



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπηρεσίες Διαμεσολάβησης στο Διαδύκτιο
των Πραγμάτων

Της
ΔΗΜΗΤΡΑ Γ. ΠΟΛΙΤΗ

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλώματική Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών « Τεχνοοικονομική Διοίκηση Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων », του τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον επιβλέπων καθηγητή κ. Μιχαλακέλη Χρήστο, για την καθοδήγηση και την βοήθεια που μου παρείχε, καθώς και την οικογένειά μου, για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας στην έννοια των Brokering Services που εξελίσσονται παράλληλα με την ραγδαία διείσδυση στην τεχνολογία και κατ' επέκταση στη ζωή μας. Αρχικά, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT) καθώς και μία σειρά από εφαρμογές του.

Ειδικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας ασχολούμαστε πολύ συνοπτικά με την τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT: Internet of Things). Βαθύτερη ανάλυση της συγκεκριμένης τεχνολογίας διεξάγεται στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας όπου παρουσιάζονται κάποιες εφαρμογές του IoT όπως είναι η συνεισφορά του στα Κοινωνικά Δίκτυα (Social Media) καθώς και η χρήση του μέσω του πρωτοκόλλου XMPP που υποστηρίζει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ κόμβων. Παράλληλα στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια να συνδυαστεί η Υπηρεσία Νέφους (Cloud Service) με το διαδίκτυο των πραγμάτων και για αυτόν το λόγο παρουσιάζονται μία σειρά από υλοποιήσεις που πραγματοποιούν το συγκεκριμένο συνδυασμό.

Στο τρίτο κεφάλαιο η εργασία ειδικεύεται στις υπηρεσίες διαμεσολάβησης (Brokering Services) που παρεμβάλλονται ανάμεσα στις διάφορες υπηρεσίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι πολιτικές διαμεσολάβησης και οι εκτελεστικές λειτουργίες των υπηρεσιών διαμεσολάβησης. Ταυτόχρονα, γίνεται εκτενής αναφορά στα επιχειρηματικά μοντέλα του Cloud Computing και στη Διαχείριση Διακομιστών Διαμεσολάβησης σε κατανεμημένα περιβάλλοντα.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας εξάγονται κάποια συμπεράσματα από την παραπάνω ανάλυση και μελέτη της βιβλιογραφίας.

Abstract

In the context of this work, we have focused on the concept of Brokering Services evolving in parallel with the rapid penetration of technology and therefore our lives. Initially, the basics of the Internet of Things (IoT) are presented, as well as a series of applications.

In particular, in the first chapter of the paper we deal very briefly with the technology of the Internet of Things (IoT: Internet of Things). A more in-depth analysis of this technology is carried out in the second chapter of the paper, which presents some IoT applications such as its contribution to Social Media and its use through the XMPP protocol that supports two-way communication between nodes. At the same time, in the second chapter, an attempt is made to combine the Cloud Service with the internet of things and for this reason a series of implementations are presented that carry out the specific combination.

In the third chapter, the paper specializes in Brokering Services, which are among the various services of the Internet of Things. In particular, the mediation policies and the executive functions of the mediation services are presented. At the same time, extensive reference is made to the business models of Cloud Computing and the Management of Intermediary Servers in distributed environments.

The last chapter of the paper draws some conclusions from the above analysis and study of the literature.

Περιεχόμενα

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
Εισαγωγή.....	6
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	7
IoT Internet of Things	7
2.1 Γενικά.....	9
2.2 Εφαρμογές του IoT.....	11
2.3 Internet of Things με το πρωτόκολλο XMPP.....	14
2.4 Bridge between Cloud and IoT.....	18
2.5 Cloud Computing and Internet of Things: Issues and Developments	25
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	29
Brokering Services	29
3.1 Brokering Policies and Execution Monitors for IoT Middleware	29
3.2 Μελέτη επιχειρηματικών μοντέλων Cloud Computing	41
3.3 Διαχείριση Διακομιστών Διαμεσολάβησης σε κατανεμημένα περιβάλλοντα	45
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	49
Συμπεράσματα-Επίλογος	49
5. Βιβλιογραφία	56

Πίνακας Εικόνων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

<i>Εικόνα 2. 1: Internet of Things (πηγή: towardsdatascience.com)</i>	11
<i>Εικόνα 2. 2: Εφαρμογές του IoT (πηγή: www.csoonline.com)</i>	14
<i>Εικόνα 2. 3: Σύγκριση HTTP με XMPP (πηγή: quora.com)</i>	16
<i>Εικόνα 2. 4: Υπηρεσίες Cloud (πηγή: http://fulltotech.info/)</i>	22
<i>Εικόνα 2. 5: Αρχιτεκτονική Cloud Computing (πηγή: computertechinfo.gr)</i>	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

<i>Εικόνα 3. 1 : Αρχιτεκτονική του Cloud Computing</i>	37
<i>Εικόνα 3. 2: Τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής Cloud Πηγή : Buyya, R., Vecchiola, C., & Selvi, S. T. (2013). Mastering cloud computing: foundations and applications programming. Newnes.</i>	38
<i>Εικόνα 3. 3: Η δομή των προσφερόμενων υπηρεσιών</i>	38
<i>Εικόνα 3. 4: Αρχιτεκτονική Middleware</i>	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

<i>Εικόνα 4. 1: Σύνθεση Ροής Εργασίας Υπηρεσιών</i>	51
<i>Εικόνα 4. 2: Ενορχήστρωση Ροής Εργασίας Υπηρεσιών</i>	52
<i>Εικόνα 4. 3: Χορογραφία Ροής Εργασίας Υπηρεσιών</i>	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) θεωρείται ότι είναι ένα μαζικά καταναμημένο σύστημα έξυπνων συσκευών, το καθένα από τα οποία είναι ενδεχομένως εξοπλισμένο με φυσικούς αισθητήρες και ενεργοποιητές. Ωστόσο, δεν είναι η πρώτη ημέρα που αναπτύσσουμε καταναμημένα συστήματα. Δεκαετίες εμπειρίας στην αρχιτεκτονική καταναμημένων συστημάτων έχουν εξελιχθεί στο σχεδιασμό των πλαισίων της Διασύνδεσης. Συγκεκριμένα, το αρχιτεκτονικό στυλ Broker χρησιμοποιήθηκε για τον συντονισμό της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών, έτσι ώστε να μπορούν να αφαιρεθούν οι ιδιαιτερότητες επικοινωνιών δικτύου χαμηλού επιπέδου. Το μοτίβο σχεδιασμού εκδότη-συνδρομητή εφαρμόστηκε για να αποφευχθεί η ανάγκη για την εξέταση της κατάστασης των συνεργαζόμενων συσκευών και για την αποσύνδεση μεταξύ αποστολέων μηνυμάτων και δεκτών.

Ωστόσο, η εφαρμογή συστημάτων βασισμένων σε συμβάντα στο πλαίσιο των εμπορικών πλαισίων IoT έχει μια συστροφή και αυτή είναι η συγκέντρωση του μηχανισμού ειδοποίησης σε μια πλατφόρμα cloud. Αυτό είναι κατανοητό καθώς η εφαρμογή που βασίζεται σε σύννεφο προσφέρει το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους διαμόρφωσης και συντήρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

IoT Internet of Things

Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things) ονομάζεται το δίκτυο συσκευών που μεταδίδουν/αξιοποιούν δεδομένα από το φυσικό περιβάλλον για να παρέχουν κάποια υπηρεσία και μπορούν να επικοινωνούν (και) μέσω διαδικτύου. Π.χ. μπορεί αυτό να είναι ένα έξυπνο τηλέφωνο (smartphone) ή ένας αισθητήρας υγρασίας εδάφους σε ένα χωράφι, που στέλνει μετρήσεις σε κάποια διαδικτυακή υπηρεσία μέσω του GSM δικτύου. Έχουμε ήδη παγκοσμίως, περίπου 18 δισεκατομμύρια συσκευές που μπορούν να συνδεθούν στο διαδίκτυο και προβλέπεται να φτάσουν στις 50 δις, μέχρι το 2020. Το μεγαλύτερο μέρος από αυτές δεν είναι υπολογιστές με παραδοσιακή μορφή (smartphone/laptop/tablet), αλλά είναι “πράγματα” (Things), δηλαδή κάποιο άλλο είδος συσκευής με αισθητήρες ενσωματωμένους.

Όλες αυτές οι συνδεδεμένες συσκευές που απαρτίζουν σήμερα το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, χρησιμοποιούνται προκειμένου να συλλέξουν πληροφορίες από το περιβάλλον και την ανθρώπινη δραστηριότητα. Στόχος είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων και η αποφυγή απρόβλεπτων γεγονότων [1].

Η συλλογή δεδομένων κρίνεται απαραίτητη στους παρακάτω τομείς:

- Παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών, για την αποφυγή ακραίων φυσικών καταστροφών, εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποιότητα του νερού και του αέρα κ.α.
- Κατασκευαστικό και βιομηχανικό τομέα, για τον πλήρη αυτοματισμό και έλεγχο της κατασκευαστικής διαδικασίας.
- Διαχείριση ενεργειακών πόρων, για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης.

- Έλεγχος και επίβλεψη συστημάτων μέσω μεταφοράς, όπως έξυπνα φανάρια, σύστημα αυτόματου παρκαρίσματος κ.α.
- Απομακρυσμένη ιατρική βοήθεια, σε περιπτώσεις που ο ασθενής βρεθεί σε κρίσιμη κατάσταση ειδοποιείται άμεσα ο γιατρός.
- Αυτοματοποιημένα σπίτια, για το έλεγχο όλων των ηλεκτρικών συσκευών ενός σπιτιού.

Το Web Of Things είναι ένας όρος ο οποίος χρησιμοποιείται έτσι ώστε να περιγράψουμε την αρχιτεκτονική των εφαρμογών και τα πρότυπα προγραμματισμού τα οποία επιτρέπουν στα αντικείμενα να είναι μέρος του ίντερνετ. Το Web Of Things προορίζεται να επιτρέψει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των πλατφορμών IoT και των τομέων εφαρμογών. Κατά κύριο λόγο, παρέχει μηχανισμούς για να περιγράψει επίσημα τις διασυνδέσεις IoT έτσι ώστε να επιτραπεί στις συσκευές και στις υπηρεσίες του Internet of Things να επικοινωνούν μεταξύ τους, ανεξάρτητα από την υλοποίησή τους με βάση πολλαπλά πρωτόκολλα δικτύωσης.

Επίσης, παρέχει ένα συγκεκριμένο τρόπο καθορισμού και προγραμματισμού της συμπεριφοράς του IoT. Έτσι, η διασύνδεση των συσκευών, καθώς και ο προγραμματισμός τους, γίνεται απλούστερος, ευκολότερος και πολύ πιο γρήγορος ειδικά αν έχουμε να κάνουμε με τη διασύνδεση πολλών συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών. Το Web of Things, βασίζεται μόνο στο Layer 7 του OSI model (Application Layer) το οποίο έχει να κάνει μόνο με τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες που τρέχουν και τα δεδομένα. Δουλεύοντας στο Layer 7, δεν είναι τόσο δύσκολο να διασυνδέσουμε δεδομένα και υπηρεσίες από πολλαπλές εφαρμογές. Αντίστοιχα το IoT βασίζεται κυρίως, όπως θα δούμε και παρακάτω, σε πρωτόκολλα επικοινωνίας και μεταφοράς δεδομένων όπου είναι πιο δύσκολο να προγραμματιστούν και να "μιλήσουν" μεταξύ τους. Στο Web of Things, οι συσκευές και οι υπηρεσίες τους είναι πλήρως ενσωματωμένα στο διαδίκτυο, διότι χρησιμοποιούν τα ίδια πρωτόκολλα και τις ίδιες τεχνικές όπως τα παραδοσιακά Web sites. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να δημιουργήσουμε εφαρμογές οι οποίες αλληλεπιδρούν με τις συσκευές, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως θα κάναμε για την αλληλεπίδραση με μια άλλη Web εφαρμογή η οποία χρησιμοποιεί Web APIs, ιδιαίτερα ε RESTful αρχιτεκτονικές. Σε σύγκριση με άλλα πρωτόκολλα που διέπουν το Internet of Things, ο προγραμματισμός πίσω από το Web of Things είναι σημαντικά πιο απλός στην εκμάθηση και τη χρήση του. Αυτό

βοηθάει πολύ όσους θέλουν να εμπλακούν στο προγραμματισμό αντικειμένων για το IoT και έχουν βασικές γνώσεις προγραμματισμού Web ιστοσελίδων ή εφαρμογών [2].

2.1 Γενικά

Η σύγχρονη εποχή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως εποχή ανάπτυξης του Internet of Things. Οι απαραίτητες τεχνολογίες υπάρχουν και συνεχίζουν να βελτιώνονται. Το διαδίκτυο πλέον, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αποτελεί κυρίαρχη και καθιερωμένη διασυνδεδεμένη τεχνολογία.

Νέες τεχνολογίες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων έχουν αναπτυχθεί και εξελίσσονται συνεχώς. Μερικές από αυτές αναπτύχθηκαν για την κινητή τηλεφωνία. Κάποιες τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αποστάσεων (π.χ. GPRS, LTE, LoRaWan), ενώ άλλες μικρότερων, για τη δημιουργία τοπικών ασύρματων δικτύων (π.χ. WiFi, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN).

Το Internet of Everything (IoE), είναι μια έννοια η οποία καθιερώθηκε από την εταιρεία Cisco. Αυτή η έννοια περιλαμβάνει όλη τη δικτυωμένη επικοινωνία μεταξύ, των ανθρώπων, των διαδικασιών, των δεδομένων και των αντικειμένων. Σήμερα, τα περισσότερα άτομα συνδέονται μέσω της χρήσης συσκευών και κοινωνικών δικτύων. Καθώς το IoE αναπτύσσεται, θα συνδεόμαστε με νέους και πολλαπλούς τρόπους. Τα “wearables” ήδη αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο συνδεόμαστε. Με τη σωστή επεξεργασία, οι συνδέσεις μπορούν να μετατραπούν σε χρήσιμες πληροφορίες καθώς η σωστή πληροφορία μεταφέρετε στο σωστό άτομο τη σωστή χρονική στιγμή κατά τον πιο αποδοτικό τρόπο. Εκτός από μόνο τα δεδομένα να συνδέονται με αντικείμενα –με στόχο την ανάλυση- παρέχουν όλο και περισσότερο πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο από τους ανθρώπους όσο και από τα μηχανήματα για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων και την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων. Το IoE έχει δημιουργηθεί, από πολλές τεχνολογίες μαζί, συμπεριλαμβανομένου και του Internet of Things. Τα στοιχεία του IoE είναι τα εξής:

Άνθρωποι: Οι άνθρωποι θα συνεχίσουν να συνδέονται μέσω των συσκευών τους όπως τα κινητά τηλέφωνα, τους υπολογιστές ή τα tablets καθώς επίσης και μέσω των κοινωνικών δικτύων όπως το Facebook ή το LinkedIn. Όσο το IoE αυξάνεται, η αλληλεπίδραση με τους ανθρώπους πρόκειται να εξελιχθεί επίσης. Πιθανώς να είναι φυσιολογικό σε μερικά χρόνια να φοράμε αισθητήρες στο δέρμα ή στα ρούχα μας με σκοπό τη συλλογή δεδομένων που θα στέλνονται σε οργανισμούς υγείας όπως

νοσοκομεία. Ορισμένοι ερευνητές πιστεύουν ότι ακόμα και οι άνθρωποι μπορεί να γίνουν μεμονωμένοι κόμβοι που παράγουν μια σταθερή ροή στατιστικών δεδομένων.

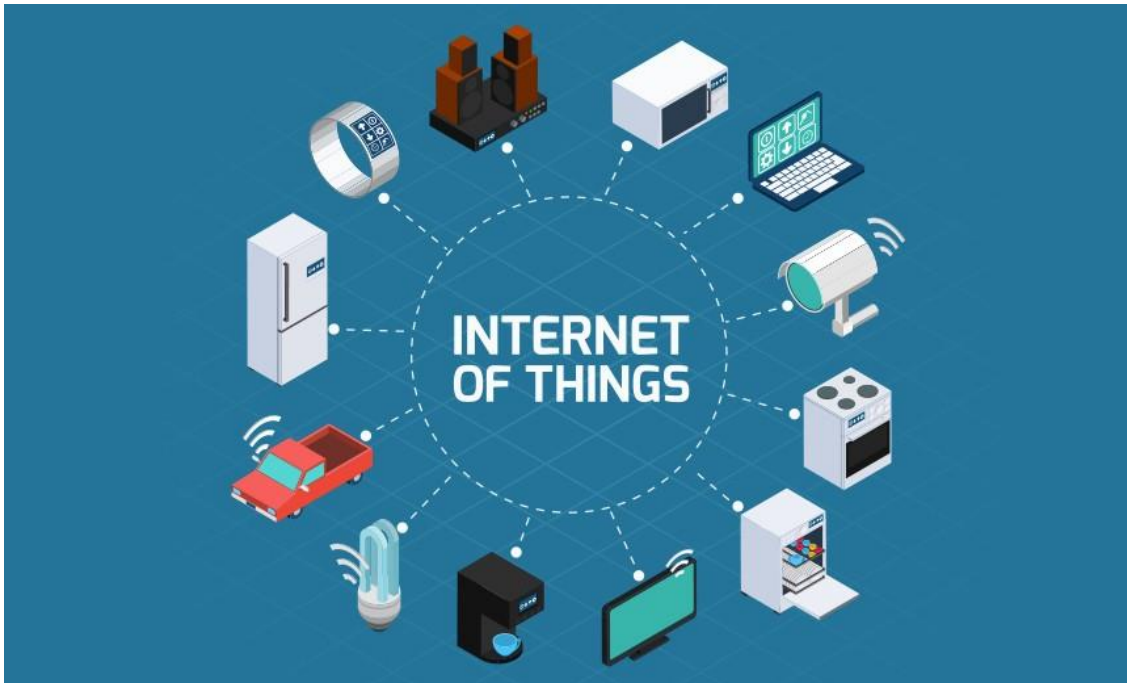
Διαδικασίες: Αυτό περιλαμβάνει τη τεχνολογία, τις επιχειρήσεις, τους οργανισμούς και άλλες διαδικασίες που θα απαιτηθούν προκειμένου να υπάρξει διαχείριση, και κατά ένα μεγάλο μέρος και αυτοματοποίηση, της εκρηκτικής ανάπτυξης των συνδέσεων και της επακόλουθης συσσώρευσης, ανάλυσης και επικοινωνίας των δεδομένων που θα είναι αναπόφευκτα στο Internet of Things. Οι διαδικασίες, παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στο πως οι οντότητες άνθρωποι-δεδομένα-αντικείμενα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και προσφέρουν κοινωνικό και οικονομικό όφελος.

Πράγματα: Σ' αυτό το στοιχείο, περιλαμβάνονται όλοι οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές, οι κόμβοι και οποιαδήποτε άλλη συσκευή είναι ή θα είναι ικανή να συνδεθεί στο διαδίκτυο και να μοιραστεί πληροφορίες. Για παράδειγμα 'πράγματα' στο ΙοΕ μπορεί να είναι έξυπνοι μετρητές οι οποίοι επικοινωνούν την κατανάλωση ενέργειας, τα ρομπότ σε μια γραμμή παραγωγής που αυτοματοποιούν τις εργοστασιακές εργασίες ή ακόμα και τα έξυπνα συστήματα μεταφοράς που προσαρμόζονται στις κυκλοφοριακές συνθήκες.

