαρμογές και τα έγγραφα του, τον ακολουθούν μέσω του νέφους. Για παράδειγμα αν έχει πρόσβαση σε μια φορητή συσκευή, οι εφαρμογές και τα έγγραφα του είναι ακόμα διαθέσιμα. Δεν υπάρχει ανάγκη αγοράς μιας ειδικής έκδοσης ενός προγράμματος για μια συγκεκριμένη συσκευή, ή αποθήκευση του εγγράφου με ένα συγκεκριμένο μορφή συσκευής. Τα έγγραφα και οι εφαρμογές τους είναι ίδια, ανεξάρτητα από το ποιόν υπολογιστή ή συσκευή χρησιμοποιεί ο χρήστης.

9.2. Μειονεκτήματα

Μειονεκτήματα υπολογιστικού νέφους για τις επιχειρήσεις

Παρά όλα τα προφανή πλεονεκτήματα του μοντέλου υπολογισμού νέφους, μερικές σημαντικές ανησυχίες θα μπορούσαν να αποτρέψουν μια επιχείρηση να προσεγγίσει το νέφος. Ίσως το μεγαλύτερο αντιληπτό μειονέκτημα του υπολογισμού νέφους είναι αυτό που επηρεάζει όλες τις WEB εφαρμογές: Η Ασφάλεια και αξιοπιστία

Με το Υπολογιστικό νέφος, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στο νέφος. Οι WEB εφαρμογές θεωρούνται ως επί το πλείστον πιθανοί κίνδυνοι ασφάλειας. Για αυτόν τον λόγο, πολλές επιχειρήσεις προτιμούν να κρατούν τις εφαρμογές, τα δεδομένα τους και τις διαδικασίες υπό τον έλεγχό τους. Λιγότερα σημεία εισόδου έχουν ως αποτέλεσμα αυξανόμενη ασφάλεια.

Επιπρόσθετα, ένας από τους κύριους λόγους ανησυχίας πολλών οργανισμών είναι η απώλεια του φυσικού ελέγχου των δεδομένων που μεταφέρονται στο νέφος. Το νομικό καθεστώς αναφορικά με την πρόσβαση και την εμπιστευτικότητα των δεδομένων διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα. Το γεγονός ότι οι πάροχοι δεν παρέχουν εγγυήσεις σχετικά με την ακριβή τοποθεσία αποθήκευσης των δεδομένων ενός οργανισμού και τις διαδικασίες διαχείρισής τους αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα στην υιοθέτηση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους.

Μεγάλο πρόβλημα αποτελεί επίσης η έλλειψη κοινών αποδεκτών προτύπων υπολογιστικού νέφους. Πολλοί οργανισμοί φοβούνται ότι θα κλειδωθούν στα αποκλειστικά ιδιόκτητα πληροφοριακά συστήματα των παρόχων υπολογιστικού νέφους με αποτέλεσμα η στρατηγική αυτή λύση μακροχρόνια να αποβεί ασύμφορη. Επίσης, ανοιχτό είναι το θέμα της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων υπολογιστικού νέφους και της

ενδεχόμενης μεταφοράς των εφαρμογών μιας επιχείρησης από ένα υπολογιστικό νέφος σε ένα άλλο.

Η έλλειψη νομοθετικών ρυθμίσεων και κανονισμών σε εθνικό και σε διεθνές επίπεδο αποτελεί μεγάλο κίνδυνο για την επιτυχία του μοντέλου του υπολογιστικού νέφους. Οι νομοθετικές ρυθμίσεις μπορούν να αφορούν θέματα όπως η ιδιωτικότητα, η πρόσβαση στα δεδομένα, οι διαδικασίες διαχείρισης της πληροφορίας, οι πολιτικές και τα πρότυπα ασφάλειας, οι μηχανισμοί ελέγχου, καθώς και οι απαιτήσεις ως προς την φυσική τοποθεσία αποθήκευσης των δεδομένων

Ως εκ τούτου, έχουν υπάρξει λίγες περιπτώσεις μέχρι σήμερα απώλειας δεδομένων με εφαρμογές και αποθήκευση φιλοξενημένες στο νέφος. Θα μπορούσε ακόμη και να υποστηριχτεί ότι μια λειτουργία φιλοξενίας μεγάλου νέφους είναι πιθανό να έχει καλύτερα εργαλεία ασφάλειας δεδομένων από ότι σε μια μέση επιχείρηση. Εντούτοις, ο πιο αντιληπτός κίνδυνος ασφάλειας από τη φιλοξενία κρίσιμων δεδομένων και υπηρεσιών εκτός εγκατάστασης, μπορεί ακόμα και να αποθαρρύνει μερικές επιχειρήσεις να πάνε σε αυτή την κατεύθυνση.

Ένα άλλο πιθανό μειονέκτημα είναι το τι μπορεί να συμβεί εάν ο οικοδεσπότης του υπολογιστικού νέφους βγει offline. Αν και οι περισσότερες επιχειρήσεις λένε ότι αυτό δεν είναι δυνατό, έχει συμβεί. Στο πιο δημοσιοποιημένο παράδειγμα, η υπηρεσία της Amazon EC2 υπέστη μια ογκώδη διακοπή λειτουργίας στις 15 Φεβρουαρίου 2008, σβήνοντας μερικά δεδομένα εφαρμογών των πελατών της. (Η διακοπή λειτουργίας προκλήθηκε από μια επέκταση λογισμικού που ολοκλήρωσε λανθασμένα έναν άγνωστο αριθμό αιτημάτων χρηστών.) Για τους πελάτες που αναμένουν μια ασφαλή πλατφόρμα, το να διακοπεί η λειτουργία της πλατφόρμας και να εξαφανιστούν τα δεδομένα είναι ένα δυνατό χτύπημα. Εάν μια επιχείρηση στηρίζεται σε μια ξένη πλατφόρμα νέφους που φιλοξενεί όλα της τα δεδομένα χωρίς άλλο backup, τα τελευταία μπορεί να διατρέξουν κίνδυνο.

Τέλος οι μεγάλες επιχειρήσεις πολλές φορές περιπεύει να κάνουν χρήση των υπηρεσιών νέφους, αφού τελικά τις συμφέρει το ιδιόκτητο κέντρο πληροφοριών. Αντίθετα οι μικρές επιχειρήσεις δεν έχουν τη δυνατότητα να επενδύσουν σε ένα τεράστιο κέντρο πληροφοριών, το οποίο αφορά επενδύσεις σε hardware και σε software, όπως σε ένα πλήρες σύστημα ERP. Η μεταβλητότητα του κόστους είναι το κλειδί για τη μεταφορά των επιχειρηματικών διαδικασιών σε υπηρεσίες νέφους, όταν οι επιχειρήσεις επιθυμούν τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης του και τη δυνατότητα επεκτασιμότητας των εφαρμογών διαχείρισης του.

Συνεπώς ένα από τα μειονεκτήματα από τη χρήση του Cloud Computing είναι ότι ενδεχομένως ο χρήστης να πληρώνει για λειτουργίες οι οποίες είναι περιττές σε σχέση με τις ανάγκες του. Παρ'όλα αυτά δεν αποτελεί κύριο μειονέκτημα του υπολογιστικού νέφους αφού αφορά μερικές μόνο περιπτώσεις.

Μειονεκτήματα του υπολογιστικού νέφους για τους τελικούς χρήστες

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους οι τελικοί χρήστες δεν θελουν να υιοθετήσουν το υπολογιστικό νέφος για συγκεκριμένες ανάγκες τους. Ας εξετάσουμε μερικούς από τους κινδύνους σχετικά με το υπολογιστικό νέφος:

- Απαιτεί μια σταθερή σύνδεση στο Διαδίκτυο. Το υπολογιστικό νέφος είναι αδύνατο να λειτουργήσει χωρίς μια σύνδεση στο Διαδίκτυο. Μια νεκρή σύνδεση με το Διαδίκτυο σημαίνει καμία εργασία, και στις περιοχές όπου οι συνδέσεις με το Διαδίκτυο είναι λίγες ή εγγενώς αναξιόπιστες, αυτό θα μπορούσε να είναι ένας σημαντικός παράγοντας διακοπής λειτουργίας.

- Δυσλειτουργία με αργές συνδέσεις. Ομοίως, μια αργή σύνδεση στο Διαδίκτυο, όπως μία που δε συναντά την ελάχιστη ρυθμοαπόδοση του σημερινού broadband, καθιστά τον υπολογιστικό νέφος επίπινο στην καλύτερη περίπτωση και συχνά αδύνατο. Οι WEB εφαρμογές απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης για να μεταφορτωθούν, όπως τα μεγάλα έγγραφα. Με άλλα λόγια, υπολογιστικό νέφος δεν είναι για μη ευρυζωνικές συνδέσεις. Ακόμη και με μια γρήγορη σύνδεση, οι WEB εφαρμογές μπορούν μερικές φορές να είναι πιο αργές από ότι με πρόσβαση σε ένα παρόμοιο πρόγραμμα λογισμικού στον προσωπικό υπολογιστή του γραφείου του χρήστη. Οτιδήποτε σχετικό τη διεπαφή στο τρέχον έγγραφο, πρέπει να σταλεί από και προς τον υπολογιστή του χρήστη, στους υπολογιστές στο νέφος. Εάν το Διαδίκτυο «έχει μια αργή ημέρα», δεν θα υπάρχει η στιγμιαία πρόσβαση που αναμένεται από τις εφαρμογές ενός υπολογιστή γραφείου.
- Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των εφαρμογών μπορεί να είναι περιορισμένα. Αυτή η κατάσταση σύντομα τείνει να αλλάξει, αλλά σήμερα πολλές WEB εφαρμογές δεν είναι τόσο πλήρης από χαρακτηριστικά όσο οι βασισμένες σε υπολογιστή γραφείου αντίστοιχες εφαρμογές. Παραδείγματος χάριν, το Microsoft PowerPoint έχει πολύ περισσότερες λειτουργίες απ'ό,τι μια WEB εκδοχή της Google. Οι αρχές είναι παρόμοιες, αλλά η εφαρμογή νέφους στερείται πολλά από τα εξειδικευμένα χαρακτηριστικά του PowerPoint. Εάν ο τελικός χρήστης είναι απαιτητικός, ίσως να μην θέλετε να μεταπηδήσετε στο υπολογιστικό νέφος από τώρα.
- Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορεί να μην είναι ασφαλή. Με το υπολογιστικό νέφος, όλα τα δεδομένα σας αποθηκεύονται στο νέφος. Πόσο ασφαλές είναι το νέφος; Μπορούν οι μη εξουσιοδοτημένοι χρήστες να αποκτήσουν πρόσβαση στα εμπιστευτικά δεδομένα σας; Οι επιχειρήσεις υπολογισμού νέφους λένε ότι τα δεδομένα είναι ασφαλή, αλλά είναι πάρα πολύ νωρίς για να είμαστε απολύτως βέβαιοι για αυτό. Μόνο ο χρόνος θα πει εάν τα δεδομένα σας είναι ασφαλή στο νέφος.

Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν να χαθούν. Θεωρητικά, τα δεδομένα που αποθηκεύονται στο νέφος είναι κατ'ασυνήθιστο τρόπο ασφαλή, αντιγραμμένα σε πολλαπλές εικονικές μηχανές. Αλλά και με μια μικρή πιθανότητα ότι τα δεδομένα του χρήστη μπορεί να χαθούν, δεν υπάρχει κανένα φυσικό ή τοπικό backup. Οι πάροχοι νέφους γι'αυτό το λόγο συστήνουν στους χρήστες τη δημιουργία backup είτε τοπικά, είτε στο νέφος κάποιου άλλου παρόχου.

10. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Αν και το υπολογιστικό νέφος έχει υιοθετηθεί ευρέως από τη βιομηχανία, η έρευνα για τον υπολογισμό νέφους είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο. Πολλά υπάρχοντα ζητήματα δεν έχουν αντιμετωπιστεί πλήρως, ενώ νέες προκλήσεις εμφανίζονται από τις βιομηχανικές εφαρμογές.

10.1. Τρέχουσα έρευνα

Οι Zhang κ' συν στο [10] συνοψίζουν μερικά από τα πιο προκλητικά ερευνητικά ζητήματα στο υπολογισμό νέφους.

1. Αυτοματοποιημένες υπηρεσίες παροχής

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του υπολογισμού νέφους είναι η ικανότητα της απόκτησης και της απελευθέρωσης των πόρων κατόπιν ζήτησης. Το μοντέλο απόδοσης εφαρμογής μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές, συμπεριλαμβανομένης της θεωρίας ουρών, της θεωρίας ελέγχου και της στατιστικής μηχανικής εκμάθησης.

2. Μετανάστευση εικονικών μηχανών

Πιο πρόσφατα Xen και VMWare έχουν εφαρμόσει μια "ζωντανή" μετανάστευση VMs που περιλαμβάνει εξαιρετικά σύντομους χρόνους διακοπής, που κυμαίνονται από δεκάδες χιλιοστών του δευτερολέπτου ως ένα δευτερόλεπτο. Οι Clark κ' συν. στο [57] επισημαίνουν ότι μεταναστεύοντας ένα ολόκληρο OS και όλες τις εφαρμογές του ως μια μονάδα, επιτρέπεται να αποφευχθούν πολλές από τις δυσκολίες που αντιμετωπίζονται από τις προσεγγίσεις μετανάστευσης επιπέδου διαδικασίας, και αναλύουν τα οφέλη της ζωντανής μετανάστευσης VMs.

