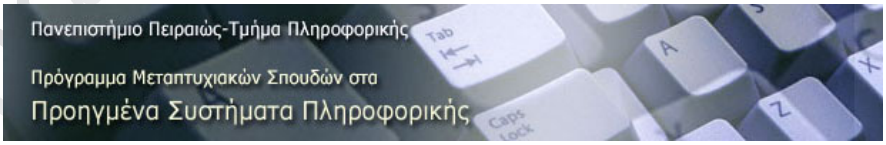
Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	**Δημιουργία Επιχειρησιακών Ροών Αναβαθμισμένων Υπηρεσιών η-Τιμολογίου με τη Χρήση της Προδιαγραφής BPMN & Ενσωματωμένους Μηχανισμούς Ασφαλείας**
Ονοματεπώνυμο Φοιτητή	**Αλαμπάνος Βασίλειος του Γεωργίου**
Αριθμός Μητρώου	**ΜΠΣΠ / 08041**
Κατεύθυνση	**Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων**
Επιβλέπων	**Δέσποινα Πολέμη**, **Επίκουρος Καθηγητής**



Ημερομηνία Παράδοσης **Οκτώβριος** 2011

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)	(υπογραφή)	(υπογραφή)
Δρ. Δέσποινα Πολέμη	Δρ. Χρήστος Δουληγέρης	Δρ. Παναγιώτης Κοτζανικολάου
Επίκουρος Καθηγητής	Καθηγητής	Λέκτορας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Ηλεκτρονικό Επιχειρείν και οι πολυάριθμες πλέον εκφάνσεις του στην καθημερινή μας ζωή κεντρίζει το ενδιαφέρον επενδυτών, διαχειριστών και επιχειρηματιών. Οι προσπάθειες εκσυγχρονισμού τόσο του δημόσιου, όσο και του ιδιωτικού τομέα μέσω της χρήσης των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας, έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην εφαρμογή μεγάλων και πολύπλοκων πληροφοριακών συστημάτων. Τα ζητήματα πολυπλοκότητας κατάφεραν να τα αντιμετωπίσουν οι SOA αρχιτεκτονικές μέσω τεχνικών Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών. Η νέα γενιά κατανεμημένων πληροφοριακών συστημάτων βασίζεται κατά κύριο λόγο στη χρήση Ιστιακών Υπηρεσιών και αυτές με τη σειρά τους κάνουν χρήση της γλώσσας XML για την μεταξύ τους επικοινωνία, αντιμετωπίζοντας κατ' ουσία τη απαίτηση για ανεξαρτητοποίηση πλατφόρμας. Παράλληλα, οι απαιτήσεις ασφάλειας αυξάνονται ανάλογα, ειδικά αν λάβει κανείς υπόψη πως τα δεδομένα που ανταλλάσσονται σε τέτοιου είδους διεργασίες είναι κύρια οικονομικής φύσης.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να υλοποιηθεί – μέσω της χρήσης της προδιαγραφής BPMN – μία εφαρμογή επιχειρησιακών ροών για μια προεπιλεγμένη Ιστιακή Υπηρεσία, αναδεικνύοντας έτσι τα λειτουργικά κενά σε θέματα ασφάλειας, αλλά και προτείνοντας ταυτόχρονα έναν σχετικό μηχανισμό, με εφαρμογή πάνω στην έκδοση του (XML) ηλεκτρονικού τιμολογίου.

Ως κύριο βήμα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, επιλέχθηκε προσεκτικά το καταλληλότερο για τις ανάγκες της εργασίας περιβάλλον λογισμικού για τη μοντελοποίηση Επιχειρησιακών Διαδικασιών. Παρουσιάζεται αναλυτικά ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της πρότυπης επιχειρησιακής ροής για την Ιστιακή Υπηρεσία που επιλέχθηκε, ενώ επιπλέον στα πλαίσια της «πρόκρισης» της XML ψηφιακής υπογραφής ως προτεινόμενη λύση ασφάλειας, με εφαρμογή πάνω στην παρουσιαζόμενη υλοποίηση, παρατίθενται και στοιχεία σχετικά με την ηλεκτρονική Τιμολόγηση, με επίκεντρο τα όσα ισχύουν στα πλαίσια της Ε.Ε. και συνεπακόλουθα της Ελλάδας.

ABSTRACT

Electronic Business and yet many of its aspects in our everyday life attract the interest of investors, managers and entrepreneurs. Efforts to modernize both the public and private sector through the use of Information Communication Technologies have led over the recent years into the implementation of large and complex Information Systems. SOA architectures via Business Process Management techniques have managed to deal with those complexity issues. The new generation of distributed Information Systems is primarily based on the use of Web Services which in turn make use of the XML language, so as to communicate with each other, facing essentially the requirement for platform independence. Meanwhile, security requirements are growing accordingly, especially if one considers that data exchanged in such processes are mostly economic.

Main objective of the present diploma thesis is the implementation - using the BPMN standard – of a business workflow operation for a predefined Web Service, thus highlighting functional gaps in security, but also proposing a related mechanism, applied on the issuance of the (XML) electronic invoice.

As a main step of the used methodology, the most suitable Business Process Modeling software environment for the needs of this paper was carefully selected. Design and implementation of the selected Web Service's standard Business Workflow are presented in detail, while additionally due to the "qualification" of XML digital signature as the proposed security solution by appliance on the presented implementation, details on e-Invoicing are also listed, focusing on those that apply within the EU and consequently within Greece.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ / ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της Διπλωματικής Εργασίας μου, Δρ. Αθανάσιο Καραντζιά για την υποστήριξη, τη συνεχή καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια της προσπάθειάς μου.

«Αφιερώνω την εργασία αυτή στους γονείς μου, Ιωάννα και Γιώργο, στον αδερφό μου Δημήτρη και στη φίλη μου Νίκη για τη συμπαράσταση και την υποστήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.»

Βασίλειος Γ. Αλαμπάνος

Πίνακας Περιεχομένων

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σύγχρονη εποχή, κάθε οργανισμός, φορέας και επιχείρηση καλείται να αναθεωρεί συνεχώς τη δομή και τη συμπεριφορά του, προκειμένου να υποστηρίζει την εξέλιξη και την προσαρμογή σε ένα δυναμικό, διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η συνεχής εξέλιξη της λεγόμενης «Κοινωνίας της Πληροφορίας» συνεπάγεται, όπως είναι λογικό, της ανάλογης διαμόρφωσης των σχετικών αναγκών εξέλιξης του λογισμικού, καθώς και της δομικής προσαρμογής των σχετικών αρχιτεκτονικών. Παράλληλα, η εμφάνιση των τεχνολογιών **ηλεκτρονικών Υπηρεσιών** (η-Υπηρεσιών / eServices) τα τελευταία χρόνια έχει διαμορφώσει ένα νέο πλαίσιο υλοποίησης των διαδικασιών που υποστηρίζονται και προσφέρονται από έναν οργανισμό.

Πέρα από τις προαναφερθείσες αναγκαίες δομικές αλλαγές, οι σχετικές αρχιτεκτονικές ήταν υποχρεωμένες να αντιμετωπίσουν και έναν αριθμό άλλων ζητημάτων με κυριότερο αυτό της συντήρησης και εξέλιξης των εκάστοτε ήδη υλοποιημένων επιχειρησιακών συστημάτων. Στα γνωστά και ως συστήματα «Πελάτη - Εξυπηρετητή» (Client – Server) η οποιαδήποτε αναγκαία αλλαγή για ένα επιχειρησιακό λογισμικό είχε ως αποτέλεσμα δυσανάλογο κόστος και (ανθρώπινο) κόπο, λόγω της φύσης της δομής των εφαρμογών. Το μοντέλο αυτό προφανώς και δεν μπορούσε να ανταποκριθεί στο συνεχώς μεταβαλλόμενο σύγχρονο επιχειρησιακό περιβάλλον, κάτι που το καθιστούσε ανεπαρκές. Είναι χαρακτηριστικό το ότι ακόμα και μετά την εμφανή βελτίωση που συντελέστηκε με την εισαγωγή των "n-tier" αρχιτεκτονικών, το συγκεκριμένο ζήτημα δεν μπορούσε να αντιμετωπιστεί σε καμία περίπτωση ούτε καν ικανοποιητικά.

Το ζήτημα αυτό κατάφεραν να αντιμετωπίσουν οι SOA αρχιτεκτονικές μέσω τεχνικών **Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών**. Ο συνδυασμός όλων των προαναφερθέντων μεθόδων / τεχνικών έχει ουσιαστικά ως απόρροια τη δημιουργία και εξάπλωση μιας νέας γενιάς κατανεμημένων πληροφοριακών συστημάτων, τα οποία βασίζονται κατά κύριο λόγο στη χρήση Ιστιακών Υπηρεσιών (**Web Services**). Τα νέα αυτά συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα αυτοματοποίησης της ροής διαδικασιών, καθώς και απλουστευμένης παραμετροποίησης αυτών.

Η πρόοδος του επιχειρησιακού λογισμικού μέσω των εξελίξεων που επέβαλλαν τόσο οι ανάγκες της αγοράς, όσο και οι ανάγκες προτυποποίησης, ως μέσο αντιμετώπισης του θεμελιώδους προβλήματος μεταφοράς ροών μέσω ετερογενών συστημάτων, οδήγησε στη δημιουργία μηχανισμών και προτύπων που κατέστησαν εφικτή τη σχεδίαση και εκτέλεση επιχειρησιακών ροών σε ανεξάρτητα επίπεδα (tiers) με λιγότερο ή ακόμα και καθόλου κώδικα (*χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το εργαλείο λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης*).

Παράλληλα με τα παραπάνω – και ειδικότερα τα τελευταία χρόνια – οι απαιτήσεις ασφάλειας στα σύγχρονα συστήματα επιχειρήσεων παίζουν καθοριστικό ρόλο για την ορθή λειτουργία τους, την προστασία των δεδομένων, καθώς και την προστασία του ίδιου του χρήστη.

Η ολοένα και αυξανόμενη ανάγκη επιχειρήσεων και οργανισμών για γρήγορη αλλά και ταυτόχρονα **ασφαλή** ανταλλαγή οικονομικών δεδομένων σε καθημερινή βάση έχει οδηγήσει και στη δημιουργία της ηλεκτρονικής ανταλλαγής παραστατικών, όπως είναι για παράδειγμα τα τιμολόγια. Η ηλεκτρονική τιμολόγηση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και έχει πλέον εξέχουσα σημασία για κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), καθώς όπως είναι λογικό, η εκάστοτε κρατική νομοθεσία σχετικά με το ζήτημα της τιμολόγησης θα πρέπει να είναι εναρμονισμένη με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες.

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, αφού αναφερθούν τα βασικότερα γενικά στοιχεία για Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών αλλά και ειδικά στοιχεία του προτύπου / προδιαγραφής BPMN που χρησιμοποιείται στα πλαίσια της εργασίας, γίνεται παρουσίαση του συστήματος δημιουργίας ροής διαδικασιών που τελικά επιλέχθηκε για την υλοποίηση μίας πρότυπης επιχειρησιακής ροής (*πλατφόρμα για ηλεκτρονική παραγγελία πίτσας εν προκειμένω*). Το σύστημα αυτό είναι το **Intalio | BPMS**.

Παράλληλα, η μελέτη στρέφεται και σε τεχνολογίες υποστήριξης επιχειρησιακών ροών, μέσω μιας εκτενούς αναφοράς στην αρχιτεκτονική SOA, με την οποία είναι πλήρως εναρμονισμένο το επιλεγμένο περιβάλλον λογισμικού του Intalio, καθώς και στα επιμέρους στοιχεία που την απαρτίζουν (Web Services).

Τέλος, όπως υποδεικνύεται και από τον τίτλο της εργασίας αυτής, καταγράφονται τρόποι υποστήριξης προηγμένων ασφαλών μηχανισμών. Έτσι, αφού γίνει μία αναλυτική παρουσίαση διαφόρων μηχανισμών ασφαλείας που εφαρμόζονται σε Ιστιακές Υπηρεσίες και σε συνδυασμό με το επίσης εξεταζόμενο ζήτημα της ηλεκτρονικής τιμολόγησης, προτείνεται ως λύση πάνω στο ζήτημα ασφάλειας του τυποποιημένου συστήματος της XML, η εφαρμογή XML ψηφιακής υπογραφής, με τη λύση αυτή να είναι πλήρως συμβατή με το νομικό πλαίσιο που ορίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την ηλεκτρονική τιμολόγηση.