Δεδομένα: Σήμερα, οι συσκευές κυρίως συλλέγουν δεδομένα αντί να διαμοιράζουν στο Internet σε μια κεντρική πηγή όπου επεξεργάζονται και αναλύονται. Τα δεδομένα αυτά, αναμένεται να ξεπεράσουν τα σημερινά μεγαλύτερα δεδομένα που παράγονται από τα κοινωνικά δίκτυα. Πολλά από αυτά τα δεδομένα έχουν πολύ παροδική αξία. Για την ακρίβεια τα δεδομένα αυτά εξαφανίζονται σχεδόν όσο γρήγορα δημιουργούνται. Ως αποτέλεσμα έχουμε ότι δεν αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που παράγονται. Καθώς οι δυνατότητες των συσκευών που συνδέονται στο ΙοΕ αυξάνονται, θα γίνουν πιο έξυπνες και θα ξεπεραστούν εμπόδια του παραδοσιακού τρόπου ανάλυσης δεδομένων, συνδυάζοντας τα δεδομένα σε πιο χρήσιμες πληροφορίες. Εκτός από το να απεικονίζονται ωμά δεδομένα, τα διασυνδεδεμένα αντικείμενα σύντομα θα στέλνουν πληροφορίες υψηλότερου επιπέδου στις μηχανές, τους υπολογιστές ή τους ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο για περαιτέρω αξιολόγηση και λήψη αποφάσεων.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι ήδη ορατά καθώς από δημοσιεύσεις της εταιρείας βλέπουμε ότι σε παραδείγματα καθημερινής χρήσης σε δήμους κατάφεραν να εξοικονομήσουν σημαντικά ποσά. Για παράδειγμα στη Φιλανδία έχουν εγκατασταθεί αισθητήρες σε κάδους και στέλνουν σήμα κάθε φορά που θα πρέπει να περάσει κάποιος αρμόδιος για άδειασμα του κάδου. Αυτό έχει καταφέρει να μειώσει τα έξοδα μετακίνησης των δήμων κατά 40 %. Έτσι μπορούμε να καταλήξουμε

στο συμπέρασμα ότι μέσα στην επόμενη δεκαετία, το ΙοΕ μπορεί να συμβάλει στην οικονομία των κυβερνήσεων, να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και τη παραγωγικότητα και να δημιουργήσει νέα έσοδα, ενισχύοντας τα οφέλη των πολιτών. Μιλώντας με νούμερα, η Cisco, θεωρεί πως θα μειωθούν δραματικά τα κόστη συντήρησης του δημόσιου τομέα και συγκεκριμένα 100 δις δολάρια πρόκειται να εξοικονομηθούν από τα έξυπνα κτήρια στον τομέα της ενέργειας και 39 δις στην κατανάλωση του νερού [3].



Εικόνα 2. 1: Internet of Things (πηγή: towardsdatascience.com)

2.2 Εφαρμογές του ΙοΤ

Η μελλοντική εξέλιξη του διαδικτύου των αντικειμένων θεωρείται πως θα είναι τα κοινωνικά δίκτυα των αντικειμένων (social internet of Things ή εν συντομία SIoT) . Η ιδέα αυτή δεν είναι παλιά, καθώς ο L. Atzori είχε προβλέψει την ανάπτυξη του παραδείγματος κάποια χρόνια πριν. Η ιδέα αυτή είναι ότι έξυπνα αντικείμενα επικοινωνούν μεταξύ τους σχηματίζοντας κοινωνικά δίκτυα. Εκμεταλλευόμενοι τα κοινωνικά δίκτυα, το SIoT προσφέρει: 1) πλοήγηση δικτύου, με σκοπό την ευέλικτη και επεκτάσιμη παροχή υπηρεσιών και αναγνώριση αντικειμένων. 2) Εκμετάλλευση των μοντέλων των κοινωνικών δικτύων έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες του διαδικτύου των αντικειμένων αι συναφών αντικειμένων.

3) Δημιουργία ενός επιπέδου εμπιστοσύνης μεταξύ των αντικειμένων που είναι «φίλοι» στα κοινωνικά δίκτυα. Τα έξυπνα αντικείμενα, είναι ικανά να διαδίδονται στο δίκτυο μέσω αναζήτησης νέων φίλων και «φίλων των φίλων». Επιπλέον, σε μια άλλη έρευνα για το SIoT, οι συγγραφείς εισήγαγαν μια νέα αρχιτεκτονική. Μελετώντας πολλές διαφορετικές δομές, τύπους υπηρεσιών και εφαρμογές κατέληξαν στη κατηγοριοποίηση των διαφόρων κοινωνικών σχέσεων μεταξύ των έξυπνων αντικειμένων. Συγκεκριμένα, ονομάτισαν πέντε τύπους σχετικά με τις σχέσεις των αντικειμένων:

- 1) Γονική
- 2) Συν-εγκατάσταση
- 3) Συνεργασία
- 4) Ιδιοκτησία
- 5) Κοινωνική

Σε πρόσφατη έρευνα που πραγματοποίησε η Vodafone δημοσιοποίησε το πέμπτο ετήσιο Βαρόμετρο του IoT (IoT Barometer), την κορυφαία, διεθνή έρευνα επιχειρηματικού κλίματος αναφορικά με τις επενδύσεις και την καινοτομία στο Internet of Things. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μέσω συνεντεύξεων με σχεδόν 1.300 στελέχη επιχειρήσεων σε 13 χώρες (ΗΠΑ, Βραζιλία, Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Ιταλία, Ισπανία, Νότια Αφρική, Κίνα, Ινδία, Ιαπωνία, Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία). Σύμφωνα με την έρευνα IoT Barometer: το 84% των επιχειρήσεων που υιοθέτησαν λύσεις IoT αναφέρουν ότι η αξιοποίηση του IoT ενισχύθηκε σε σχέση με το προηγούμενο έτος, το 51% των εταιρειών που χρησιμοποιούν υπηρεσίες IoT σημειώνουν ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία αυξάνει τα έσοδά τους ή δημιουργεί νέες πηγές εσόδων, το 66% του συνόλου των εταιρειών συμφωνεί ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός είναι αδύνατος χωρίς το IoT και, τέλος, το ποσοστό των εταιρειών που διαθέτουν περισσότερες από 50.000 διασυνδεδεμένες συσκευές διπλασιάστηκε τους τελευταίους 12 μήνες, σε διεθνές επίπεδο. Οι χρήστες μεγάλης κλίμακας καταγράφουν επίσης ορισμένα από τα σημαντικότερα επιχειρηματικά οφέλη, με το 67% εξ αυτών να επισημαίνουν ότι έχουν αξιόλογες αποδόσεις από την χρήση του IoT. Οι εταιρείες ενέργειας και οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας βρίσκονται στην πρώτη γραμμή των μεγαλύτερων έργων IoT διεθνώς, με εφαρμογές όπως η «έξυπνη» μέτρηση (smart metering) και η παρακολούθηση της λειτουργίας αγωγών (pipeline monitoring).

Παράλληλα, το εύρος των πλεονεκτημάτων, τα οποία οι χρήστες απολαμβάνουν από την χρήση του IoT, διευρύνεται όσο η υιοθέτησή του αυξάνεται. Η μεγαλύτερη επιχειρηματική γνώση, το μειωμένο κόστος και η αυξημένη παραγωγικότητα των εργαζομένων βρίσκονται στις πρώτες θέσεις της λίστας διεθνώς. Το ζήτημα της ασφάλειας στο IoT παραμένει το μεγαλύτερο εμπόδιο για την υιοθέτησή του από τις επιχειρήσεις. Ωστόσο, σε εταιρείες με 10.000 ή και περισσότερες διασυνδεδεμένες συσκευές σε λειτουργία, μόλις το 7% αναφέρει ότι τους προβληματίζει η ασφάλεια. Οι επιχειρήσεις κάνουν περισσότερα βήματα για την αντιμετώπιση των θεμάτων ασφαλείας, αναλαμβάνοντας πρωτοβουλίες όπως είναι η αύξηση της εκπαίδευσης γύρω από την ασφάλεια.

Στο κομμάτι του υλικού (hardware), οι επεξεργαστές εξακολουθούν να γίνονται ολοένα μικρότεροι και ισχυρότεροι. Τα κινητά τηλέφωνα τείνουν να αποτελούν μικρό αλλά ικανό υπολογιστή, με πρόσβαση στο διαδίκτυο. Τέτοιες δυνατότητες, αρχίζουν να διαθέτουν και συσκευές ακόμα μικρότερες από κινητά, όπως τα έξυπνα ρολόγια. Μικροί, χαμηλού κόστους, με πολλές δυνατότητες και εύκολοι στην χρήση μικροεπεξεργαστές, μερικοί με δυνατότητες σύνδεσης σε ασύρματα δίκτυα και το διαδίκτυο κυκλοφορούν στο εμπόριο (π.χ. Atmel, Parallax, Arduino, Raspberry Pi, ARM). Με αυτούς τους μικροεπεξεργαστές, ερευνητές, φοιτητές, ακόμα και μη ειδικοί ή παιδιά μπορούν να πειραματιστούν και να δημιουργήσουν με τις νέες τεχνολογίες, αναπτύσσοντας δικές τους ιδέες.

Οι παραπάνω εξελίξεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν αρκετές να υποστηρίξουν την ανάπτυξη του Internet of Things. Ωστόσο, η διείσδυσή του στον κόσμο γίνεται με σχετικά αργούς ρυθμούς. Πολλές από τις εμπορικές εφαρμογές έχουν επικριθεί για πλεονασμό, έλλειψη ασφάλειας και ελάχιστη αξία χρήσης. Ποια είναι τα εμπόδια που καθυστερούν την ανάπτυξη και διάδοση του IoT; Η απάντηση δίνεται με νέα ερώτηση: Είναι αρκετή μόνο η ύπαρξη της τεχνολογίας; Η ερώτηση αυτή αποτελεί ‘‘τροφή για σκέψη’’, ώστε να προκύψουν νέα ερωτήματα: Ποια η κατεύθυνση του IoT; Ποια ζητήματα προκύπτουν στον κόσμο από αυτό; Ποιος και πώς πρέπει να αντιμετωπίσει τα ζητήματα αυτά; Η σημασία των παραπάνω ερωτημάτων είναι πλέον αντιληπτή από την επιστημονική κοινότητα, η οποία προσπαθεί με νέες έρευνες να εστιάσει στην επίλυσή τους [4].

χρησιμοποιούνται είναι δομημένα με βάση το XML (eXtensible Markup Language). Προτυποποιείται στα RFC 6120 και RFC 6121 (αρχικά RFC 3920 και RFC 3921).

Με αρχική ονομασία Jabber το 1999, το πρωτόκολλο XMPP στόχευε αρχικά σε υπηρεσίες Instant Messaging (άμεσων μηνυμάτων). Ωστόσο, οι δυνατότητες επέκτασής του, το έκαναν κατάλληλο για χρήση σε σχεδόν οποιαδήποτε εφαρμογή μεταφοράς δεδομένων είτε μεταξύ ανθρώπων (Streaming, Social Networks, κλπ), είτε μεταξύ μηχανών (M2M – Machine to Machine, Online Gaming, Internet of Things κλπ).

Η τοπολογία του XMPP βασίζεται στους XMPP Clients. Οι Clients συνδέονται στον XMPP Server δημιουργώντας έτσι ένα δίκτυο. Συνεπώς, σκόπιμο είναι να καθοριστεί το τι οντότητες, στα πλαίσια του IoT, μπορούν να αποτελέσουν XMPP Clients:

- Things (sensors, actuators κλπ)
- φυσικά άτομα / προσωπικοί λογαριασμοί
- γενικότερα συσκευές (smartphone, computer, concentrator)
- Αλλά και υπηρεσίες δικτύου που τρέχουν σε υπολογιστή ή cloud και μπορούν να προστίθενται δυναμικά

Διακρίνεται οπότε μία ελευθερία/πολυμορφία σχετικά με τις μορφές των οντοτήτων που μπορούν να συνυπάρξουν στο IoT δίκτυο ως XMPP Clients. Ο XMPP Server από την μεριά του μπορεί να ορίσει ένα κλειστό, ως προς τον έξω κόσμο, IoT δίκτυο. Η οποιαδήποτε δυνατότητα ή περιορισμός εξωτερικής διασύνδεσης ορίζεται και ελέγχεται από αυτόν. Αυτό το στοιχείο προσδίδει ένα βασικό χαρακτηριστικό ασφάλειας και ελέγχου [5]. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η σύγκριση μεταξύ του HTTP πρωτοκόλλου και του XMPP πρωτοκόλλου.

υ XMPP Servers: Χαρακτηρίζονται από ένα domain name (πχ jabber.ntua.gr) και μπορούν να επικοινωνούν με άλλους servers, υποστηρίζοντας την επικοινωνία μεταξύ των clients που ανήκουν σε αυτούς.

υ XMPP Clients: Χαρακτηρίζονται από μία ταυτότητα Jid (Jabber Id) της μορφής user@domain, όπου user : το όνομα χρήστη του client (πχ tasos) domain : το domain name του server στον οποίο είναι εγγεγραμμένος (πχ jabber.ntua.gr) Ωστόσο κάποιος χρήστης μπορεί να συνδεθεί από διαφορετικά μέρη/συσκευές ταυτόχρονα. Για τον σκοπό αυτό το Jid υποστηρίζει την προαιρετική χρήση ενός επιπλέον μέρους, του resource.

- Clients μπορούν να αποτελούν :

υ άτομα

υ τοποθεσίες (home, office, room)

υ συσκευές (smartphone, computer, concentrator)

υ αισθητήρες ή controllers

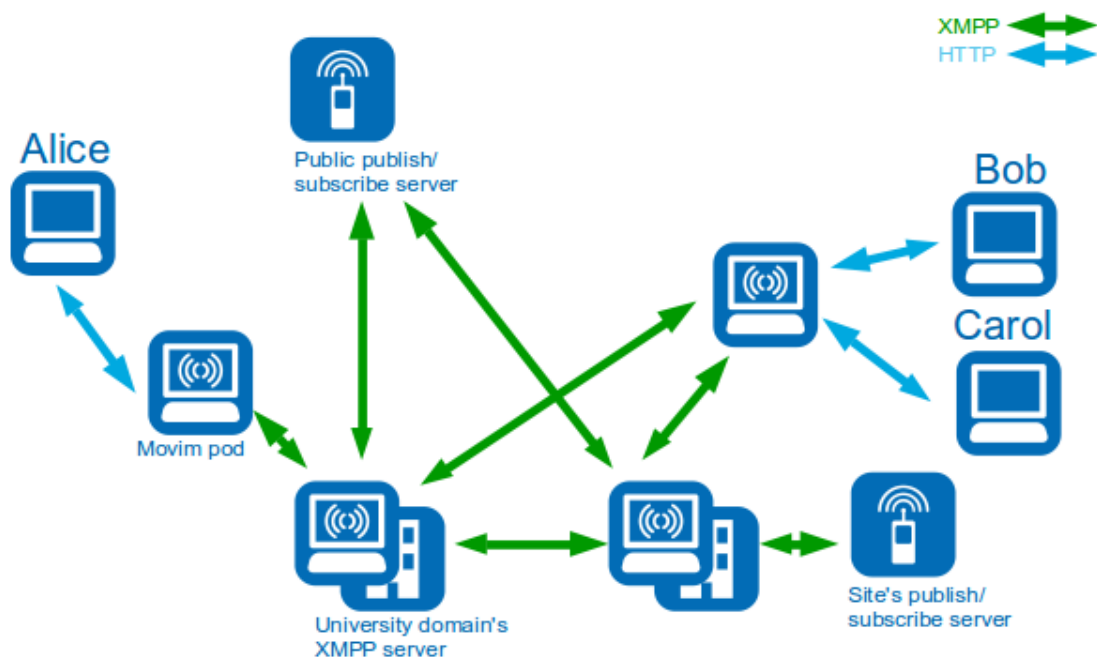
υ υπηρεσίες οι οποίες μπορούν να δημιουργούνται δυναμικά και να τρέχουν σε κάποια συσκευή, αλληλοεπιδρώντας με όλα τα παραπάνω (πχ υπηρεσία που συγκεντρώνει δεδομένα και τα διαθέτει σε ιστοσελίδα / υπηρεσία που διαχειρίζεται τον έλεγχο συσκευών)

- Servers :

υ καθορίζουν τα όρια του δικτύου / πόσο κλειστή είναι η ομάδα αλληλεπίδρασης (πχ person's server, home server, building server, community server, city server, national server, global server, ...)

υ μπορούν να συνδεθούν με peer servers, διευρύνοντας τα όρια του δικτύου (πχ building server <-> community server, city server <-> national server)

υ σημαντικό ζήτημα να υλοποιούν βασικές υπηρεσίες που ορίζουν τα XEP για IoT, όπως Provisioning και Discovery



Εικόνα 2. 3: Σύγκριση HTTP με XMPP (πηγή: quora.com)

Ο XMPP Standards Foundation έχει δημιουργήσει πολλές επεκτάσεις του πρωτοκόλλου, λεγόμενες ως XEP. Μέχρι στιγμής υπάρχουν πάνω από 380 XEPs και δημοσιεύονται νέα συνεχώς (<https://xmpp.org/extensions/>). Τα XEP που έχουν αναπτυχθεί καθαρά για την χρήση του πρωτοκόλλου σε IoT projects είναι τα εξής:

- υ XEP-0323 Internet of Things - Sensor Data
- υ XEP-0324 Internet of Things - Provisioning
- υ XEP-0325 Internet of Things - Control
- υ XEP-0326 Internet of Things - Concentrators
- υ XEP-0347 Internet of Things - Discovery
- υ XEP-0381 Internet of Things - Special Interest Group (IoT SIG)

Τα Sensor Data και Control αφορούν την είσοδο δεδομένων αισθητήρων και αποστολή δεδομένων ελέγχου σε συσκευές. Τα Discovery και Provisioning αφορούν την ανακάλυψη των ενεργών συσκευών και τον έλεγχο της επικοινωνίας μεταξύ τους. Όλες οι επεκτάσεις σχεδιάστηκαν με προτεραιότητα την απλότητα, ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν σε συσκευές με περιορισμένες δυνατότητες [6].

Σε εφαρμογές IoT είναι επιτακτική η χρήση μικρών συσκευών, με περιορισμένες δυνατότητες, λόγω κόστους (παραγωγής και λειτουργίας). Τέτοιες συσκευές μπορεί να είναι αισθητήρες που παρέχουν δεδομένα σε κάποιον data broker.

- υ XEP-0322 Efficient XML Interchange (EXI) Format (<https://xmpp.org/extensions/xep0322.html>)

Το XEP περιγράφει πως η τεχνική συμπίεσης EXI μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυα XMPP. Η τεχνική EXI δημιουργήθηκε από την W3C, με σκοπό την μετάδοση XML αρχείων ως δυαδικά. Η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται περιορίζει την πολυλογία, αλλά και το κόστος ανάλυσης που διακρίνουν το XML. Συνεπώς, προσφέρει την δυνατότητα μεταφοράς XML δεδομένων σε συσκευές με λιγότερη μνήμη (αφού ο όγκος των δεδομένων είναι μικρότερος) και χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος (αφού υπάρχει λιγότερη μετάδοση δεδομένων και είναι ευκολότερη η ανάλυσή τους).

- υ XEP- (0323-0326, 0347, 0381) Internet of Things

Τα XEP που δημιουργήθηκαν για IoT έχουν ως βασική αρχή την απλότητα, ώστε να είναι κατάλληλα για υλοποίηση σε μικρές συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων [7]. Περιγράφει το Read-Out Request, σύμφωνα με το οποίο ένας χρήστης (Jid) ζητάει τιμές πεδίων από μία ή περισσότερες συσκευές ενός άλλου χρήστη. Τα πεδία μπορούν να προσδιορίζουν αν οι τιμές είναι στιγμιαίες μετρήσεις, υπολογισμένες τιμές,

ακρότατα, αποθηκευμένες τιμές, χρόνος, κα. Οι τιμές μπορούν να είναι λογικές, αριθμητικές, κείμενο, ακέραιες, χρονικές κα. Επίσης προβλέπεται ο καθορισμός της μονάδας μέτρησης. Μπορούν να ζητηθούν ένα, περισσότερα ή όλα τα πεδία, από μία ή περισσότερες συσκευές (nodeId), εφόσον αυτές ανήκουν στο Jid (μέσω concentrator αν είναι πολλές) που στέλνεται το request. Χρησιμοποιείται το μοντέλο request – response, συνεπώς η επικοινωνία είναι σύγχρονη. Αυτό δεν είναι αποδοτικό για δίκτυα αισθητήρων που παρέχουν συνεχή δεδομένα. Στην περίπτωση αυτή είναι προτιμότερο το μοντέλο publish – subscribe [8].