3. Διαχείριση ενέργειας

Η βελτίωση της ενεργειακής επάρκειας είναι ένα άλλο σημαντικό ζήτημα στο υπολογισμό νέφους. Έχει υπολογιστεί ότι το κόστος αυτό αποτελεί το 53% των συνολικών λειτουργικών δαπανών των κέντρων δεδομένων. Ο σχεδιασμός των ενεργειακά επαρκών κέντρων δεδομένων έχει λάβει πρόσφατα ιδιαίτερη προσοχή. Ο ενεργειακά ενήμερος σχεδιασμός εργασιών και η σταθεροποίηση των κεντρικών υπολογιστών είναι δύο άλλοι τρόποι να μειωθεί η κατανάλωση ισχύος, με το να κλείσουν οι αχρησιμοποίητες μηχανές.

4. Σταθεροποίηση κεντρικών υπολογιστών (Server consolidation)

Η σταθεροποίηση των κεντρικών υπολογιστών είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση για να μεγιστοποιήσουμε την χρήση πόρων, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον νέφους. Η τεχνολογία Live Vm migration χρησιμοποιείται συχνά για να σταθεροποιήσει VMs που κατοικούν σε πολλαπλούς υποχρησιμοποιούμενους servers επάνω σε έναν ενιαίο κεντρικό υπολογιστή, έτσι ώστε οι υπόλοιποι servers να μπορούν να τεθούν σε μια κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας.

5. Διαχείριση και ανάλυση κυκλοφορίας

Εντούτοις, υπάρχουν διάφορες προκλήσεις με τις υπάρχουσες μεθόδους μέτρησης και ανάλυσης κυκλοφορίας στα δίκτυα και στις επιχειρήσεις των παρόχων διαδικτύου (ISPs), για να επεκταθούν στα κέντρα δεδομένων. Οι υπάρχουσες μέθοδοι συνήθως υποθέτουν μερικά σχέδια ροής που είναι λογικά στα δίκτυα Διαδικτύου και επιχειρήσεων, αλλά οι εφαρμογές που επεκτείνονται στα κέντρα δεδομένων, όπως οι εργασίες του MapReduce [50], αλλάζουν σημαντικά το σχέδιο κυκλοφορίας.

6. Ασφάλεια δεδομένων

Δεδομένου ότι οι πάροχοι υπηρεσιών τυπικά δεν έχουν πρόσβαση στο φυσικό σύστημα ασφάλειας των κέντρων δεδομένων, πρέπει να στηριχθούν στον προμηθευτή υποδομής για να επιτύχουν την πλήρη ασφάλεια των δεδομένων. Ο πάροχος υποδομής, σε αυτό το πλαίσιο, πρέπει να επιτύχει τους ακόλουθους στόχους: (1) *την εμπιστευτικότητα*, για την ασφαλή πρόσβαση και μεταφορά των δεδομένων, και (2) *την ελεγκτική ικανότητα (auditability)*, για να εξασφαλιστεί εάν ο καθορισμός ασφαλείας των εφαρμογών έχει πειραχτεί ή όχι. Η εμπιστευτικότητα επιτυγχάνεται συνήθως χρησιμοποιώντας κρυπτογραφικά πρωτόκολλα, ενώ η *ελεγκτική ικανότητα* μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας απομακρυσμένες τεχνικές επιβεβαιώσεων. Εντούτοις, σε ένα εικονικοποιημένο περιβάλλον όπως το νέφος, τα VMs μπορούν δυναμικά να μεταναστεύσουν από μια θέση σε άλλη αν και το να χρησιμοποιήσουν άμεσα μακρινή επιβεβαίωση δεν είναι ικανοποιητικό. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι κρίσιμο να κατασκευαστούν μηχανισμοί εμπιστοσύνης σε κάθε αρχιτεκτονικό στρώμα του νέφους.

10.2. Εξελίξεις

Πρόβλεψη της αύξησης SaaS στις επιχειρήσεις ως το 2015

Σε συζήτηση με τους υπεύθυνους για ανάπτυξη, με κατασκευαστές και μετά από αναθεώρηση της έκθεσης τη Gartner, υπάρχουν εδώ διάφορες ιδέες που επεξηγούν πώς η υιοθέτηση SaaS θα ποικίλει ανά επιστημονική περιοχή κατά τη διάρκεια των επόμενων τεσσάρων ετών:

Τα APIs γίνονται πιά εμπειρα στη διαχείριση των πολυμερών συναλλαγών σε όλες τις πλατφόρμες. Ήταν εμφανές το πώς οι συνεργάτες στη ζώνη ανάπτυξης εφαρμογών κατεδείκνυαν πλαίσια για μια πιο προηγμένη ανάπτυξη εφαρμογής λογισμικού των επιχειρήσεων. Αυτά συμπεριλαμβάνουν την διαχείριση αλυσίδων ανεφοδιασμού, την δυνατότητα να ρυθμίζεται ο σύνθετος σχεδιασμός project πιο αποτελεσματικά με την χρήση εφαρμογών βασισμένων σε αυτά τα APIs και με μεγαλύτερο έλεγχο της ανάπτυξης συνεργασίας. Η Gartner δημοσίευσε τον Ιούνιο του 2011 το συνολικό προγνωστικό πίνακα για τη χρήση SaaS εντός των επιχειρήσεων, στην περίοδο 2007 – 2015. Η πρόβλεψή απεικονίζει σε μεγάλο βαθμό το βάθος των REST APIs που είναι μέρος των Υπηρεσιών Ιστού.

Πίνακας 13: Προγνωστικά για τη συνολική δαπάνη λογισμικού SaaS στις επιχειρήσεις, 2007 – 2015 (Σε εκατομ. δολάρια)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR (%) 2010-2015
Περιεχόμενο, Επικοινωνίες και Συνεργασία	1,649	2,069	2,402	2,796	3,313	3,954	4,784	5,521	6,345	17.8
Σουίτες Γραφείου	51	56	69	106	157	217	268	386	471	34.7
Δημιουργία Ψηφιακού Περιεχομένου	18	43	64	97	150	207	272	318	369	30.7
CRM	1,231	1,872	2,273	3,174	3,760	4,341	4,801	5,249	5,719	12.5
ERP	1,044	1,176	1,262	1,481	1,724	1,967	2,237	2,541	2,884	14.3
SCM	58.2	688	799	998	1,272	1,572	1,932	2,311	2,737	22.4
Διαχείριση project	22	29	69	150	240	319	385	457	538	29.1
Λογισμικό άλλων εφαρμογών	710	861	984	1,200	1,458	1,708	2,002	2,113	2,217	13.1
Συνολικό Λογισμικό Επιχείρησης	5,308	6,794	7,921	10,002	12,073	14,286	16,682	18,896	21,281	16.3

Πηγή: Gartner Ιούνιος 2011

Παρακάτω παρουσιάζεται η συνολική δαπάνη λογισμικού που προβλέπεται για τη χρήση SaaS στις αγορές επιχειρησιακών εφαρμογών ανά περιοχή, το 2008 – 2015.

Πίνακας 14: Συνολική δαπάνη λογισμικού SaaS στις αγορές λογισμικού των επιχειρήσεων ανά περιοχή, 2008 – 2015 (Σε εκατομ. δολάρια)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR (%) 2010-2015
Βόρεια Αμερική	4,584.2	5,218.5	6,471.6	7,684.2	8,968.0	10,311.0	11,544.9	12,929.0	15
Δυτική Ευρώπη	1,394.9	1,675.4	2,159.5	2,662.5	3,190.3	3,775.1	4,290.3	4,813.2	17
Ασία/Ειρηνικός	321.0	421.1	601.8	768.3	974.8	1,210.9	1,450.8	1,693.9	23
Ιαπωνία	223.6	268.3	315.3	379.0	434.8	500.8	565.3	629.1	15
Λατινική Αμερική	152.5	193.1	266.0	320.4	415.9	512.5	600.0	694.2	21
Ανατολική Ευρώπη	63.5	78.3	101.2	131.4	161.7	192.4	231.7	270.1	22
Μέση Ανατολή/Αφρική	54.8	66.9	86.6	119.5	140.8	179.3	212.4	251.3	24
Σύνολο	6,794.4	7,921.4	10,001.9	12,073.2	14,286.3	16,681.9	18,896.2	21,280.7	16.3

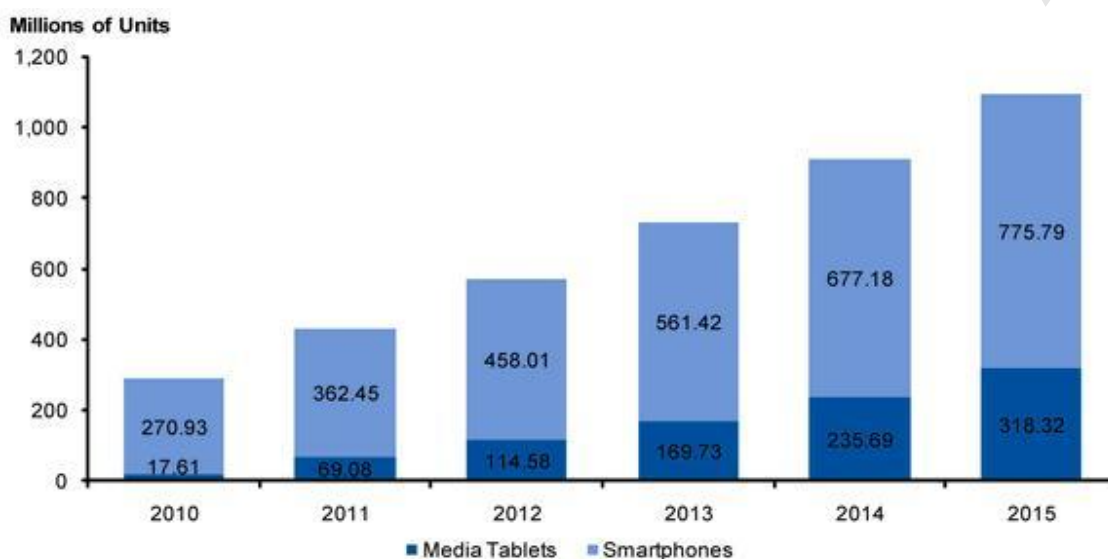
Πηγή: Gartner Αύγουστος 2011

Το CRM συνεχίζει να πρωταγωνιστεί στη χρήση SaaS σε όλες τις επιχειρηματικές εφαρμογές, που ακολουθούνται στενά από το Web conferencing και το e-learning στη Βόρεια Αμερική και τη βόρεια Ευρώπη. Και η Βόρεια Αμερική και η βόρεια Ευρώπη έχουν συγκρίσιμες τάσεις υιοθέτησης σχετικά με τις εφαρμογές SaaS, με την δυτική και νότια Ευρώπη να καθυστερούν την υιοθέτηση και τις επενδύσεις.

Η υιοθέτηση SaaS συνεχίζει να επιταχύνεται συνολικά πέρα από το επιχειρηματικό λογισμικό, αυξανόμενο από \$12B το 2011 σε \$21B το 2015, επιτυγχάνοντας ένα σύνθετο ετήσιο ποσοστό αύξησης (CAGR) της τάξης του 16,3%.

Η Gartner προβλέπει ότι πάνω από 1 δις smartphones και media tablets θα πωληθούν συνολικά από το 2015. Το υπολογιστικό νέφος περνά στο στάδιο χρήσης από κινητές συσκευές. Οι κινητές συσκευές στο υπολογιστικό νέφος θα μελετηθούν στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο.

Παρακάτω παρουσιάζεται η πρόβλεψη για τα smartphones και τα media tablets μέχρι το 2015. Η ακόλουθη πρόβλεψη είναι από την έκθεση, Emerging Technology Analysis: Mobile Business Intelligence την 13 Ιουλίου 2011.



Εικόνα 10.1: Αγορές Smartphones και Media Tablet Παγκοσμίως, 2010-2015

(Πηγή: Gartner Ιούλιος 2011)

Οι κινητές επιχειρηματικές εφαρμογές μέσω SaaS θα δουν τη μέγιστη αύξηση σε μικρά & μεσαία επιχειρησιακά (SMB) τμήματα.

Η Gartner θεωρεί ότι η βασισμένη στο επιχειρησιακή νοημοσύνη (SaaS-based BI) έχει περισσότερη αξία για τους μικρότερους οργανισμούς που στερούνται προσωπικό IT και έχουν ακόμα πολύ συγκεκριμένες, στοχοθετημένες ανάγκες πληροφοριών.

11. ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Με την έκρηξη των κινητών εφαρμογών και την υποστήριξη του υπολογιστικού νέφους για μια ποικιλία υπηρεσιών για τους χρήστες κινητών, το κινητό υπολογιστικό νέφος (Mobile Cloud Computing - MCC) εισάγεται ως μια ένταξη του υπολογιστικού νέφους στο κινητό περιβάλλον.

Με την ανάπτυξη των ασύρματων τεχνολογιών πρόσβασης όπως τα 3G/4G, LTE [59] και

WiMax, οι κινητές συσκευές μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στα δίκτυα κορμού σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε μεγαλύτερα εύρη ζώνης. Αυτό επιτρέπει μια πολύ αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των κινητών συσκευών και των υποδομών νέφους.