Ουσιαστικός σκοπός της εργασίας λοιπόν, είναι η υλοποίηση – μέσω της χρήσης της προδιαγραφής BPMN – μιας εφαρμογής επιχειρησιακών ροών για μία Ιστιακή Υπηρεσία, αναδεικνύοντας έτσι τα λειτουργικά κενά σε θέματα ασφάλειας, αλλά και προτείνοντας ταυτόχρονα έναν σχετικό μηχανισμό ασφάλειας, με εφαρμογή πάνω στην έκδοση του (XML) ηλεκτρονικού τιμολογίου.

2 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ ΚΑΙ BPMN – ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Η μοντελοποίηση των Επιχειρησιακών Διαδικασιών αποτελεί τα τελευταία χρόνια ένα αναπόσπαστο κομμάτι του τρόπου λειτουργίας των σύγχρονων επιχειρήσεων σε ένα διαρκώς αναπτυσσόμενο και άκρως ανταγωνιστικό περιβάλλον. Σκοπός της είναι η επικοινωνία και ο συντονισμός των εργασιών πάντα στα πλαίσια αυτού του περιβάλλοντος.

«Όλες οι επιχειρήσεις ως οργανισμοί βρίσκονται σε ένα ατελείωτο ταξίδι όπου στο επίκεντρο είναι το πως γίνονται τα πράγματα για το όφελος των μετόχων και / ή το κέρδος» [**1**]. Το «ταξίδι» αυτό, όσο και αν εκ πρώτης όψεως φαίνεται απλό, είναι στην πράξη αρκετά πολύπλοκο και κατ' επέκταση δύσκολο. Η μοντελοποίηση της επιχειρησιακής λογικής διασφαλίζει ουσιαστικά την ίδια την αξιοπιστία της επιχείρησης και αυτό σε συνδυασμό με την αυτοματοποίηση της συντριπτικής πλειοψηφίας των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε μία επιχείρηση, καθώς και μια πληθώρα «απρόβλεπτων» παραγόντων – εσωτερικών και εξωτερικών – δίνουν μία διαρκώς αυξανόμενη σημασία στο όλο εγχείρημα.

Το Διαδίκτυο αποτελεί ένα ετερογενές περιβάλλον που περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές πλατφόρμες και εφαρμογές. Πρόκειται για μία από άκρο σε άκρο «αλυσίδα», όπου κάθε άτομο ξεχωριστά αλλά και οργανισμοί ως σύνολο θέλουν να επιλέξουν τα καλύτερα δυνατά «κομμάτια» για να της προσδώσουν την επιθυμητή αξία. Οι εφαρμογές με τις υπηρεσίες πρέπει να συνεργάζονται αρμονικά και αυτό αποτελεί τον κυριότερο λόγο, για τον οποίο έχει γίνει επιτακτική ανάγκη η προτυποποίηση των **Ιστιακών Υπηρεσιών**. Η προδιαγραφή BPMN που μελετάται στην παρούσα εργασία αποτελεί στην ουσία ένα «εργαλείο» **σχεδιασμού** των υπηρεσιών αυτών με απώτερο στόχο το συντονισμό τους από ένα **Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών** (Business Process Management System / BPMS). Η BPMN είναι ένα βασικό υποβοήθημα της μεθοδολογίας **Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών** (Business Process Management / BPM), η οποία «*θεωρείται ως μία αλλαγή στη διαχείριση στοχεύοντας στη βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών. Η BPM είναι ουσιαστικά η συνένωση των πρώην διακεκριμένων αρχών της Μοντελοποίησης Διαδικασιών, της Προσομοίωσης, της Ροής Εργασίας και της Συγχώνευσης Επιχειρησιακών Εφαρμογών σε* ***ένα ενιαίο πρότυπο***» [**2**].

Στο παρόν εδάφιο θα παρατεθούν οι βασικές έννοιες του χώρου μελέτης μας, καθώς και τα βασικά στοιχεία της προδιαγραφής BPMN.

2.1 Βασικοί Ορισμοί

Δύο εκ των βασικότερων εννοιών, στις οποίες θα γίνονται συχνές αναφορές από εδώ και στο εξής, είναι αυτές της Ροής Εργασίας και της Επιχειρησιακής Διεργασίας.

2.1.1 Ροή Εργασίας

Μία ροή εργασίας (**workflow**) αποτελείται από μία αλληλουχία διασυνδεδεμένων βημάτων. Πρόκειται ουσιαστικά για μία απεικόνιση μιας αλληλουχίας διεργασιών, όπου ως διεργασίες ορίζεται η εργασία ενός ατόμου, ενός συνόλου ατόμων, ή ακόμα και ενός οργανισμού. Η ροή εργασίας δηλαδή, μπορεί να θεωρηθεί ως μία αφαιρετική αναπαράσταση της πραγματικής εργασίας Η ροή που περιγράφεται συνήθως αναφέρεται σε ένα έγγραφο, το οποίο «μεταφέρεται» από βήμα σε βήμα.

Μία ροή εργασίας θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί – σε μία ακόμη πιο αφαιρετική θεώρηση – σαν ένα πρότυπο εργασιών υποβοηθούμενο από μία συστηματική οργάνωση πόρων, καλά καθορισμένων ρόλων και ροών πληροφορίας σε μία τέτοια διεργασία που μπορεί να τεκμηριωθεί και να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης.

Σε θεωρητικό επίπεδο θα μπορούσε να αναλυθεί στα ακόλουθα επιμέρους στοιχεία:

- Στοιχεία Εισόδου.
- Στοιχεία Εξόδου.
- Αλγόριθμοι και μετασχηματισμοί (για το κύριο μέρος της εργασίας).

Ως σημαντικότερα στοιχεία και αξιολογήσιμα μεγέθη αποτιμούνται ο χρόνος εκτέλεσης, ο οποίος σαφώς και είναι διαφορετικός ανά εργασία και σύστημα, καθώς και η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Όπως εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κανείς, η μείωση του χρόνου εκτέλεσης σε συνδυασμό με τη διατήρηση της εγκυρότητας αποτελούν στόχο για κάθε επιχείρηση.

2.1.2 Επιχειρησιακή Διεργασία

Ως **επιχειρησιακή διεργασία** (Business Process) ορίζεται το σύνολο των δομημένων και μετρήσιμων ενεργειών που έχουν σχεδιαστεί με βάση συγκεκριμένες εισροές (input) για την παραγωγή καθορισμένης εκροής (output). Μια επιχειρησιακή διεργασία ξεκινά με την ανάγκη του πελάτη, ως παράμετρος εισόδου και τελειώνει όπως γίνεται αντιληπτό, με την εκπλήρωση της ανάγκης του πελάτη.

Μία επιχειρησιακή διεργασία μπορεί να αναλυθεί σε πολλές επιμέρους διαδικασίες οι οποίες έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά και συνήθως αναπαριστάται με ένα **Διάγραμμα Ροής**. Ως συστατικά των επιχειρησιακών διεργασιών λογίζονται οι **εργασίες**, οι **δραστηριότητες** και οι **διεργασίες / διαδικασίες**.

Η σχέση μεταξύ επιχειρησιακών διεργασιών και πληροφοριακών συστημάτων είναι άμεση και στενή. Η εξέλιξη ως προς αυτόν τον τομέα των πληροφοριακών συστημάτων τα τελευταία χρόνια ήταν ραγδαία και οι υλοποιήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί καλύπτουν πλέον το μεγαλύτερο εύρος διαδικασιών σε μία σύγχρονη επιχείρηση. Η μοντελοποίηση των επιχειρησιακών διεργασιών σε μία επιχείρηση εκφράζει σε μεγάλο βαθμό την επιχειρησιακή λογική και διασφαλίζει τη σταθερότητα και την αξιοπιστία της εκτέλεσης και των όποιων αποτελεσμάτων κοινών διαδικασιών.

Η πολυπλοκότητα στη δομή των επιχειρήσεων στη σύγχρονη εποχή, καθώς και οι διαρκώς μεταβαλλόμενες ανάγκες μίας επιχείρησης αποτελούν δυναμικούς παράγοντες που συμβάλουν και στην αυξημένη πολυπλοκότητα σχεδίασης επιχειρησιακών διεργασιών. Σημαντικό ρόλο για μία επιχείρηση αποτελεί είναι η συμβατότητα του συστήματός της με άλλα. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό αν αναλογιστεί κανείς πως συχνά απαιτείται η αναβάθμιση ενός παλιού συστήματος ή η συνεργασία με άλλα. Οι επιχειρησιακές ροές διεργασιών που περιλαμβάνονται λοιπόν σε ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα «μεταφερσιμότητας» ή συνεργασίας μέσω μιας κατάλληλης διεπαφής (interface).

2.2 Η Προδιαγραφή BPMN

Η **BPMN** (**B**usiness **P**rocess **M**odelling **N**otation) αναπτύχθηκε από τον οργανισμό Business Process Management Initiative (BPMI) και πλέον αναπτύσσεται, συντηρείται και υποστηρίζεται από το Object Management Group (OMG) μετά τη συγχώνευσή των δύο το 2005. Ως προδιαγραφή, η BPMN ορίζει μία γραφική σημειογραφία που αναπαριστά τα βήματα μίας επιχειρησιακής διαδικασίας, αποτελώντας ένα πρότυπο για τη μοντελοποίησή της. Η BPMN απεικονίζει μία από άκρο ως άκρο ροή μιας επιχειρησιακής διαδικασίας. Η σημειογραφία αυτή έχει σχεδιαστεί συγκεκριμένα έτσι ώστε να συντονίζει την αλληλουχία διαδικασιών και μηνυμάτων που «ρέουν» μεταξύ των διαφορετικών συμμετεχόντων μιας διαδικασίας σε ένα σχεσιακό σύνολο δραστηριοτήτων.

Κύριος στόχος της είναι η παροχή μίας πρότυπης σημειολογίας, εύκολα κατανοητής από όλα τα μέλη μιας επιχείρησης, όπου ως μέλη μπορεί κάποιος να ορίσει τους:

- Αναλυτές της επιχείρησης, οι οποίοι δημιουργούν και τελειοποιούν τις διαδικασίες.
- Μηχανικούς Ανάπτυξης Λογισμικού (Software Engineers), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την υλοποίηση των διαδικασιών.
- Διευθυντές της επιχείρησης που τις επιβλέπουν και τις διαχειρίζονται.

Συνεπώς, θα μπορούσε κανείς να συμπεράνει πως αυτό που στοχεύει ουσιαστικά η BPMN είναι το να αποτελέσει μία γέφυρα μεταξύ του **σχεδιασμού** της επιχειρησιακής διαδικασίας και της **υλοποίησης** αυτής.

Η υλοποίηση της BPMN πραγματοποιείται μέσω ενός **Διαγράμματος Επιχειρησιακών Διεργασιών** (Business Process Diagram / BPD) το οποίο αποτελείται από τα επιμέρους στοιχεία που περιγράφουν της ροή και των τρόπο σύνδεσης μεταξύ τους.

Η τρέχουσα πιο «σταθερή» έκδοση είναι η **1.2** (Ημερομηνία Έκδοσης: *Ιανουάριος 2009*), ενώ από τον Αύγουστο του 2009 είχε γίνει διαθέσιμη και η δοκιμαστική (Beta) έκδοση **BPMN 2.0**, η επίσημη πρώτη έκδοση της οποίας δόθηκε τελικά προς χρήση για το ευρύ κοινό μόλις στις αρχές του 2011 (*3 Ιανουαρίου*) [**3**].

2.2.1 **Η Σημασία της** BPMN

Ο «κόσμος» των επιχειρησιακών διαδικασιών έχει αλλάξει δραματικά τα τελευταία χρόνια. Οι διαδικασίες μπορούν να συντονιστούν εντός αλλά και εκτός των φυσικών ορίων ενός οργανισμού. Μία επιχειρησιακή διαδικασία αποτελείται πλέον από πολλούς και διαφορετικούς συμμετέχοντες, κάνοντας το συντονισμό μεταξύ αυτών πολύπλοκο. Μέχρι την είσοδο της BPMN δεν είχε αναπτυχθεί κάποια πρότυπη τεχνική μοντελοποίησης, η οποία να απευθύνεται σε αυτά τα θέματα. Η BPMN αναπτύχθηκε έτσι ώστε να παρέχει στους χρήστες μία πλήρως ελεύθερη σημειογραφία. Από αυτήν μπορεί να επωφεληθούν οι χρήστες με έναν ανάλογο τρόπο κατά τον οποίο η **UML** (Unified Modelling Language) κανονικοποίησε τον «κόσμο» της Μηχανικής Ανάπτυξης Λογισμικού (Software Engineering). Πλέον μπορεί να υπάρξουν μαθήματα, βιβλία και γενικότερα μία βάση γνώσης, τα οποία οι χρήστες θα έχουν στη διάθεσή τους ώστε να προχωρούν στη βέλτιστη υλοποίηση μίας επιχειρησιακής διαδικασίας.