2.4 Bridge between Cloud and IoT

Το Υπολογιστικό Νέφος είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει εύκολη, ευέλικτη, κατά απαίτηση «on-demand» και απεριόριστη δικτυακή πρόσβαση σε μια συλλογή παραμετροποιήσιμων υπολογιστικών πόρων (δίκτυο, διακομιστές, αποθήκευση, εφαρμογές και υπηρεσίες), οι οποίοι μπορούν να δεσμευτούν και να απελευθερωθούν γρήγορα με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια και αλληλεπίδραση από το χρήστη. Αυτό το μοντέλο αποτελείται από τρία μοντέλα παροχής υπηρεσιών και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης.

Η αυξανόμενη ζήτηση του κοινού για το Υπολογιστικό Νέφος δείχνει ότι αυτή η νέα τεχνολογία προσφέρει πολλά οφέλη στους χρήστες και τις επιχειρήσεις.

- **Μειωμένο Κόστος**

Οι χρήστες που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν εφαρμογές ή υπηρεσίες που παρέχονται από το Νέφος επωφελούνται οικονομικά. Η συντήρηση και οι αναβαθμίσεις του λογισμικού είναι αποκλειστική ευθύνη του πάροχου και όχι του χρήστη. Έτσι αποφεύγεται η πρόσληψη νέου εξειδικευμένου προσωπικού από τις επιχειρήσεις. Επίσης, ο εξοπλισμός που χρειάζεται μια εταιρεία μειώνεται, καθώς οι υπηρεσίες φιλοξενούνται σε απομακρυσμένους εξυπηρετητές και αρκεί οποιαδήποτε συσκευή με πρόσβαση στο διαδίκτυο ώστε αυτές να χρησιμοποιηθούν.

- **Ευελιξία**

Η πρόσβαση σε υπηρεσίες που παρέχει το Νέφος πραγματοποιείται από οποιαδήποτε τοποθεσία ή χρονική στιγμή ζητήσει ο χρήστης, με δεδομένη την ύπαρξη σύνδεσης στο δίκτυο.

- **Ελαστικότητα**

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται τους πόρους που του παρέχει το Νέφος σύμφωνα με τις ανάγκες του. Με αυτόν τον τρόπο οι καταναλωτές μπορούν να

αυξάνουν υπολογιστική ισχύ (αποθηκευτικό χώρο, μνήμη κ.α.) ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή να απελευθερώνουν πόρους όταν πλέον δεν είναι χρήσιμοι.

- **Χρέωση ανά χρήση**

Οι παρεχόμενοι πόροι είναι μετρήσιμοι και κοστολογούνται σύμφωνα με το χρονικό διάστημα χρήσης τους. Έτσι, η κατανάλωση και η χρέωσή τους ελέγχεται πλήρως από τον χρήστη. Για επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν εφαρμογές με βάση τα ωράρια λειτουργίας τους αυτό το μοντέλο παροχής υπηρεσιών ενδείκνυται καθώς μειώνει τα έξοδα τους σε σημαντικό βαθμό.

- **Αύξηση παραγωγικότητας**

Οι υπηρεσίες εξυπηρετούν παράλληλα και την ίδια χρονική στιγμή πολλούς χρήστες. Μια εταιρεία που απασχολεί μεγάλο αριθμό εργαζομένων έχει τη δυνατότητα να διαμερίσει αρχεία από ένα κεντρικό Η/Υ σε όλους τους εργαζόμενους ταυτόχρονα και όχι στον καθένα ξεχωριστά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την γρήγορη ενημέρωση των χρηστών και κατ' επέκταση την όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοσή τους.

Όπως σε κάθε νέα τεχνολογία, έτσι και το Υπολογιστικό Νέφος διχάζει και προβληματίζει τους καταναλωτές, για το κατά πόσο είναι μια επαρκής και ασφαλής λύση γι' αυτούς. Πέρα από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το Νέφος υπάρχουν και αρκετά ερωτήματα για τα αρνητικά αποτελέσματα που είναι πιθανόν αυτό να προκαλέσει.

- **Ασφάλεια και Μυστικότητα**

Όταν αναφερόμαστε στο Υπολογιστικό Νέφος, το ερώτημα που γεννάται είναι, αν τα δεδομένα που φιλοξενούνται σε αυτό είναι ασφαλή. Είναι γεγονός ότι οι χρήστες είναι ιδιαίτερα επιφυλακτικοί στο να εμπιστευτούν ευαίσθητα δεδομένα σε τρίτους, καθώς η ασφάλεια τους δεν διασφαλίζεται πλήρως από κανέναν πάροχο και δεν γίνονται γνωστές στους καταναλωτές τεχνικές λεπτομέρειες, όπως το πού βρίσκονται τα δεδομένα τους. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί υπάρχει πάντα ο κίνδυνος ευαίσθητα δεδομένα να εκτίθενται δημόσια στο διαδίκτυο. Έτσι συμπεραίνουμε ότι σε μια εποχή που οι συνέπειες και τα πιθανά κόστη από πιθανές αστοχίες αυξάνονται, οι εταιρείες που διαχειρίζονται εμπιστευτικά δεδομένα πρέπει να αναπτύξουν καλύτερους τρόπους για την αξιολόγηση των πρακτικών ασφαλείας και μυστικότητας στις υπηρεσίες Υπολογιστικού Νέφους, ώστε να κερδίσουν την εμπιστοσύνη του κοινού.

- **Διαγραφή δεδομένων**

Η ασφαλής και αποτελεσματική διαγραφή των δεδομένων κατά τον τερματισμό της συνεργασίας πελάτη-παρόχου δεν διασφαλίζεται. Δεν γίνεται γνωστή στον χρήστη η μέθοδος με την οποία διαγράφονται τα δεδομένα του και η ύπαρξη κάποιου αντίγραφου αυτών, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες του Νέφους.

- **Νομικά ζητήματα**

Η συμμόρφωση με το νόμο είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο μεταξύ του καταναλωτή και του πάροχου από τη στιγμή που η νομοθεσία στο ζήτημα του Υπολογιστικού Νέφους θεωρείται προβληματική. Ο χρήστης, σήμερα, δεν γνωρίζει επαρκώς τα δικαιώματά του απέναντι στον πάροχο και ποιά είναι τα δικαιώματα του πάροχου πάνω στα δεδομένα του. Το ζήτημα αυτό εντείνεται από τη στιγμή που οι υποδομές Νέφους που φιλοξενούν τα δεδομένα δεν βρίσκονται σε ένα σημείο του πλανήτη αλλά διαμερίζονται ανά τον κόσμο, καθώς δεν υπάρχει ένα ενιαίο νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία του καταναλωτή.

- **Χρήση δικτύου**

Όπως έχουμε αναφέρει η πρόσβαση στις υπηρεσίες Νέφους πραγματοποιείται από οποιαδήποτε συσκευή έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο, κάτι το οποίο διευκολύνει τον χρήστη. Το πλεονέκτημα αυτό, μετατρέπεται σε μειονέκτημα σε περίπτωση πιθανής διακοπής του δικτύου, καθώς γίνεται αδύνατη η πρόσβαση σε υπηρεσίες ή αρχεία που ο καταναλωτής επιθυμεί να προσπελάσει.

Το Υπολογιστικό Νέφος μπορεί να χαρακτηριστεί ως προς το μοντέλο της υπηρεσίας που παρέχει στους χρήστες. Τα τρία βασικά μοντέλα είναι τα εξής: Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software-as-a-Service), Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform-as-a-Service), Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure-as-a-Service).

- **Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS)**

Το Λογισμικό ως Υπηρεσία παρέχει πρόσβαση σε εφαρμογές-λογισμικό που φιλοξενούνται σε υποδομές Νέφους μέσω του διαδικτύου ως υπηρεσίες. Τέτοιες εφαρμογές, που σήμερα χρησιμοποιούνται κατά κόρον είναι το Gmail, Dropbox, Yahoo Mail κ.α. . Από τα τρία μοντέλα, το Λογισμικό ως Υπηρεσία προσελκύει περισσότερους χρήστες, καθώς εντοπίζονται αρκετά πλεονεκτήματα σε αυτό. Ο καταναλωτής, αποκτώντας μια τέτοια υπηρεσία πληρώνει μια φορά την σχετική αμοιβή. Η υποστήριξη και οι ενημερώσεις παρέχονται από τον προμηθευτή, με

αποτέλεσμα να μειώνονται τα έξοδα. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα πληρωμής της υπηρεσίας μέσω μιας συνδρομής, ώστε η κοστολόγηση να γίνεται μόνο για το διάστημα που αυτή χρησιμοποιείται. Τέλος, δεν δεσμεύονται πόροι στον υπολογιστή του χρήστη, όπως αποθηκευτικός χώρος, καθώς η πρόσβαση γίνεται μέσω ενός «φυλλομετρητή» (browser) χωρίς να εγκαθίσταται κάποιο επιπλέον λογισμικό.

- **Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS)**

Το μοντέλο αυτό παρέχει τις κατάλληλες υπηρεσίες προκειμένου κάποιος να μπορέσει να αναπτύξει, να δοκιμάσει, να διαθέσει και να συντηρήσει εφαρμογές και υπηρεσίες μέσα σε ένα ενιαίο περιβάλλον πλατφόρμας, το οποίο χαρακτηρίζεται για την ελαστικότητα και την ευελιξία που προσφέρει. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να ανησυχεί για την συντήρηση του λογισμικού και της πλατφόρμας, καθώς ο πάροχος είναι αποκλειστικά υπεύθυνος. Με τέτοιες υπηρεσίες η ανάπτυξη εφαρμογών σε υποδομή Νέφους αυξάνεται καθώς είναι ένας έξυπνος και εύκολος τρόπος να δημιουργήσει ο καθένας ένα δικό του λογισμικό. Μεγάλες εταιρείες που προσφέρουν PaaS υπηρεσίες είναι : Microsoft (Windows Azure), Google (App Engine), Salesforce.

- **Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS)**

Το μοντέλο Υποδομή ως Υπηρεσία είναι η παροχή υπολογιστικών και δικτυακών πόρων μέσω εικονικών μηχανών. Η εταιρεία ή ο ιδιώτης μπορεί να υπενοικιάσει υποδομή ανάλογα με τις απαιτήσεις εκείνης της χρονικής στιγμής με λογική, όπως και στο PaaS, αντί να προβεί στην αγορά εξοπλισμού (υπολογιστικού, δικτυακού, κλπ), το ενοικιάζει για όσο αυτό του είναι χρήσιμο. Παραδείγματα τέτοιων υποδομών είναι Windows Azure, Rackspace, Intellicloud.

Το Υπολογιστικό Νέφος, επιπλέον, χαρακτηρίζεται ως προς το μοντέλο ανάπτυξης της υποδομής. Τα τέσσερα μοντέλα είναι τα Δημόσιο Νέφος (Public Cloud), Ιδιωτικό Νέφος (Private Cloud), Κοινοτικό Νέφος (Community Cloud), Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud).

- **Δημόσιο Νέφος (Public Cloud)**

Το Δημόσιο Νέφος αποτελεί ένα σύνολο από υπολογιστικούς πόρους, οι οποίοι διατίθενται μέσω του διαδικτύου και είναι διαθέσιμοι σε όλο το κοινό. Τα πλεονεκτήματα αυτής της υποδομής είναι η χρέωση με βάση το μοντέλο «Pay-per-use», η μεγάλη ευελιξία λόγω της άμεσης παροχής υπηρεσιών, η ύπαρξη κλιμάκωσης σε μεγαλύτερη ή μικρότερη χωρητικότητα σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.

- **Ιδιωτικό Νέφος (Private Cloud)**

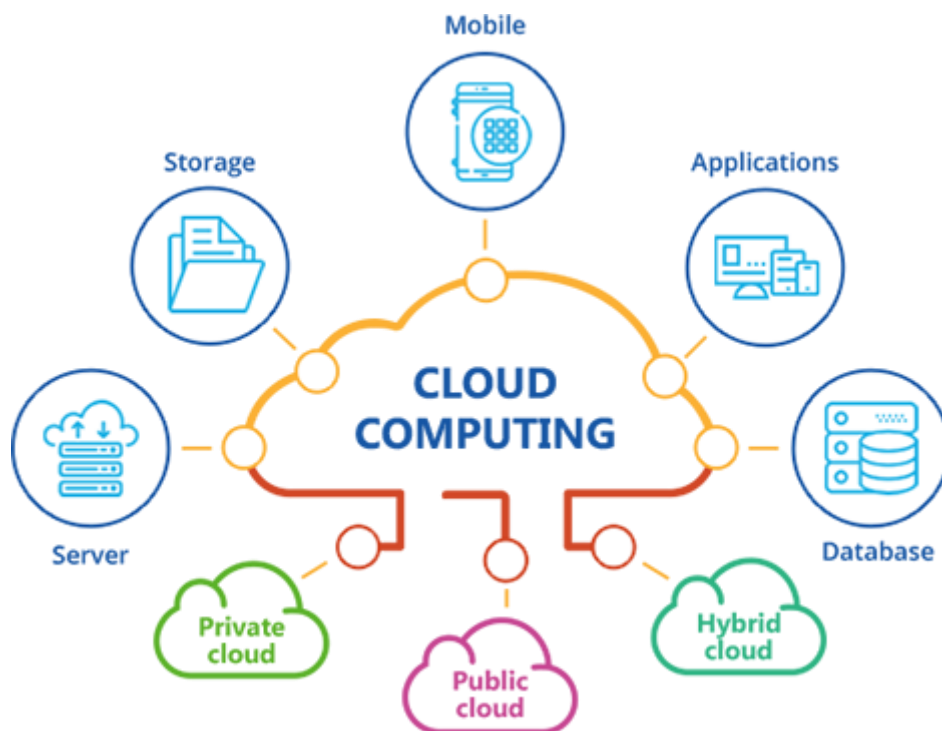
Οι υπηρεσίες παρέχονται σε χρήστες που ανήκουν σε έναν συγκεκριμένο οργανισμό σε αντίθεση με το δημόσιο νέφος που απευθύνεται σε όλους. Τέτοιου είδους λύσεις υιοθετούν εταιρείες που επιθυμούν τον πλήρη έλεγχο των υπηρεσιών, οι οποίες ακολουθούν ένα κοινό νομικό πλαίσιο παροχής ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλειά τους. Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το μεγάλο κόστος δημιουργίας και λειτουργίας μιας τέτοιας υποδομής.

- **Κοινοτικό Νέφος (Community Cloud)**

Η δομή αυτού του μοντέλου είναι κοινή για πολλούς οργανισμούς και υποστηρίζει μια συγκεκριμένη κοινότητα με κοινά ενδιαφέροντα (ασφάλεια, συμμόρφωση κ.α.) και ανάγκες.

- **Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud)**

Το Υβριδικό Νέφος είναι το μοντέλο που συνδυάζει όλα τα παραπάνω Νέφη, ώστε να δημιουργηθεί μια υποδομή. Η χρήση αυτού του μοντέλου παρέχει σε ορισμένες περιπτώσεις μεγαλύτερη ευελιξία σε επιχειρήσεις, δεδομένου ότι είναι εφικτή μια ποικιλία συνδυασμών των πόρων. Οι συνδυασμοί αυτοί επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση φόρτου εργασίας και μεγάλων απαιτήσεων υπολογιστικών πόρων [9].



Εικόνα 2. 4: Υπηρεσίες Cloud (πηγή: <http://fulltotech.info/>)

Το FIWARE είναι μια μη εμπορική πλατφόρμα που προσφέρει υπηρεσίες γενικού σκοπού (GEs) αλλά και ειδικού σκοπού (SEs) ακολουθούμενες από απλές διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (APIs) ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση «έξυπνων» εφαρμογών. Οι Υπηρεσίες γενικού σκοπού (Generic Enablers) παρέχονται από υποδομές Υπολογιστικού Νέφους ως SaaS για την ανάπτυξη εφαρμογών. Πολλές τέτοιες υπηρεσίες συνθέτουν μια υπηρεσία ειδικού σκοπού (Specific Enabler), η οποία συντελεί στην επίλυση ενός πιο σύνθετου προβλήματος. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αποκτήσει την κατάλληλη τεχνογνωσία ώστε να εξοικειωθεί με τις υπηρεσίες καθώς παρέχονται πειράματα και αποτελέσματα των υπηρεσιών αυτών από χρήστες που ήδη έχουν κάνει χρήση αυτών. Οι υπηρεσίες διανέμονται δωρεάν και είναι δημόσιες ώστε το κοινό να έχει πρόσβαση σε αυτές. Το γεγονός αυτό κάνει την πλατφόρμα ελκυστική στους χρήστες που θέλουν να δημιουργήσουν δικές τους εφαρμογές. Οι παροχές του FIWARE δεν σταματάνε στην διανομή υπηρεσιών με την μορφή λογισμικού αλλά δίνει την δυνατότητα σε προγραμματιστές να αποκτήσουν υπηρεσίες ως υποδομή (IaaS) δημιουργώντας εικονικές μηχανές και δεσμεύοντας υπολογιστικούς πόρους (μνήμη, επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικό χώρο).

Η υποδομή Υπολογιστικού Νέφους Intellicloud, σχεδιάστηκε, υλοποιήθηκε και συντηρείται από το εργαστήριο Ευφών Συστημάτων. Σκοπός της υποδομής αυτής είναι η παροχή υπολογιστικών πόρων, για την ανάπτυξη εφαρμογών στο Νέφος. Η υποδομή φιλοξενείται εξολοκλήρου στο Πολυτεχνείο Κρήτης και αυτή τη στιγμή περιλαμβάνει 128 πυρήνες επεξεργαστικής ισχύς, 284 GB RAM και 12 TB σε σκληρό δίσκο. Το λογισμικό που είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία του Intellicloud είναι βασισμένο σε Openstack Grizzly.

Το Openstack είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο επιτρέπει την δημιουργία μιας υποδομής Υπολογιστικού Νέφους. Οι θεμελιωτές της δημιουργίας αυτού του λογισμικού είναι οι Rackspace Hosting και η NASA, όταν το 2010 αποφάσισαν να δουλέψουν πάνω σε ένα κοινό έργο για την υλοποίηση υποδομής Υπολογιστικού Νέφους. Σήμερα, είναι διαδεδομένο σε όλο τον κόσμο καθώς πάνω από διακόσιες εταιρείες χρησιμοποιούν Openstack στα Νέφη τους όπως είναι η Yahoo6, Intel7, Oracle8 κ.α. Τα συστήματα που είναι σχεδιασμένα στα πρότυπα του Openstack αποτελούνται από μια κεντρική αρχιτεκτονική και από επιμέρους μικρότερα κομμάτια κώδικα που είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο του μεγάλου όγκου υπολογιστικών πόρων που διαχειρίζονται. Εύκολη και άμεση είναι και αλληλεπίδραση του χρήστη πάνω στο

λογισμικό καθώς μέσω κάποιας κονσόλας τερματικού ή από APIs που παρέχονται μπορεί να έχει τον πλήρη έλεγχο τον φόρτου εργασίας της υποδομής και την ορθή διαμέριση των πόρων.

Οι Generic Enablers δεν είναι τίποτα άλλο από υπηρεσίες κοινού σκοπού οι οποίες διανέμονται μέσω διαδικτύου με τη μορφή SaaS από παρόχους Υπολογιστικού Νέφους για την δημιουργία εφαρμογών. Η αρχιτεκτονική στην οποία υπακούουν τέτοιου είδους υπηρεσίες και συμβαδίζουν με τους κανόνες της, είναι η REST και ακολουθείται από ένα API το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση σε αυτές. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός Generic Enabler είναι η απλότητά του και η εύκολη χρήση του οποιαδήποτε στιγμή ζητηθεί από το χρήστη. Τέτοιες επαναχρησιμοποιήσιμες υπηρεσίες είναι πολύ σημαντικές σ' ένα Υπολογιστικό Νέφος καθώς διευκολύνουν τους προγραμματιστές στην ανάπτυξη πιο σύνθετων συστημάτων. Τέτοιες υπηρεσίες παρέχει η υποδομή FIWARE μέσω της σελίδας <http://catalogue.fiware.org/enablers>.