Το Mobile Cloud Computing Forum ορίζει το MCC ως εξής [4]:

Το "κινητό υπολογιστικό νέφος στην πιο απλή του μορφή, αναφέρεται σαν μια δομή όπου και η αποθήκευση δεδομένων και η επεξεργασία τους, συμβαίνουν έξω από την κινητή συσκευή. Οι εφαρμογές κινητού νέφους μεταφέρουν την υπολογιστική ισχύ και την αποθήκευση δεδομένων μακριά από τα κινητά τηλέφωνα και μέσα στο νέφος, φέρνοντας τις εφαρμογές και το mobile computing όχι μόνο στους χρήστες smartphone αλλά και σε μια πολύ ευρύτερη σειρά κινητών συσκευών".

Ο Satyanarayanan στο [47] αναφέρει ότι Mobile computing είναι η χρήση φορητών συσκευών για να τρέξουν οι αυτόνομες εφαρμογές ή/και η πρόσβαση σε μακρινές εφαρμογές μέσω των ασύρματων δικτύων. Το κινητό υπολογιστικό νέφος πρωτοαναφέρθηκε ως μια υποδομή όπου η αποθήκευση και η επεξεργασία δεδομένων μπορούν να συμβούν έξω από την κινητή συσκευή, επιτρέποντας μια νέα κατηγορία εφαρμογών, ειδικά των context-aware κινητών κοινωνικών δικτύων.

Εισάγωντας τώρα την έννοια του νέφους, στο [49] οι Fan κ' συνεργάτες αναφέρουν το κινητό υπολογιστικό νέφος ορίζεται ως το υπολογιστικό νέφος που επεκτείνεται από την κινητικότητα και μια νέα ad-hoc υποδομή βασισμένη στις κινητές συσκευές. Παρέχει στους κινητούς χρήστες υπηρεσίες αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων σε μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους.

Μία ακόμα εκδοχή για τον ορισμό του Κινητού Υπολογιστικού Νέφους δίνουν οι Konachev 'κ' συνεργάτες. στο [48]. " Το κινητό υπολογιστικό νέφος είναι ένα μοντέλο για διαφανή ελαστική αύξηση των ικανοτήτων των κινητών συσκευών μέσω της πανταχού παρούσης ασύρματης πρόσβασης στους υπολογιστικούς και πόρους αποθήκευσης του υπολογιστικού νέφους, με μια context -aware δυναμική ρύθμιση της εξαγωγής πόρων (offloading) σε ότι αφορά την αλλαγή των καταστάσεων λειτουργίας, διατηρώντας μερικές διαθέσιμες ικανότητες αλληλεπίδρασης των κινητών συσκευών."

Τα Smartphones, ως ένας αντιπρόσωπος των κινητών συσκευών είναι πολύ δημοφιλή και η διαμόρφωση του υλικού τους είναι εκπληκτική, (π.χ., 1.2 GHz CPU, 1024 MB ram, 802.11g/n WIFI, 3G και διάφορες συσκευές αισθητήρων). Αυτά τα τμήματα υλικού καθιστούν τα πρόσφατα smartphones ικανά να κάνουν οτιδήποτε μπορεί να κάνει και ένας υπολογιστής γραφείου. Ειδικά, τα high-end smartphones (π.χ., Apple, Android και Window Phone 7)

Σύμφωνα με την εταιρία ανάλυσης της αγοράς IDC, ο αριθμός συσκευών που έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο παγκοσμίως αυξάνεται σε περισσότερα από 3 δισεκατομμύρια το 2012 από το 1,5 δισεκατομμύριο συνδεδεμένων συσκευών του 2008. Οι μισές από αυτές τις συσκευές που θα έχουν πρόσβαση στον Ιστό θα είναι κινητές, δηλαδή laptops, netbooks, PDAs, και όλο και περισσότερο, κινητά τηλέφωνα.

Έχουμε απομακρυνθεί από το PC για χρόνια, κινούμενοι κυρίως προς τα Smartphones και πιο πρόσφατα, τα tablets. Το πρώτο τρίμηνο του 2010 ήταν η πρώτη φορά που τα smartphones ξεπέρασαν σε πωλήσεις τα PCs (100 εκατομμύρια smart phones έναντι 92 εκατομμυρίων PCs) [38].

Εφόσον η απόδοση των smartphones είναι ανώτερη, οι χρήστες θέλουν να χρησιμοποιήσουν το smartphone τους ως πελάτη ενός νέου SNS (Social Network Service). Επίσης, οι διαχειριστές συστημάτων νέφους αρχίζουν να ενισχύουν τα συστήματα νέφους με πρόσθετους

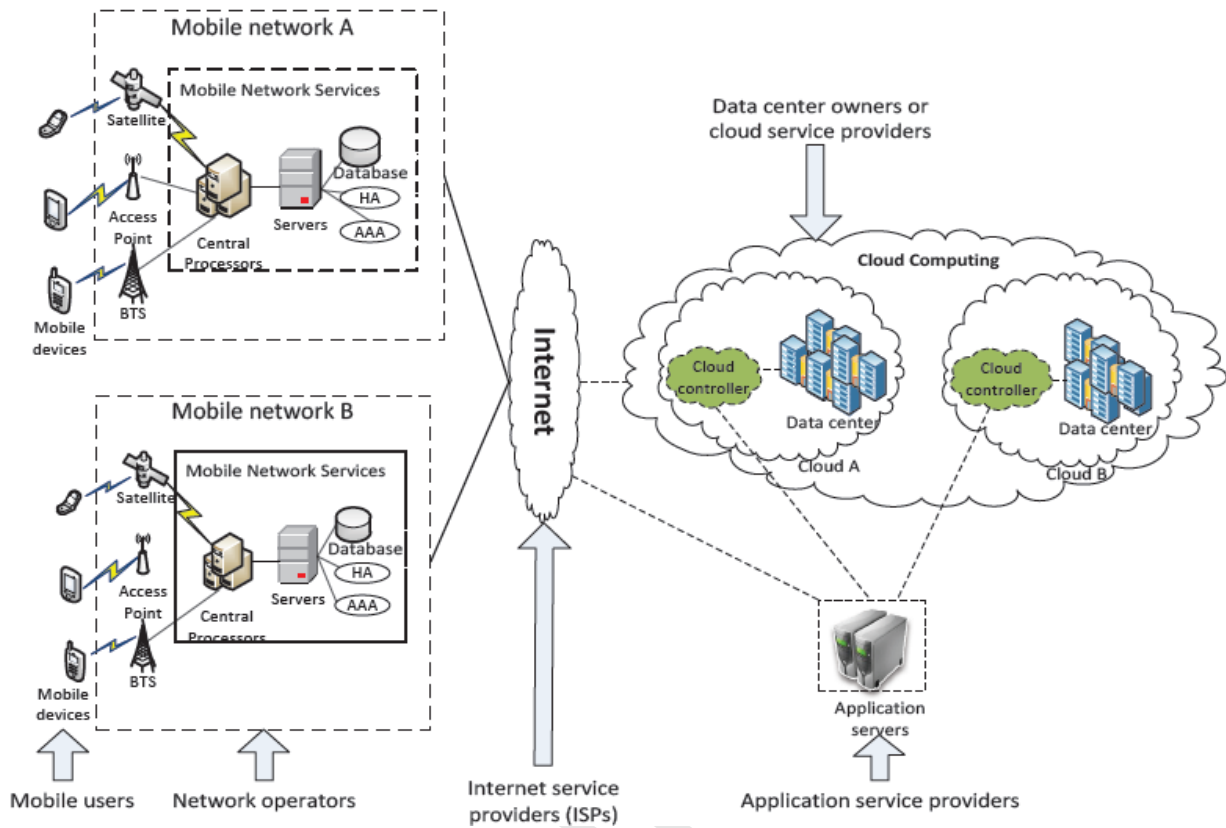
servers που βοηθούν τις κινητές συσκευές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών των προσπαθειών είναι οι PUSH servers (π.χ. ο Cloud To Device Messaging (C2DM) server της Google και οι SYNC servers.

Δεδομένου ότι οι δομές των κινητών δικτύων βελτιώνονται συνεχώς, η μεταφορά δεδομένων τους γίνεται όλο και περισσότερο διαθέσιμη και προσιτή και έτσι γίνονται δημοφιλείς πελάτες που καταναλώνουν οποιουσδήποτε πόρους Ιστού και ειδικά υπηρεσίες Ιστού.

Εντούτοις, και οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη υπηρεσιών και οι χρήστες βρήκαν μερικούς περιορισμούς στις υπηρεσίες που τρέχουν στο υπολογιστικό νέφος με τα smartphones. Αρχικά, οι χρήστες έχουν πάντα την προσοχή τους σε έναν πόρο, την ισχύ της μπαταρίας, η οποία είναι ο κρισιμότερος πόρος. Τα smartphones υψηλής απόδοσης μπορούν να επεξεργαστούν περίπλοκες υπηρεσίες, αλλά «αποστραγγίζουν» τη ισχύ των μπαταριών πολύ γρηγορότερα. Επομένως, όταν οι χρήστες δεν μπορούν να φορτίσουν την μπαταρία, υποβιβάζεται η φορητότητα. Αφετέρου, οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη υπηρεσιών έχουν διαφορετικές δυσκολίες. Οι περισσότερες υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένου του SNS, απαιτούν πολλά δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο όπως η γεωγραφική θέση ή η ταχύτητα κινήσεων. Αυτό σημαίνει ότι το μέρος του λογισμικού που τρέχει στο υπολογιστικό νέφος πρέπει να τρέχει ερωτήματα στα δεδομένα αισθητήρων του χρήστη στον πραγματικό χρόνο. Εντούτοις, δεν υπάρχει καμία ομοιόμορφη πλατφόρμα/βιβλιοθήκη για να συλλέξει και να παραδώσει τα δεδομένα αισθητήρων από τις διάφορες συσκευές αισθητήρων των μεμονωμένων κινητών συσκευών, έτσι αυτό είναι ένα μεγάλο εμπόδιο για τους υπεύθυνους για στην ανάπτυξη SNS.

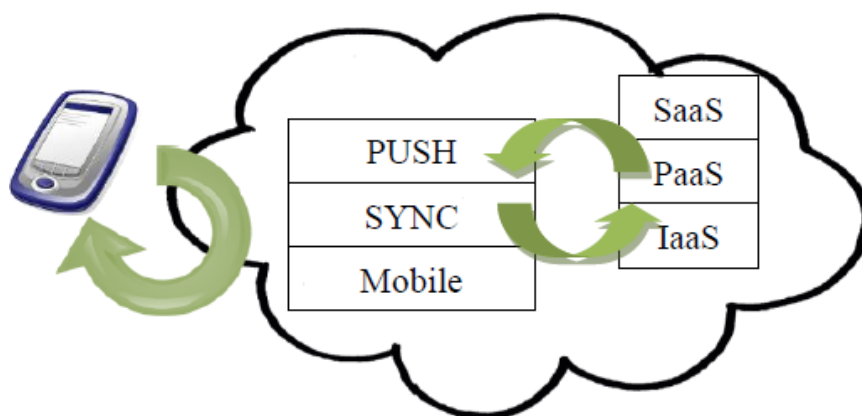
12.1 Αρχιτεκτονική Υπολογιστικού Κινητού Νέφους

Υπό την έννοια του Κινητού Υπολογιστικού Νέφους, η γενική αρχιτεκτονική του μπορεί να παρουσιαστεί στην εικόνα 1. Στην εικόνα 1, οι κινητές συσκευές συνδέονται με τα κινητά δίκτυα μέσω των σταθμών βάσεων (π.χ., σταθμός βάσης πομποδεκτών (BTS), σημείο πρόσβασης, ή δορυφόρος) που εγκαθιστούν και ελέγχουν τις συνδέσεις (ασύρματα) και τις λειτουργικές διεπαφές μεταξύ των δικτύων και των κινητών συσκευών. Τα αιτήματα και οι πληροφορίες των κινητών χρηστών (π.χ., ταυτότητα και θέση) διαβιβάζονται σε κεντρικούς επεξεργαστές που συνδέονται με servers, που παρέχουν υπηρεσίες κινητών δικτύων. Εδώ, οι χειριστές κινητών δικτύων μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες σε κινητούς χρήστες ως AAA (authentication, authorization, accounting) βασισμένοι στον εγχώριο πράκτορα (home agent - HA) και τα δεδομένα των συνδρομητών, που αποθηκεύονται στις βάσεις δεδομένων. Μετά από αυτό, τα αιτήματα των συνδρομητών παραδίδονται σε ένα νέφος μέσω του Διαδικτύου. Στο νέφος, οι ελεγκτές νέφους επεξεργάζονται τα αιτήματα για να παρέχουν στους κινητούς χρήστες τις αντίστοιχες υπηρεσίες νέφους. Αυτές οι υπηρεσίες συμπίπτουν με τις έννοιες όπως το utility computing, την εικονικοποίηση και την προσανατολισμένη προς τις υπηρεσίες αρχιτεκτονική SOA (π.χ., οι εξυπηρετητές ιστού, εφαρμογών και βάσεων δεδομένων).