Η BPMN απευθύνεται σε ένα υψηλό επίπεδο στους απλούς χρήστες της επιχείρησης και σε ένα υψηλό επίπεδο στους υπεύθυνους υλοποίησης των διεργασιών. Οι χρήστες θα πρέπει να μπορούν να «διαβάσουν» και να κατανοήσουν εύκολα ένα BPMN Διάγραμμα Επιχειρησιακών Διεργασιών, το οποίο με τη σειρά τους θα πρέπει να εμπλουτίζουν με νέα στοιχεία και επιπλέον λεπτομέρειες οι υπεύθυνοι υλοποίησης, έτσι ώστε να αναπαρασταθεί η διαδικασία σε μία όσο το δυνατόν φυσικότερη υλοποίηση.

2.2.2 **Η «θέση» της** BPMN **στο χώρο των Αρχιτεκτονικών** SOA

Οι προσανατολισμένες στις υπηρεσίες τεχνολογίες (**S**ervice **O**riented **A**rchitectures / **SOA**) έχουν εισάγει πολλά καινοτόμα στοιχεία στη δομή και τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων. Οι εφαρμογές κατανέμονται πλέον σε πολλαπλές κατανεμημένες «λογισμικές» υπηρεσίες και η δημιουργία και εκτέλεσή τους μπορεί να πραγματοποιείται παράλληλα. Επιπλέον, αυτές οι – λεγόμενες και τέταρτης γενιάς – αρχιτεκτονικές έχουν προχωρήσει και προς την υλοποίηση **διαδικασιών** και **επιχειρησιακών ροών**. Η χρήση της **XML** (e**X**tensive **M**arkup **L**anguage) και του πρωτοκόλλου **HTTP** (**H**yper**T**ext **T**ransfer **P**rotocol) από αυτές διευκόλυνε πολύ την ανταλλαγή δεδομένων και προσέφερε στις Ιστιακές Υπηρεσίες ανεξαρτησία πλατφόρμας και ευκολία στη χρήση και τη δημιουργία.

Παρά τα εμφανή οφέλη από την χρήση των παραπάνω, το πολύ σημαντικό ζήτημα της συντήρησης και εξέλιξης των ήδη υλοποιημένων επιχειρησιακών συστημάτων δεν αντιμετωπίστηκε επαρκώς, ούτε ακόμα και με την έλευση των n-tier αρχιτεκτονικών. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι SOA αρχιτεκτονικές οδηγήθηκαν στη δημιουργία της μεθοδολογίας Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών . Με τον όρο αυτό περιγράφεται μία μέθοδος διαχείρισης που επιτρέπει την εποπτεία των επιχειρησιακών διαδικασιών με σκοπό την βελτίωση, την ευελιξία και την απόδοση. Πρόκειται για μία δομημένη προσέγγιση που χρησιμοποιεί μεθόδους, πολιτικές, μετρήσεις, πρακτικές και λογισμικό για να πετύχει τους παραπάνω σκοπούς, απευθυνόμενη σε όλα τα τμήματα του οργανισμού εστιάζοντας στις ανάγκες και στις επιθυμίες των πελατών. Αποτελείται από πέντε τμήματα: τον σχεδιασμό, την μοντελοποίηση, την εκτέλεση, την παρακολούθηση και την βελτιστοποίηση. Ο τρόπος επεξεργασίας των διεργασιών γίνεται με τη χρήση διαφόρων εργαλείων που

βοηθούν στη διαμόρφωση των επιχειρησιακών διαδικασιών κατόπιν παρατήρησης και ανάλυσης των επιμέρους στοιχείων. Με τη χρήση αυτών των εργαλείων δημιουργούνται μοντέλα και έτσι προάγεται ο έλεγχος και η βελτίωση των διαδικασιών.

Στόχος των νέων αυτών τεχνικών (BPM) είναι ουσιαστικά η δημιουργία μιας νέας γενιάς κατανεμημένων πληροφοριακών συστημάτων με βάση κυρίως τη χρήση Ιστιακών Υπηρεσιών. Στα συστήματα αυτά, η ροές εργασιών και οι διαδικασίες αυτοματοποιούνται και η παραμετροποίηση γίνεται απλή και μπορεί να πραγματοποιηθεί από οποιοδήποτε σημείο.

Μία από τις πρώτες καινοτομίες προς αυτήν την κατεύθυνση ήταν η χρήση της **UML** ως εργαλείο σχεδιασμού, δίνοντας έτσι ώθηση στο σχεδιασμό και την οργάνωση επιχειρησιακών πληροφοριακών συστημάτων. Ωστόσο, η νέα αυτή ώθηση έπρεπε να επεκταθεί και σε γλώσσες προγραμματισμού υψηλότερου επιπέδου. Έτσι, δημιουργήθηκαν εργαλεία σχεδίασης που κάνουν χρήση υλοποιημένων διαδικασιών και προτύπων, επιταχύνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την υλοποίηση επιχειρησιακών εφαρμογών. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα τέτοιων εργαλείων και προτύπων αποτελούν η **BPEL** και η **BPMN**.

Επιχειρώντας μια συσχέτιση μεταξύ BPMN και UML, θα έλεγε κανείς πως η δεύτερη επιχειρεί μια αντικειμενοστραφή (object-oriented) προσέγγιση στη μοντελοποίηση των εφαρμογών, ενώ η BPMN προσεγγίζει τη μοντελοποίηση των συστημάτων προσανατολισμένη κυρίως στις διεργασίες (process-oriented). Με άλλα λόγια η BPMN επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στις επιχειρησιακές διεργασίες, σε αντίθεση με τη UML, η οποία ασχολείται κατά κύριο λόγο με το σχεδιασμό Λογισμικού. Καταλήγει λοιπόν κανείς στο συμπέρασμα πως δεν πρόκειται για δύο ανταγωνιστικές σημειογραφίες (notations), αλλά για δύο συμβατές μεταξύ τους διαφορετικές θεωρήσεις ενός συστήματος.

Τέλος, σε μία σύγκριση μεταξύ BPMN και BPEL αυτή τη φορά, η δεύτερη αποτελεί ουσιαστικά μία γλώσσα περιγραφής επιχειρησιακών διεργασιών βασισμένη σε XML, όπου οι περισσότερες εργασίες (tasks) αναπαριστούν αλληλεπιδράσεις (interactions) μεταξύ διεργασίας και εξωτερικών Ιστιακών Υπηρεσιών. Η ίδια η BPEL ως διεργασία αναπαριστάται ως μία Ιστιακή Υπηρεσία και πραγματοποιείται μέσω μιας μηχανής BPEL (BPEL Engine) που εκτελεί την περιγραφή της διεργασίας. Η BPMN με τη σειρά της, είναι ένα προκαθορισμένο σύνολο διαγραμματικών συμβάσεων για την περιγραφή επιχειρησιακών διαδικασιών. Είναι σχεδιασμένη ώστε να οπτικοποιεί ένα πλήρες σύνολο σημασιολογικών (semantics) ροών διεργασιών ενσωματωμένων σε μία διεργασία και αναπαριστά την επικοινωνία μεταξύ άλλων ανεξάρτητων διεργασιών, με σκοπό την υποστήριξη λεπτομερούς ανάκτησης δεδομένων ως πηγή μιας εκτελέσιμης περιγραφής διεργασιών.

2.3 Βασικά Στοιχεία της BPMN

Η μοντελοποίηση στη BPMN πραγματοποιείται με απλά διαγράμματα που περιλαμβάνουν ένα μικρό σύνολο γραφικών στοιχείων. Αυτό διευκολύνει τους χρήστες, όπως και τους μηχανικούς ανάπτυξης λογισμικού να κατανοήσουν τη ροή και τις διαδικασίες. Οι τέσσερις βασικότερες κατηγορίες στοιχείων είναι οι ακόλουθες [**4**]:

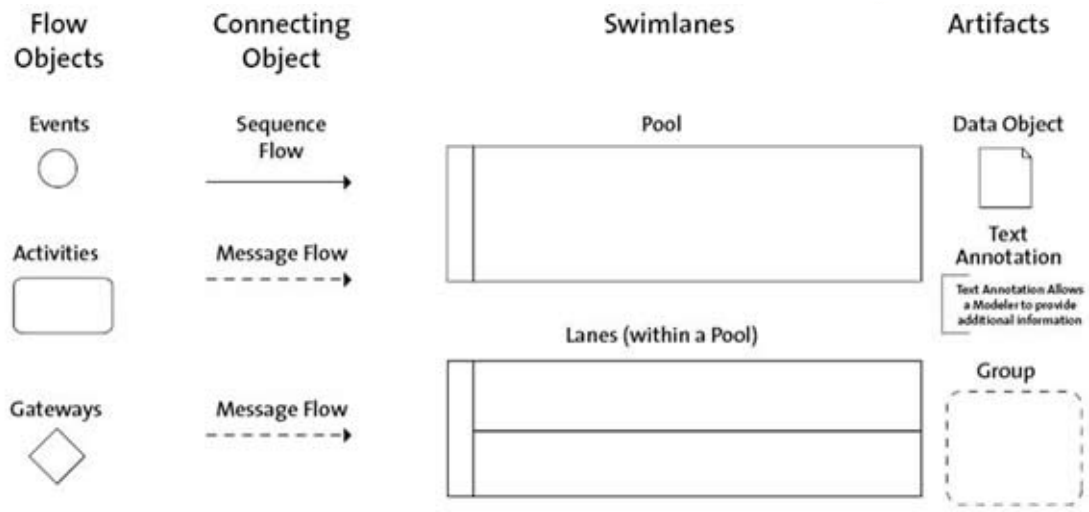
i. Αντικείμενα Ροής (**Flow Objects**): Πρόκειται ίσως για τα βασικότερα γραφικά στοιχεία που καθορίζουν τη συμπεριφορά της επιχειρησιακής διεργασίας και περιλαμβάνουν: *Γεγονότα (**Events**), Δραστηριότητες (**Activities**) και Πύλες (**Gateways**)*.

ii. Αντικείμενα Διασύνδεσης (**Connecting Objects**): Είναι τα γραφικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των αντικειμένων ροής είτε μεταξύ τους είτε με δεδομένα. Περιλαμβάνουν: *Ροές Ακολουθίας (**Sequence Flows**), Ροές Μηνυμάτων (**Message Flows**) και Συνδέσμους (**Associations**)*.

iii. **Swimlanes**: Χρησιμοποιούνται για την ομαδοποίηση των αντικειμένων ροής και περιλαμβάνουν: ***Pools** και **Lanes***.

iv. Τεχνουργήματα (**Artifacts**): Σκοπός τους είναι η παροχή επιπλέον πληροφορίας σε ό,τι έχει να κάνει με τις διεργασίες. Μεταξύ άλλων (ο κάθε κατασκευαστής / προγραμματιστής μπορεί να προσθέσει και δικά του ώστε να κάνει το μοντέλο / διάγραμμα πιο ευανάγνωστο) στη βασική έκδοση της BPMN περιλαμβάνονται: *Αντικείμενα Δεδομένων (**Data Objects**), Σύνολα (**Groups**) και Επισημειώσεις (**(Text) Annotations**).*

Συγκεντρωτικά και μαζί με τα σύμβολα / αναπαραστάσεις τους φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 1: Τα βασικότερα στοιχεία της προδιαγραφής BPMN

Αυτές οι τέσσερις βασικές κατηγορίες στοιχείων δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα μικρό Διάγραμμα Επιχειρησιακών Διεργασιών. Είναι επίσης επιτρεπτό στο διάγραμμα αυτό, ο χρήστης να φτιάξει το δικό του Αντικείμενο Διασύνδεσης ή Artifact ώστε να το κάνει πιο κατανοητό και προσαρμοσμένο στις ανάγκες της εκάστοτε εργασίας.

Ακολούθως θα γίνει μία πιο λεπτομερής παρουσίαση κάθε BPMN στοιχείου ξεχωριστά.