Η επικοινωνία και η σύνδεση παραπάνω του ενός Generic Enabler δημιουργεί έναν Specific Enabler που έχει ως στόχο την υλοποίηση μιας πιο σύνθετης λειτουργίας. Σε περίπτωση, που ο προγραμματιστής του Specific Enabler θελήσει να εντάξει μια νέα υπηρεσία, αυτό γίνεται πολύ εύκολα χωρίς να χρειαστεί να επέμβει στα επιμέρους κομμάτια/Generic Enablers που απαρτίζουν τον SE. Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα κρίνεται και η αντικατάσταση μιας επιμέρους υπηρεσίας/Generic Enabler αν για παράδειγμα έχει διατεθεί μια καινούρια βελτιωμένη έκδοση της υπηρεσίας προς αντικατάσταση. Με αυτόν τον τρόπο ο SE παραμένει ενημερωμένος χωρίς να χρειαστεί να αλλάξει όλο το σύστημα εξολοκλήρου.

Για την υλοποίηση συστημάτων στα πλαίσια του IoT είναι ευρέως γνωστή η υπηρεσιο-κεντρική αρχιτεκτονική, με βάση την οποία υλοποιήθηκε και το δικό μας σύστημα. Η Υπηρεσιο-κεντρική Αρχιτεκτονική βασίζεται στη λογική ότι οποιοδήποτε μεγάλο πρόβλημα μπορεί να λυθεί βέλτιστα και να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά η πολυπλοκότητά του εάν το διαιρέσουμε σε μικρότερα προβλήματα τα οποία το συνθέτουν. Κατά συνέπεια το ίδιο ισχύει και σε συστήματα τα οποία βασίζονται σε υπηρεσίες που φιλοξενούνται στο διαδίκτυο, όπως το δικό μας. Η αρχιτεκτονική αυτή είναι ένα ευέλικτο σύνολο αρχών σχεδιασμού και τεχνολογίας που χρησιμοποιείται στη φάση της ανάπτυξης των συστημάτων. Τέτοια συστήματα αποτελούνται από ένα σύνολο υπηρεσιών που επικοινωνούν μεταξύ τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο πολλαπλών, χωριστών συστημάτων από διάφορους επιχειρηματικούς

τομείς. Κάποια από τα πλεονεκτήματα που την κάνουν ιδιαίτερα γνωστή και ελκυστική είναι :

- Οι υπηρεσίες είναι επαναχρησιμοποιήσιμες και μπορούν να διατεθούν σε μεγάλη κλίμακα.
- Γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη αποσφαλμάτωση.
- Μικρότερος χρόνος διάθεσης νέων προϊόντων και εφαρμογών.
- Οι υπηρεσίες αυτές δεν δεσμεύονται από το σύστημα, αλλά είναι δυνατή η αντικατάστασή τους.
- Σε ένα υπάρχον σύστημα η ένταξη και η ενσωμάτωση μιας νέας υπηρεσίας δεν απαιτεί αλλαγές στον μηχανισμό λειτουργίας της υπηρεσίας [10].

2.5 Cloud Computing and Internet of Things: Issues and Developments

Το πρόβλημα της διαχείρισης και αποθήκευσης του τεράστιου όγκου δεδομένων που παράγουν αυτές οι συσκευές έρχεται να λύσει η τεχνολογία του Υπολογιστικού Νέφους. Τα οφέλη που μας προσφέρει το Υπολογιστικό Νέφος είναι πολλαπλά, οπότε οι δύο αυτές έννοιες δεν θα μπορούσαν παρά να είναι άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους. «Έξυπνες » εφαρμογές που αναπτύσσονται στα πλαίσια μιας «έξυπνης» πόλης, θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα της ευελιξίας και ελαστικότητας πλεονεκτήματα που αυτή τη στιγμή μόνο η τεχνολογία Υπολογιστικού Νέφους προσφέρει. Επίσης, η χρέωση ανά χρήση που προσφέρει στους καταναλωτές την κάνει ακόμα πιο ελκυστική στην χρήση της σε τέτοιου είδους εφαρμογές αφού μια συσκευή-αισθητήρας μπορεί να στέλνει συγκεκριμένες ώρες της ημέρας δεδομένα. Για παράδειγμα, αν ένας αισθητήρας παρακολουθεί αν οι περιβαλλοντικές συνθήκες ευνοούν την εκδήλωση πυρκαγιάς θα στέλνει δεδομένα σ' ένα διάστημα που ο ήλιος είναι έντονος μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες.

Πολλές εταιρίες που δραστηριοποιούνται στην παροχή υπηρεσιών Υπολογιστικού Νέφους ήδη έχουν αρχίσει την ανάπτυξη ειδικών εργαλείων για την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων που προέρχονται από συσκευές IoT. Η ανάπτυξη ειδικών υπηρεσιών σε περιβάλλοντα Υπολογιστικού Νέφους για την διαχείριση των συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων βρίσκεται ήδη σε ανάπτυξη και αυτές οι υπηρεσίες είναι άμεσα διαθέσιμες σε δημιουργούς λογισμικού για την

δημιουργία καινοτόμων εφαρμογών. Ειδικότερα, νεοσύστατες εταιρίες στον χώρο της τεχνολογίας (start-ups) έχουν την μεγαλύτερη ανάγκη από την τεχνολογία που προσφέρουν οι πάροχοι μέσω SaaS και PaaS για συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων λόγω του χαμηλού κόστους. Όλα αυτά τα εργαλεία για την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων βρίσκονται όλα μαζί σε μια πλατφόρμα IoT και η ανάλυση τους γίνεται στην επόμενη ενότητα.

Η ανάγκη των ανθρώπων να παρακολουθούν δεδομένα από πολλούς τύπους αισθητήρων ταυτόχρονα και να μπορούν να αναλύουν αυτά τα δεδομένα για την εξαγωγή κάποιων χρήσιμων συμπερασμάτων, οδηγεί πολλές εταιρίες στον χώρο του Υπολογιστικού Νέφους να υιοθετήσουν IoT πλατφόρμες. Είναι στην ουσία εργαλεία που παρέχουν οι πάροχοι Υπολογιστικού Νέφους στους καταναλωτές ώστε να μπορούν να επεξεργάζονται, αποθηκεύουν και αναλύουν πολλά διαφορετικά δεδομένα από πολλούς διαφορετικούς αισθητήρες της αγοράς.

Μεγαλύτερα βήματα προς την ανάπτυξη IoT πλατφόρμας στο Υπολογιστικό Νέφος έχει κάνει η εταιρία IBM, η οποία πρόσφατα επένδυσε 3 δις. δολάρια για να αναπτύξει τις πλατφόρμες IoT Cloud Open Platform for Industries, IBM Bluemix IoT Zone και IoT Ecosystem. Για την επίτευξη αυτού του στόχου θα συνεργαστεί με την The Weather Company, στην οποία ανήκουν τα Weather.com και The Weather Channel, και θα συλλέγει δεδομένα από τους αισθητήρες που έχει σε όλο τον κόσμο

Κάποιες ενδεικτικές IoT πλατφόρμες που υπάρχουν στο διαδίκτυο σε περιβάλλον Υπολογιστικού Νέφους, οι οποίες όμως πωλούν ειδικό υλικό (hardware) για την συλλογή των σημάτων από τους αισθητήρες είναι των εταιριών Axeda, Thingwrox, Microstrain κ.α.

Οι αισθητήρες σήμερα έχουν διεισδύσει για τα καλά στην καθημερινότητα μας και βρίσκουν εφαρμογή σε πολλά επίπεδα της ζωής μας. Εταιρείες ανά τον κόσμο λόγω των πλεονεκτημάτων τους πειραματίζονται με καινοτόμες και έξυπνες εφαρμογές προάγοντας παράλληλα τις ήδη υπάρχουσες με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου. Πρόνοια καταστροφών, περιβαλλοντικός έλεγχος, έξυπνα σπίτια, ιατρική, καταγραφή κινήσεων είναι μερικές από τις εφαρμογές που βασίζονται σε αισθητήρες οι οποίοι μέσω των μετρήσεων τους παράγουν αποτέλεσμα που μπορεί να εκμεταλλευτεί ο άνθρωπος.

Τα τελευταία χρόνια οι αισθητήρες έχουν μετακινηθεί στο διαδίκτυο ως Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things). Ειδικότερα, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αποτελείται από αισθητήρες-συσκευές που μεταδίδουν και αξιοποιούν τα

δεδομένα από το φυσικό περιβάλλον για να παρέχουν κάποια υπηρεσία και μπορούν να επικοινωνούν μέσω διαδικτύου. Ενδεικτικό της νέας τάσης αυτής είναι το γεγονός ότι έχουμε ήδη παγκοσμίως, περίπου 18 δισεκατομμύρια συσκευές που διεισδύουν στο διαδίκτυο και προβλέπεται ότι ο αριθμός αυτός να διπλασιαστεί. Από την ιδέα του Διαδικτύου των Πραγμάτων δεν θα μπορούσε να λείπει το Υπολογιστικό Νέφος, καθώς είναι μέρος και αυτό του διαδικτύου. Η τεχνολογία Νέφους έρχεται να δώσει μια νέα διάσταση, καθώς εξυπηρετεί τους δημιουργούς τέτοιων εφαρμογών. Η υλοποίηση έξυπνων εφαρμογών μέσω των υπηρεσιών που προσφέρει το Νέφος (SaaS, PaaS, IaaS) γίνεται ευκολότερη και με σημαντική μείωση των εξόδων. Επιπλέον, η ταχύτητα αποστολής και ο μεγάλος όγκος δεδομένων που έχει την δυνατότητα κάποιος να αποθηκεύσει και να επεξεργαστεί στο Νέφος, το καθιστά ακόμα πιο ελκυστικό. Μερικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων αναφέρονται παρακάτω [11]:

Αισθητήρες κίνησης:

Kinect

Μέχρι πρότινος, γνωρίζαμε ότι η καταγραφή κινήσεων ήταν δυνατή με την χρήση καμερών. Το μεγάλο κόστος για την αγορά και εγκατάσταση τέτοιων αισθητήρων ανάγκασε τους καταναλωτές να στραφούν σε άλλες, πιο οικονομικές λύσεις. Μια τέτοια είναι και ο αισθητήρας κίνησης Kinect, γνωστός για την εφαρμογή στην παιχνιδομηχανή Xbox 360. Το Kinect σήμερα, έχει ενσωματωθεί πλήρως στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων καθώς η απλότητά του και η δυνατότητα να μεταφέρει δεδομένα στο διαδίκτυο το καθιστούν ελκυστικό. Έχουν υλοποιηθεί και συνεχώς εμφανίζονται νέες έξυπνες εφαρμογές στον τομέα της υγείας. Η πιο δημοφιλής είναι η Kinect Healthcare, μέσω της οποίας γίνεται δυνατή η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών με σοβαρά τραύματα από το γιατρό τους. Επιπλέον, πρακτικές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί και στον χώρο της τεχνολογίας, όπως είναι η ρομποτική. Πλέον, ο έλεγχος ρομπότ και γενικότερα αυτόνομων μηχανών επιτυγχάνεται μέσω της αναγνώρισης κινήσεων που παρέχει το Kinect.

Leap Motion

Ο πιο δημοφιλής αισθητήρας αναγνώρισης κινήσεων δαχτύλων και χεριών είναι ο Leap Motion Sensor. Συμβαδίζει πλήρως με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων καθώς τα δεδομένα που παρέχει ταξιδεύουν στο διαδίκτυο μέσω λογισμικού που προσφέρει η ίδια η εταιρεία στους χρήστες. Όπως το Kinect, έτσι και το Leap έχει εφαρμογή σε υπηρεσίες που μπορούμε να χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας. Ο αριθμός των

εφαρμογών αγγίζει τις διακόσιες, γεγονός που δείχνει την προτίμηση των προγραμματιστών στον συγκεκριμένο αισθητήρα, σε σχέση με το μικρό διάστημα ζωής του. Το Leap, ανοίγει τον δρόμο για τον χειρισμό οποιασδήποτε ηλεκτρονικής συσκευής με την κίνηση των δαχτύλων μέσω του διαδικτύου. Ο έλεγχος του Η/Υ μέσω του αισθητήρα είναι μια από τις πιο διαδομένες εφαρμογές σήμερα. Επιπλέον, ο αισθητήρας Leap βρίσκει εφαρμογή και στην καθημερινότητα των ανθρώπων με ειδικές ανάγκες καθώς σήμερα είναι εφικτή η αναγνώριση της νοηματικής γλώσσας από οποιαδήποτε συσκευή είναι συνδεδεμένη ο αισθητήρας.

Netatmo (Περιβαλλοντικός αισθητήρας)

Ο Netatmo είναι αισθητήρας παρακολούθησης κλιματικών αλλαγών (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.α.). Η κατασκευάστρια εταιρεία υποστηρίζει, μέσω υπηρεσιών που διαθέτει στο κοινό, την αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων σε ιδιωτική υποδομή Νέφους. Τον αισθητήρα Netatmo τον συναντάμε σε εφαρμογές που είναι απαραίτητος ο απομακρυσμένος περιβαλλοντικός έλεγχος και η έγκαιρη πρόβλεψη φυσικών καταστροφών όπως πυρκαγιά ή παγετός.

Zephyr HxM Bluetooth Heart Rate Monitor (Ιατρικός αισθητήρας)

Η συγκεκριμένη ζώνη χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας Bluetooth, ώστε να στέλνει σε μια συσκευή κινητού ιατρικά δεδομένα του ανθρώπου που την φοράει. Φοριέται στην περιοχή του στήθους και οι μετρήσεις που μπορεί να πάρει είναι καρδιακός παλμός, ταχύτητα, απόσταση, τον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο κορυφών σ' ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα.



Εικόνα 2. 5: Αρχιτεκτονική Cloud Computing (πηγή: computertechinfo.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Brokering Services

3.1 Brokering Policies and Execution Monitors for IoT Middleware

Το Ενδιάμεσο Λογισμικό (Middleware) είναι ένα λογισμικό υπολογιστή που συνδέει στοιχεία ή εφαρμογές λογισμικού. Το λογισμικό αποτελείται από ένα σύνολο υπηρεσιών διευκόλυνσης που επιτρέπουν πολλαπλές εφαρμογές που τρέχουν σε μια ή περισσότερες μηχανές να αλληλεπιδρούν σε ένα δίκτυο. Αυτή η τεχνολογία εξελίχθηκε για να παρέχει διαλειτουργικότητα σε υποστήριξη της τάσης προς συνεκτικές καταναεμημένες αρχιτεκτονικές, που χρησιμοποιούνται συνήθως στην υποστήριξη και απλοποίηση πολύπλοκων, διανεμημένων εφαρμογών. Αυτή περιλαμβάνει ιστιακούς εξυπηρετητές (web servers), εξυπηρετητές εφαρμογών (application servers), και παρόμοια εργαλεία που υποστηρίζουν την ανάπτυξη και τη διανομή εφαρμογών. Το Ενδιάμεσο Λογισμικό (Middleware) είναι αναπόσπαστο ως προς τη μοντέρνα τεχνολογία πληροφοριών που βασίζεται σε XML, SOAP, ιστιακές υπηρεσίες και SOA. Ουσιαστικά κάθεται 'στο μέσο' μεταξύ λογισμικού εφαρμογών που τρέχει σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Είναι παρόμοιο με το μεσαίο επίπεδο ενός μεμονωμένου συστήματος τρι-επίπεδης αρχιτεκτονικής, εκτός του ότι εκτείνεται σε πολλαπλά συστήματα και εφαρμογές. Μερικά παραδείγματα είναι τα συστήματα βάσεων δεδομένων, το λογισμικό τηλεπικοινωνιών, τα όργανα ελέγχου συναλλαγών και το λογισμικό αποστολής και αναμονής μηνυμάτων. Δυο πολύ σημαντικοί τύποι ενδιάμεσου λογισμικού με σημαντικές ερευνητικές και εμπορικές εφαρμογές είναι οι Προσανατολισμένες στα Μηνύματα Πλατφόρμες Ενδιάμεσου Λογισμικού (Message

Oriented Middleware (MOM) Platforms) και η Αρχιτεκτονική Επιχειρησιακού Διαύλου Υπηρεσιών (Enterprise Service Bus (ESB) architecture) και οι εφαρμογές τους. Το Προσανατολισμένο στα Μηνύματα Μεσαίο Υλικό (MOM) είναι μια υποδομή πελάτη/διακομιστή (client/server) που αυξάνει τη δια-λειτουργικότητα, τη φορητότητα, και την ευελιξία μιας εφαρμογής επιτρέποντας στην εφαρμογή να διανέμεται πάνω σε πολλαπλές ετερογενείς πλατφόρμες. Μειώνει την πολυπλοκότητα της ανάπτυξης εφαρμογών που διατρέχουν πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και δικτυακά πρωτόκολλα αποκρύπτοντας από τον προγραμματιστή των εφαρμογών τις λεπτομέρειες των διάφορων λειτουργικών συστημάτων και δικτυακών interfaces. Τα APIs που εκτείνονται σε διάφορες πλατφόρμες και δίκτυα παρέχονται συνήθως από το MOM. Το MOM είναι ένα λογισμικό που βρίσκεται και στις δυο μεριές της πελάτη/εξυπηρετητή (client/server) αρχιτεκτονικής και συνήθως υποστηρίζει ασύγχρονες κλήσεις μεταξύ των εφαρμογών του πελάτη και του εξυπηρετητή. Οι σειρές αναμονής μηνυμάτων παρέχουν προσωρινή αποθήκευση όταν το πρόγραμμα για το οποίο προορίζονται είναι απασχολημένο ή μη συνδεδεμένο. Το MOM μειώνει την ανάμειξη των προγραμματιστών εφαρμογών με την πολυπλοκότητα της masterslave φύσης ενός μηχανισμού πελάτη/εξυπηρετητή (client/server). Το MOM περιλαμβάνει μια κατηγορία λογισμικού επικοινωνίας μεταξύ εφαρμογών που γενικά βασίζεται σε ασύγχρονο μοιρασμό μηνυμάτων, σε αντίθεση με μια μεταφορά αίτησης-απάντησης (request-response metaphor). Το περισσότερο προσανατολισμένο στα μηνύματα μεσαίο λογισμικό (message-oriented middleware) εξαρτάται από το σύστημα σειράς αναμονής μηνυμάτων, αλλά υπάρχουν μερικές εφαρμογές του που βασίζονται σε συστήματα ευρείας ή πολλαπλής μετάδοσης (broadcast or multicast messaging systems). Σήμερα υπάρχουν στην αγορά αρκετά προϊόντα MOM, από απλά εργαλεία μοντελοποίησης μέχρι πλήρως ολοκληρωμένα εμπορικά (commercial-of-the-shelf (COTS)) προϊόντα για την ανταλλαγή ηλεκτρονικών συναλλαγών. Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιάσουμε συνοπτικά μερικές από τις πιο διαδεδομένες περιπτώσεις MOM συστημάτων. Ο σκοπός των περιγραφών είναι απλά να παρέχουν μια ενδειξη των δυνατοτήτων της διαλειτουργικότητας των τρέχουσων MOM πλατφόρμων για τις επιχειρήσεις. Ένας Επιχειρησιακό Δίαυλος Υπηρεσιών (enterprise service bus (ESB)) αναφέρεται σε μια δομή αρχιτεκτονικής λογισμικού. Αυτή η δομή εφαρμόζεται συνήθως από τεχνολογίες που βρίσκονται σε μια κατηγορία προϊόντων διάρθρωσης ενδιάμεσου λογισμικού (middleware), βασισμένων συνήθως σε αναγνωρίσιμα πρότυπα, που παρέχουν βασικές υπηρεσίες για περισσότερο πολύπλοκες