Εικόνα 11.1: Αρχιτεκτονική Κινητού Υπολογιστικού Νέφους

Όπως διευκρινίζεται στην παραπάνω εικόνα, το τρέχον κινητό σύστημα νέφους είναι παρόμοιο με το τυπικό σύστημα νέφους με την προσθήκη ανάμεσα στους λοιπούς servers, των PUSH και SYNC servers. Οι PUSH και SYNC servers είναι σημαντικότεροι servers, επειδή ενισχύουν ακριβώς την εμπειρία των κινητών χρηστών πολύ καλύτερα και βοηθούν και άλλους servers στον κορμό. Από μία άποψη, δύο servers μπορούν να θεωρηθούν ακριβώς ως μια κινητή πύλη για καλύτερη ανταλλαγή δεδομένων με τους servers στο νέφος.



Εικόνα 11.2 : Μεσολάβηση PUSH/SYNC servers στο κινητό περιβάλλον νέφους

Θα εξετάσουμε ένα ανοικτό πρόγραμμα πηγής για την κινητή πλατφόρμα νέφους που ονομάζεται openmobster. Η OpenMobster, είναι μια πλατφόρμα ανοικτής πηγής για την ενσωμάτωση κινητών εφαρμογών στις υπηρεσίες νέφους. Η αρχιτεκτονική της δίνεται στην εικόνα 11.3.

Χαρακτηριστικές υπηρεσίες που απαιτούνται από έναν πελάτη κινητού νέφους

Οι πιο ουσιαστικές υπηρεσίες περιλαμβάνουν

Sync : Αυτή η υπηρεσία συγχρονίζει όλες τις αλλαγές στην κατάσταση που γίνονται στο κινητό.

Push : Διαχειρίζεται τις οποιοσδήποτε αναπροσαρμογές κατάστασης που στέλνονται ως ανακοινώσεις από τον server στο νέφος. Αυτό βελτιώνει την εμπειρία του χρήστη δεδομένου ότι δεν απαιτεί από τον χρήστη να ελέγξει ενεργά για νέες πληροφορίες.

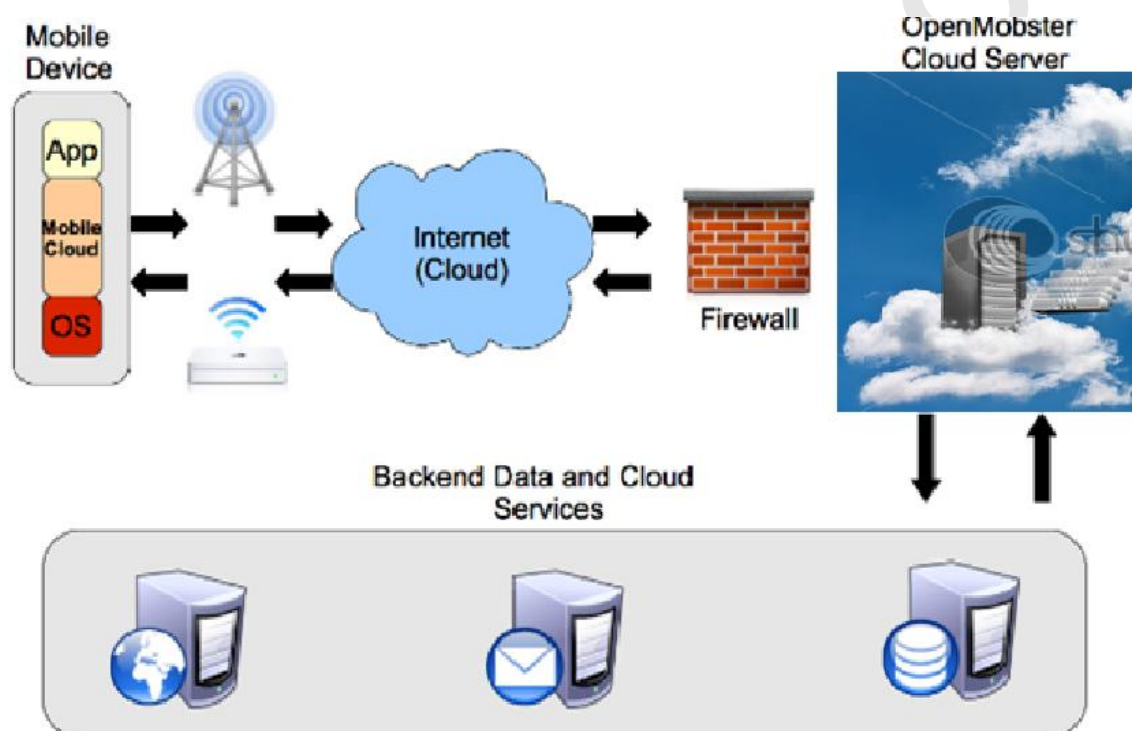
OfflineApp : Είναι μια υπηρεσία που παρέχει ικανότητες διαχείρισης για να δημιουργηθεί ένας έξυπνος συντονισμός μεταξύ των υπηρεσιών χαμηλού επιπέδου όπως οι SYNC και PUSH. Ελευθερώνει τον προγραμματιστή από το φορτίο της σύνθεσης κώδικα για να εκτελέσει τον συγχρονισμό, δεδομένου ότι είναι η υπηρεσία που αποφασίζει τη διαχείριση και το μηχανισμό συγχρονισμού που είναι ο καλύτερος για την επικρατούσα κατάσταση. Την στιγμή που το κανάλι δεδομένων για οποιαδήποτε κινητή εφαρμογή καθιερώνεται, όλοι οι συγχρονισμοί και οι ανακοινώσεις αντιμετωπίζονται αυτόματα από μια OfflineApp υπηρεσία.

Δίκτυο : Διαχειρίζεται το κανάλι επικοινωνίας που απαιτείται για να λάβει ληφθούν τα αιτήματα PUSH από τον server. Φέρει τη δυνατότητα να εγκατασταθούν οι κατάλληλες συνδέσεις αυτόματα. Είναι μια πολύ χαμηλού επιπέδου υπηρεσία και προστατεύει οποιαδήποτε εγκαθίδρυση σύνδεσης χαμηλού επιπέδου, με την παροχή ενός υψηλού επιπέδου πλαίσιο διασύνδεσης.

Βάση δεδομένων : Διαχειρίζεται την τοπική αποθήκευση δεδομένων για τις κινητές εφαρμογές. Ανάλογα με την πλατφόρμα, χρησιμοποιεί τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Πρέπει να υποστηρίξει την αποθήκευση μεταξύ των διάφορων κινητών εφαρμογών και πρέπει να

εξασφαλίσει ασφαλή πολυνηματική πρόσβαση. Ακριβώς όπως η υπηρεσία δικτύου είναι επίσης μια χαμηλού επιπέδου υπηρεσία.

InterApp Bus : Αυτή η υπηρεσία παρέχει έναν χαμηλού επιπέδου συντονισμό / επικοινωνία μεταξύ της ακολουθίας των εφαρμογών που εγκαθίστανται στη συσκευή.



Εικόνα 11.3: Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας openmobster

Χαρακτηριστικές υπηρεσίες που απαιτούνται από έναν server κινητού νέφους.

Αυτές είναι οι ουσιαστικές υπηρεσίες που πρέπει να προσφερθούν στις κινητές εφαρμογές από τον server

Sync : Η υπηρεσία Sync συγχρονίζει τις αλλαγές κατάστασης της εφαρμογής στη μεριά της συσκευής με τις υπηρεσίες backend όπου τα δεδομένα προέρχονται. Πρέπει επίσης να παρέχει ένα πλαίσιο plugin για να κάνει κινητά τα backend δεδομένα.

Push : Η υπηρεσία Push παρακολουθεί τα data channels για αναπροσαρμογές. Οι στιγμιαίες αναπροσαρμογές ανιχνεύονται και οι αντίστοιχες ανακοινώσεις στέλνονται πίσω στη συσκευή. Εάν η συσκευή είναι χωρίς κάλυψη δικτύου ή αποσυνδεδεμένη για κάποιους λόγους, περιμένει σε μια ουρά αναμονής και παραδίδει το push την στιγμή που η συσκευή συνδέεται πάλι στο δίκτυο.

Ασφαλής Socket-Based Υπηρεσία Δεδομένων: Ανάλογα με τις απαιτήσεις ασφάλειας των εφαρμογών, αυτή η δευτερεύουσα υπηρεσία των server πρέπει να παρέχει έναν απλό socket server ή έναν SSL-based socket server ή και τους δύο.

Ασφάλεια : Το τμήμα ασφάλειας παρέχει τις υπηρεσίες αυθεντικοποίησης και επικύρωσης για να σιγουρευτούν οι κινητές συσκευές που συνδέονται με τον server στο νέφος έχουν στην πραγματικότητα άδεια για πρόσβαση στο σύστημα. Κάθε συσκευή πρέπει να είναι αρχικά ασφαλώς συνυφασμένη με το σύστημα προτού χρησιμοποιηθεί. Αφότου καταχωρείται η συσκευή, της ζητούνται τα κατάλληλα πιστοποιητικά όταν η συσκευή θα πρέπει να ενεργοποιηθεί. Μόλις ενεργοποιηθεί η συσκευή, όλα τα αιτήματα νέφους επικυρώνονται κατάλληλα και εγκρίνονται κατά την μετάβαση.

Κονσόλα Διαχείρισης: Σε κάθε περίπτωση ενός server στο νέφος πρέπει να υπάρχει μια εφαρμογή γραμμής εντολών όπως η Κονσόλα Διαχείρισης.

12.2 Εφαρμογές Κινητού Υπολογιστικού Νέφους

Η κινητή πλατφόρμα εκτέλεσης χρησιμοποιείται για όλο και περισσότερες εργασίες, π.χ., για παιχνίδια, για επεξεργασία βίντεο, για χρηματοοικονομική διαχείριση, την διαχείριση της προσωπικής υγείας, πληρωμές, αγορές εισιτηρίων, και γενικά αλληλεπίδραση με πανταχού παρούσες υπολογιστικές δομές.

Μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές του κινητού υπολογιστικού νέφους είναι:

Κινητό εμπόριο

Το κινητό εμπόριο (m-commerce) είναι ένα επιχειρησιακό μοντέλο για το εμπόριο που χρησιμοποιεί κινητές συσκευές. Οι εφαρμογές m-commerce εκπληρώνουν γενικά μερικούς στόχους που απαιτούν κινητικότητα (π.χ., κινητές συναλλαγές και πληρωμές, κινητή ανταλλαγή μηνυμάτων και κινητή αγορά εισιτηρίων).

Παιχνίδια

Το M-game μπορεί να μεταφέρει ολοκληρωτικά την υπολογιστική ισχύ (π.χ., γραφική απόδοση) στον server του νέφους και οι gamers αλληλεπιδρούν μόνο με τη διεπαφή στην οθόνη της συσκευής τους. Παραδείγματος χάριν, η εταιρία OnLive εκτελεί βιντεοπαιχνίδια στο νέφος και στέλνει την ροή video σε φτωχούς σε πόρους συσκευές-πελάτες χωρίς τη διακοπή των παιχνιδιών. Διάφορα πειράματα πραγματοποιούνται για να αξιολογήσουν την ενέργεια που καταναλώνεται για τις εφαρμογές παιχνιδιών σε δίκτυο 3G και σε δίκτυο WiFi.

Οι Wang και Dey [42] παρουσιάζουν ένα νέο βασισμένο στο νέφος κινητό παιχνίδι χρησιμοποιώντας μια τεχνική προσαρμογής ώστε το παιχνίδι να ρυθμιστεί δυναμικά με παραμέτρους όπως οι περιορισμοί επικοινωνίας και οι απαιτήσεις των gamers. Η τεχνική προσαρμογής βασίζεται κυρίως στην ιδέα να μειωθεί ο αριθμός αντικειμένων στην λίστα δεδομένου ότι δεν είναι όλα τα αντικείμενα απαραίτητα για το παιχνίδι και έτσι μειώνεται η πολυπλοκότητα των διαδικασιών. Ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί η εμπειρία του χρήστη, δεδομένων των δαπανών επικοινωνίας.

Η εκπαίδευση με κινητά μέσα

Η εκπαίδευση με κινητά μέσα (Mobile learning, m-learning) έχει σχεδιαστεί με βάση την ηλεκτρονική εκμάθηση (e-learning) και την κινητικότητα. Εντούτοις, οι εφαρμογές της παραδοσιακής εκπαίδευσης με κινητά μέσα, έχουν περιορισμούς από την άποψη χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δικτύου και τους περιορισμένους εκπαιδευτικούς πόρους. Οι βασισμένες στο νέφος εφαρμογές εκπαίδευσης με κινητά μέσα εισάγονται για να λύσουν αυτούς τους περιορισμούς. Παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιώντας ένα νέφος με μεγάλη ικανότητα αποθήκευσης και ισχυρή δυνατότητα επεξεργασίας, οι εφαρμογές παρέχουν στους αρχαίους πολύ πλουσιότερες υπηρεσίες από την άποψη του μεγέθους των δεδομένων (πληροφορίες), της ταχύτητας επεξεργασίας και της επιμήκυνσης της ζωής των μπαταριών.