2.3.1 **Αντικείμενα Ροής**

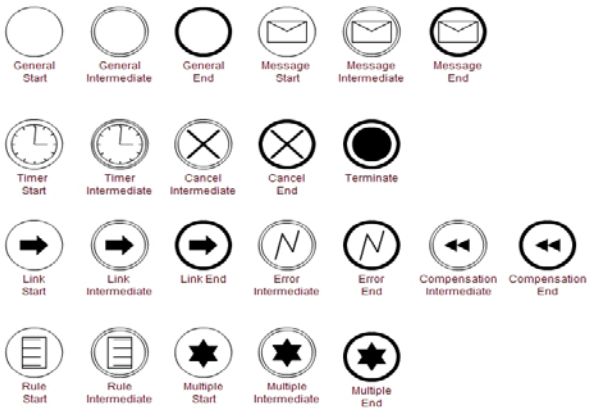
Τα στοιχεία που τα αποτελούν αναλύονται ως εξής:

*Γεγονότα (**Events**):* Ένα Γεγονός αναπαρίσταται με έναν κύκλο και υποδηλώνει **κάτι που συμβαίνει**. Αναλόγως με το πότε συμβαίνει, ένα Γεγονός μπορεί να είναι:

- Γεγονός Εκκίνησης: Εκκινεί / Ενεργοποιεί (triggers) την όλη διαδικασία. Αναπαρίσταται ως ένας κύκλος με μονό και στενό περίγραμμα.
- Τερματικό Γεγονός: Αναπαριστά το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας και συμβολίζεται ως κύκλος με μονό έντονο περίγραμμα.
- Ενδιάμεσο Γεγονός: Αναπαριστά κάτι που συμβαίνει μεταξύ του Γεγονότος Εκκίνησης και του Τερματικού Γεγονότος. Απεικονίζεται με περίγραμμα διπλής γραμμής.

Τα γεγονότα μπορεί μες τους κύκλους τους να περιλαμβάνουν και εικόνες, οι οποίες απεικονίζουν τον τύπο του εκάστοτε Γεγονότος, όπως για παράδειγμα ένας φάκελος αντιπροσωπεύει ένα μήνυμα ή ένα ρολόι το χρόνο.

Τέλος, τα γεγονότα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και ως **Catching** (όταν πρέπει να δεχθούν ένα μήνυμα για ξεκινήσουν ή να συνεχίσουν τη διαδικασία) ή **Throwing** (όταν αυτά παράγουν ένα μήνυμα). Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό στον αναγνώστη, ένα Γεγονός Εκκίνησης θεωρείται ως Catching Event, ενώ ένα Τερματικό Γεγονός είναι ένα Throwing Event. Τα Ενδιάμεσα Γεγονότα μπορεί να ανήκουν και στις δύο αυτές κατηγορίες.



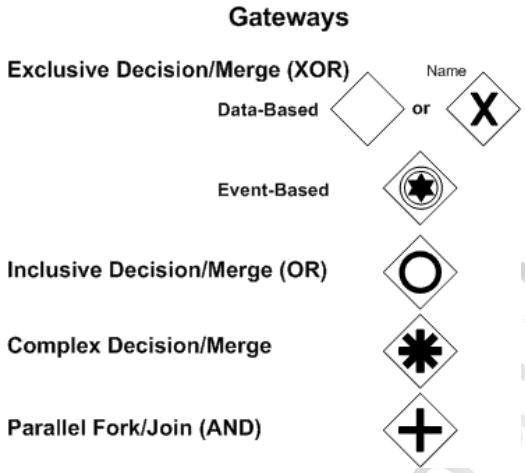
Εικόνα 2: Συμβολισμοί διαφόρων Γεγονότων (Events) της προδιαγραφής BPMN

*Δραστηριότητες (**Activities**):* Σε αντίθεση με τα Γεγονότα, εδώ υποδηλώνεται **κάτι που γίνεται** (για την ακρίβεια το είδος της εργασίας που πρέπει να γίνει). Αναπαρίστανται ως ένα παραλληλόγραμμο με καμπυλωτές γωνίες και κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Έργο (Task): Μία «ατομική μονάδα» εργασίας, η οποία δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί σε επιπλέον πιο λεπτομερή επίπεδα επιχειρησιακής διεργασίας.
- Υπο-διεργασία: Χρησιμοποιείται ώστε να αποκρύψει (ή να φανερώσει) επιπλέον πιο λεπτομερή επίπεδα επιχειρησιακής διεργασίας. Όταν η λεπτομέρεια αποκρύπτεται, πρόκειται για ένα Task με ένα '+' στο κάτω μέρος του παραλληλόγραμμο, το οποίο αν επιλεγεί, η υπο-διεργασία «επεκτείνεται» παρουσιάζοντας όλα τα Αντικείμενα Ροής, Αντικείμενα Διασύνδεσης και Artefacts που τυχόν περιλαμβάνει.
- Συναλλαγή (Transaction): Ένας τύπος υπο-διεργασίας όπου όλες οι συμπεριλαμβανόμενες δραστηριότητες αντιμετωπίζονται ως μία οντότητα. Πρέπει δηλαδή όλες να εκπληρώνονται ώστε να επιτυγχάνεται ο στόχος της συναλλαγής. Διαφοροποιούνται σε επίπεδο συμβόλου σε σχέση με τις υπο-διεργασίες, καθώς έχουν περίγραμμα διπλής γραμμής.

*Πύλες (**Gateways**):* Μια Πύλη συμβολίζεται με ένα ρόμβο και καθορίζει την επιλογή (**Split**) ή συγχώνευση (**Merge**) των μονοπατιών της ροής εργασίας ανάλογα με τις συνθήκες που ισχύουν.

- Οι Πύλες που χρησιμοποιούνται στη BPMN είναι οι:
- Exclusive Data-based Gateway (XOR)
- Exclusive Event-based Gateway
- Inclusive Data-based Gateway (OR)
- Parallel Gateway (AND)
- Complex



Εικόνα 3: Συμβολισμοί διαφόρων Πυλών (Gateways) της προδιαγραφής BPMN

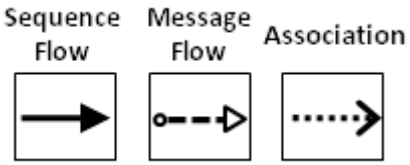
2.3.2 **Αντικείμενα Διασύνδεσης**

Τα στοιχεία που τα αποτελούν αναλύονται στους εξής τρεις τύπους:

*Ροές Ακολουθίας (**Sequence Flows**):* Συμβολίζονται με μία έντονη γραμμή με βέλος και δείχνουν τη σειρά με την οποία θα εκτελεστούν οι δραστηριότητες.

*Ροές Μηνυμάτων (**Message Flows**):* Μέσω μιας Ροής Μηνύματος καθορίζεται ουσιαστικά η ροή επικοινωνίας μεταξύ δύο άλλων οντοτήτων. Το αντικείμενο επικοινωνίας είναι ένα μήνυμα. Έτσι, υποδεικνύεται ουσιαστικά τι μηνύματα ρέουν μέσα στα όρια ενός οργανισμού. Συμβολίζεται με μία διακεκομμένη γραμμή, έναν ανοιχτό κύκλο στην αρχή της γραμμής και ένα ανοιχτό βέλος στο τέλος της.

*Σύνδεσμοι (**Associations**):* Ένας Σύνδεσμος συμβολίζεται με μία γραμμή με κουκίδες και ένα βέλος. Χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση ενός Artefact με άλλα αντικείμενα (κυρίως Αντικείμενα Ροής). Μέσω του βέλους μπορεί να υποδείξει την κατεύθυνση της διασύνδεσης, με εξαίρεση την περίπτωση που ένας Σύνδεσμος συνδέεται με ένα άλλο Αντικείμενο Διασύνδεσης (Ροή Ακολουθίας ή Μηνυμάτων) και δεν «εφαρμόζεται» κάποια κατεύθυνση.



Εικόνα 4: Συμβολισμοί των Αντικειμένων Διασύνδεσης της προδιαγραφής BPMN

2.3.3 Swimlanes

Όπως έχει προαναφερθεί, τα Swimlanes αποτελούνται από δύο τύπους οργάνωσης και κατηγοριοποίησης δραστηριοτήτων: τα ***Pools*** *και* ***Lanes***. Πιο αναλυτικά:

***Pools**:* Λειτουργούν σαν ένα «δοχείο» μιας διεργασίας που αφορά τον κάθε κύριο συμμετέχοντα σε Διάγραμμα Επιχειρησιακής Ροής, όπου κάθε συμμετέχοντας μπορεί να εκπροσωπεί και έναν διαφορετικό οργανισμό ή ένα συγκεκριμένο άτομο. Ένα Pool μπορεί να περιέχει μία ή και παραπάνω Lanes (θα περιγραφούν αμέσως μετά). Αντίστοιχα μπορεί να συμβολιστεί ως ένα παραλληλόγραμμο με μία ή περισσότερες οριζόντιες γραμμές.

***Lanes**:* Χρησιμοποιούνται ώστε να οργανώσουν και να κατηγοριοποιήσουν δραστηριότητες μέσα σε ένα Pool, σύμφωνα με κάποια λειτουργία ή ένα ρόλο. Απεικονίζονται, όπως είναι προφανές, σαν ένα παραλληλόγραμμο μέσα στο παραλληλόγραμμο του Pool. Από τη έκδοση 1.1 της BPMN και μετά μπορούν να αναπαραστήσουν κάθε λογική ομαδοποίηση.

2.3.4 Artifacts

Έχουν προκαθοριστεί τρία «τεχνουργήματα» που αναλύονται ως εξής:

*Αντικείμενα Δεδομένων (**Data Objects**):* Δείχνουν στον χρήστη / αναγνώστη ποια δεδομένα απαιτούνται ή παράγονται σε μία δραστηριότητα. Σκοπό έχουν να περιγράψουν τι ενέργειες πρέπει να γίνουν και τι αποτελέσματα πρέπει να παραχθούν και δεν δείχνουν να έχουν καμία επίδραση στις Ροές Ακολουθίας ή Μηνυμάτων.

*Σύνολα (**Groups**):* Αυτός ο μηχανισμός απεικονίζεται ως παραλληλόγραμμο με καμπυλωτές γωνίες και διακεκομμένο περίγραμμα. Χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση διαφορετικών δραστηριοτήτων, χωρίς να επηρεάζει ωστόσο τη ροή του διαγράμματος. Πρόκειται για ένα γραφικό εντοπισμό ενεργειών, οι οποίες αφορούν ένα συγκεκριμένο κομμάτι εκτέλεσης της ροής και μπορούν να περιλαμβάνουν περισσότερα από ένα Pool.

*Επισημειώσεις ((**Text) Annotations**):* Μέσω αυτών δίνεται η δυνατότητα παροχής επιπλέον πληροφοριών σε ένα μοντέλο / διάγραμμα. Στόχος τους είναι η βελτιστοποίηση της περιγραφής και της αναγνωσιμότητας του μοντέλου / διαγράμματος.

3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε και στο «Κεφάλαιο 2» της παρούσας εργασίας, η προδιαγραφή BPMN αποτελεί στην ουσία ένα «εργαλείο» σχεδιασμού Ιστιακών Υπηρεσιών. Προχωρώντας λοιπόν στην επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών, δηλαδή του κατάλληλου περιβάλλοντος λογισμικού για τη μοντελοποίηση Επιχειρησιακών Διαδικασιών που προκρίθηκε ως καταλληλότερο για την υλοποίηση της πρότυπης επιχειρησιακής ροής (για επιλεγμένη προηγμένη ηλεκτρονική υπηρεσία που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια), κρίνεται απαραίτητο στο σημείο αυτό το να γίνει μια εκτενέστερη αναφορά στην αρχιτεκτονική SOA και στα επιμέρους στοιχεία που την απαρτίζουν.

Αυτό συμβαίνει καθώς – όπως θα διαφανεί και στη συνέχεια – η τεχνολογία αυτή είναι πλήρως ενσωματωμένη στο περιβάλλον λογισμικού, το οποίο επιλέχθηκε για την παρούσα μελέτη.

3.1 Προσανατολισμένες στις Υπηρεσίες Αρχιτεκτονικές

Ένας ευρέως αποδεκτός ορισμός για την αρχιτεκτονική SOA προέρχεται από την OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) σύμφωνα με τον οποίο πρόκειται για: «*ένα παράδειγμα για την οργάνωση και τη χρησιμοποίηση κατανεμημένων δυνατοτήτων που μπορεί να βρίσκονται υπό τον έλεγχο διαφορετικών ιδιόκτητων τομέων (domains). Παρέχει έναν ενιαίο τρόπο προσφοράς, ανεύρεσης, αλληλεπίδρασης και χρήσης δυνατοτήτων ώστε να παράγει τις επιθυμητές επιρροές συνεπείς με μετρήσιμες υπάρχουσες συνθήκες και επιδιώξεις*» [**5**].