αρχιτεκτονικές μέσα από μια καθοδηγούμενη από τα γεγονότα (event-driven) και βασισμένη σε πρότυπα (standards-based) μηχανή αποστολής μηνυμάτων (ο δίαυλος) (messaging engine (the bus)). Ένας Επιχειρησιακός Δίαυλος Υπηρεσιών (enterprise service bus (ESB)) γενικά παρέχει ένα περιληπτικό επίπεδο-στρώμα πάνω στην εφαρμογή ενός εταιρικού συστήματος ανταλλαγής μηνυμάτων, το οποίο επιτρέπει στις ενσωματωμένες αρχιτεκτονικές να εκμεταλλεύονται την αξία της αποστολής μηνυμάτων χωρίς τη συγγραφή κώδικα. Σε αντίθεση με την πιο κλασσική προσέγγιση της ενοποίησης επιχειρηματικών εφαρμογών (enterprise application integration (EAI)) μιας μονολιθικής στοίβας σε μια κεντρική και διαδεδομένη αρχιτεκτονική (hub and spoke architecture), η θεμελίωση ενός επιχειρηματικού διαύλου υπηρεσιών (ESB) δημιουργείται από βασικές λειτουργίες που σπάνε στα περιεχόμενα τμήματά τους, με κατανεμημένη ανάπτυξη όπου χρειάζεται, λειτουργώντας σε αρμονία όπως απαιτείται. Παρότι είναι κοινώς αποδεκτό, ένα ESB δεν είναι απαραίτητα βασισμένο σε Ιστιακές Υπηρεσίες, πρέπει να είναι ευέλικτο και βασισμένο σε πρότυπα, υποστηρίζοντας πολλά μέσα μετάδοσης. Βασισμένο περισσότερο σε EAI παρά σε SOA πρότυπα, προσπαθεί να άρει τη συσχέτιση μεταξύ της καλούμενης υπηρεσίας και του μέσου μετάδοσης. Παρόλα αυτά οι περισσότεροι πάροχοι ESB δημιουργούν πλέον υλοποιήσεις η οποίες υιοθετούν τις αρχές της SOA κυρίως για λόγους ανταπόκρισης στις τάσεις της αγοράς παρά λειτουργικότητας. Το Microsoft BizTalk είναι ένας server (εξυπηρετητής) διαχείρισης επιχειρηματικών διαδικασιών (business process management (BPM) server) που επιτρέπει στις εταιρίες να αυτοματοποιούν και να βελτιώνουν τις επιχειρηματικές διαδικασίες. Αυτό περιέχει εργαλεία για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την εφαρμογή, και τη διαχείριση αυτών των διαδικασιών. Ο Microsoft BizTalk Server μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό, τη δημιουργία, και την εκτέλεση δυναμικών επιχειρηματικών αλληλεπιδράσεων που διατρέχουν τις εφαρμογές, τις πλατφόρμες, και τους οργανισμούς. Η τρέχουσα έκδοση του BizTalk υποστηρίζει την XLANG προδιαγραφή για την μοντελοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Το προϊόν περιέχει μια μηχανή ενορχήστρωσης (orchestration engine) για την εκτέλεση και την παρακολούθηση-έλεγχο των διαδικασιών. Επίσης περιέχει ένα πολύ συμπαγές εικονικό περιβάλλον ανάπτυξης, το BizTalk Orchestration Designer, για τον προσδιορισμό και τη διασύνδεση διαδικασιών. Με το BizTalk, γίνεται ένας διακριτός διαχωρισμός μεταξύ της εφαρμογής και του προσδιορισμού της εφαρμογής. Αυτό παρέχει επιπλέον ευελιξία για τη δυναμική μεταβολή της ροής των διαδικασιών ή των υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται μέσα στην αλληλεπίδραση. Ένα πλαίσιο συναλλαγής

μπορεί να προσδιοριστεί με την κατάλληλη λογική σύνθεσης αν τμήματα της συναλλαγής αποτύχουν. Το προϊόν περιέχει συμπαγή υποστήριξη διαχείρισης και παρακολούθησης-ελέγχου, με τη δυνατότητα ερώτησης της κατάστασης της διαδικασίας, διαχείρισης της διαδικασίας και διόρθωσή τους. Η ενσωμάτωση υπάρχουσων εφαρμογών, είτε σε μια μεμονωμένη εταιρία ή σε διάφορους οργανισμούς, μέσα σε μια αυτοματοποιημένη επιχειρηματική διαδικασία είναι ένας βασικός στόχος του BizTalk Server. Από τη στιγμή που υπάρχουν αυτές οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες, το προϊόν δίνει επίσης στους επιχειρηματίες, όχι μόνο στους τεχνικούς, ορατότητα για το τι συμβαίνει μέσα στη διαδικασία. Σήμερα, στον πολύπλοκο και γεμάτο ποικιλία κόσμο του εταιρικού λογισμικού, αυτό το είδος ολοκλήρωσης είναι απαραίτητο για πολλούς οργανισμούς. Ο στόχος του BizTalk Server είναι να βοηθήσει τους οργανισμούς να εκπληρώσουν τις προκλήσεις για τη δημιουργία επιχειρηματικών διαδικασιών που θα βασίζονται σε ποικίλα συστήματα. Το δημιούργημα του προϊόντος είναι η μηχανή του BizTalk Server (BizTalk Server engine), η οποία παρέχει κεντρική αποστολή μηνυμάτων (core messaging) και δυνατότητες ενορχήστρωσης (orchestration capabilities). Από τις αρχικές του ρίζες στην EAI και B2B ολοκλήρωση, ο BizTalk Server έχει αναπτυχθεί και υποστηρίζει μεγάλο εύρος επιχειρηματικών διαδικασιών. Το IBM WebSphere είναι μια σουίτα προϊόντων λογισμικού της IBM που έχουν σχεδιαστεί για να εγκαθιστούν, να λειτουργούν και να ενσωματώνουν εφαρμογές ηλεκτρονικής επιχειρηματικότητας (e-business applications) σε αρκετές υπολογιστικές πλατφόρμες χρησιμοποιώντας Διαδικτυακές τεχνολογίες. Η σουίτα περιλαμβάνει τα προϊόντα IBM Websphere MQ, IBM Websphere Application Server, IBM Websphere Message Broker, IBM Websphere Enterprise Service Bus. Το IBM Websphere MQ προσφέρει την αποστολή μηνυμάτων για την προσανατολισμένη στις υπηρεσίες αρχιτεκτονική (service-oriented architecture (SOA)). Παρέχει το σκελετό της αποστολής μηνυμάτων για τη διασύνδεση των SOA, όπως η πανταχού παρούσα, με πολλούς σκοπούς μεταφορά δεδομένων για τον εταιρικό δίαυλο υπηρεσιών (enterprise service bus (ESB)). Το IBM WebSphere Message Broker έχει δημιουργηθεί για καθολική συνδεσιμότητα και μεταμόρφωση σε ετερογενή πληροφοριακά περιβάλλοντα. Διανέμει πληροφορίες και δεδομένα, που δημιουργούνται από επιχειρηματικά γεγονότα σε πραγματικό χρόνο, σε ανθρώπους, σε εφαρμογές, και σε συσκευές σε όλη την επιχείρηση και πέρα από αυτή. Το IBM WebSphere Application Server είναι ένα λογισμικό ενδιάμεσου λογισμικού (middleware software) που έχει σχεδιαστεί για να εγκαθιστά, να λειτουργεί και να

ενσωματώνει εφαρμογές ηλεκτρονικής επιχειρηματικότητας (e-business applications) σε αρκετές υπολογιστικές πλατφόρμες χρησιμοποιώντας Διαδικτυακές τεχνολογίες. Ο Websphere Application Server έχει δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας ανοικτά πρότυπα (open standards) όπως J2EE, XML, and Διαδικτυακές Υπηρεσίες (Web Services).

Ο Oracle Application Server είναι μια σημαντική κυκλοφορία της κεντρικής πλατφόρμας SOA που βρίσκεται κάτω από το Oracle Fusion Middleware. Έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μια βασισμένη σε πρότυπα, πλατφόρμα για τους οργανισμούς που εφαρμόζουν SOA. Σύμφωνα με την Oracle, μια Υποδομή Λογισμικού Εταιρικές Εφαρμογές (Responsive Software Infrastructure for Enterprise Applications) πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα [12]:

- Ανάπτυξης Εταιρικών Εφαρμογών σε χαμηλότερο κόστος.
- Εξορθολογικοποιημένων Επιχειρηματικών Διαδικασιών (Streamlined Business Processes) που μπορούν άμεσα να Βελτιωθούν σύμφωνα με τα Γεγονότα.
- Αύξησης της παραγωγικότητας παρέχοντάς ένα αποδοτικό Χώρο Εργασίας (Workplace) για να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες για να δουλεύουν.

Ο Oracle Application Server εισάγει την Εταιρική Υπηρεσία Μηνυμάτων της Oracle (Oracle Enterprise Messaging Service (OEMS)). Αυτό είναι το επόμενης γενιάς περιβάλλον διανεμημένης αποστολής μηνυμάτων, και απαιτεί εξαρτώμενη και ευέλικτη παράδοση μηνυμάτων μεταξύ εφαρμογών που βρίσκονται σε τοπικούς ή μακρινούς διακομιστές (servers). Εάν ο εξυπηρετητής (server) που θα δεχτεί το μήνυμα δεν λειτουργεί, τότε ο εξυπηρετητής που το αποστέλει πρέπει αντιστοίχως να αποθηκεύσει το μήνυμα μέχρι ο εξυπηρετητής-προορισμός (destination server) να ξαναλειτουργήσει. Επιπλέον, ο Oracle Application Server παρέχει τους Επιχειρηματικούς Κανόνες της Oracle (Oracle Business Rules), ως τμήμα της εκτέλεσης (runtime). Οι Επιχειρηματικοί Κανόνες της Oracle (Oracle Business Rules) επιτρέπουν στους προγραμματιστές εφαρμογών να προσθέσουν ευκινισία και διαφάνεια στις εφαρμογές τους επιτρέποντας στους επιχειρηματικούς αναλυτές, χωρίς να εξαρτώνται από τους προγραμματιστές, να επιρεάζουν άμεσα τις μεταβολές των εφαρμογών που αντικατοπτρίζουν νέες επιχειρηματικές πολιτικές. Οι Επιχειρηματικοί Κανόνες της Oracle (Oracle Business Rules) ταιριάζουν ειδικά στην επέκταση ως μέρος των BPEL εφαρμογών κυρίως, των SOA εφαρμογών γενικά και άλλων αρχιτεκτονικών όπου η ευελιξία είναι σημαντική. Το SAP NetWeaver είναι μια πλατφόρμα δημιουργίας εφαρμογών από τη SAP για την ενσωμάτωση επιχειρηματικών

εφαρμογών σε διάφορα συστήματα, βάσεις δεδομένων και πηγές. Είναι η τεχνολογική βάση για τη δημιουργία όλων των SAP προϊόντων της SAP Επιχειρηματικής Σουίτας (SAP Business Suite). Το SAP NetWeaver είναι μια προσανατολισμένη στις υπηρεσίες εφαρμογή (service-oriented application) και πλατφόρμα ενσωμάτωσης (δηλαδή το SAP NetWeaver είναι ένα interface μεταξύ SAP εφαρμογών και είναι επίσης ένα περιβάλλον εκτέλεσης (runtime environment)). Επίσης, μπορεί να συνεργαστεί με διάφορες τεχνολογίες και πλατφόρμες, π.χ. Microsoft .NET, Sun Java EE, and IBM WebSphere. Η SAP προωθεί τις σχέσεις με ενσωματωτές-ολοκληρωτές συστημάτων και παρόχους τεχνολογίας, ενώ πολλοί από τους τελευταίους υιοθετούν τη λύση της SAP και γίνονται "Powered by SAP Netweaver". Όντας τμήμα όλων των τρέχουσων προϊόντων της SAP Επιχειρηματικής Σουίτας, το SAP NetWeaver θα γίνει η defacto πρότυπη πλατφόρμα για εταιρικές εφαρμογές.

Το Mule είναι ένα ελαφρύ πλαίσιο αποστολής μηνυμάτων ανοιχτού λογισμικού που βασίζεται στη Java, το οποίο επιτρέπει τη γρήγορη και εύκολη σύνδεση εφαρμογών και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους. Το Mule χρησιμοποιεί μία SOA αρχιτεκτονική επιτρέποντας την εύκολη ενσωμάτωση των ήδη υπάρχοντων συστημάτων. Αγνοώντας τις διαφορετικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται από τις εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των JMS, Ιστιακών Υπηρεσιών (Web Services), JDBC, HTTP και άλλων, το Mule χειρίζεται με συνοχή τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Το Mule βασίζεται στις ιδέες των αρχιτεκτονικών Επιχειρηματικών Διαύλων Υπηρεσιών (Enterprise Service Bus (ESB) architectures). Το συγκριτικό πλεονέκτημα ενός ESB είναι ότι επιτρέπει σε διαφορετικές εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους, ενεργώντας ως ένα μεταβατικό σύστημα μεταφοράς δεδομένων μεταξύ εφαρμογών μέσα στο εταιρικό δίκτυο ή μέσα στο Διαδίκτυο. Το Mule είναι επίσης ουδέτερο ως προς τους προμηθευτές, έτσι διαφορετικοί τρόποι εφαρμογής των προμηθευτών μπορούν να ταιριάξουν σε αυτό. Μια διαφορά μεταξύ του Mule και ενός παραδοσιακού ESB είναι ότι το Mule μετατρέπει δεδομένα μόνο όπως χρειάζεται. Με ένα τυπικό ESB, ένας προσαρμογέας πρέπει να δημιουργηθεί για κάθε εφαρμογή που συνδέεται στο δίκτυο και να μετατρέψει τα δεδομένα της εφαρμογής σε μία μοναδική κοινή μορφοποίηση αποστολής μηνυμάτων. Η ανάπτυξη αυτών των προσαρμογέων και ο χρόνος που χρειάζεται για την επεξεργασία κάθε μηνύματος απαιτεί πολύ χρόνο και προσπάθεια. Το Mule περιορίζει την ανάγκη για μία μοναδική μορφοποίηση αποστολής μηνυμάτων. Η πληροφορία αποστέλλεται σε οποιοδήποτε κανάλι επικοινωνίας, όπως το HTTP ή το JMS, και μεταφράζεται μόνο όπως χρειάζεται κατά

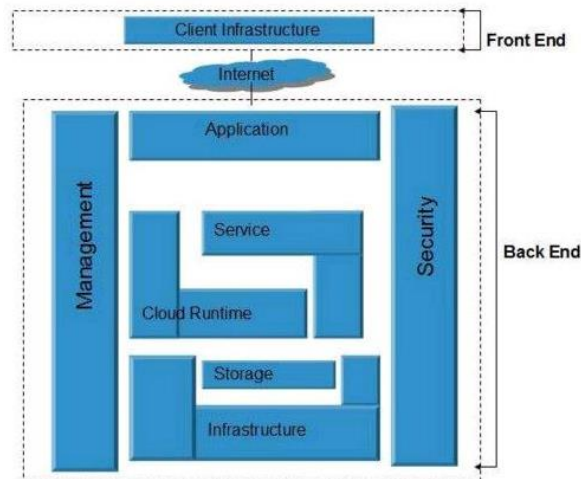
τη μετάδοσή της. Με αυτό τον τρόπο, το Mule αυξάνει την απόδοση και μειώνει το χρόνο ανάπτυξης συγκριτικά με ένα παραδοσιακό ESB. Το Apache ServiceMix είναι ένας εταιρικής κλάσης, ανοικτού κώδικα, κατανεμημένος Επιχειρησιακός Δίαυλος Υπηρεσιών (enterprise class open source distributed enterprise service bus (ESB)) και μια εργαλειοθήκη της SOA αρχιτεκτονικής. Δημιουργήθηκε από το μηδέν πάνω στις σημασιολογίες (semantics) και τα APIs της προδιαγραφής JSR 208 της Java Business Integration (JBI), και κυκλοφόρησε με άδεια της Apache (Apache License). Το ServiceMix είναι ελαφρύ και εύκολα ενσωματώσιμο, έχει ενσωματώσει υποστήριξη για Spring και μπορεί να τρέχει στην άκρη του δικτύου (μέσα σε ένα πελάτη (client) ή σε ένα διακομιστή (server)), σαν ένας αυτόνομος πάροχος ESB ή ως μια υπηρεσία μέσα σε άλλο ESB. Το ServiceMix μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε Java SE ή σε Java EE διακομιστή εφαρμογών (application server). Το ServiceMix χρησιμοποιεί το ActiveMQ για να παρέχει έλεγχο από μακριά (remoting), ομαδοποίηση (clustering), αξιοπιστία και διανεμημένη αλλαγή server στην περίπτωση σφάλματος (distributed failover). Το FUSE ESB είναι μια εταιρική έκδοση του Apache ServiceMix που είναι δοκιμασμένη, πιστοποιημένη και έχει υποστήριξη. Το FUSE ESB είναι ένας Επιχειρησιακός Δίαυλος Υπηρεσιών ανοικτού κώδικα (open source enterprise service bus (ESB)) που παρέχει μια πρότυπη μεθοδολογία, διακομιστή (server), και εργαλεία για την εφαρμογή στοιχείων ενσωμάτωσης (integration components), απελευθέρωση των αρχιτεκτονικών από τις εξαρτήσεις που είχαν παραδοσιακά εγκλωβίσει τις επιχειρήσεις σε ιδιόκτητες στοίβες μεσαίου υλικού (proprietary middleware stacks). Είναι τμήμα της οικογένειας των ανοικτού κώδικα εργαλείων υποδομής της SOA (open source SOA infrastructure tools) που περιέχουν το FUSE Message Broker (εταιρική έκδοση του Apache ActiveMQ), FUSE Services Framework (εταιρική έκδοση του Apache CXF) and FUSE Mediation Router (εταιρική έκδοση του Apache Camel). Χτισμένο από το μηδέν, υποστηρίζοντας την Java Business Integration (JBI) προδιαγραφή (JSR 208), το FUSE ESB παρέχει ένα δομημένο περιβάλλον για τη διαχείριση και την επέκταση των στοιχείων που δημιουργούν οι προγραμματιστές χρησιμοποιώντας το Πλαίσιο Υπηρεσιών του FUSE (FUSE Services Framework) και το Μεσολαβητή Δρομολογητή του FUSE (FUSE Mediation Router), καθώς και επιπρόσθετα JBI-συμβατά συστατικά, όπως η BPEL. Ο FUSE ESB χρησιμοποιεί το FUSE Message Broker σαν την υποβόσκουσα υποδομή αποστολής μηνυμάτων. Η αγορά της SOA διακυβέρνησης (SOA governance market) – όπως καλείται η αγορά του ενδιάμεσου – αποτελεί σήμερα μία από τις πιο ακμάζουσες περιοχές τις αγορές λογισμικού συμπεριλαμβάνοντας μια

σειρά προϊόντων και προμηθευτών εκτός από τις προηγούμενες αναφερθείσες περιπτώσεις. Καθώς η αγορά της SOA διακυβέρνησης (SOA governance market) ωριμάζει, οργανισμοί που ήταν νέοι στην αγορά ξεκινούν να αποκτούν ένα νέο επίπεδο εξειδίκευσης στην κατανόηση των οργανωτικών απαιτήσεων και του οράματος των SOA εφαρμογών. Ακόμα, η αγορά για SOA διακυβέρνηση παρουσιάζει ιδιαίτερη ποικιλία, με πολλούς διαφορετικούς τύπους προϊόντων που παρέχουν υποστήριξη στην διακυβέρνηση της συμπεριφοράς μιας SOA. Η SOA διακυβέρνηση αφορά την εξασφάλιση και την επικύρωση ότι τα προτερήματα (assets) και τα αντικείμενα (artifacts) μέσα στην αρχιτεκτονική λειτουργούν όπως αναμένεται και διατηρούν ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας. Η αγορά για τις τεχνολογίες της SOA διακυβέρνησης βρίσκεται ακόμα σε σύγχυση, με εξαγορές, συγχωνεύσεις, νέους παίκτες και (το πιο σημαντικό) τη δραματική ωρίμανση των εταιριών που προμηθεύονται και εφαρμόζουν SOA υποδομές και τεχνολογίες SOA διακυβέρνησης. Σύμφωνα με τον Gartner μερικά σημεία κλειδιά που είναι προφανή για αυτή την αγορά είναι:

- Οι πελάτες δεν ψάχνουν πλέον απλά για ένα αποθηκευτή, αντιθέτως, αναζητούν για μια σουίτα από εργαλεία.
- Ένα αυξανόμενο ποσοστό πελατών συμπεριλαμβάνουν τεχνολογίες SOA διακυβέρνησης (SOA governance technologies) στα αρχικά τους έργα.
- Οι πελάτες και οι πάροχοι τεχνολογίας δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στη SOA επικύρωση και παρακολούθηση-έλεγχο, το τελευταίο θεωρείται κρίσιμο για τα συστήματα παρακολούθησης και αυτά που μετράνε την επιτυχία.
- Οι πελάτες εφαρμόζουν SOA κέντρα τελειότητας, που υποστηρίζονται από ομάδες αρχιτεκτονικής και έμπειρα στελέχη.
- Οι πελάτες ψάχνουν για λύσεις ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα με τις SOA τους και τις πλατφόρμες ενσωμάτωσης.
- Οι πελάτες θέλουν να διακυβερνούν τις συναλλαγές τους με τους επιχειρηματικούς συνέταιρους και τις υπηρεσίες που παρέχονται μέσα από το περιβάλλον (via the cloud).