Κινητή περίθαλψη υγείας

Ο σκοπός του κινητού υπολογιστικού νέφους στις ιατρικές εφαρμογές είναι να ελαχιστοποιηθούν οι περιορισμοί της παραδοσιακής ιατρικής περίθαλψης (π.χ., μικρή αποθήκευση, ανασφάλεια και ιατρικά λάθη). Η κινητή περίθαλψη υγείας (Mobile healthcare, m-healthcare) παρέχει στους κινητούς χρήστες την κατάλληλη βοήθεια για να έχουν πρόσβαση στους πόρους (π.χ., αρχεία υγείας ασθενών) εύκολα και γρήγορα.

12.3 Πλεονεκτήματα Κινητού Υπολογιστικού Νέφους

Επέκταση της διάρκειας ζωής μπαταριών:

Η μπαταρία είναι μια από τις κύριες ανησυχίες για τις κινητές συσκευές. Διάφορες λύσεις έχουν προταθεί για να ενισχύσουν την απόδοση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και για να διαχειριστούν τον δίσκο και την οθόνη κατά τρόπο ευφυή για να μειώσουν την κατανάλωση ισχύος. Εντούτοις, αυτές οι λύσεις απαιτούν αλλαγές στη δομή των κινητών συσκευών ή απαιτούν νέο υλικό που οδηγεί σε αύξηση του κόστους και μπορεί να μην είναι κάτι εφικτό για όλες τις κινητές συσκευές. Η τεχνική του Offloading προτείνεται με σκοπό να μεταφερθούν οι μεγάλοι υπολογισμοί και η σύνθετη επεξεργασία από τις περιορισμένες σε πόρους συσκευές (δηλ., κινητές συσκευές) σε μηχανές πλούσιες σε πόρους (δηλ., servers στο νέφος). Με αυτό αποφεύγεται ο μεγάλος χρόνος εκτέλεσης των εφαρμογών στις κινητές συσκευές που οδηγεί σε μεγάλα ποσά κατανάλωσης ισχύος. Στη βιβλιογραφία, η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των τεχνικών offloading μέσω διάφορων πειραμάτων, καταδεικνύει ότι η απομακρυσμένη εκτέλεση μιας εφαρμογής μπορεί να σώσει ενέργεια σε σημαντικό βαθμό. Παραδείγματος χάριν, το offloading μιας βελτιστοποίησης μεταγωγιστή για την επεξεργασία εικόνας μπορεί να μειώσει στο 41% την κατανάλωση ενέργειας μιας κινητής συσκευής. Επίσης, χρησιμοποιώντας την αριθμητική μονάδα μνήμης και διεπαφή (memory arithmetic unit and interface - MAUI) για να μεταναστεύουν τα κινητά τμήματα παιχνιδιών [54] στους servers στο νέφος, μπορούμε να σώσουμε το 27% της κατανάλωσης ενέργειας για τα παιχνίδια και το 45% για το σκάκι.

Βελτίωση της ικανότητας αποθήκευσης δεδομένων και της υπολογιστικής ισχύος:

Η ικανότητα αποθήκευσης είναι επίσης ένας περιορισμός για τις κινητές συσκευές. Το κινητό υπολογιστικό νέφος έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε να επιτρέπει στους κινητούς χρήστες να

αποθηκεύουν / να έχουν πρόσβαση σε πολλά δεδομένα στο νέφος μέσω ασύρματων δικτύων. Το πρώτο παράδειγμα είναι ο Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το οποίο υποστηρίζει την υπηρεσία αποθήκευσης δεδομένων. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το Image Exchange το οποίο χρησιμοποιεί μεγάλο μέρος αποθήκευσης στο νέφος για τους κινητούς χρήστες. Αυτή η κινητή υπηρεσία ανταλλαγής εικόνων επιτρέπει στους κινητούς χρήστες να φορτώσουν εικόνες στα νέφη αμέσως μετά την λήψη τους. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε όλες τις εικόνες από οποιαδήποτε συσκευή. Με το νέφος, οι χρήστες μπορούν να σώσουν ένα ικανό ποσό ενέργειας και αποθήκευσης σε κινητές συσκευές, δεδομένου ότι όλες οι εικόνες στέλνονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία στο νέφος. Το Flickr είναι επίσης εφαρμογή βασισμένη στο κινητό υπολογιστικό νέφος. Το Facebook είναι η επιτυχέστερη εφαρμογή κοινωνικής δικτύωσης σήμερα και είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για το διαμοιρασμό εικόνων στο νέφος. Το κινητό υπολογιστικό νέφος επίσης βοηθά στη μείωση του κόστους για εφαρμογές που χρειάζονται πολύ χρόνο και μεγάλα ποσά ενέργειας όταν εκτελούνται σε συσκευές περιορισμένων πόρων. Το κινητό υπολογιστικό νέφος μπορεί αποτελεσματικά να υποστηρίξει διάφορες εργασίες για την αποθήκευση δεδομένων, τη διαχείριση και το συγχρονισμό πολλαπλών εγγράφων online, τη μετατροπή αρχείων, ή την αναμετάδοση υπηρεσιών πολυμέσων στις κινητές συσκευές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όλοι οι σύνθετοι υπολογισμοί παίρνουν πολύ χρόνο όταν λαμβάνουν χώρα στις κινητές συσκευές ενώ θα υποβληθούν σε επεξεργασία γρήγορα στο νέφος. Οι κινητές εφαρμογές επίσης δεν περιορίζονται από την ικανότητα αποθήκευσης στις συσκευές επειδή τα δεδομένα τους τώρα αποθηκεύονται στο νέφος.

Βελτίωση της αξιοπιστίας:

Η αποθήκευση των δεδομένων ή το τρέξιμο των εφαρμογών στο νέφος είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος να βελτιωθεί η αξιοπιστία δεδομένου ότι τα δεδομένα και οι εφαρμογές αποθηκεύονται σε διάφορους υπολογιστές. Αυτό μειώνει την πιθανότητα τα δεδομένα και οι εφαρμογές να χαθούν στις κινητές συσκευές. Επιπλέον, Το κινητό υπολογιστικό νέφος μπορεί να σχεδιαστεί ως ένα κατανοητό μοντέλο ασφάλειας δεδομένων και για τους παρόχους υπηρεσιών και για τους χρήστες. Παραδείγματος χάριν, το νέφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προστατεύσει πνευματικά κατοχυρωμένο ψηφιακό περιεχόμενο (π.χ., βίντεο και μουσική) από την ύπαρξη κακόβουλης και αναρμόδιας διανομής. Επίσης, το νέφος μπορεί να παρέχει στους κινητούς χρήστες τις υπηρεσίες ασφάλειας από μακριά, όπως την ανίχνευση ιών, την κακόβουλη ανίχνευση κώδικα και την αυθεντικοποίηση. Επίσης, τέτοιες βασισμένες στο νέφος υπηρεσίες ασφάλειας μπορούν να κάνουν αποδοτική χρήση της σύνταξης αρχείου για τους διαφορετικούς χρήστες για να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών.

Μαζί με τα παραπάνω, τα κινητά συστήματα νέφους κληρονομούν ως επί το πλείστον τα πλεονεκτήματα του νέφους, όπως αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

12.4 Ανοιχτά Θέματα Κινητού Υπολογιστικού Νέφους

11.5.1. Θέματα στην επικοινωνία

Το εύρος ζώνης είναι ένα από τα μεγάλα ζητήματα στο κινητό υπολογιστικό νέφος αφού οι πόροι για τα ασύρματα δίκτυα είναι πολύ λιγοστοί όταν συγκρίνονται με τα παραδοσιακά ενσύρματα δίκτυα.

Η διαθεσιμότητα υπηρεσιών γίνεται σημαντικότερο ζήτημα στο κινητό υπολογιστικό νέφος από ότι στο υπολογιστικό νέφος με τα ενσύρματα δίκτυα. Οι κινητοί χρήστες μπορεί να μην είναι σε θέση να συνδεθούν με το νέφος για να λάβουν υπηρεσίες λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των αποτυχιών των δικτύων. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται τεχνικές για την επίλυση των προβλημάτων διαθεσιμότητας.

Ειδικότερα, στο [60] προτείνεται μια multi-hop WiFi δικτύωση αποκαλούμενη ως σύστημα MoNet και ένα (διανεμημένου περιεχομένου) πρωτόκολλο διανομής για την περίπτωση χωρίς οποιαδήποτε υποδομή. Κάθε κόμβος μεταδίδει περιοδικά μηνύματα ελέγχου για να ενημερώσει άλλους κόμβους για τη θέση του (π.χ., παράμετροι συνδετικότητας και θέσης) και τις τοπικές αναπροσαρμογές περιεχομένου. Σύμφωνα με τα μηνύματα, κάθε κόμβος διατηρεί έναν γειτονικό κατάλογο κόμβων και έναν κατάλογο περιεχομένων και υπολογίζει τα επίπεδα ρόλου άλλων κόμβων βασισμένα στον χώρο των δίσκων, το εύρος ζώνης, και την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Κατόπιν, οι κόμβοι με το πιο σύντομο μήκος διαδρομής και το πιο υψηλό επίπεδο ρόλου επιλέγονται ως ενδιάμεσοι κόμβοι για να λάβουν περιεχόμενο.

Ένα δεύτερο μεγάλο θέμα έρευνας είναι η ετερογένεια. Το κινητό υπολογιστικό νέφος χρησιμοποιείται σε ιδιαίτερα ετερογενή δίκτυα από την άποψη των ασύρματων διεπαφών δικτύων. Διαφορετικοί κινητοί κόμβοι προσβαίνουν στο νέφος μέσω διαφορετικών τεχνολογιών απομακρυσμένης πρόσβασης όπως το WCDMA, το GPRS, το WiMAX, το CDMA2000 και το WLAN. Κατά συνέπεια, προκύπτει ένα ζήτημα για το πώς να χειριστούμε την ασύρματη συνδετικότητα ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του κινητού υπολογιστικού νέφους. Οι Kline κ' συνεργάτες [41] προτείνουν μια αρχιτεκτονική για να παρέχουν μια έξυπνη στρατηγική πρόσβασης δικτύων για τους κινητούς χρήστες έτσι ώστε να καλύψουν τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Αυτή η αρχιτεκτονική έχει χτιστεί βασιζόμενη στην έννοια του Intelligent Radio Network Access (IRNA). Το IRNA είναι ένα αποτελεσματικό μοντέλο για να εξετάσει την δυναμική και την ετερογένεια των διαθέσιμων δικτύων πρόσβασης. Για να ισχύσει το IRNA σε ένα περιβάλλον κινητού υπολογιστικού νέφους, οι συγγραφείς προτείνουν μια αρχιτεκτονική διαχείρισης πλαισίου (context management architecture - CMA).

11.5.2. Θέματα υπολογιστικής

Υπολογιστικό Offloading:

Όπως έχει εξηγηθεί προηγουμένως, το offloading είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του κινητού υπολογιστικού νέφους για να βελτιώσει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας για τις κινητές συσκευές και για να αυξήσει την απόδοση των εφαρμογών. Εντούτοις, υπάρχουν πολλά σχετικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένου του αποδοτικού και δυναμικού offloading κάτω από αλλαγές του περιβάλλοντος. Όταν το μέγεθος του κώδικα που μεταφέρεται είναι μικρό, το offloading καταναλώνει περισσότερη μπαταρία, από ότι σε μια τοπική επεξεργασία [40]. Επομένως, είναι ένα κρίσιμο πρόβλημα για τις κινητές συσκευές να καθορίσουν πότε θα κάνουν offload και ποια από τα κομμάτια κώδικα της εφαρμογής πρέπει γίνουν offload για να βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα.

Ασφάλεια των κινητών χρηστών:

Οι κινητές συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα, τα PDA, και τα smartphones εκτίθενται σε πολυάριθμες απειλές ασφάλειας όπως οι κακόβουλοι κώδικες (π.χ., ιοί και Trojan horses). Επιπλέον, με τις ενσωματωμένες στα τηλέφωνα συσκευή GPS, μπορούν να προκληθούν ζητήματα μυστικότητας για τους συνδρομητές. Εγκαθιστώντας και τρέχοντας λογισμικά ασφάλειας όπως πχ τα Kaspersky, McAfee και AVG antivirus προγράμματα στις κινητές συσκευές είναι ο απλούστερος τρόπος να ανιχνευθούν οι απειλές ασφάλειας (π.χ. ιοί και κακόβουλοι κώδικες). Εντούτοις, οι κινητές συσκευές περιορίζονται στην επεξεργαστική ισχύ τους. Το παράδειγμα της υπάρχουσας πλατφόρμας Cloud AV παρουσιάζει μια προσέγγιση για να απομακρύνει την ανίχνευση απειλής προς το νέφος. Το Cloud AV παρέχει μέσα στο νέφος, μια υπηρεσία για την ανίχνευση malware.

Με τα πλεονεκτήματα των συσκευών GPS που ενσωματώνονται στα κινητά τηλέφωνα, ο αριθμός κινητών χρηστών που χρησιμοποιούν τις βασισμένες στην θέση υπηρεσίες (Location Based Services - LBS) αυξάνεται. Εντούτοις, οι LBS αντιμετωπίζουν ένα ζήτημα ιδιωτικότητας όταν κινητοί χρήστες παρέχουν ιδιωτικές πληροφορίες όπως η τρέχουσα θέση τους. Αυτό το πρόβλημα γίνεται ακόμα χειρότερο εάν ένας αντίπαλος ξέρει κάποιες σημαντικές πληροφορίες του χρήστη. Ο εμπιστευτικός server θέσης (Location trusted server - LTS) [61] παρουσιάζεται για να αντιμετωπίσει αυτό το ζήτημα. Αφού λάβει τα αιτήματα των κινητών χρηστών, ο LTS συγκεντρώνει τις πληροφορίες θέσης τους σε μια ορισμένη περιοχή και αποκρύπτει τις πληροφορίες με βάση τη θεωρία της "k- ανωνυμίας". Το LBS ξέρει μόνο γενικές πληροφορίες για τους χρήστες αλλά δεν μπορεί να προσδιορίσει ποιοί είναι αυτοί.