Συνεπώς, με άλλα λόγια, η εν λόγω τεχνολογία αφορά στη οργάνωση μιας επιχείρησης με απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας μέσω της παρεχόμενης ευελιξίας. Εμφανής είναι η τάση προς τη δημιουργία αυτόνομων διεργασιών (υπηρεσίες). Αυτές μέσω της συμβατότητας με ετερογενή συστήματα συμβάλουν στο ζητούμενο της κοινής χρήσης των υπηρεσιών.

Η αρχιτεκτονική SOA προϋποθέτει μια υποδομή (infrastructure) που θα διαχειρίζεται τις υπηρεσίες έτσι ώστε η κλήση προς αυτές από τον εκάστοτε ενδιαφερόμενο (χρήστης) να γίνεται αξιόπιστα και με συνέπεια. Η υποδομή αυτή αποτελεί κεντρικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής SOA και ονομάζεται Επιχειρησιακός Δίαυλος Υπηρεσιών (Enterprise Service Bus / ESB).

Ας γίνει όμως τώρα μία επιμέρους αναφορά στις υπό διαχείριση υπηρεσίες και στις βασικές προδιαγραφές αυτών.

3.1.1 Ιστιακές Υπηρεσίες

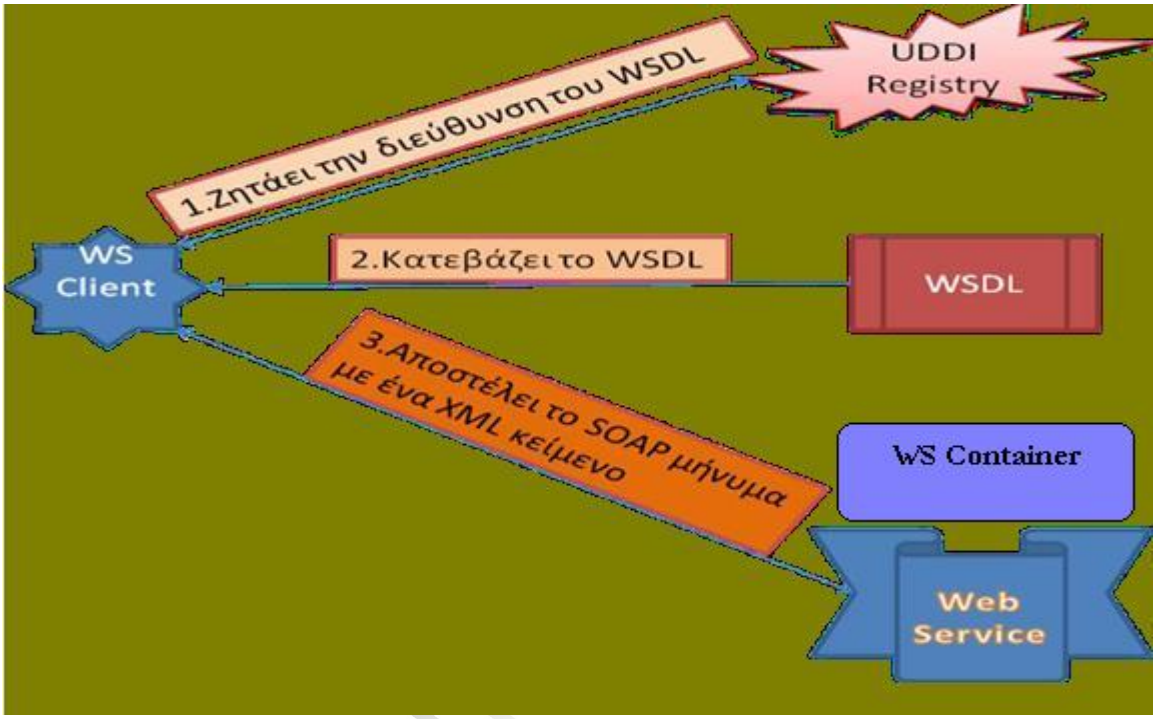
Στη διεθνή βιβλιογραφία [**6**], [**7**], οι **Ιστιακές Υπηρεσίες** ορίζονται ως ανεξάρτητες αρθρωτές εφαρμογές, οι οποίες είναι προσιτές μέσω μιας καλά καθορισμένης διεπαφής στον Ιστό (Web), προκειμένου να παρασχεθεί μια συγκεκριμένη λειτουργία σε άλλες εφαρμογές ή τελικούς χρήστες. Αυτό που ουσιαστικά κάνει ελκυστική τη χρήση των υπηρεσιών αυτών είναι η ικανότητα εύκολης εύρεσης έτοιμων εφαρμογών, που εκπληρώνουν τις ανάγκες του χρήστη και οι οποίες με τη σειρά τους, μετά από μια διαπραγμάτευση, παραδίδονται όπου και όποτε αυτές χρειάζονται.

Οι Ιστιακές Υπηρεσίες αποτελούν ουσιαστικά διεπαφές επιχειρησιακών διαδικασιών βασισμένες σε πρότυπα του Διαδικτύου (Internet). Προβαίνουν σε χρήση προτύπων / προδιαγραφών όπως:

- **WSDL** (**W**eb **S**ervice **D**efinition **L**anguage) για να περιγράψουν το περιεχόμενό τους.
- **UDDI** (**U**niversal **D**escription, **D**iscovery & **I**ntegration) για να «διαφημιστούν».
- **SOAP** (**S**imple **O**bject **A**ccess **P**rotocol) για να επικοινωνήσουν.

Συνήθως δημιουργούνται και δημοσιεύονται ως κομμάτια μιας μεγαλύτερης εφαρμογής κάνοντας εφικτή για τις καινούργιες εφαρμογές την δυνατότητα συνεργασίας αλλά και τη δημιουργία πάνω από ήδη υπάρχοντα κομμάτια λογισμικού.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η βάση όλων αυτών των τεχνολογιών / προδιαγραφών είναι η τεχνολογία XML, μια γλώσσα η χρήση της οποίας στοχεύει στην οργάνωση εγγράφων και επιχειρησιακών δεδομένων.



Εικόνα 5: Ενδεικτικό διάγραμμα βασικής λειτουργίας Ιστιακών Υπηρεσιών (Web Services)

Μια Ιστιακή Υπηρεσία μπορεί να εκτελέσει μεγάλο και ποικίλο πλήθος εργασιών, ενώ η λειτουργικότητά της μπορεί να είναι από πολύ απλή (π.χ. Μία αριθμητική πράξη) έως και αρκετά πολύπλοκη (π.χ. Σύστημα διαχείρισης πελατών μιας επιχείρησης).

3.1.1.1 ***Γλώσσα WSDL***

Η **γλώσσα WSDL** [w3c-Wsdl] θέτει μία προδιαγραφή για τη δομή των εγγράφων με σκοπό την αυτοματοποίηση της επικοινωνίας των Ιστιακών Υπηρεσιών. Ως μοντέλο βασίζεται στη γλώσσα XML, περιγράφοντας έτσι τα δεδομένα που μεταφέρονται μεταξύ διαφορετικών συστημάτων με τη χρήση SOAP. Με τη δημιουργία μιας Ιστιακής Υπηρεσίας είναι δυνατή και η δημιουργία ενός περιγραφέα WSDL (WSDL descriptor). Αυτός καθορίζει τον τύπο, καθώς και τη δομή των δεδομένων που πρόκειται να διακινηθούν. Αν και το WSDL έγγραφο που παράγεται δεν είναι «ευανάγνωστο» λόγω της περίπλοκης δομής του, παραμένει σε μορφή αναγνώσιμη από ανθρώπους (human readable format) προϋποθέτοντας βέβαια γνώση της τεχνολογίας XML.

Θα μπορούσε να πει δηλαδή κανείς πως η WSDL μας περιγράφει πως ακριβώς είναι δυνατή η χρήση της εκάστοτε υπηρεσίας. Ειδικότερα, προκύπτει με αυτόν τον τρόπο καθορισμός του σχήματος του μηνύματος,

του διαδικτυακού πρωτοκόλλου και των διευθύνσεων που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει ο πελάτης ώστε να επικοινωνήσει με την υπηρεσία.

Τα XML στοιχεία (elements) τα οποία περιέχονται σε κάθε WSDL έγγραφο κατηγοριοποιούνται σε αφηρημένους (abstract) και συγκεκριμένους (concrete) ορισμούς. Οι μεν αφηρημένοι προσδιορίζουν γενικές έννοιες, οι οποίες μπορούν να αναφέρονται σε οποιοδήποτε στιγμιότυπο της υπηρεσίας, οι δε συγκεκριμένοι ορίζουν προφανώς συγκεκριμένα παραδείγματα που αφορούν πραγματικές αλληλεπιδράσεις. Συγκεκριμένα, ένα WSDL έγγραφο χρησιμοποιεί τα επτά ακόλουθα στοιχεία για να προδιαγράψει και να προσδιορίσει μία υπηρεσία:

i. Τύπος (**Type**): Παρέχει τους ορισμούς των Τύπων Δεδομένων (Data Types) που περιέχονται στα SOAP μηνύματα.
ii. Μήνυμα (**Message**): Παρέχει τον ορισμό του ανταλλασόμενου SOAP μηνύματος.
iii. Λειτουργία (**Operation**): Παρέχει μια περιγραφή της λειτουργίας μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας.
iv. Τύπος Πόρτας (**Port Type**): Παρέχει τον ορισμό της διεπαφής των λειτουργιών της υπηρεσίας.
v. «Δέσμευση» (**Binding**): Παρέχει τον προσδιορισμό των πρωτοκόλλων μεταφοράς και κωδικοποίησης των δεδομένων.
vi. Πόρτα (**Port**): Παρέχει τον προσδιορισμό της διεύθυνσης για μια συγκεκριμένη «δέσμευση».
vii. Υπηρεσία (**Service**): Περιλαμβάνει Πόρτες και παρέχει τον προσδιορισμό της ακριβούς τοποθεσίας (Universal Resource Locator / URL) της υπηρεσίας στον Εξυπηρετητή (Server).

Τα πρώτα τέσσερα ανήκουν στους αφηρημένους ορισμούς, ενώ τα υπόλοιπα τρία αποτελούν τους συγκεκριμένους.

Σχεδόν κάθε Ιστιακή Υπηρεσία δημοσιευμένη στο Διαδίκτυο συνοδεύεται από ένα WSDL έγγραφο, το οποίο καταγράφει τις δυνατότητες της υπηρεσίας, δηλώνει την τοποθεσία της στον Ιστό και παρέχει οδηγίες αναφορικά με τη χρήση της.

*3.1.1.2 **Πρότυπο** UDDI*

Το **πρότυπο UDDI** καθορίζει έναν κοινώς αποδεκτό τρόπο για τη δημοσίευση πληροφοριών που αφορούν Ιστιακές Υπηρεσίες επιχειρήσεων. Αποτελείται από ένα XML σχήμα για την ανταλλαγή SOAP μηνυμάτων και από μία περιγραφή για τον καθορισμό της διεπαφής της εφαρμογής.

Ουσιαστικά το UDDI έρχεται να καλύψει τα κενά που προκύπτουν από τη λειτουργικότητα της WSDL, η οποία δεν παρέχει στην πραγματικότητα καμία πληροφορία ως προς το που αποθηκεύονται τα WSDL έγγραφα ή / και πως μπορούν αυτά να ανεβρεθούν.

Το UDDI XML σχήμα χρησιμοποιεί πέντε διαφορετικές Δομές Δεδομένων:

i. Επιχειρησιακές Οντότητες (**Business Entities**): Μπορεί να περιλαμβάνει το όνομα, την περιγραφή, παρεχόμενες υπηρεσίες όπως και πληροφορίες επικοινωνίας.
ii. Επιχειρησιακές Υπηρεσίες (**Business Services**): Παρέχουν λεπτομέρειες σχετικές με την κάθε παρεχόμενη υπηρεσία.
iii. Πρότυπα «Δέσμευσης» (**Binding Templates**): Περιλαμβάνονται στις Επιχειρησιακές Υπηρεσίες. Πρόκειται για φόρμες που περιγράφουν τα πρωτόκολλα μεταφοράς που αφορούν την εκάστοτε υπηρεσία.
iv. **tModels**: Προδιαγραφές και πρότυπα που χρησιμοποιούνται από κάθε υπηρεσία. Περιλαμβάνονται στα Πρότυπα «Δέσμευσης».
v. Ισχυρισμοί Εκδότη (**Publisher Assertions**): Παρέχουν έναν τρόπο για δύο οντότητες να μπορέσουν να αποκτήσουν μία σχέση μεταξύ τους.