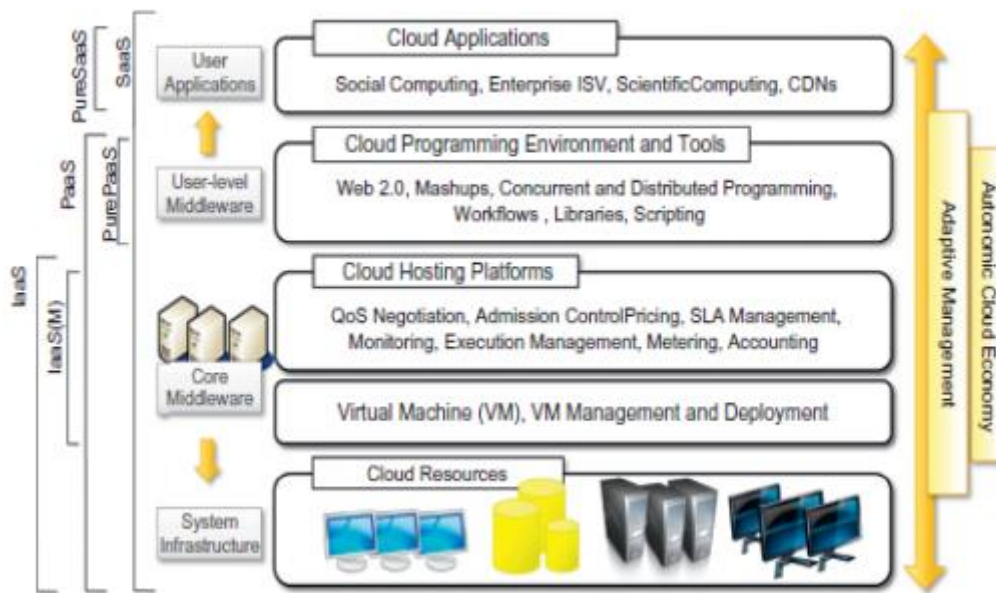
Σύμφωνα με Yashpalsinh et al. (2012) η αρχιτεκτονική του Cloud computing μπορεί να διακριθεί σε δυο τμήματα : το προσκήνιο (front end) και το παρασκήνιο (back end), των οποίων η σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω του διαδικτύου, όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα που ακολουθεί . Το front end είναι ότι ο χρήστης βλέπει και μπορεί να διαχειριστεί, δηλαδή το μέσο με το οποίο αποκτά πρόσβαση στις υπηρεσίες του Cloud, καθώς και το απαραίτητο πρόγραμμα, που δεν είναι άλλο από ένα πρόγραμμα περιήγησης (web browser). Ενώ το back end περιλαμβάνει τις προσφερόμενες υπηρεσίες του Cloud computing όπως μνήμη, επεξεργαστική ισχύ,

αποθηκευτικό χώρο, δικτυακές υποδομές, εργαλεία και περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών, καθώς και εφαρμογές που φιλοξενούνται στα κέντρα δεδομένων των παρόχων [13].

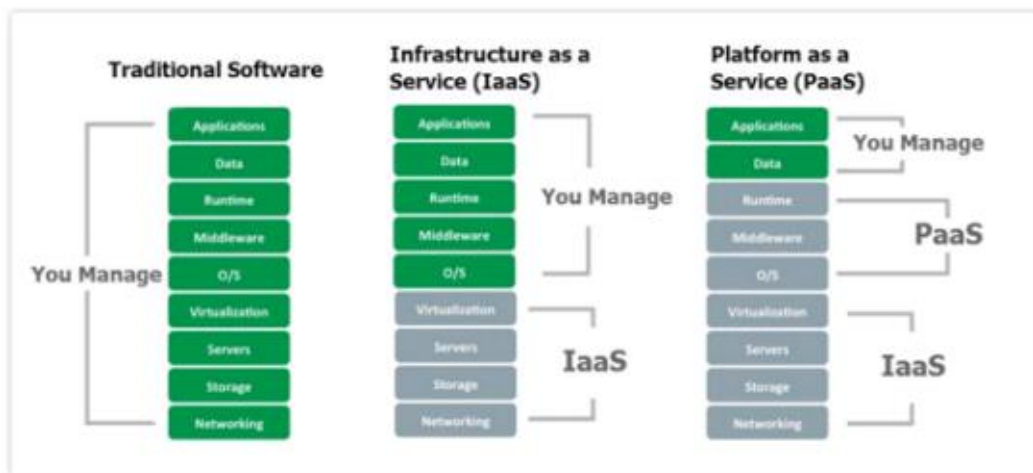


Εικόνα 3. 1 : Αρχιτεκτονική του Cloud Computing

Σύμφωνα με την Εικόνα που ακολουθεί στο back end μεταξύ του system infrastructure, δηλαδή του επιπέδου που βρίσκονται τα φυσικά μηχανήματα και των προσφερόμενων υπηρεσιών παρεμβάλλεται ένας κεντρικός εξυπηρετητής. Ο εξυπηρετητής αυτός είναι υπεύθυνος για την διαχείριση των φυσικών πόρων, όπως η πρόσβαση και χρήση της επεξεργαστικής ισχύς, της μνήμης, του αποθηκευτικού χώρου και των δικτυακών υποδομών. Κατά την λειτουργία του εξυπηρετητή ακολουθούνται συγκεκριμένα πρωτόκολλα λειτουργίας κάνοντας χρήση ενός ειδικού λογισμικού, γνωστό ως middleware, ώστε να επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των εικονικών μηχανημάτων (VM) και των φυσικών πόρων [14].



Εικόνα 3. 2: Τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής Cloud Πηγή : Buyya, R., Vecchiola, C., & Selvi, S. T. (2013). Mastering cloud computing: foundations and applications programming. Newnes.

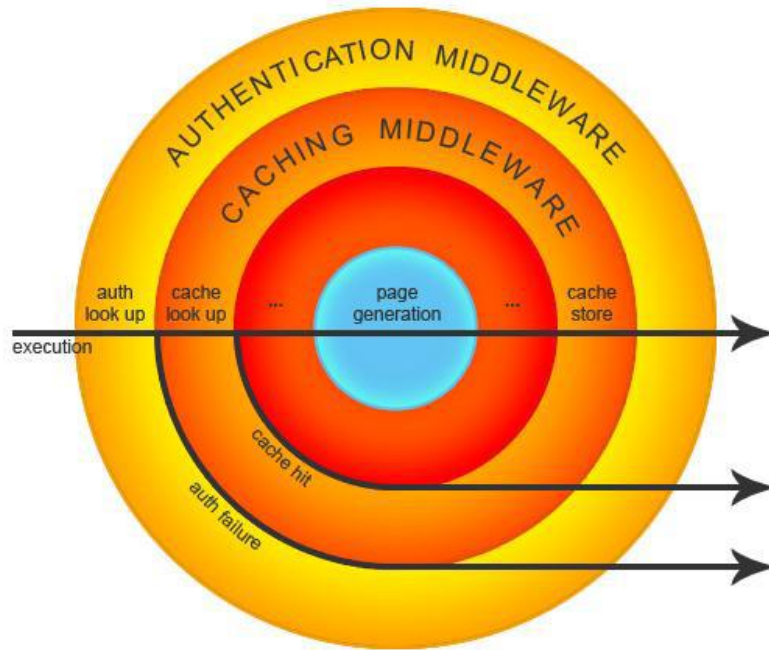


Εικόνα 3. 3: Η δομή των προσφερόμενων υπηρεσιών

Στην Εικόνα 3.3 παρατηρούμε μια σύγκριση μεταξύ της παραδοσιακής υποδομής και της χρήσης Cloud υποδομής. Κατά την χρήση Cloud υποδομής και ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω συναντούμε στο πρώτο επίπεδο τις IaaS υπηρεσίες. Οι IaaS υπηρεσίες διαχειρίζονται την δικτύωση, την αποθήκευση και τα φυσικά μηχανήματα, καθώς και το επίπεδο της εικονοποίησης λογισμικού. Το επίπεδο αυτό βρίσκεται μεταξύ του φυσικού υλικού και του λογισμικού (λειτουργικά συστήματα και

εφαρμογές), ως εκ τούτου επιτρέπεται η οριζόντια ελαστικότητα κατά μήκος των φυσικών μηχανημάτων. Αυτό σημαίνει ότι είναι εφικτή η μετακίνηση επεξεργαστικής ισχύος, μνήμης και αποθηκευτικού χώρου από τη μια εικονική μηχανή σε μια άλλη εν ώρα λειτουργίας και σύμφωνα με τις ανάγκες. Αυτή η δυνατότητα δίνεται μέσα από την χρήση του λογισμικού εικονοποίησης ή όπως αλλιώς ονομάζεται επόπτης (hypervisor), σύμφωνα με το οποίο πραγματοποιείται η ενοποίηση των φυσικών πόρων καθώς και η διάθεση αυτών στις εικονικές μηχανές, με τέτοιο τρόπο ώστε να νομίζουν ότι επικοινωνούν απευθείας με το φυσικό υλικό. Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την βέλτιστη εκμετάλλευση των πόρων συνολικά, μεγαλύτερο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας και φυσικού χώρου, καθώς και την ευκολότερη διαχείριση της υποδομής. Παρόμοιες τεχνικές εικονοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα επίπεδα των υπολογιστικών υποδομών : δίκτυα, αποθήκευση, λειτουργικά συστήματα και τις εφαρμογές που τρέχουν σε αυτά. Μέσω της χρήσης του μείγματος τεχνολογιών εικονοποίησης παρέχεται ένα επίπεδο ανεξαρτησίας ανάμεσα στο υλικό που γίνεται η διαδικασία εκτέλεσης, αποθήκευσης, οι διαδικασίες δικτύου και στις εφαρμογές που τρέχουν σε αυτό. Τέλος πολλά από τα κέντρα δεδομένων που παρέχουν αξιόπιστες υπηρεσίες Cloud, είναι χτισμένα με την χρήση διαφόρων επιπέδων τεχνολογιών εικονοποίησης. Ως εκ τούτου οι προσφερόμενες υπηρεσίες αποτελούν καταναεμημένα συστήματα αδιαφανή προς τους χρήστες, καθώς ο χρήστης δεν είναι σε θέση να γνωρίζει ποιος εξυπηρετητής του προσφέρει την υπηρεσία που λαμβάνει [15].

Στην εικόνα που ακολουθεί διακρίνεται η γενική αρχιτεκτονική της εκτέλεσης ενός αιτήματος με χρήση δύο Middleware. Το πρώτο χρησιμοποιείται για ταυτοποίηση και το δεύτερο για caching.



Εικόνα 3. 4: Αρχιτεκτονική Middleware

Οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες έχουν βοηθήσει και θα βοηθήσουν στην επικοινωνία κατανεμημένων συστημάτων. Αυτό που συμβαίνει στην πράξη σήμερα είναι η εκτεταμένη χρήση λογισμικού middleware για την επικοινωνία ετερογενών συστημάτων.

Για την διασύνδεση και επικοινωνία των διαφορετικών middleware, οι Web Service μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο. Με τον ίδιο τρόπο που η τεχνολογία HTTP μπόρεσε να κάνει εφικτή την πρόσβαση στον χρήστη ενός μεγάλου όγκου δεδομένων και πληροφοριών, έτσι και οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες επιδιώκουν να κάνουν εφικτή την πρόσβαση των μηχανών σε έναν Ιστό από υπηρεσίες. Ειδικά στον τομέα της δημοσίευσης περιεχομένου με content syndication οι Web Services προσφέρουν μια λύση για την γεφύρωση του χάσματος μεταξύ αναμειγμένων συστημάτων, τα οποία επιθυμούν να ανταλλάσσουν περιεχόμενο. Παρόλο πάντως που με την αρχιτεκτονική των Web Services αντιμετωπίστηκαν τα περισσότερα προβλήματα συμβατότητας και διαλειτουργικότητας, υπάρχουν ακόμα αρκετά ανοικτά θέματα. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα εξής [16]:

- Ασφάλεια
- Ποιότητα επικοινωνίας
- Αυτόματος τρόπος αναζήτησης και ενσωμάτωσης των Web Services σε ένα σύστημα.

3.2 Μελέτη επιχειρηματικών μοντέλων Cloud Computing

Τα βασικά συστατικά επιχειρηματικών μοντέλων Cloud computing παρουσιάζονται ως εξής :

- **Δίκτυο συνεργατών** : οι συνεργάτες είναι απαραίτητοι καθώς υπάρχουν δραστηριότητες και πόροι που παρέχονται μέσα από τις συνεργασίες μιας επιχείρησης με άλλες . Ουσιαστικά δημιουργείται συνεργασία μεταξύ των παρόχων του Cloud, καθώς ένας SaaS πάροχος βασίζεται σε ένα PaaS και αυτός με την σειρά του σε ένα IaaS, με τέτοιο τρόπο ώστε να αναπτύσσεται σχέση πελάτη/προμηθευτή. Μέσω αυτών των συνεργασιών επιτυγχάνεται μείωση κόστους με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα κέντρα δεδομένων IaaS που συνήθως ανατίθενται σε εξωτερικούς συνεργάτες. Η' ακόμη οι στρατηγικές συνεργασίες με κοινότητες ανοικτού κώδικα (open source communities - OSS) εκ των οποίων εξασφαλίζονται πόροι όπως ο κώδικας και η υποστήριξη αυτού.
- **Βασικές δραστηριότητες** : η ομαδοποίηση των Cloud υπηρεσιών με βάσει την τεχνική πλευρά τους βοηθάει στην διάκριση των δραστηριοτήτων για κάθε μια από αυτές. Επομένως, για τις SaaS υπηρεσίες το κύριο μέλημα των παρόχων είναι η καταγραφή και ανάλυση των προτιμήσεων των πελατών, ώστε είτε να προσαρμόσουν είτε να αναπτύξουν νέες λειτουργικότητες στις υπηρεσίες τους. Για τις PaaS υπηρεσίες λόγω του ότι στηρίζονται στις υποδομές του IaaS επιπέδου, οι πάροχοι προσπαθούν να εξασφαλίσουν την συνεχή λειτουργία μεταξύ των δύο επιπέδων, ώστε να είναι εφικτές οι προσφερόμενες PaaS υπηρεσίες προς τους πελάτες. Τέλος για τις IaaS υπηρεσίες σημαντικό ρόλο παίζει η αυτοματοποιημένη παράδοση, ο έλεγχος και ο σωστός προγραμματισμός των πόρων. Ακόμη, η βελτιστοποίηση του εξοπλισμού βοηθάει στο να παρέχονται υπηρεσίες ανταποκρινόμενες στις απαιτήσεις των πελατών.
- **Βασικοί πόροι** : για κάθε μια από τις προσφερόμενες υπηρεσίες SaaS, PaaS, IaaS απαιτούνται πόροι όπως το λογισμικό, οι προγραμματιστές και το υλικό.
- **Αξία για τον πελάτη** : η προστιθέμενη αξία σχετίζεται άμεσα με τα έξι ξεχωριστά χαρακτηριστικά που δημιουργούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής : cost flexibility (τα σταθερά κόστη μετατρέπονται σε μεταβλητά, καθώς υιοθετείται το μοντέλο πληρωμής "πληρώνεις για όσο και όταν χρησιμοποιείς μια

υπηρεσία’’), business scalability (παρέχει ευέλικτη υπολογιστική ισχύς για να υποστηρίξει το εύρος ζήτησης), market adaptability (δίνει την δυνατότητα γρήγορης παρουσίας στην αγορά υποστηρίζοντας παράλληλα τον πειραματισμό μιας επιχείρησης στην αγορά), masked complexity (δίνει την δυνατότητα ανάπτυξης πολύπλοκων προϊόντων απευθυνόμενη σε περισσότερους χρήστες), context-driven variability (λαμβάνεται υπόψιν η γνώμη του χρήστη) και ecosystem connectivity (προωθεί νέες αξίες και οδηγεί δυναμικά σε νέες επιχειρήσεις).

- **Σχέσεις με πελάτες** : οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών Cloud και πελατών δημιουργούνται με ποικίλους τρόπους, όπως διοργάνωση ενημερωτικών συνεδρίων, on-line κοινότητες μέσα από τις οποίες είναι εφικτή η άμεση ενημέρωση και η καταγραφή των προτιμήσεων των πελατών.
- **Εύρος και στόχος αγοράς** : εδώ περιγράφονται τα τμήματα αγοράς για κάθε κατηγορία υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα, τα τμήματα αγοράς για IaaS υπηρεσίες είναι οι προγραμματιστές και οι PaaS υπηρεσίες, ενώ στους πελάτες των PaaS υπηρεσιών περιλαμβάνονται οι αναλυτές και οι SaaS υπηρεσίες. Οι πελάτες των SaaS υπηρεσιών θεωρούνται οι τελικοί χρήστες.
- **Κανάλια διανομής** : η προσφερόμενη αξία παραδίδεται στους πελάτες μέσω των καναλιών επικοινωνίας / διανομής. Έτσι, για τις IaaS υπηρεσίες χρησιμοποιείται το μοντέλο απευθείας πωλήσεων self-service καθώς οι υπηρεσίες διατίθενται μέσω διαδικτυακής διεπαφής χρήστη. Ενώ για τις SaaS και PaaS υπηρεσίες απαιτείται η ανάπτυξη προγραμμάτων συνεργατών, όπως η προστιθέμενη αξία των μεταπωλητών και ολοκληρωμένων συστημάτων. Τέλος, οι SaaS λύσεις συγκεντρώνονται σε πύλες μεσίτη (cloud broker portals), των οποίων η προστιθέμενη αξία είναι η συγκεντρωτική χρέωση, η παροχή self-service, η διαχείριση ταυτότητας και ενδεχομένως ενοποίηση των δεδομένων.

Αναφέροντας λίγα λόγια για το τι είναι cloud broker έχουμε τα εξής :

Σύμφωνα με τον Bond (2015) το Cloud brokering αναφέρεται σε έναν οργανισμό που παίζει το ρόλο συντονιστή των υπηρεσιών Cloud και εξυπηρετεί άλλους οργανισμούς που ενδιαφέρονται να κάνουν χρήση των υπηρεσιών αυτών.

Ο ορισμός που δίνει ο NIST είναι ο εξής : «Ένας Cloud Broker ορίζεται ως μια οντότητα η οποία διαχειρίζεται την χρήση, την απόδοση και την παράδοση των Cloud υπηρεσιών και διαπραγματεύεται σχέσεις μεταξύ των Cloud παρόχων και των Cloud καταναλωτών. Ουσιαστικά ως οντότητα νοείται ένας οργανισμός IT υπηρεσιών που κατέχει το ρόλο διαμεσολαβητή για τους χρήστες ». (Bond, 2015)

Υπάρχουν έξι χαρακτηριστικά σύμφωνα με τα οποία ο Cloud broker παίζει σημαντικό ρόλο μεταξύ των παρόχων και των καταναλωτών (Bond, 2015):

- Κατάλογος υπηρεσιών (Service catalog) : Διαθέτει μια λίστα με τις προσφερόμενες υπηρεσίες των παρόχων των XaaS (Anything as a Service) προς τους καταναλωτές που ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες.
- Ροή εργασιών (Workflow) : Διευκολύνει την διαδικασία παραγγελίας από την μεριά του πελάτη.
- APIs : Διαχειρίζεται τις παρεχόμενες υπηρεσίες κάνοντας χρήση API.
- Διαχείριση χρήσης πόρων (Resource usage management) : Δίνει την δυνατότητα συγκέντρωσης του κόστους που αφορά την χρήση, την τιμολόγηση των υπηρεσιών από ένα σημείο.
- Κατάσταση παρακολούθησης (Tracking status) : Μέσω της χρήσης API για κάθε πάροχο δίνει την δυνατότητα παρακολούθησης και διαθεσιμότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Αναφορές (Reporting) : Συλλέγει και συγκεντρώνει την κατάσταση των συστημάτων, διαφόρων στατιστικών και συμφωνιών επιπέδου υπηρεσιών (SLA πινάκων), όπως διατίθενται από τους παρόχους σε μια κεντρικοποιημένη πύλη που φιλοξενείται από τον broker.