12.5 Τρέχουσα Έρευνα Κινητού Υπολογιστικού Νέφους

Διάφορες ερευνητικές εργασίες συμβάλλουν στην ανάπτυξη του Κινητού Υπολογιστικού Νέφους με την αντιμετώπιση ζητημάτων, όπως αυτών που παρουσιάζονται στην προηγούμενη παράγραφο. Εντούτοις, υπάρχουν ακόμα μερικά ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Ένα από αυτά είναι η Ποιότητα της Υπηρεσίας (Quality of Service - QoS). Στο Κινητό Υπολογιστικό Νέφος, οι κινητοί χρήστες πρέπει να έχουν πρόσβαση στους servers που βρίσκονται σε ένα νέφος όταν αιτούνται των υπηρεσιών και των πόρων στο νέφος. Εντούτοις, οι κινητοί χρήστες μπορούν να αντιμετωπίσουν μερικά προβλήματα όπως η συμφόρηση λόγω του περιορισμού του ασύρματου εύρους ζώνης, της αποσύνδεσης δικτύου, και της εξασθένησης σήματος που προκαλούνται από την κινητικότητα των κινητών χρηστών. Προκαλούνται καθυστερήσεις όταν οι χρήστες θέλουν να επικοινωνήσουν με το νέφος, έτσι η QoS μειώνεται

σημαντικά. Δύο νέες ερευνητικές κατευθύνσεις είναι το CloneCloud και τα Cloudlets που αναμένεται να μειώσουν την καθυστέρηση δικτύου [40]. Το σύστημα CloneCloud είναι μια εύκαμπτη εφαρμογή κατάτμισης χρόνου εκτέλεσης που επιτρέπει στις χωρίς τροποποιήσεις κινητές εφαρμογές, που τρέχουν σε μια εικονική μηχανή εφαρμογών, να ξεφορτώσουν (κάνουν offloading) άρρηκτα μέρος της εκτέλεσής τους από τις κινητές συσκευές, σε κλώνους συσκευών, που λειτουργούν σε ένα υπολογιστικό νέφος. Το CloneCloud χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό στατικής ανάλυσης και δυναμικής σκιαγράφησης για να χωρίσει τις εφαρμογές αυτόματα βελτιστοποιώντας το χρόνο εκτέλεσης και την ενεργειακή χρήση για ένα ιδανικό περιβάλλον επικοινωνίας [44].

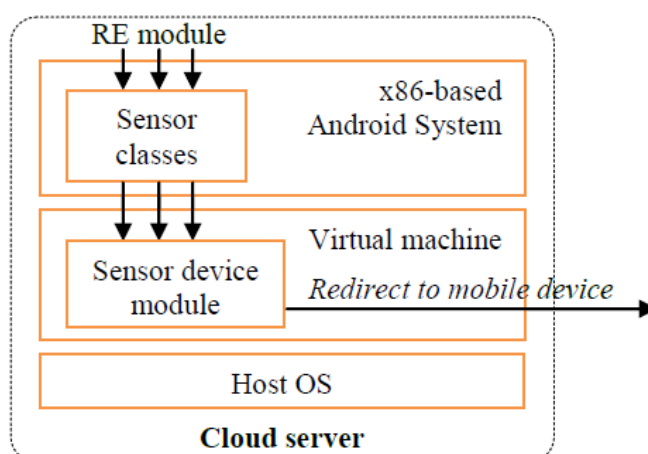
Επιπλέον ως συμπληρωθεί ότι για το χαμηλό εύρος ζώνης, αν και πολλοί ερευνητές προτείνουν βέλτιστους και αποδοτικούς τρόπους κατανομής του εύρους ζώνης, το περιορισμένο εύρος ζώνης εξακολουθεί να είναι μια μεγάλη ανησυχία επειδή ο αριθμός των κινητών χρηστών και των χρηστών υπολογιστικού νέφους αυξάνεται εντυπωσιακά. Το δίκτυο 4G προκύπτει ως μια υποσχόμενη τεχνολογία, που υπερνικά τους περιορισμούς και φέρνει επανάσταση στη βελτίωση του εύρους ζώνης [40]. Το δίκτυο 4G είναι μια τεχνολογία που αυξάνει σημαντικά την ικανότητα εύρους ζώνης για τους συνδρομητές. Είναι σε θέση να παρέχει μέχρι 100 Mbit/s (για το πρότυπο "LTE Advanced") και 128 Mbit/s (για το πρότυπο "WirelessMAN-Advanced") για τους κινητούς χρήστες, ενώ το κοινό 3G δίκτυο υποστηρίζει στο μέγιστο 14.4 Mbit/s. Επιπλέον, τα 4G δίκτυα υπόσχονται κι άλλα πλεονεκτήματα όπως η κινητή περιοχή κάλυψης, γρηγορότερο handoff, ποικίλες υπηρεσίες, κ.λπ.. Εντούτοις, τα 4G ασύρματα δίκτυα ενέχουν ακόμα διάφορα προβλήματα σχετικά με τη δικτυακή αρχιτεκτονική, το πρωτόκολλο πρόσβασης, ή την ποιότητα της υπηρεσίας μέσα στην οποία λαμβάνονται υπόψη.

Στο [45] οι Satyanarayanan κ' συνεργάτες προτείνουν την αρχιτεκτονική των cloudlets που βασίζονται σε εικονικές μηχανές (VMs). Σε αυτήν την αρχιτεκτονική, ένας κινητός χρήστης εκμεταλλεύεται την τεχνολογία εικονικών μηχανών (VM) για να εικονικοποιήσει γρήγορα το προσαρμοσμένο λογισμικό υπηρεσιών σε ένα κοντινό cloudlet και χρησιμοποιεί έπειτα εκείνη την υπηρεσία στο ασύρματο τοπικό LAN. Ένα cloudlet είναι ένας έμπιστος, πλούσιος σε πόρους υπολογιστής ή ένα σύνολο υπολογιστών που συνδέονται με το Διαδίκτυο και είναι διαθέσιμοι προς χρήση από τις κοντινές κινητές συσκευές.

Στο [50] παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική Hyrax. Η πλατφόρμα Hyrax έχει αναπτυχθεί από το Apache Hadoop και υποστηρίζει το υπολογιστικό νέφος στα Android smartphones. Ο στόχος του Hyrax είναι να αναπτυχθεί μια κινητή υποδομή νέφους, που επιτρέπει τις εφαρμογές του smartphone με διασκορπισμένα δεδομένα. Το Hyrax επιτρέπει στις εφαρμογές να χρησιμοποιούν τα δεδομένα και να εκτελούν εργασίες υπολογισμού στα δίκτυα των smartphones και στα ετερογενή δίκτυα των τηλεφώνων και των servers. Το MapReduce θεωρείται ένα μοντέλο προγραμματισμού για την επεξεργασία και την παραγωγή μεγάλων συνόλων δεδομένων. Το σύστημα χρόνου εκτέλεσης του MapReduce χωρίζει τα δεδομένα εισόδου, σχεδιάζει τον χάρτη, μειώνει τις εργασίες και μεταφέρει τα δεδομένα εισόδου και εξόδου στις μηχανές που τρέχουν τις εργασίες. Υπάρχει ένας master που διαχειρίζεται τις εργασίες, ορίζει τους στόχους στις slave-μηχανές και παρέχει τις θέσεις των ενδιάμεσων τιμών για να μειώσει τις εργασίες. Ο Apache Hadoop είναι μια ανοικτής πηγής εφαρμογή του MapReduce. Το Hyrax φέρνει το Hadoop στην πλατφόρμα του Android. Η διεπαφή του πελάτη εφαρμόζεται ως εφαρμογή Ιστού έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητές συσκευές και υπολογιστές γραφείου.

Οι Jeong και Kim [39] προτείνουν ένα module μακρινής εκτέλεσης βασισμένο σε εικονικές μηχανές με εικονικοποίηση συσκευών αισθητήρων. Με αυτά τα εργαλεία, το module του server

μπορεί να συνεργαστεί με τα modules των πελατών με ευκολία και χρησιμοποιεί τις συσκευές αισθητήρων του πελάτη αδιάρρηκτα. Ο σχεδιασμός ξεκινά με την οικοδόμηση μιας εικονικής μηχανής για Android και εφαρμογή του μακρινού μηχανισμού εκτέλεσης για Java καθώς και εφαρμογή εικονικών συσκευών αισθητήρων σε πυρήνα Linux ως μορφή module πυρήνα (kernel modules). Το σύστημά στηρίζεται σε δύο εργαλεία, τη μακρινή εκτέλεση και την εικονικοποίηση των συσκευών αισθητήρων. Η μακρινή εκτέλεση έχει την ευθύνη για την εκτέλεση στις κινητές συσκευές, που σημαίνει πως μερικά τμήματα του κώδικα τρέχουν στο κλωνοποιημένο VM αντί στην κινητή συσκευή και στην εικονικοποίηση των συσκευών αισθητήρων που χρησιμοποιούνται ως πηγές δεδομένων αισθητήρων για μακρινή εκτέλεση.



Εικόνα 11.4 : Εικονικοποίηση συσκευής αισθητήρων [39]

Για το παραπάνω χρησιμοποιήθηκε σύστημα x86-based Android για την κινητή εικονική μηχανή, και η RE (Remote Execution) εφαρμόστηκε ως βιβλιοθήκη Java [39],

Οι Klein κ' συν στο [51] προτείνουν την τεχνική των ευφυών σχημάτων πρόσβασης (Intelligent access schemes) με στόχο την αποδοτική διαχείριση πρόσβασης στο δίκτυο μέσα από διαφορετικές Τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης (Radio Access Technologies - RATs). Η διαχείριση ετερογενούς πρόσβασης είναι απαραίτητη (Heterogeneous Access Management - HAM). Οι ασύρματοι πόροι είναι περιορισμένοι λόγω των φυσικών, συγκεκριμένων τεχνολογικά και ρυθμιστικών περιορισμών. Το πλαίσιο που παρέχεται από τα τερματικά, τους κόμβους δικτύων ή τους αισθητήρες που επεκτείνονται στο περιβάλλον του χρήστη, χρησιμοποιούνται για να μειωθεί σημαντικά η σπατάλη των λιγοστών ασύρματων πόρων και για την αποτελεσματική διαχείριση της ασύρματης πρόσβαση μέσα από ετερογενή RATs.

Η προτεινόμενη λύση σχεδιάζεται για ένα ετερογενές σενάριο πρόσβασης με ένα ευρύ φάσμα από διαφορετικές ασύρματες τεχνολογίες πρόσβασης και πληροφορίες πλαισίου. Το προτεινόμενο σχέδιο της Intelligent Radio Network Access (IRNA), λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά και τη θέση του κάθε RAT, προσπαθώντας παράλληλα να φιλοξενήσει τους χρήστες που αντιμετωπίζουν διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες προκειμένου να υπάρξει η καλύτερη δυνατή end-to-end απόδοση.

Οι Giurgiu κ' συν. [54] αναπτύσσουν ένα υλικολογισμικό εφαρμογής (middleware) που μπορεί αυτόματα να διανείμει διαφορετικά στρώματα μιας εφαρμογής μεταξύ της συσκευής και του server, βελτιστοποιώντας έτσι διάφορες παραμέτρους, όπως η λανθάνουσα κατάσταση, η μεταφορά των δεδομένων, το κόστος, κ.λπ. Στον πυρήνα αυτής της προσέγγισης είναι ένα διανεμημένο module διαχείρισης, το οποίο αυτόματα και δυναμικά καθορίζει πότε και ποιες ενότητες της εφαρμογής πρέπει να τερματιστούν, προκειμένου να επιτευχθούν η βέλτιστη απόδοση ή το ελάχιστο κόστος της όλης εφαρμογής. Η ελάχιστη απαίτηση είναι η διεπαφή του χρήστη της εφαρμογής να τρέχει στην πλευρά του πελάτη.

Το MAUI [54] είναι ένα σύστημα που επιτρέπει το offloading του κινητού κώδικα στην υποδομή νέφους σε μικρά κομμάτια. Ο στόχος του MAUI είναι να μεγιστοποιηθεί η ζωή της μπαταρίας της συσκευής ενώ ο κώδικας ξεφορτώνεται. Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη μπορούν καθώς προγραμματίζουν να ορίσουν ποιες μεθόδους μπορούν να ξεφορτωθούν για μακρινή εκτέλεση. Οι σκιαγραφημένες πληροφορίες για τις ήδη offloaded μεθόδους συγκεντρώνονται, και χρησιμοποιούνται αργότερα για να προβλέψουν καλύτερα το ποιές μέθοδοι πρέπει να γίνουν offload. Οι σκιαγραφημένες πληροφορίες, οι μετρήσεις συνδετικότητας δικτύου και οι εκτιμήσεις εύρους ζώνης χρησιμοποιούνται ως παράμετροι εισαγωγής για ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης που λύνεται περιοδικά για να δώσει μια απόφαση για το ποιες μέθοδοι και πότε πρέπει να γίνουν offload.