Η UDDI περιγραφή για τον καθορισμό της διεπαφής μιας εφαρμογής περιέχει μηνύματα για την αλληλεπίδραση με τα UDDI μητρώα, που αποτελούν και αυτά με τη σειρά τους αυτόνομες Ιστιακές Υπηρεσίες. Το UDDI παρέχει ένα σύνολο από μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην αποθήκευση, αναζήτηση και ανεύρεση πληροφοριών σχετικών με εφαρμογές Ιστιακών Υπηρεσιών. Θα μπορούσε κανείς δηλαδή να παρομοιώσει τη χρήση του UDDI σαν ένα μητρώο διευθύνσεων, μέσω του οποίου είναι δυνατή η ανεύρεση υπηρεσιών που παρέχονται από έναν άλλο οργανισμό.

Μια άλλη παρομοίωση που θα μπορούσε να γίνει είναι με τη λειτουργία ενός τηλεφωνικού καταλόγου, όπου εδώ στα "white pages" καταχωρούνται (σύντομες) περιγραφές των επιχειρήσεων όπως και τα στοιχεία επικοινωνίας τους, στα "yellow pages" παρέχονται πιο λεπτομερείς ταξινομημένες πληροφορίες για αυτές και τέλος, στα "green pages" καταχωρούνται τεχνικά δεδομένα σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες [**8**].

Όπως φαίνεται, οι πληροφορίες για τις επιχειρήσεις και τις υπηρεσίες τους είναι κατάλληλα κατηγοριοποιημένες, έτσι ώστε διευκολύνεται η αναζήτησή τους από άλλες υπηρεσίες. Συγκεκριμένα, κάθε μία από τις συμπεριλαμβανόμενες οντότητες σε ένα σύστημα UDDI αναγνωρίζεται μοναδικά από ένα μοναδικό κλειδί, προκειμένου να διευκολύνονται αναζητήσεις και ενημερώσεις των πληροφοριών που σχετίζονται με κάθε οντότητα. Με τον τρόπο αυτό, το UDDI διευκολύνει τη διαδικασία δημιουργίας σχέσεων «Επιχείρησης προς Επιχείρηση» (**B**usiness – **to** – **B**usiness / **B2B**). Επιπλέον, απλοποιούνται και οι διαδικασίες σύνδεσης ηλεκτρονικών συστημάτων για την ανταλλαγή δεδομένων μέσω υπηρεσιών.

*3.1.1.3 **Πρωτόκολλο** SOAP*

Μιλώντας για Ιστιακές Υπηρεσίες ουσιαστικά γίνεται αναφορά σε μεταφορά XML εγγράφων (δεδομένων γενικότερα) ενσωματωμένων σε αρχεία με αντίστοιχη διαμόρφωση (XML). Η χρήση της XML αποτελούσε στην πραγματικότητα το μοναδικό τρόπο ανταλλαγής επιχειρησιακών δεδομένων μέχρι την εμφάνιση του πρωτοκόλλου SOAP.

Το **SOAP** [w3c - Soap] αποτελεί ένα πρότυπο για την αποστολή μηνυμάτων και την κλήση διαδικασιών μέσω του Διαδικτύου. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα ειδικά διαμορφωμένο πακέτο για την μεταφορά XML δεδομένων μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών σε ένα δίκτυο. Είναι ανεξάρτητο από τη γλώσσα προγραμματισμού, τον τρόπο μοντελοποίησης, το λειτουργικό σύστημα και την πλατφόρμα. Ως πρωτόκολλο μεταφοράς χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο το HTTP (εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρωτόκολλα όπως το FTP, SMTP, ή το TCP / IP), ενώ για την κωδικοποίηση δεδομένων κάνει χρήση της τεχνολογίας XML.

Ένα SOAP μήνυμα στην ουσία ένα XML έγγραφο σχεδιασμένο έτσι ώστε να περιλαμβάνει και να μεταφέρει άλλα XML έγγραφα, αλλά και πληροφορίες σχετικές με τις διαδρομές, την επεξεργασία και τις ασφαλείς συναλλαγές που αφορούν μία υπηρεσία. Σε ό,τι έχει να κάνει με τη δομή του SOAP μηνύματος αυτό αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

i. **Ένα φάκελο** (envelope): Αποτελεί το πλαίσιο του μηνύματος και εμπερικλείει την επικεφαλίδα και το κυρίως σώμα.
ii. **Μία επικεφαλίδα** (header): Προαιρετικό στοιχείο που περιέχει πληροφορίες ασφάλειας και δρομολόγησης που μπορεί να τροποποιηθεί από οποιοδήποτε στοιχείο της αλυσίδας SOAP.
iii. **Ένα σώμα** (body): Το κύριο σώμα του μηνύματος με δεδομένα σε XML μορφή που έχουν να κάνουν με τη λειτουργικότητα αυτής καθεαυτής της υπηρεσίας.

Τα SOAP μηνύματα είναι πλέον το πιο κοινό μέσο ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ δύο συστημάτων. Όταν ένα SOAP μήνυμα αποστέλλεται σε μια Ιστιακή Υπηρεσία (μέσω SOAP εξυπηρετητών) τότε καλείται κάποια από τις μεθόδους που παρέχει η υπηρεσία. Η υπηρεσία χρησιμοποιεί την πληροφορία που περιέχεται στο SOAP μήνυμα για να εκτελέσει τη λειτουργία της. Επιπλέον, εάν αυτό είναι απαραίτητο, η υπηρεσία επιστρέφει το αποτέλεσμα της εκτέλεσης μέσω ενός νέου SOAP μηνύματος.

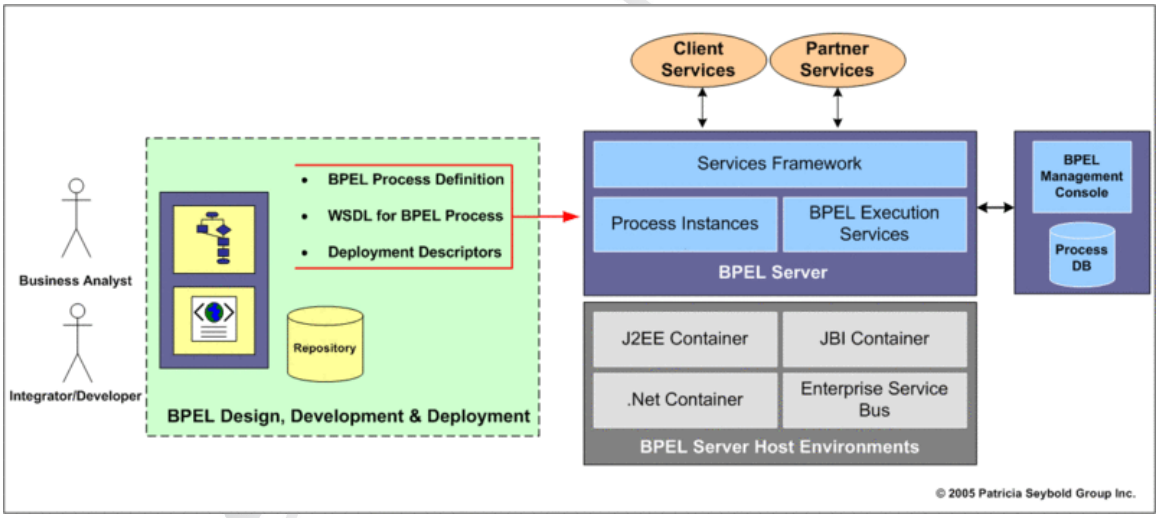
3.1.2 **Γλώσσα** BPEL

Όπως έχει διαφανεί και από το «Κεφάλαιο 2» της τρέχουσας μελέτης, η σχέση μεταξύ BPMN και BPEL είναι κάτι παραπάνω από άμεση. Θα μπορούσε να τη χαρακτηρίσει κάποιος ως αλληλένδετη, κάτι που όπως θα δει ο αναγνώστης παρακάτω, γίνεται εμφανές και από τη λειτουργικότητα του επιλεγμένου περιβάλλοντος λογισμικού.

Η **BPEL** (**B**usiness **P**rocess **E**xecution **L**anguage) αλλιώς γνωστή και ως **BPEL4WS** (**B**usiness **P**rocess **E**xecution **L**anguage **for W**eb **S**ervices) ή **WS-BPEL** είναι μία εκτελέσιμη (όπως φαίνεται και από το όνομά της) γλώσσα προγραμματισμού που προέκυψε από τη συνένωση των γλωσσών WSFL (Web Services Flow Language) και XLANG των IBM και Microsoft. Βασίζεται στην XML, μέσω της οποίας γίνεται ο τυπικός προσδιορισμός επιχειρησιακών διεργασιών που επικοινωνούν μέσω WSDL με εξωτερικές οντότητες. Με τη BPEL καθορίζεται η σειρά εκτέλεσης των διάφορων ενεργειών, καθώς και η ροή των δεδομένων από σημείο σε σημείο [**9**].

Ως προγραμματιστική γλώσσα τοποθετείται στην κορυφή των προτύπων Ιστιακών Υπηρεσιών και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό και τη διαχείριση μακρόβιων «ενορχηστρώσεων» (orchestrations) υπηρεσιών ή επιχειρησιακών διαδικασιών [**10**]. Μια διαδικασία BPEL αποτελείται από έναν αριθμό δραστηριοτήτων, οι οποίες αποτελούν βήματα της διαδικασίας και αναπαρίστανται ως στοιχεία της γλώσσας. Οι δραστηριότητες αυτές επικεντρώνονται στο να επικαλούνται υπηρεσίες των συμμετεχόντων στη διαδικασία, οι οποίες με τη σειρά τους θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα και θα επιστρέψουν το / τα αποτέλεσμα(τα) στην αρχική BPEL διεργασία.

Ενδεικτικά το περιβάλλον της γλώσσας BPEL μπορεί να αποτυπωθεί στο σχήμα που ακολουθεί [**11**]:



Εικόνα 6: Το περιβάλλον της γλώσσας BPEL

Στα αριστερά του σχήματος παρατηρούνται τα περιβάλλοντα σχεδίασης, ανάπτυξης και εφαρμογής, όπου παρέχονται τα κατάλληλα εργαλεία στους χρήστες (είτε αυτοί είναι αναλυτές των επιχειρήσεων, είτε μηχανικοί ανάπτυξης λογισμικού) ώστε να υποστηρίζονται η μετατροπή των γραφικών μοντέλων διαδικασιών (π.χ. Διαγράμματα Επιχειρησιακών Διεργασιών) σε BPEL κώδικα. Στο κέντρο απεικονίζεται το περιβάλλον εκτέλεσης BPEL με τον BPEL Εξυπηρετητή (BPEL Server) να περιέχει εκτελέσιμες οντότητες των διαδικασιών δίνοντας έτσι ένα πλαίσιο λειτουργίας των Ιστιακών Υπηρεσιών και τις κωδικοποιημένες αντίστοιχες υπηρεσίες. Τέλος, στο δεξί τμήμα του σχήματος βρίσκονται οι Βάσεις Δεδομένων των

διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών σχετικά με τις οντότητες των διαδικασιών και η πλατφόρμα διαχείρισης του BPEL εξυπηρετητή (BPEL Management Console).

Σε ό,τι έχει να κάνει με τη δομή της γλώσσας BPEL, αυτή βασιζόμενη στη γλώσσα XML, παρουσιάζει μια απλή σύνθεση εκφράσεων και ετικετών (tags). Μία γενικευμένη μορφή αποτυπώνεται στην ακόλουθη εικόνα [**12**]:

```
<process>
   <partnerLinks>
      …
   </partnerLinks>
   <variables>
      …
   </variables>
   <scope…>
      <faultHandlers…>
         …
      </faultHandlers…>
         <sequence>
            <receive…>
            <assign…>
            <invoke…>
            <receive…>
            <invoke…>
            <switch…>
               …
            </switch>
            <invoke…>
         </sequence>
   </scope…>
      …
</process>
```

Εικόνα 7: Η γενική δομή της γλώσσας BPEL

Όπως φαίνεται, όλο το πρόγραμμα περιλαμβάνεται ανάμεσα στο τμήμα που ορίζεται από τις ετικέτες “process”, ενώ όλα τα χρησιμοποιούμενα ονόματα είναι συμβατά με τη γλώσσα XML και τη γενικότερη λειτουργικότητα των Ιστιακών Υπηρεσιών.