Σύμφωνα με τον NIST ορίζονται τρεις έννοιες που πλαισιώνουν τις διαδικασίες και λειτουργικότητες ενός Cloud Broker, αυτές είναι (Bond, 2015) :

ο Aggregation : Η υπηρεσία aggregation περιλαμβάνει την ενσωμάτωση και συγχώνευση των δεδομένων των πολλαπλών υπηρεσιών Cloud. Αρχικά η πλατφόρμα διαχείρισης συλλέγει τα δεδομένα από τους παρόχους με τους οποίους συνεργάζεται και έπειτα προωθεί αυτά μέσω ενός κεντρικοποιημένου portal. Ως εκ τούτου μέσω μιας διεπαφής είναι εφικτή η διαχείριση των service catalogs, statistics, resource usage, τιμολόγησης, διαχείρισης του SLA των παρεχόμενων υπηρεσιών. Έτσι ο καταναλωτής

δεν γνωρίζει την πολυπλοκότητα των υπηρεσιών ή ακόμη και τους παρόχους των υπηρεσιών.

ο Arbitration : Η υπηρεσία arbitration αφορά την διαδικασία επιλογής του παρόχου ανάλογα με τις απαιτήσεις του καταναλωτή. Έτσι διαμέσου του service catalog αποφασίζεται ποιος είναι ο πάροχος που σύμφωνα με τις υπηρεσίες που διαθέτει μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του καταναλωτή. Οι αποφάσεις συνήθως βασίζονται σε κριτήρια, όπως οι χρεώσεις των παρόχων, το SLA των υπηρεσιών, η γεωγραφική τοποθεσία κατά την οποία βρίσκονται τα κέντρα δεδομένων των παρόχων ή ακόμη και οι προτιμήσεις των πελατών. Βασιζόμενη στην λογική της απόφασης, η πλατφόρμα διαχείρισης του broker μπορεί είτε να παρέχει οποιαδήποτε υπηρεσία επιλεγμένων παρόχων είτε να καλύπτει υπηρεσίες πολλαπλών παρόχων.

Επιπρόσθετα υπάρχει μια επιπλέον υπηρεσία, η automated arbitration σύμφωνα με την οποία όταν ο καταναλωτής παραγγέλνει μια υπηρεσία Cloud ακολουθείται η διαδικασία σύγκρισης μεταξύ των διαθέσιμων παρόχων και παρουσίασης αυτών στους πελάτες είτε ως προτεινόμενη λίστα είτε ως βαθμονομημένες υπηρεσίες . Εκτός της επιλογής του παρόχου, η πλατφόρμα διαχείρισης ως προς τους παρόχους παρουσιάζει μια σειρά από ενέργειες που συμβαίνουν στο παρασκήνιο, όπως οι υπηρεσίες που έχουν γίνει παραγγελία από τους καταναλωτές.

ο Intermediation : Η υπηρεσία intermediation αποτελεί μια τεχνική σύμφωνα με την οποία το σύστημα διαχείρισης έχει την εποπτεία κάθε υπηρεσίας. Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα intermediation υπηρεσίας είναι η διαχείριση ταυτοτήτων των καταναλωτών, ή ακόμη και αναφορές ως προς τη χρήση της υπηρεσίας, την απόδοση και την ασφάλεια που παρέχει [17].

- Δομή κόστους : για IaaS υπηρεσίες τα κύρια κόστη συμπεριλαμβάνουν το κόστος συντήρησης των κτιρίων που είναι εγκατεστημένα τα κέντρα δεδομένων, το κόστος διαχείρισης και συντήρησης της υλικοτεχνικής υποδομής και των υποδομών δικτύωσης, τους μισθούς του προσωπικού που απαιτείται για την διαχείριση των υποδομών, το κόστος των συνεργατών και το κόστος της ασφάλειας όσο αφορά τα πληροφοριακά συστήματα καθώς και όσο αφορά τις κτιριακές εγκαταστάσεις. Στις PaaS υπηρεσίες τα κόστη περιλαμβάνουν τους

μισθούς των προγραμματιστών και το κόστος για τις IaaS υπηρεσίες. Ενώ για τις SaaS υπηρεσίες μόνο τους μισθούς των προγραμματιστών.

- Ροές εσόδων : αφορούν τα έσοδα που μια επιχείρηση μπορεί να έχει από κάθε τμήμα αγοράς. Ενώ η παραδοσιακή μορφή επιχειρήσεων λογισμικού διατηρούσαν ένα μοντέλο εσόδων βασισμένο σε άδειες χρήσης, στις Cloud υπηρεσίες το μοντέλο εσόδων βασίζεται είτε στη χρήση των υπηρεσιών (usage based) είτε στην συνδρομή (by subscription) .

3.3 Διαχείριση Διακομιστών Διαμεσολάβησης σε καταναμημένα περιβάλλοντα

Οι υπηρεσίες proxy είναι εξειδικευμένες εφαρμογές ή προγράμματα διακομιστή τα οποία "τρέχουν" στο firewall το οποίο είναι είτε ένας dual-homed host με τη μία διεπαφή στο εσωτερικό δίκτυο και την άλλη στο εξωτερικό είτε ένας bastion host ο οποίος είναι προσπελάσιμος από τις εσωτερικές μηχανές του δικτύου και έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Αυτά τα προγράμματα υποκλέπτουν τις αιτήσεις των χρηστών για υπηρεσίες του Διαδικτύου και τις προωθούν, καθώς αρμόζει σύμφωνα με την πολιτική ασφάλειας, προς τις πραγματικές υπηρεσίες. Τα proxy παρέχουν συνδέσεις αντικατάστασης και ενεργούν ως πύλες προς τις υπηρεσίες. Γι' αυτό το λόγο τα proxy είναι και γνωστά ως πύλες επιπέδου εφαρμογής (application-level gateways).

Οι υπηρεσίες proxy, άλλοτε αντιληπτές και άλλοτε όχι (transparent), βρίσκονται ανάμεσα στο χρήστη του εσωτερικού δικτύου και μιας υπηρεσίας έξω από αυτό (Διαδίκτυο). Αντί να μιλάνε κατ' ευθείαν ο ένας στον άλλον, μιλά ο καθένας σ' έναν proxy. Οι proxy χειρίζονται όλες τις επικοινωνίες μεταξύ των εσωτερικών χρηστών και των υπηρεσιών του Διαδικτύου στο παρασκήνιο. Η διαφάνεια (transparency) είναι το βασικό πλεονέκτημα των υπηρεσιών proxy. Στον πραγματικό server, ο proxy δίνει την ψευδαίσθηση ότι έχει να κάνει μ' έναν χρήστη απ' ευθείας στον proxy host. Στον πραγματικό χρήστη, ο proxy δίνει την ψευδαίσθηση ότι μιλά απ' ευθείας με τον πραγματικό server [18].

Οι υπηρεσίες proxy μπορούμε να πούμε ότι είναι αποτελεσματικές όταν χρησιμοποιούνται σε συνάφεια με κάποιο μηχανισμό ο οποίος αποτρέπει την άμεση επικοινωνία μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών host. Οι dualhomed hosts και τα φίλτρα πακέτων είναι τέτοιοι μηχανισμοί. Εάν υπάρχει επικοινωνία άμεση του εσωτερικού με το εξωτερικό περιβάλλον, εξουδετερώνεται η ανάγκη χρήσης του proxy, οπότε και δε θα χρησιμοποιούν. Μία τέτοια παρακαμπτήρια οδός πιθανώς δεν είναι σύμφωνη με την πολιτική ασφάλειας του site μας.

Δύο είναι οι συνιστώσες μιας υπηρεσίας proxy: ο proxy server και ο proxy client. Ο πελάτης είναι μια ειδική έκδοση ενός συνηθισμένου προγράμματος πελάτη (όπως είναι τα FTP, telnet, κλπ.) που μιλά στον proxy server αντί για τον πραγματικό server. Επιπρόσθετα, αν στους χρήστες έχουν δοθεί συγκεκριμένες οδηγίες, τα συνηθισμένα προγράμματα πελάτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως proxy πελάτες. Ο proxy server εκτιμά τις αιτήσεις των πελατών και αποφαινεται στο αν θα τις δεχτεί ή αν θα τις απορρίψει. Αν αποδεχτεί κάποια αίτηση, τότε επικοινωνεί με τον πραγματικό server εκ μέρους του πελάτη και προχωρεί στην αναμετάδοση της αίτησης προς τον πραγματικό server από τον πελάτη και τις απαντήσεις από τον πραγματικό server προς τον πελάτη.

Τα συστήματα φιλτραρίσματος πακέτων δρομολογούν πακέτα μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών host, αλλά το κάνουν επιλεκτικά. Επιτρέπουν ή αποτρέπουν την προσπέλαση ορισμένων ειδών πακέτα με τρόπο που αντανακλά την πολιτική ασφάλειας του site μας . Ο δρομολογητής ο οποίος χρησιμοποιείται από τα firewall φιλτραρίσματος πακέτων ονομάζεται screening router.

Κάθε πακέτο έχει ένα σύνολο από "κεφαλίδες" (headers), που περιέχουν συγκεκριμένες σημαντικές πληροφορίες, κάποιες από τις οποίες είναι: IP διεύθυνσης πηγής, IP διεύθυνσης προορισμού, το πρωτόκολλο (TCP, UDP ή ICMP), το TCP ή UDP port πηγής και προορισμού καθώς και τον τύπο του ICMP μηνύματος. Επιπρόσθετα ο δρομολογητής γνωρίζει κάποια πράγματα για τα πακέτα που εισέρχονται ή εξέρχονται από αυτόν τα οποία δεν αναφέρονται στις πληροφορίες των κεφαλίδων όπως για παράδειγμα το interface(η διεπαφή) απ' το οποίο μπήκε το ή αυτό απ το οποίο θα βγει.

Το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι αριθμοί port στους server των υπηρεσιών Internet δίνει στον δρομολογητή τη δυνατότητα να επιτρέπει ή να αποτρέπει συγκεκριμένα είδη συνδέσεων απλά προσδιορίζοντας το κατάλληλο port (π.χ. TCP port 23 για συνδέσεις Telnet) στους κανόνες προσδιορισμού του φίλτρου πακέτων. Εδώ παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα με τον οποίο θα μπορούσαμε να προγραμματίσουμε έναν screening router ώστε να δρομολογεί τα πακέτα επιλεκτικά από ή προς το site μας:

- Μπλοκάρισμα όλων των εισερχόμενων συνδέσεων από συστήματα έξω από το δίκτυο μας, εκτός από τις εισερχόμενες SMTP συνδέσεις ώστε να λαμβάνουμε αλληλογραφία.

- Μπλοκάρισμα των συνδέσεων σε ή από μη-έμπιστα συστήματα.
- Αποδοχή υπηρεσιών αλληλογραφίας και FTP, αλλά μπλοκάρισμα επικίνδυνων υπηρεσιών όπως TFTP, του συστήματος X Window, των υπηρεσιών "r" (rlogin, rsh, rcp κτλ)

Για να γίνει πιο σαφής και κατανοητή η διαδικασία του φιλτραρίσματος πακέτων θα εξηγήσουμε τη διαφορά μεταξύ ενός συνηθισμένου router και ενός screening router. Ένας συνηθισμένος δρομολογητής απλά ελέγχει τη διεύθυνση προορισμού του πακέτου και επιλέγει τον καλύτερο τρόπο που γνωρίζει ώστε να κατευθύνει το πακέτο προς τον προορισμό του. Η απόφαση που εκλαμβάνεται για τη μοίρα του πακέτου βασίζεται αποκλειστικά από τον προορισμό του. Υπάρχουν δύο εκδοχές που αφορούν τη μοίρα του πακέτου: είτε γνωρίζει ο δρομολογητής πώς να το στείλει προς τον προορισμό του και το πράττει, είτε δε γνωρίζει και το επιστρέφει από όπου ήρθε στέλνοντας και ένα ICMP μήνυμα "destination unreachable" . Από την άλλη ο screening router ρίχνει μια πιο προσεκτική ματιά στα πακέτα. Επιπρόσθετα, προσδιορίζοντας αν μπορεί ή όχι να δρομολογήσει το πακέτο προς τον προορισμό του, ένας screening router αποφαινεται στο αν πρέπει ή όχι να το δρομολογήσει. Το αν πρέπει ή όχι προσδιορίζεται από την πολιτική ασφάλειας του site μας η οποία του έχει επιβληθεί. Παρόλο που είναι δυνατό να βρίσκεται ένας screening router μεταξύ του Internet και του εσωτερικού μας δικτύου, αυτό εναποθέτει τεράστια ευθύνη σ' αυτόν. Όχι μόνο πρέπει να εκπληρώσει όλες τις διαδικασίες δρομολόγησης και λήψης αποφάσεων για τις δρομολογήσεις αλλά είναι και το μόνο σύστημα ασφάλειας. Εάν η ασφάλειά του αποτύχει ή καταρρεύσει από μια επίθεση το εσωτερικό δίκτυο μένει εκτεθειμένο. Επιπρόσθετα, ένας γνήσιος screening router δεν μπορεί να τροποποιεί υπηρεσίες. Μπορεί να επιτρέψει ή όχι μια υπηρεσία, αλλά δεν μπορεί να προστατεύσει μεμονωμένες λειτουργίες μιας υπηρεσίας. Αν μια επιθυμητή υπηρεσία έχει κάποιες μη ασφαλείς λειτουργίες ή αν η υπηρεσία συνήθως παρέχεται με έναν ανασφαλή server, το φιλτράρισμα πακέτων από μόνο του δε μπορεί να παρέχει την επιθυμητή ασφάλεια.

Κάθε διερχόμενο πακέτο από ή προς το internet και στο εσωτερικό δίκτυο πρέπει πρώτα να περάσει από τον proxy server, ο proxy server βρίσκεται στην κατάλληλη θέση για να παίζει το ρόλο του 'θυρωρού'. Αυτό πετυχαίνεται με το να λειτουργεί ο proxy server σαν μεσολαβητής μεταξύ του internet και του intranet. Ο proxy server τοποθετείται σε ένα τμήμα του δικτύου που συνδέει το internet με το intranet. Δύο προσαρμοστές (κάρτες δικτύου) εγκαθίστανται στον proxy server. Ο πρώτος συνδέει

το internet με τον proxy και δεύτερος το intranet με τον proxy. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση του intranet με το internet.

Με το λογισμικό proxy server 2 η Microsoft πρόσθεσε τη δυνατότητα φιλτραρίσματος των πακέτων (packet filtering) δίνοντας πολλές δυνατότητες αντιπυρικής ζώνης (firewall). Αυτό το φιλτράρισμα πακέτων λειτουργεί με την επιθεώρηση του κάθε πακέτου, ώστε να ελέγχει ποιο πρωτόκολλο 'χρησιμοποιεί και το αν πρόκειται για επιτρεπόμενη σύνδεση. Ο proxy server μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να φιλτράρει τις αιτήσεις από το εξωτερικό προς το εσωτερικό δίκτυο. Παράδειγμα μπορούμε να επιτρέψουμε συγκεκριμένες IP διευθύνσεις να συνδέονται στο εσωτερικό δίκτυο. Ή να φιλτράρουμε τις αιτήσεις από το εσωτερικό προς το εξωτερικό. Για παράδειγμα μπορούμε να αποτρέψουμε την πρόσβαση σε μία συγκεκριμένη ομάδα από web site. Όταν έχει ενεργοποιηθεί το φιλτράρισμα πακέτων, μπορούμε να περιορίσουμε την πρόσβαση σε συγκεκριμένες εξωτερικές τοποθεσίες, ή να επιτρέψουμε να είναι ορατές μόνο ορισμένες εσωτερικές τοποθεσίες. Επιπλέον ορισμένα πρόσθετα προγράμματα μπορούν να προσθέσουν στο proxy server επιπλέον χαρακτηριστικά [19].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συμπεράσματα-Επίλογος

Στην Προσανατολισμένη στις Υπηρεσίες Αρχιτεκτονική, προκειμένου να πετύχουμε το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα στην οργάνωση και τον σχεδιασμό των επιχειρηματικών διαδικασιών και να οδηγηθούμε στην επαναχρησιμοποίηση των Υπηρεσιών, δημιουργείται η ανάγκη για τη σύνθεση Υπηρεσιών από ήδη υπάρχουσες Υπηρεσίες. Συνεπώς για την περιγραφή και την πραγματοποίηση πολύπλοκων επιχειρηματικών λειτουργιών και ανάλογα με τις απαιτήσεις και το σχεδιαστικό πρότυπο που πρόκειται να ακολουθηθεί, υπάρχει η δυνατότητα σύνθεσης των Υπηρεσιών με βάση δύο βασικές προσεγγίσεις οργάνωσης της ροής των συναλλαγών και αναφέρονται ως [20]:

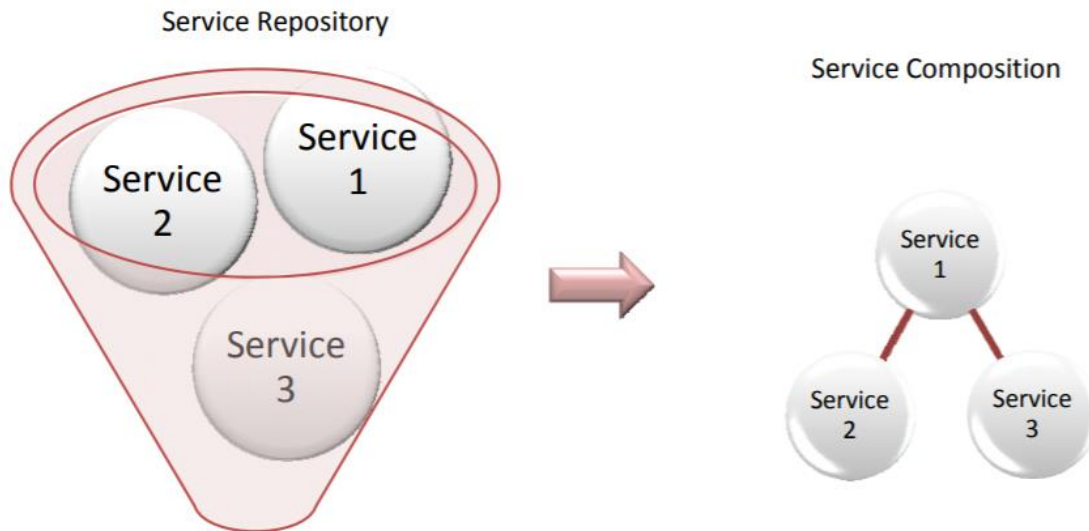
- Ενορχήστρωση
- Χορογραφία

Σε μια προσπάθεια ορισμού της έννοιας της σύνθεσης Υπηρεσιών, έχει προταθεί μεγάλος αριθμός διαφορετικών προσεγγίσεων [Davenport et al., 1990], [Dayal et al., 2001], [Harrington, 1991], [Koubarakis et al., 2002] χωρίς να υπάρχει ένας ικανοποιητικός ορισμός που να καλύπτει πλήρως το εύρος των επιχειρηματικών διαδικασιών. Η καλύτερη προσέγγιση για το σχεδιασμό μιας επιχειρηματικής διαδικασίας είναι η ανάλυση του ρόλου της και ο περιορισμός της προσοχής στο επίπεδο της επιχείρησης ως σύνολο. Πρέπει να αναλυθεί με βάση διάφορες όψεις της επιχειρηματικής δραστηριότητας, όπως με βάση την ανταλλαγή των δεδομένων, το διαχωρισμό των βασικών λειτουργικών μονάδων, την οργάνωση της ροής και την διαχείριση των αναγκαίων πόρων [Scheer, 1002]. Στο [Curtis, 1992] γίνεται διαχωρισμός μεταξύ της λειτουργικής, της οργανωσιακής και της πληροφοριακής οπτικής γωνίας των επιχειρηματικών διαδικασιών. Στο [Orriens et al., 2003] υιοθετείται το πρότυπο και πλαίσιο ανάλυσης της επιχειρηματικής διαδικασίας που προτείνεται στο [Zachman, 1987] και διακρίνεται τα βασικά στοιχεία της επιχειρηματικής διαδικασίας με βάση τις όψεις του πώς, γιατί, πότε,

ποιός, τι και που, με αποτέλεσμα να αποδομείται η επιχειρηματική διαδικασία στα βασικά χαρακτηριστικά της βάσει των απαντήσεων στις παραπάνω ερωτήσεις. Τελικά, μπορούμε να αναγνωρίσουμε τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά των επιχειρηματικών διαδικασιών :

- Δραστηριότητα (Activity): Μια δραστηριότητα αντιπροσωπεύει μια καλά ορισμένη επιχειρησιακή λειτουργία και αποτελεί μέρος της όψης του πώς. Πρόκειται για το στοιχείο της επιχειρηματικής διαδικασίας που υπαγορεύει τον τρόπο υλοποίησης και κλήσης μιας δράσης – ενέργειας.
- Συνθήκη (Condition): Η συμπεριφορά της επιχειρηματικής διαδικασίας ελέγχεται και οδηγείται από την επιχειρηματική λογική και τους κανόνες. Επομένως η συνθήκη είναι το χαρακτηριστικό της επιχειρηματικής διαδικασίας που αποτιμάται και ελέγχεται, ώστε να αποφασιστεί η ροή ελέγχου της διαδικασίας. Αντιστοιχεί στην όψη του γιατί.