Τιμολόγηση

Η χρήση των υπηρεσιών στο κινητό υπολογιστικό νέφος περιλαμβάνει και τον φορέα παροχής κινητών υπηρεσιών (mobile service provider - MSP) και τον φορέα παροχής υπηρεσιών νέφους (cloud service provider - CSP). Εντούτοις, οι MSPs και CSPs έχουν διαφορετική διαχείριση υπηρεσιών, διαχείριση πελατών, μεθόδους πληρωμής και τιμές. Επομένως, αυτό θα οδηγήσει σε πολλά ζητήματα, δηλ., το πώς να τεθεί η τιμή, πώς θα διαιρεθεί η τιμή μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων και πώς οι πελάτες θα πληρώνουν. Παραδείγματος χάριν, όταν ένας κινητός χρήστης τρέχει μια κινητή εφαρμογή παιχνιδιού στο νέφος, αυτό περιλαμβάνει το φορέα παροχής υπηρεσιών του παιχνιδιού (που παρέχει μια άδεια παιχνιδιού), τον φορέα παροχής κινητών υπηρεσιών (που έχει πρόσβαση στα δεδομένα μέσω του σταθμού της βάσης) και τον πάροχο υπηρεσιών νέφους. Η τιμή που καταβάλλει ο παίκτης του παιχνιδιού πρέπει να διαιρεθεί από αυτές τις τρεις οντότητες, έτσι ώστε όλες τους να είναι ικανοποιημένες από το μοίρασμα. Είναι σαφές ότι το επιχειρησιακό μοντέλο, συμπεριλαμβανομένης της τιμολόγησης και της διανομής εισοδήματος, πρέπει να αναπτυχθεί προσεκτικά για το κινητό υπολογιστικό νέφος. Μια από τις πρώτες απόπειρες για σχηματισμό μοντέλου τιμολόγησης παρουσιάζουν στο [54] οι Liang κ συν. Παρουσιάζουν ένα οικονομικό μοντέλο κινητού υπολογιστικού νέφους, χρησιμοποιώντας Semi-Markov διαδικασίες απόφασης για την κατανομή των κινητών πόρων του νέφους.

Διαλειτουργικότητα

Η διαλειτουργικότητα αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα όταν οι κινητοί χρήστες πρέπει να αλληλεπιδράσουν και να επικοινωνήσουν με το νέφος. Η τρέχουσα διεπαφή μεταξύ των κινητών χρηστών και του νέφους είναι συνήθως βασισμένη στις διεπαφές Ιστού. Εντούτοις, η χρήση των διεπαφών Ιστού μπορεί να μην είναι η καλύτερη επιλογή. Κατ' αρχάς, η διεπαφή Ιστού δεν σχεδιάζεται συγκεκριμένα για κινητές συσκευές. Επομένως, η διεπαφή Ιστού μπορεί να έχει περιττή πληροφορία. Η HTML5 αναμένεται ως μια ελπιδοφόρος τεχνική για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα. Εντούτοις, μια εκτενής αξιολόγηση απόδοσης και μια μελέτη σκοπιμότητας

πρέπει να διεξαχθούν για να εξασφαλίσουν ότι θα λειτουργήσει αποτελεσματικά στο κινητό υπολογιστικό νέφος.

Στο [48] οι Konachev κ' συν. δείχνουν ότι τα τρέχοντα σχετικά projects καλύπτουν μόνο διαφορετικά υποσύνολα των επιθυμητών κινητών χαρακτηριστικών του νέφους. Επομένως, ένα νέο μοντέλο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού για τις κινητές εφαρμογές, που λειτουργούν με το νέφος, πρέπει να υιοθετηθεί.

12. ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μακροχρόνιο όραμα της πληροφορικής σαν βασική ανάγκη (π.χ όπως ο ηλεκτρισμός) τελικά όπως δείχνουν όλα θα προκύψει με την έξαρση του υπολογιστικού νέφους. Μολονότι υπάρχουν πολλές κατευθύνσεις προς τον ορισμό του υπολογιστικού νέφους, οι εξελίξεις οδηγούν στην παροχή της ολότητας της πληροφορικής ως υπηρεσίας. Το υπολογιστικό νέφος ήρθε πρωτίστως για να μεταμορφώσει τον τρόπο με το οποίο δρούσαν μέχρι τώρα οι επιχειρήσεις και κατέπεκταση την καθημερινότητα του απλού χρήστη.

Συμπερασματικά υπάρχουν τρεις κύριες άμεσα ενδιαφερόμενες κατηγορίες χρηστών του νέφους. Κυρίως οι επιχειρήσεις που αποζητούν μείωση του λειτουργικού κόστους και αύξηση των κερδών, κατόπιν οι κυβερνητικοί οργανισμοί που αποζητούν την ένταξη σε ένα πλαίσιο διαλειτουργικότητας το οποίο όπως έγινε κατανοητό μέσα από την εργασία αυτή είναι σε εμβρυικό στάδιο και τέλος η τρίτη κατηγορία ενδιαφερομένων είναι ο τελικός χρήστης που βιώνει το νέφος ως διαλειτουργική εμπειρία μεταξύ των συσκευών του και ως μέσο εργασιακής συνεργασίας, κοινωνικής δικτύωσης και ψυχαγωγίας.

Γενικότερα, το υπολογιστικό νέφος είναι επεξεργασία, αποθήκευση, λογισμικό και πληροφορία που προσφέρεται στους χρήστες του κατά βούληση μέσω διαδικτύου είτε σε υπολογιστές είτε σε φορητές συσκευές και smartphones.

Από την άποψη των επιχειρήσεων το υπολογιστικό νέφος είναι πολλά υποσχόμενο λόγω του ότι δεν απαιτεί καμία αρχική επένδυση, οι λειτουργικές δαπάνες μειώνονται σημαντικά, δεν υπάρχει φόβος υποχρησιμοποίησης ή εξάντλησης των πόρων (εξελιγκτικότητα), ενώ παράλληλα

ο κίνδυνος αποτυχίας και το κόστος συντήρησης εξοπλισμού μεταφέρονται στο νέφος. Με σωστό σχεδιασμό μια επιχείρηση μπορεί να καταργήσει ολοκληρωτικά το τμήμα IT της.

Από την άποψη του παρόχου νέφους, η κατασκευή πολύ μεγάλων datacenters με χαμηλό κόστος, με χρήση υπολογιστικών μηχανών, αποθήκευσης και προϊόντων δικτύωσης, έδωσε τη δυνατότητα πώλησης εκείνων των πόρων με ένα pay-as-you-go μοντέλο, κάτω του κόστους. Η ιδέα είναι η στατιστική πολύπλεξη (μέσω εικονικοποίησης και της εξισορρόπησης φορτίου) πολλών datacenters, μεταξύ μίας μεγάλης ομάδας πελατών. Συνήθως οι πάροχοι υπολογιστικού νέφους σήμερα είναι εταιρίες που ήδη είχαν τεράστια datacenters (π.χ Google, IBM, Amazon) οπότε δε χρειάστηκε να κάνουν μεγάλες αρχικές επενδύσεις.

Από την άποψη του τελικού χρήστη, το υπολογιστικό νέφος είναι επαναστατικό για το λόγο ότι τα προγράμματα εφαρμογών τείνουν να έχουν ένα κομμάτι που τρέχει στους πελάτες και ένα κομμάτι που τρέχει στο νέφος. Αυτό δίνει τρομερά οφέλη όσον αφορά την υπολογιστική ισχύ, τον αποθηκευτικό χώρο και την κατανάλωση μπαταρίας αν μιλάμε για φορητές συσκευές. Βέβαια το κομμάτι του πελάτη πρέπει να είναι χρήσιμο ακόμα και όταν αποσυνδέεται από το νέφος, το οποίο δεν συμβαίνει στις περισσότερες εφαρμογές σήμερα. Αξίζει να αναφερθεί πως σε αυτή την κατεύθυνση κινείται το λειτουργικό σύστημα Windows 8 Της Microsoft το οποίο δεν θα είναι απλά ένα webOS. Ένα τέτοιο λογισμικό χρειάζεται επίσης ένα μοντέλο χορήγησης αδειών pay-for-use για να ταιριάζει με τις ανάγκες του υπολογιστικού νέφους.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική η έννοια του υπολογιστικού νέφους συνδέεται στενά με εκείνον του IaaS (Infrastructure as a Service), του PaaS (Platform as a Service), του SaaS (Software as a Service) και συλλογικά των *aaS (Everything as a Service) που υπονοούν μια προσανατολισμένη προς τις υπηρεσίες αρχιτεκτονική [56]. Στην ουσία παρουσιάζεται σαν μία στρωμάτωση παροχής υπηρεσιών σε επίπεδα παρόμοια με τα επίπεδα OSI στην αρχιτεκτονική των δικτύων.

Περνώντας στις λύσεις νέφους που υπάρχουν σήμερα βλέπουμε μια αρκετά ευρεία ταξινόμια για κάθε επίπεδο υπηρεσιών της αρχιτεκτονικής του νέφους. Άλλες προσφορές είναι είτε δωρεάν εφαρμογές ανοιχτού κώδικα και ακαδημαϊκά projects είτε μισθωμένες λύσεις που στοχεύουν στις επιχειρήσεις αλλά και στον τελικό χρήστη. Το σίγουρο είναι ότι πολύ συχνά απαιτούνται λύσεις ταυτόχρονα από διαφορετικούς παρόχους με διαφορετικές υλοποιήσεις και τιμολογιακή πολιτική. Σ'αυτές τις περιπτώσεις αναφέρθηκε πως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις συμβάσεις και τα SLA's των εταιριών για να καλύπτεται ο πελάτης από περιστατικά αποτυχίας της εκπλήρωσης των απαιτήσεών του. Πολλές φορές για την υλοποίηση σύνθετων λύσεων με πολλαπλά νέφη, ο σχεδιασμός αναλαμβάνεται από τους λεγόμενους μεσίτες νέφους.

Σ'αυτό το σημείο εισέρχεται και το θέμα της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών παρόχων, πλατφορμών και API καθώς ο τομέας της προτυποποίησης των διαδικασιών στο νέφος είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο λόγω των εμποδίων της ποικιλομορφίας των λύσεων της αγοράς. Πολλές φορές στην έκταση της εργασίας αναφέρεται το κλειδί στην εφαρμογή, στον κατασκευαστή, ή στον πάροχο. Η επιλογή μιας συγκεκριμένης λύσης νέφους μπορεί να περιορίσει τη δυνατότητα να γίνει η μεταφορά προς ένα άλλο νέφος ή σε έναν άλλο κατασκευαστή. Κάποιοι πιστεύουν ότι είναι θέμα χρόνου για το ποια από τις μεγάλες εταιρίες θα περάσει τα πρότυπα της και δεν είναι θέμα των οργανισμών προτυποποίησης. Όπως και να'χει διαφαίνεται αρκετή ακόμα διαδρομή μέχρι την ίδρυση ισχυρών, καθολικών προτύπων διαλειτουργικότητας.

Πολλές πτυχές είναι ακόμα σε ένα πειραματικό στάδιο, όπου ο μακροπρόθεσμος αντίκτυπος στην παροχή και την χρήση είναι μέχρι τώρα άγνωστος. Επιπλέον, η αφθονία των μέχρι τώρα απρόβλεπτων προκλήσεων προκύπτει από την εκμετάλλευση των ικανοτήτων νέφους στον

μεγαλύτερο βαθμό, που περιλαμβάνει ιδιαίτερες πτυχές που προέρχονται από την εξελιξιμότητα και την ετερογένεια των πόρων.

Παρά όλα τα προφανή πλεονεκτήματα του υπολογιστικού νέφους, προκύπτουν και μερικές σημαντικές ανησυχίες. Όπως ήδη προαναφέρθηκε, ανοιχτό είναι το θέμα της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων υπολογιστικού νέφους και της ενδεχόμενης μεταφοράς των εφαρμογών μιας επιχείρησης από ένα υπολογιστικό νέφος σε ένα άλλο. Επίσης ένας από τους κύριους λόγους ανησυχίας πολλών οργανισμών είναι η απώλεια του φυσικού ελέγχου των δεδομένων που μεταφέρονται στο νέφος. Το γεγονός ότι οι πάροχοι δεν παρέχουν εγγυήσεις σχετικά με την ακριβή τοποθεσία αποθήκευσης των δεδομένων ενός οργανισμού και τις διαδικασίες διαχείρισής τους αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα στην υιοθέτηση υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους.

Όσον αφορά την τρέχουσα έρευνα, αν και το υπολογιστικό νέφος έχει υιοθετηθεί ευρέως από τη βιομηχανία, η έρευνα για τον υπολογισμό νέφους είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο και ιδιαίτερα στη σύγκλιση του υπολογιστικού νέφους με τις φορητές συσκευές. Πολλά υπάρχοντα ζητήματα δεν έχουν αντιμετωπιστεί πλήρως, ενώ νέες προκλήσεις εμφανίζονται από τις βιομηχανικές εφαρμογές. Θέματα όπως η αυτοματοποίηση της παροχής πόρων, η μετανάστευση, η διαχείριση κυκλοφορίας, η ασφάλεια και κυρίως η ποιότητα παροχής υπηρεσιών στις κινητές συσκευές καθώς και τα μοντέλα τιμολόγησης σύνθετων συστημάτων και σεναρίων χρήσης χρειάζονται συστηματική και ουσιαστική έρευνα. Παρόλα αυτά το υπολογιστικό νέφος πατάει καλά στην αγορά και γιγαντώνεται θα λέγαμε ανάμεσα στις επιχειρήσεις.