Τον Ιούνιο του 2007 οι εταιρίες Active Endpoints, Adobe Systems, BEA, IBM, Oracle και SAP δημοσίευσαν την BPEL4PEOPLE μαζί με τις WS - HumanTask προδιαγραφές που περιγράφουν πως μπορεί να υλοποιηθεί η ανθρώπινη αλληλεπίδραση στις BPEL διεργασίες [**13**]. Μέσω αυτής αντιμετωπίζεται η βασικότερη αδυναμία της BPEL που αφορά στην αδυναμία ενσωμάτωσης του ανθρώπινου παράγοντα ως τμήμα της διεργασίας, αδυνατώντας επακόλουθα να υποστηρίξει πιο πολύπλοκες διαδικασίες που περιλαμβάνουν κατά την εκτέλεσή τους την εξάπλωση σε νέες δραστηριότητες και πιθανότατα νέους συμμετέχοντες. Η BPEL4PEOPLE είναι δηλαδή μια περιγραφή του τρόπου πραγματοποίησης της ανθρώπινης παρέμβασης μέσα από τις BPEL διεργασίες. Μέσω αυτής ορίζονται οι ρόλοι, τα δικαιώματα και οι αρμοδιότητες που μπορεί να έχουν οι χρήστες μέσα σε μια διεργασία.

3.2 **Επιλογή** BPMS **Περιβάλλοντος**

Το περιβάλλον λογισμικού το οποίο επιλέχθηκε στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας μελέτης για την υλοποίηση της πρότυπης επιχειρησιακής ροής που θα παρουσιαστεί στο «Κεφάλαιο 5» είναι το **Intalio | BPMS** [**14**]. Πρόκειται για ένα Εργαλείο Σχεδιασμού Επιχειρήσεων (Enterprise Engineering Tool / EET) που χρησιμοποιείται για την ανάλυση, το σχεδιασμό και τη χρήση των επιχειρησιακών μοντέλων.

Πιο συγκεκριμένα, τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Intalio Designer 6.0.3.050
- Intalio bpms 6.0.3.038 Server
- MySQL (Community) Server 5.5.15 (προαιρετικό)

3.2.1 **Κριτήρια Επιλογής**

Είναι αλήθεια πως η επιλογή του κατάλληλου Συστήματος Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών αποτελεί έναν από τους πιο συχνούς και κρίσιμους προβληματισμούς των επιχειρησιακών αναλυτών. Οι διαφορετικές δυνατότητες μεταξύ των πολλών και ποικίλων διαθέσιμων σχετικών εργαλείων, καθώς και οι μεγάλες αποκλίσεις που παρουσιάζονται στην τιμή τους (όταν πρόκειται για εμπορικά προγράμματα και όχι Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα (ΛΑΚ)) ενισχύει την πολυπλοκότητα της εν λόγω απόφασης.

Ανάλογοι προβληματισμοί προέκυψαν και κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης (ως επιχειρησιακός αναλυτής για το σενάριο της πρότυπης επιχειρησιακής ροής για την επιλεγμένη προηγμένη ηλεκτρονική υπηρεσία που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια), όταν βεβαίως ήρθε η ώρα της επιλογής του κατάλληλου BPMS περιβάλλοντος, **με τη βασική προϋπόθεση** πως η επιλογή θα γινόταν ανάμεσα στα διαθέσιμα Ανοιχτού Λογισμικού (Open Source Software / OSS) συστήματα.

Εξετάστηκαν διάφορα υποψήφια συστήματα με κύριο γνώμονα παραμέτρους όπως δυνατότητα παραμετροποίησης, δυνατότητα μοντελοποίησης ανθρώπινων διεργασιών, διαλειτουργικότητα, δυνατότητα εγκατάστασης σε Λειτουργικό Σύστημα (Operating System / OS) Windows που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί και φυσικά κόστος (μηδενικό όπως προαναφέρθηκε).

Το Intalio | BPMS προκρίθηκε, καθώς εκπληρώνει τα ακόλουθα κριτήρια:

i. Ενσωματώνει πλήρως τα πρότυπα της BPMN, κάτι που αρκετές ανταγωνιστικές πλατφόρμες δεν παρέχουν.

ii. Παρέχει εύκολη και επιτυχημένη διασύνδεση με εξωτερικά εργαλεία, όπως για παράδειγμα με Βάση Δεδομένων MySQL.

iii. Παρέχει δυνατότητα μοντελοποίησης ανθρώπινων διεργασιών, μέσω ενσωμάτωσης του BPEL4PEOPLE.

iv. Υλοποιεί στην πράξη την αρχιτεκτονική SOA.

v. Διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο εύρος μηχανισμών αυτοματοποίησης διαδικασιών.

vi. Προσφέρει εκπαιδευτικό υλικό (documentation) και οργανωμένη γνώση μέσω παρεχόμενων σχετικών ηλεκτρονικών σεμιναρίων (webinars) [**15**].

vii. Διαθέτει μια μεγάλη κοινότητα με την ευρεία συμμετοχή απλών χρηστών και μηχανικών λογισμικού της εταιρίας για συζήτηση θεμάτων επί της λειτουργίας της πλατφόρμας (προβλήματα (bugs), ερωταπαντήσεις για θέματα λειτουργικότητας, απορίες κ.α.) [**16**].

viii. Διατίθεται δωρεάν (Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα), κάτι που επίσης συνεπάγεται δυνατότητα παραμετροποίησης της πλατφόρμας. (Πέρα από τη δωρεάν έκδοση (Community Edition) διατίθεται και εμπορική (commercial) έκδοση με επιπλέον παροχές, καθώς και τεχνική υποστήριξη από μεριάς της εταιρίας σε επαγγελματικό / επιχειρησιακό επίπεδο [**17**], [**18**]).

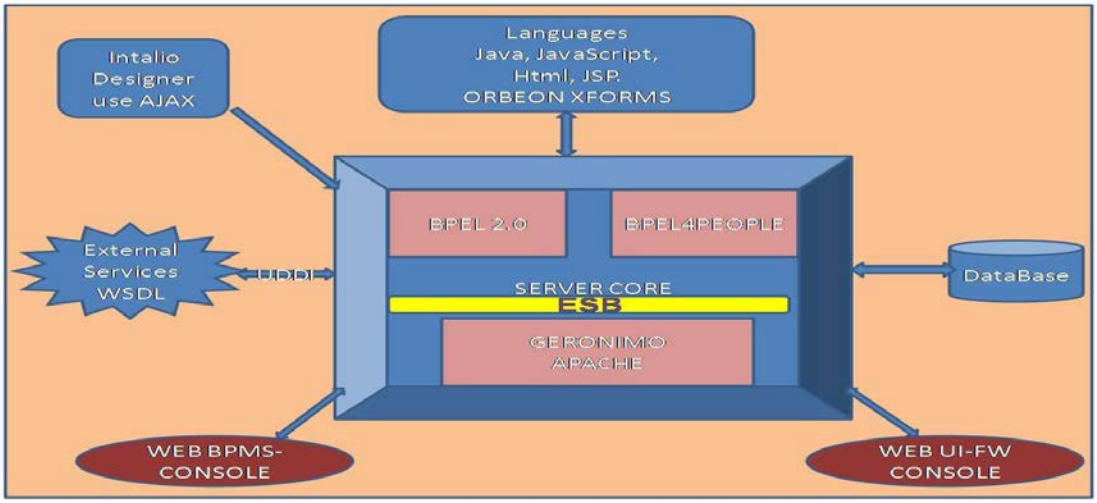
Επιπλέον χαρακτηριστικά του Intalio | BPMS που προσμετρήθηκαν θετικά και οδήγησαν στην επιλογή του είναι η δυνατότητα μέσω του Designer παραγωγής BPEL και η συνεπακόλουθη άμεση μετατροπή των διεργασιών σε Ιστιακές Υπηρεσίες. Τέλος, λόγω της ενσωμάτωσης της αρχιτεκτονικής SOA και της φιλοσοφίας ESB γίνεται πολύ εύκολη η ενσωμάτωση, ο έλεγχος και η διασύνδεση μεταξύ ροών με τη χρήση WSDL και Ιστιακών Υπηρεσιών.

3.2.2 **Αρχιτεκτονική του** Intalio | BPMS

Συνοψίζοντας τα όσα έχουν ήδη αναφερθεί για αυτό, το Intalio | BPMS είναι ένα ανοιχτού λογισμικού Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών που με τη (πλήρως εναρμονισμένη με το πρότυπο) χρήση BPMN και BPEL παράγει διαγράμματα ροής διαδικασιών και υπηρεσιών.

- Η αρχιτεκτονική ενός τέτοιου BPMS συστήματος αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά μέρη [**19**]:
- Πλατφόρμα Εξυπηρετητή Intalio – **Intalio Server**.
- Γραφικό περιβάλλον σχεδίασης – **Intalio Designer**.
- Ενσωματωμένη τεχνολογία **XForms** που εξυπηρετεί την αυτόματη δημιουργία, διαχείριση και επεξεργασία φορμών μέσα από το παρεχόμενο γραφικό περιβάλλον.
- Κονσόλα διαχείρισης της εκτέλεσης ροής διαδικασιών ανά χρήστη ή ομάδα χρηστών – **UI-FW Console**.
- Κονσόλα διαχείρισης και παρακολούθησης των BMMN εργασιών που έχουν «ανέβει» (deploy) στο σύστημα – **BPMS Console**.
- Εφαρμογή της SOA αρχιτεκτονικής μέσω UDDI και WSDL για **διασύνδεση με εξωτερικές Ιστιακές Υπηρεσίες**.

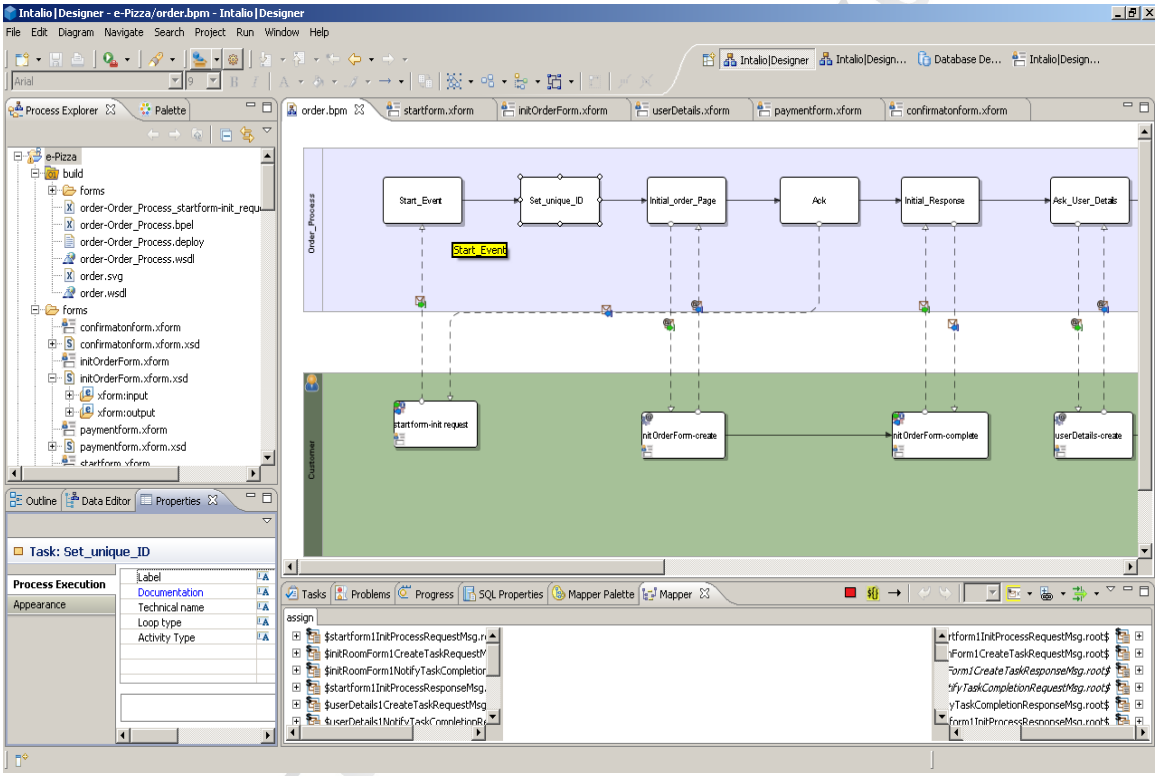
Σχηματικά, η αρχιτεκτονική του Intalio | BPMS αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 8: Η αρχιτεκτονική του Intalio | BPMS

3.2.3 **Γραφικό Περιβάλλον Σχεδίασης** – Intalio Designer

Το Intalio | BPMS Designer [**20**] είναι ένα γραφικό εργαλείο σχεδίασης Επιχειρησιακών Διαδικασιών βασιζόμενο στην πλατφόρμα **Eclipse** (“Eclipse based”) που χρησιμοποιεί – σε απόλυτο βαθμό – τις προδιαγραφές της BPMN. Οι BPMN προδιαγραφές ορίζουν ένα σύνολο από γραφικά στοιχεία (βλ. «Παράγραφος 2.3. *Βασικά Στοιχεία της BPMN*»), τα οποία αποτελούν τους δομικούς λίθους για τη σχεδίαση σύνθετων Επιχειρησιακών Διαδικασιών. Βασικό τους πλεονέκτημα, έναντι άλλων προδιαγραφών, είναι το γεγονός ότι ορίζουν δομές που μπορούν εύκολα να μετασχηματιστούν σε αντίστοιχες δομές της γλώσσας BPEL, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα στο Intalio | BPMS Designer να παράγει άμεσα εκτελέσιμες Επιχειρησιακές Διαδικασίες.