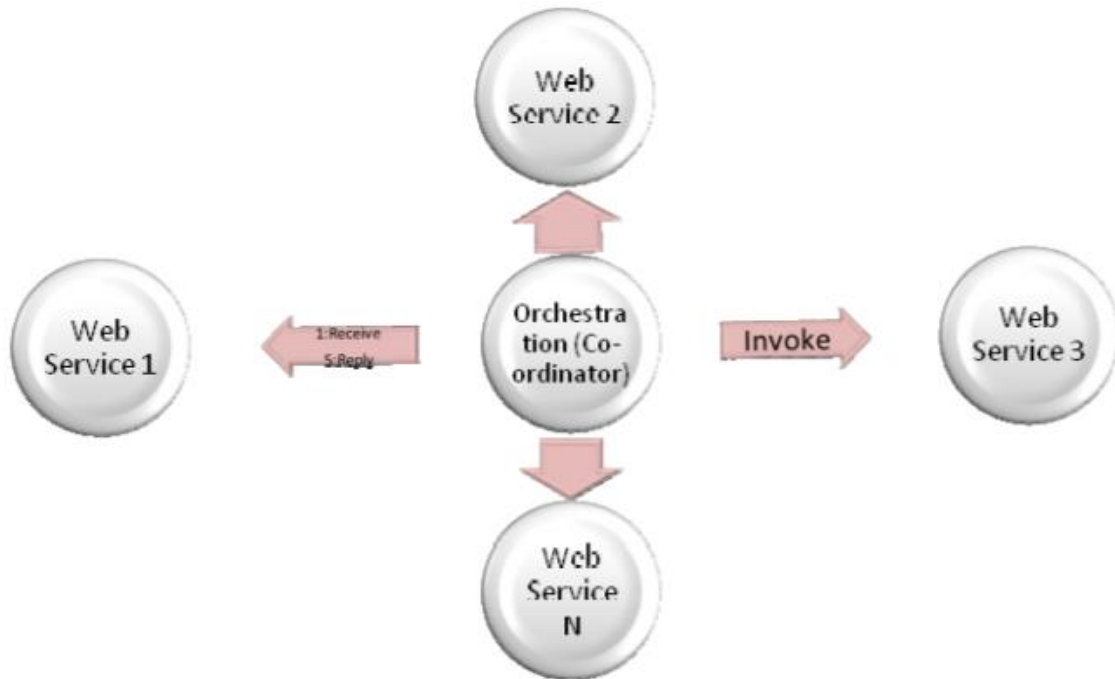
- Γεγονός – Συμβάν (Event): Τα γεγονότα κατά τη σύνθεση των Υπηρεσιών αντιστοιχούν σε πραγματικά επιχειρησιακά συμβάντα που πραγματοποιούνται και μεταβάλλουν ή καθορίζουν τη ροή της επιχειρηματικής διαδικασίας. Αποτελούν μέρος της όψης του πότε, γιατί υπαγορεύουν το χρονικό σημείο πυροδότησης ενός γεγονότος.
- Ροή (Flow): Η ροή εκφράζει και αυτή την όψη του πώς και χρησιμοποιείται για να καταδείξει την οργάνωση και την ενορχήστρωση των συμμετεχόντων δραστηριοτήτων. Πρόκειται για τους συνήθεις τύπους - πρότυπα επιλογής ροής, δηλαδή σειριακή - ακολουθιακή ροή, παράλληλη ροή, ροή με βάση συνθήκη, επαναληπτική ροή και συνδυασμός των παραπάνω.
- Μήνυμα (Message): Μηνύματα χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιτύχουμε την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διαφορετικών συναλλασσόμενων. Τα μηνύματα αντιπροσωπεύουν την όψη του τι, καθώς εκφράζουν το είδος των δεδομένων και τις εξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις που υφίστανται.
- Παροχέας (Provider): Οι συμμετέχοντες – άνθρωποι και υπολογιστικοί πόροι – που αποτελούν μέλη της επιχειρηματικής διαδικασίας απεικονίζονται με τη μορφή του παροχέα. Ο παροχέας ανήκει την όψη του ποιος και που και πρόκειται για μια συμπαγή Υπηρεσία.
- Ρόλος (Role): Οι ρόλοι αποτελούν τμήμα της όψης του ποιος και καθορίζουν την αναμενόμενη συμπεριφορά των συμμετεχόντων στην επιχειρηματική διαδικασία με ένα αφαιρετικό τρόπο [21].



Εικόνα 4. 1: Σύνθεση Ροής Εργασίας Υπηρεσιών

Στην περίπτωση οργάνωσης της ροής των επιχειρηματικών διαδικασιών με βάση το πρότυπο της ενορχήστρωσης, μια κεντρική διαδικασία αναλαμβάνει τον συνολικό έλεγχο και τη διαχείριση των υπηρεσιών που λαμβάνουν μέρος, και συντονίζει την εκτέλεση των διαφορετικών λειτουργιών της κάθε υπηρεσίας. Πρόκειται, με άλλα λόγια, για μια προσέγγιση όπου η διαλειτουργικότητα των εφαρμογών επιτυγχάνεται βάσει μιας κεντρικά ελεγχόμενης ροής εργασιών (workflow). Οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες που συμμετέχουν δε γνωρίζουν ότι είναι μέλη μιας επιχειρηματικής διαδικασίας και ότι αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της ροής μιας υψηλότερου επιπέδου υπηρεσίας. Μόνο η υπηρεσία που δρα ως κεντρικός διαχειριστής και συντονιστής γνωρίζει τη συμμετοχή και το ρόλο που διαδραματίζει για την πραγμάτωση της επιχειρηματικής διαδικασίας, κατά τέτοιο τρόπο ώστε η ενορχήστρωση να οργανώνεται και να μορφοποιείται γύρω από αυτήν με σαφή καθορισμό των λειτουργιών και της σειράς με την οποία πρόκειται να κληθούν οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες.

Η προσέγγιση της ενορχήστρωσης προσφέρει ένα περιβάλλον ενοποίησης με διάφορες εφαρμογές ενός οργανισμού έστω και αν αυτές βασίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής ή επέκτασης της λογικής της ροής εργασίας, διευκολύνεται η συγχώνευση των επιχειρηματικών διαδικασιών και εξωτερικεύεται η συμπεριφορά της διαδικασίας ως υπηρεσία με καθορισμένο περιεχόμενο.

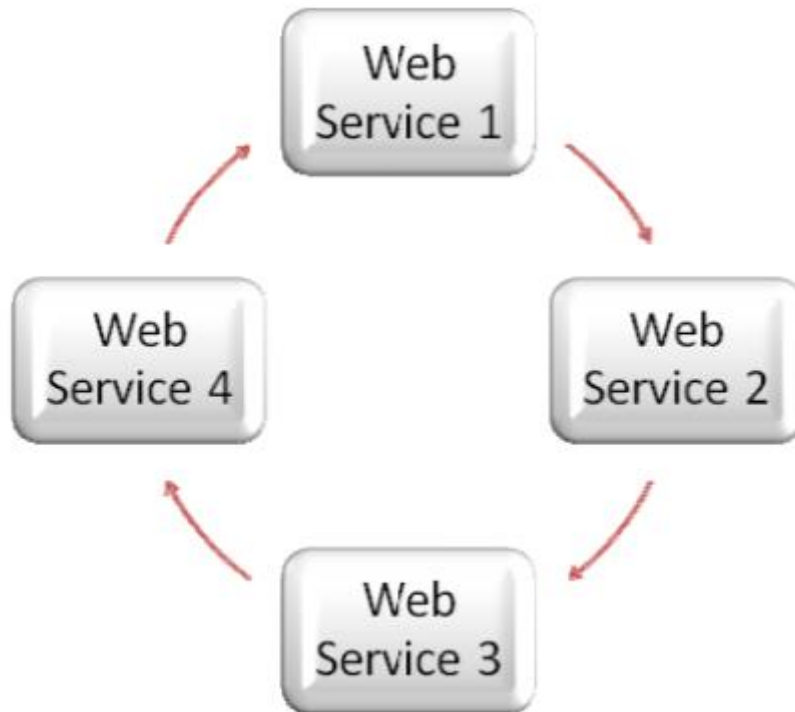


Εικόνα 4. 2: Ενορχήστρωση Ροής Εργασίας Υπηρεσιών

Στην περίπτωση οργάνωσης της ροής των επιχειρηματικών διαδικασιών με βάση το πρότυπο της χορογραφίας, δεν υπάρχει κεντρική διαδικασία που να αναλαμβάνει τον έλεγχο της ροής εκτέλεσης των υπηρεσιών, αλλά κάθε υπηρεσία είναι υπεύθυνη από μόνη της να προσδιορίσει και να εκτελέσει το περιεχόμενο της και να συντονίσει τη λειτουργία της με βάση τη ροή της διαδικασίας. Με άλλα λόγια, κάθε συμμετέχων παράγοντας της επιχειρηματικής διαδικασίας γνωρίζει με ακρίβεια τη στιγμή που θα εκτελέσει τη λειτουργία της και τους διαφορετικούς παράγοντες με τους οποίους αλληλεπιδρά. Μια τυπική προσέγγιση που εμφανίζει τον χαρακτήρα της χορογραφίας, αποτελεί η υλοποίηση αλυσίδας διαδικασιών με ακολουθιακή πορεία και καθορισμένη σειρά εκτέλεσης.

Η προσέγγιση της χορογραφίας αποτελεί μια προσπάθεια συνεργασίας που επικεντρώνεται στην ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ επιχειρηματικών διαδικασιών, για την εκτέλεση των οποίων έχει συμφωνηθεί η ροή εργασίας που θα ακολουθηθεί και έχει εγκατασταθεί ένα πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ των υπηρεσιών που συμμετέχουν. Υπό ιδανικές συνθήκες, η μέθοδος της χορογραφίας μπορεί να εφαρμοστεί σε δημόσιο και διεπιχειρησιακό επίπεδο, όπου οι οργανισμοί θα μπορούσαν να συμφωνήσουν πάνω στη δομή των εσωτερικών διεργασιών τους προκειμένου να διαλειτουργήσουν και να επιτύχουν αυτή την επιδίωξή τους βασισμένες σε αυτοματοποιημένες λύσεις.

Ειδικότερα στη σημερινή εποχή όπου οι απαιτήσεις διαλειτουργικότητας είναι ιδιαίτερα αυξημένες μια πληθώρα υπηρεσιών διαφορετικών επιχειρήσεων ζητούν τρόπο συνεργασίας. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα προτύπου που επιδιώκει την οργάνωση της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πολλαπλών οργανισμών είναι το WS-CDL [22].



Εικόνα 4. 3: Χορογραφία Ροής Εργασίας Υπηρεσιών

Από την οπτική της σύνθεσης Διαδικτυακών Υπηρεσιών για την εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών, η προσέγγιση της ενορχήστρωσης, ως περισσότερο ευέλικτο σχήμα οργάνωσης της ροής εκτέλεσης, παρουσιάζει πλεονεκτήματα έναντι της χορογραφίας που συνοψίζονται στα εξής : • Είναι γνωστός ο παράγοντας που είναι υπεύθυνος για το συντονισμό και την εκτέλεση ολόκληρης της επιχειρηματικής διαδικασίας.

- Υπάρχει η δυνατότητα εναλλαγής και εναλλακτικής μετατροπής της ροής σε περίπτωση σφάλματος.
- Υπάρχει η δυνατότητα συγχώνευσης και ενσωμάτωσης υπηρεσιών χωρίς να γνωρίζουν ότι αποτελούν τμήμα επιχειρηματικής διαδικασίας.
- Με τη βοήθεια της BPEL, μπορούμε να διακρίνουμε τις επιχειρηματικές διαδικασίες σε δύο κατηγορίες:

- Στις επιχειρηματικές διαδικασίες, στις οποίες μπορούμε να καθορίσουμε με ακρίβεια τις λεπτομέρειες σχεδιασμού και υλοποίησης τους και ονομάζονται εκτελέσιμες επιχειρηματικές διαδικασίες (executable business processes). Οι εκτελέσιμες επιχειρηματικές διαδικασίες ακολουθούν το πρότυπο της ενορχήστρωσης.
- Στις επιχειρηματικές διαδικασίες, στις οποίες μπορούμε να καθορίσουμε και να παρακολουθήσουμε την ανταλλαγή των μηνυμάτων που πραγματοποιείται μεταξύ των συνεργαζόμενων παραγόντων και ονομάζονται αφαιρετικές επιχειρηματικές διαδικασίες. Οι αφαιρετικές επιχειρηματικές διαδικασίες ακολουθούν το πρότυπο της χορογραφίας και δεν περιλαμβάνουν εσωτερικές λεπτομέρειες υλοποίησης, ενώ συγχρόνως είναι αδύνατο να εκτελεστούν.

Οι εκτελέσιμες επιχειρηματικές διαδικασίες είναι διαδικασίες που συνθέτουν και συνδυάζουν ένα σύνολο υπαρχουσών υπηρεσιών, ενώ παράλληλα καθορίζουν τον ακριβή αλγόριθμο υλοποίησης και εξάρτησης των δραστηριοτήτων και ανταλλαγής των μηνυμάτων εισόδου και εξόδου. Για την εκτέλεση τους χρησιμοποιούνται μηχανές BPEL (BPEL engines). Η χρησιμότητα τους είναι προφανής και έγκειται στο γεγονός ότι αποτελούν την άμεση απάντηση στο πρόβλημα της αυτοματοποίησης των επιχειρηματικών διαδικασιών μέσα από προγραμματιστικές μεθόδους λογισμικού με απλό και ευθύ προσανατολισμό. Οι εκτελέσιμες διαδικασίες συμπληρώνουν το χάσμα μεταξύ της προδιαγραφής της διαδικασίας και του προγραμματιστικού κώδικα που είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση τους.

Κατά τον καθορισμό των εκτελέσιμων επιχειρηματικών διαδικασιών, ουσιαστικά καθορίζουμε μια καινούργια διαδικτυακή Υπηρεσία που αποτελεί σύνθεση υπαρχουσών Υπηρεσιών. Η διεπαφή (interface) της νέας διαδικτυακής Υπηρεσίας χρησιμοποιεί ένα σύνολο από θύρες (ports) μέσω των οποίων παρέχει τις λειτουργίες της στις υπόλοιπες Διαδικτυακές Υπηρεσίες. Όσον αφορά τις αφαιρετικές επιχειρηματικές διαδικασίες, έχει αναφερθεί ήδη ότι δεν είναι εκτελέσιμες, οπότε περιορίζονται σε απλή καταγραφή και προδιαγραφή των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ των συμμετεχόντων μελών. Τα μηνύματα περιγράφουν τη συμπεριφορά του μέλους που συμμετέχει και είναι τα μόνα παρατηρήσιμα στοιχεία της Υπηρεσίας. Επομένως, γίνεται φανερό ότι οι αφαιρετικές επιχειρηματικές διαδικασίες δεν εμφανίζουν ιδιαίτερη χρησιμότητα. Παρόλα αυτά καθορίζονται για δύο λόγους :

- Για να περιγράψουν τη συμπεριφορά μιας Υπηρεσίας χωρίς να είναι γνωστό με ακρίβεια το σύνολο των επιχειρηματικών διαδικασιών στις οποίες συμμετάσχει.

- Για να καθοριστούν τα πρωτόκολλα συνεργασίας μεταξύ των πολλαπλών παραγόντων που συμμετέχουν και να περιγραφεί με ακρίβεια η εξωτερική συμπεριφορά του κάθε συμμετέχοντα.

- Για να αποτελέσουν τα πρότυπα με βάση τα οποία είναι δυνατόν να σχεδιαστούν οι εκτελέσιμες επιχειρηματικές διαδικασίες [23].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Kevin Ashton “That 'Internet of Things' Thing”, RFID Journal, , June 22 2009
- [2] “GOOGLE: IoT can help disable”, Information week, October 3 2015
- [3] J. Bradley, J. Barbier Doug Handler “Embracing the Internet of Everything to Capture Your Share of \$14.4 Trillion” 2013 .
- [4] Wikipedia. Cloud computing. Mar. 2017. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing.
- [5] IoT policy (Internet of Things policy). Margaret Rouse. Retrieved from <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/IoT-policy-Internet-of-Things-policy>
- [6] Chr. Dancke Tuen. Security in Internet of Things Systems. Mar. 2017. URL:
- [7] Sensor Data Collector Service Documentation <http://catalogue.fi-star.eu/enablers/sensor-data-collection-service>
- [8] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin. A View of Cloud Computing. Communications of the ACM 53(4): 50 - 58, 2010.
- [9] P. Mell, T. Grance. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145, 2011.
- [10] T. Velte, A. Velte, R. Elsenpeter. Cloud Computing, A Practical Approach. McGraw-Hill Education, 2009.
- [11] D. Catteddu, G. Hogben Cloud Computing Security Risk Assessment
- [12] D. Zissis, D. Lekkas. Addressing cloud computing security issues. Future Generation Computer Systems 28(3):583-592, 2012.
- [13] O. SEFRAOUI, M. AISSAOUI, M. ELEULDJ OpenStack: Toward an Open-Source Solution for Cloud Computing
- [14] R. Perrey, M. Lycett, Service-oriented architecture
- [15] Michael Jakl. REST Representational State Transfer
- [16] The application/json Media Type for Javascript Object Notation (JSON)
- [17] Yuping Xin Yongzhao Zhan. Virtualization and Cloud Computing,
- [18] Feng Xia, Laurence T. Yang, Lizhe Wang, Alexey Vinel. Internet of Things
- [19] KeyRock Identity Management GE Documentation
- [20] Context Broker GE Documentation

[21] KeyRock Identity Management GE Documentation
<http://catalogue.fiware.org/enablers/documentation-18>.

[22] Context Broker GE Documentation
<http://catalogue.fiware.org/enablers/publishsubscribe-context-broker-orion-context-broker/documentation>

[23] Milan Zdravkovi'c et al. 'Survey of Internet-of-Things platforms'. In: 6th International Conference on Information Society and Technology, ICIST 2016