Η ανάπτυξη και ο ανταγωνισμός των φορέων παροχής υπηρεσιών νέφους οδηγούν στο γεγονός ότι στο εγγύς μέλλον αυτές οι υπηρεσίες θα διαφοροποιηθούν σύμφωνα με τον τύπο, το κόστος, τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα. Επιπλέον, σε μερικές περιπτώσεις, ένα μόνο νέφος δεν είναι αρκετό να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του κινητού χρήστη. Επομένως, το νέο σχέδιο που απαιτείται είναι εκείνο στο οποίο οι κινητοί χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν πολλαπλά νέφη με έναν ενοποιημένο τρόπο. Σε αυτήν την περίπτωση, η σχεδίαση πρέπει να είναι σε θέση να ανακαλύψει αυτόματα και να συνθέσει υπηρεσίες για το χρήστη. Μια από τις πιθανές λύσεις αυτού του ζητήματος είναι ο υπολογιστικός ουρανός (Sky Computing), ο οποίος θα είναι το επόμενο βήμα στο υπολογιστικό νέφος. Ο υπολογιστικός ουρανός, θα επιτρέψει στους παρόχους να υποστηρίξουν μια «διανεφική» επικοινωνία και θα επιτρέψει στους χρήστες να τρέξουν κινητές υπηρεσίες και εφαρμογές. Εντούτοις, για να προσφέρεται μια υπηρεσία στον κινητό χρήστη με έναν ενοποιημένο τρόπο, η ολοκλήρωση υπηρεσιών (δηλ., σύγκλιση) θα πρέπει να ερευνηθεί.

Τέλος το κινητό υπολογιστικό νέφος θα είναι μια πηγή προκλητικών ερευνητικών θεμάτων στην επιστήμη της πληροφορικής και των επικοινωνιών για αρκετά από τα επόμενα χρόνια.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. H. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. A. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, M. Zaharia, "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing". Technical Report No. UCB/EECS-2009-28, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley, Φεβρουάριος 2009.
- [2] J. Geelan, "Twenty-One Experts Define Cloud Computing". SYS-CON Media, Inc. 2009.
- [3] Cloud Computing Security Guidance, "Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing V3.0". Cloud Security Alliance, 2011.
- [4] F. Liu, J. Tong, J. Mao, R. Bohn, J. Messina, L. Badger, D. Leaf "NIST Cloud Computing Reference Architecture: *Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*". National Institute of Standards and Technology, Σεπτέμβριος 2011.
- [5] B. Khasnabish, J. Chu, S. Ma, Y. Meng, N. So, P. Unbehagen "Cloud Reference Framework", IETF internet-draft, Δεκέμβριος 2010.
- [6] OpenCrowd.com "Cloud Taxonomy". <http://clountaxonomy.opencrowd.com/>, Ιούλιος 2010.
- [7] A. L. Diaz "Service Level Agreements in the Cloud: Who cares?". Wire Cloudline, Δεκέμβριος 2011.
- [8] Distributed Management Task Force, Inc. (DMTF), "Interoperable Clouds: A White Paper from the Open Cloud Standards Incubator". DMTF Informational, Νοέμβριος 2009.
- [9] VMware & Bluelock, "Cloud Strategy for the Enterprise", VMware Inc. Ιανουάριος 2011.
- [10] Q. Zhang, L. Cheng, R. Boutaba, "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges". Journal of Internet Services and Applications, Springer, Απρίλιος 2010.
- [11] F. Hu, M. Qiu, J. Li, T. Grant, D. Tylor, S. McCaleb, L. Butler, R. Hamner, "A Review on Cloud Computing: Design Challenges in Architecture and Security". Journal of Computing and Information Technology - CIT 19, pp 25–55, 2011.
- [12] OpenNebula Project Leads, "OpenNebula 2.2 : Key Features and Benefits", Μάρτιος 2011.
- [13] code.google.com/appengine/, "What Is Google App Engine?"..
- [14] H. Zhang, G. Jiang, K. Yoshihira, H. Chen, A. Saxena, "Intelligent Workload Factoring for A Hybrid Cloud Computing Model". NEC Laboratories 2009.
- [15] F. Gillett, E. Brown, J. Staten, C. Lee "Future View: The New Tech Ecosystems Of Cloud, Cloud Services, And Cloud Computing". Forrester Research, Inc. Αύγουστος 2008.
- [16] D. C. Wyld, "The Utility of Cloud Computing as a New Pricing – and Consumption – Model for Information Technology". International Journal of Database Management Systems (IJDMS), 1 (1), Νοέμβριος 2009.
- [17] P. Mell, T. Grance, "The NIST Definition of Computing (Draft)". NIST Special Publication 800-145, Ιανουάριος 2011.
- [18] W. Gibson, "Enterprise Software as a Service Market Forecast: The Future is Already Here – It's Just Not Evenly Distributed". Software strategies blog, Σεπτέμβριος 2011.

- [19] Carbon Disclosure Project, "Carbon Disclosure Project Study 2011 Cloud Computing – The IT Solution for the 21st Century". Carbon Disclosure Project, 2011.
- [20] G. S. Machado, D. Hausheer, B. Stiller, "Considerations on the Interoperability of and between Cloud Computing Standards". Communication Systems Group CSG, Department of Informatics IFI, University of Zürich, 2009.
- [21] salesforce.com, "Real-time query optimizer". salesforce.com, inc, 2011.
- [22] InformationWeek.com, "IEEE Targets Cloud Interoperability Standards". InformationWeek, Απρίλιος, 2011.
- [23] FG Cloud, "Terms of Reference of ITU-T Focus Group on Cloud Computing". International Telecommunication Union (ITU), 2011.
- [24] The Open Group, "Leading the development of open, vendor-neutral IT standards and certifications". Open Group, 2011.
- [25] amazon.com, "Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)". Amazon Web Services LLC, 2011.
- [26] ISO/IEC JTC 1/SC 38 Distributed application platforms and services (DAPS), "Draft Study Group on Cloud Computing Report V.2". submitted for SC 38 review in conjunction with SC 38 N 281, Μαΐος 2011.
- [27] T. Hatakeyama, N. Shinoda, T. Onda, "On-demand Middleware Delivery Services for Cloud Computing". FUJITSU Sci. Tech. Journal., Vol. 47, No. 3 Ιούλιος 2011.
- [28] fujitsu.com "Fujitsu Deploys Six-Country Global Cloud Platform". Fujitsu Limited, Ιούνιος 2011.
- [29] nimbusproject.org. "About Nimbus". University of Chicago.
- [30] M. Miller, "Cloud Computing Pros and Cons for End Users". Journal of Network and Computer Applications. informIT, Φεβρουάριος 2009
- [31] M. Miller, "Cloud Computing Pros and Cons for IT Professionals". Journal of Network and Computer Applications. informIT, Φεβρουάριος 2009.
- [32] S. Shang, Y. Wu, B. Wang, J. Jiang, W. Zheng, "An Intelligent Capacity Planning Model for Cloud Market". Tsinghua National Laboratory for Information Science and Technology., 2009.
- [33] R. Pal, P. Hui "On the Economics of Cloud Markets". IEEE International Conference on Services Computing, p.p. 517 – 520, Deutsche Telekom Laboratories, University of Southern California, Φεβρουάριος 2011.
- [34] A. Gera, C.H. Xia, "Learning Curves and Stochastic Models for Pricing and Provisioning Cloud Computing Services". Service Science 3(1), pp. 99-109, SSG 2011.
- [35] A. Narayan, G. Ranjan, D. Kumar, V. Pavithra, S.V. Vasudha "Smart Metering of Cloud Services". International Institute of Information Technology Bangalore. Technical Report IIITB-OS-2011-5A, Απρίλιος 2011.
- [36] P. Upadhyaya, M. Balazinska, D. Suciu "How to Price Shared Optimizations in the Cloud". Μαΐος 2011.
- [37] Cloud Computing Use Case Discussion Group, "Cloud Computing Use Cases Version 2.0". A white paper produced by the Cloud Computing Use Case Discussion Group, Οκτώβριος 2009.
- [38] T. M. Chen, "The Cloud Goes Mainstream". IEEE Network • Ιούλιος/Αύγουστος 2011.

- [39] J. H. Jeong, H.Y. Kim “Cloud Systems and Their Applications for Mobile Devices”. Cloud Security Alliance, December 2009.
- [40] H.T. Dinh, C. Lee, D. Niyato, P. Wang, “A Survey of Mobile Cloud Computing: Architecture, Applications, and Approaches”. Accepted in Wireless Communications and Mobile Computing - Wiley, 2011.
- [41] Z. Li, C. Wang, R. Xu “Computation Offloading to Save Energy on Handheld Devices: A Partition Scheme”. ACM, 2001.
- [42] S. Wang, S. Dey, “Rendering Adaptation to Address Communication and Computation Constraints in Cloud Mobile Gaming,” IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), Ιανουάριος 2011.
- [43] A. Klein, C. Mannweiler, J. Schneider, D. Hans, “Access Schemes for Mobile Cloud Computing,” in Proceedings of the 11th International Conference on Mobile Data Management (MDM), Ιούλιος 2010.
- [44] B.G. Chun, S. Ihm, P. Maniatis, M. Naik, A. Patti, “CloneCloud: elastic execution between mobile device and cloud,” in Proceedings of the 6th conference on Computer systems (EuroSys), Απρίλιος 2011..
- [45] M. Satyanarayanan, P. Bahl, R. Caceres, N. Davies, “The Case for VM-Based Cloudlets in Mobile Computing,” IEEE Pervasive Computing, vol. 8, no. 4, Οκτώβριος 2009.
- [46] K. Keahey, M. Tsugawa, A. Matsunaga, J. Fortes, “Sky Computing,” IEEE Internet Computing Magazine, vol. 13, Σεπτέμβριος 2009..
- [47] M. Satyanarayanan, “Mobile computing: The next decade,” Proc. 11th Intl. Conf. on Mobile Data Management (MDM’10), Kansas, 2010.
- [48] D. Kovachev, Y. Cao, R. Klamma, “Mobile Cloud Computing: A Comparison of Application Models”. Information Systems & Database Technologies RWTH Aachen University.
- [49] X. Fan, J. Cao, H. Mao, “A Survey of Mobile Cloud Computing”. ZTE Communications Magazine, Μάρτιος 2011.
- [50] E. Marinelli, “Hyrax: cloud computing on mobile devices using MapReduce,” Master thesis, Carnegie Mellon University, 2009.
- [51] A. Klein, C. Mannweiler, J. Schneider, and H. Schotten, “Access schemes for mobile cloud computing,” Proc. 11th Intl. Conf. on Mobile Data Management (MDM’10), Kansas, 2010.
- [52] A. Khan, K.K. Ahirwar “Mobile cloud computing as a future of mobile multimedia database”. International Journal of Computer Science and Communication Vol. 2, No. 1, Ιανουάριος/Ιούλιος 2011.
- [53] I. Giurgiu, O. Riva, D. Juric, I. Krivulev, G. Alonso, “Calling the Cloud: Enabling Mobile Phones as Interfaces to Cloud Applications,” in Proceedings of the 10th ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware (Middleware ’09). Urbana Champaign, IL, USA: Springer, Νοεμβριος 2009.
- [54] E. Cuervo, A. Balasubramanian, D.K. Cho, A. Wolman, S. Saroiu, R. Chandra, P. Bahl, “MAUI: Making Smartphones Last Longer with Code Offload,” in Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services, ACM MobiSys 2010.

- [55] H. Liang, D. Huang, D. Peng, "On Economic Mobile Cloud Computing Model". Southwest Jiaotong University, Arizona State University, University of Waterloo, 2010.
- [56] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A.D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, M. Zaharia, "A View of Cloud Computing". communications of the ac m, vol. 53, no. 4. Απρίλιος 2010
- [57] eucalyptus.com, "Eucalyptus Open-Source Cloud Computing Infrastructure - An Overview". Απρίλιος 2011
- [58] A.Khajeh-Hosseini, I.Sommerville, I.Sriram "Research Challenges for Enterprise Cloud Computing" Cloud Computing Co-laboratory School of Computer Science University of St Andrews St Andrews, UK, 2010
- [59] T. Nakamura "Proposal for Candidate Radio Interface Technologies for IMT-Advanced Based on LTE Release 10 and Beyond (LTE-Advanced)" 3rd Workshop on IMT-Advanced Οκτώβριος 2009
- [60] D. G. Andersen, H. Balakrishnan, M. F. Kaashoek, R. N. Rao "Improving Web Availability for Clients with MONET" MIT Computer Science and Artificial Intelligence Lab
- [61] S. Wang, X. S. Wang "In-Device Spatial Cloaking for Mobile User Privacy Assisted by the Cloud" Department of Computer Science, The University of Vermont, Burlington, Vermont, USA