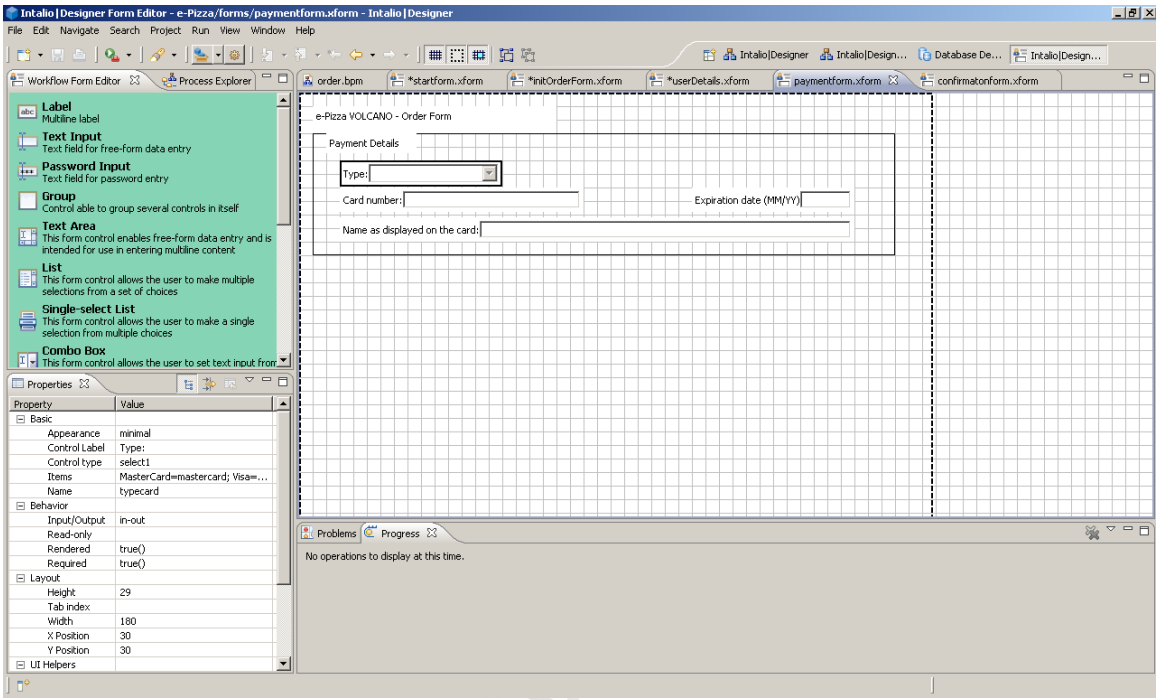
Εικόνα 9: Το γραφικό περιβάλλον σχεδίασης Intalio | BPMS Designer

Μέσω αυτού του αυτόνομου εργαλείου σχεδίασης ροής διαδικασιών BPMN, δημιουργούνται ροές οι οποίες στη συνέχεια (και αφού πρώτα ελεγχθούν για την ορθότητά τους μέσω του μεταγλωττιστή (compiler)) «ανεβαίνουν» (γίνονται “deploy”) στον Intalio Εξυπηρετητή και μετατρέπονται έτσι σε Ιστιακές Υπηρεσίες.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του Intalio | BPMS Designer είναι το γεγονός ότι παρέχεται η δυνατότητα σχεδιασμού διαδικασιών με μεγάλη ευκολία και χωρίς να χρειαστεί ο χρήστης να γράψει καθόλου κώδικα (**zero code**).

Επιπλέον, διατίθεται μία πληθώρα γραφικών αναπαραστάσεων και ενεργειών που δίνουν τη δυνατότητα στον απλό χρήστη με απλές κινήσεις “drag & drop” να δημιουργήσει ροές από μικρή έως σύνθετη πολυπλοκότητα σε μερικά μόνο λεπτά. Ανάλογα, μπορούν να δημιουργηθούν απλές έως και σύνθετες Δομές Δεδομένων μέσω του αντίστοιχου εργαλείου (XML Schema Editor).

Τέλος, για να επιτύχει πλήρη αυτοματοποίηση της δόμησης μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας, ο Intalio | BPMS Designer έχει ενσωματώσει το εργαλείο **Intalio | BPMS Form Designer,** το οποίο χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση ανθρώπινων διεπαφών με χρήση της τεχνολογίας XForms.

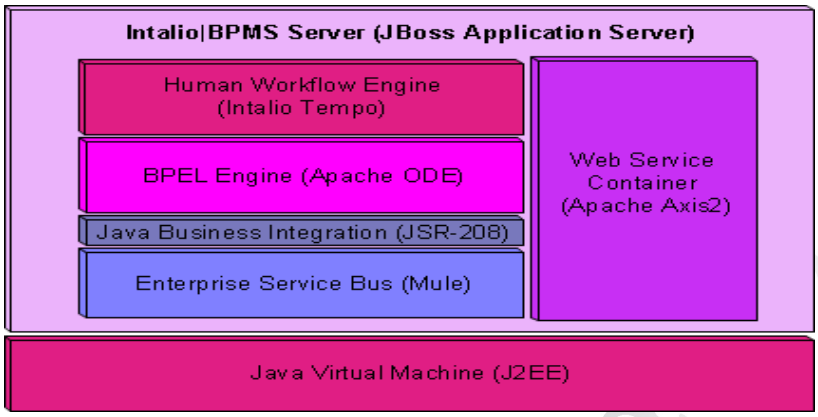


Εικόνα 10: Το εργαλείο σχεδίασης φορμών Intalio | BPMS Form Designer

Η αμέσως προηγούμενη εικόνα αποτελεί μια χαρακτηριστική απεικόνιση αυτού του ενσωματωμένου εργαλείου. Κατά τη σχεδίαση μιας φόρμας, ο Intalio | BPMS Form Designer δημιουργεί αυτόματα τα σχήματα (XML Schemas) των μηνυμάτων που παράγονται και ανταλλάσσονται όταν κάποιος χρήστης συμπληρώνει και υποβάλλει τη φόρμα. Η συσχέτιση των φορμών που έχουν δημιουργηθεί με τη λογική της Επιχειρησιακής Διαδικασίας πραγματοποιείται μέσα από τη χρήση των προτύπων αλληλεπίδρασης που ορίζονται στην BPEL4People.

3.2.4 **Πλατφόρμα Εξυπηρετητή** – Intalio Server

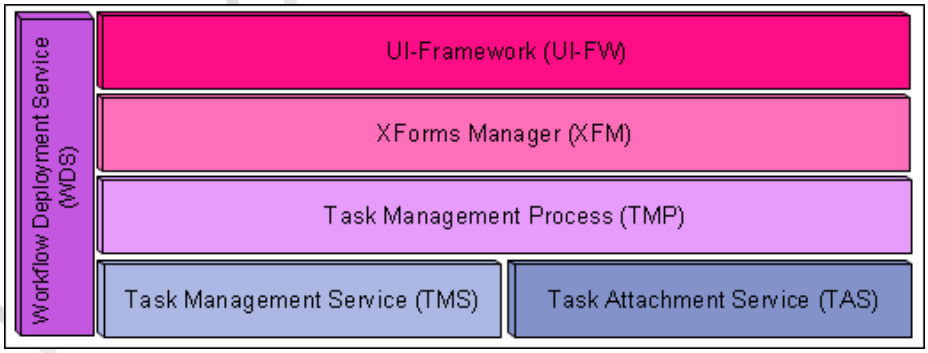
Ο Intalio | BPMS Server [**21**] είναι εκείνο το τμήμα του Intalio | BPMS που ουσιαστικά διαχειρίζεται την εκτέλεση των Επιχειρησιακών Διαδικασιών, καθώς αυτές έχοντας «ανέβει» (deployed) στην πλατφόρμα του εξυπηρετητή, προβάλλονται και διατίθενται ως Ιστιακές Υπηρεσίες. Αν θελήσει κανείς να επικεντρώσει στην εσωτερική του αρχιτεκτονική, βλέπει κανείς πως αποτελείται από δύο βασικά κομμάτια: τη Μηχανή Εκτέλεσης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (BPEL Engine) **Apache ODE** και τη Μηχανή Διαχείρισης Ανθρώπινων Ροών (Human Workflow Engine) **Intalio Tempo**. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια σύνοψη της συνολικής αρχιτεκτονικής δομής του Intalio BPMS | Server.



Εικόνα 11: Η αρχιτεκτονική του Intalio | BPMS Server

Η μηχανή Apache ODE έχει αναπτυχθεί γύρω από την αρχιτεκτονική Java Business Integration (JBI) με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να «τρέξει» πάνω σε οποιονδήποτε J2EE (Java 2 Enterprise Edition) Application Server (π.χ. JBoss), ο οποίος διαθέτει μια δεξαμενή JBI (JBI Container). Πρόκειται για μία Μηχανή Εκτέλεσης Επιχειρησιακών Διαδικασιών που έχουν δημιουργηθεί με χρήση της γλώσσας BPEL. Το βασικό της χαρακτηριστικό είναι το ότι παρέχει λειτουργίες δημιουργίας στιγμιότυπων Επιχειρησιακών Διαδικασιών, καθώς και διαχείρισης του κύκλου ζωής αυτών.

Ανάλογα, η μηχανή Intalio Tempo έχει υλοποιηθεί ως μια συλλογή από Ιστιακές Υπηρεσίες, οι οποίες μπορούν να ενσωματωθούν και να «τρέξουν» πάνω σε οποιονδήποτε J2EE Application Server που διαθέτει μία δεξαμενή Ιστιακών Υπηρεσιών (Web Services container), όπως για παράδειγμα η Apache Axis2. Αποτελεί μια μηχανή διαχείρισης του κύκλου ζωής των ανθρώπινων εργασιών (human tasks). Πιο συγκεκριμένα, παρέχει λειτουργικότητα ανάθεσης εργασιών σε χρήστες (process participants) με στόχο την ανάκτηση της λίστας των εργασιών που έχουν ανατεθεί σε κάποιο χρήστη και την εκτέλεσης μιας εργασίας ή την προώθησή της σε κάποιον άλλον. Όλες οι λειτουργίες που προσφέρει το Intalio Tempo ορίζονται και υλοποιούνται από τη γλώσσα BPEL4People. Όλες οι παραπάνω λειτουργίες έχουν υλοποιηθεί και είναι διαθέσιμες μέσω των διαφόρων Ιστιακών Υπηρεσιών που συνθέτουν την αρχιτεκτονική του Intalio Tempo, όπως φαίνεται και στο σχήμα παρακάτω.



Εικόνα 12: Η αρχιτεκτονική του Intalio | BPMS Tempo

Στο «Κεφάλαιο 5» όπου θα παρουσιαστεί η υλοποίηση (implementation) της παρούσας μελέτης θα παρατεθούν και οι διεπαφές, μέσω των οποίων ο Διαχειριστής (Administrator) του συστήματος μπορεί να εποπτεύει και ο Χρήστης (User) να εκτελεί τις εμπλεκόμενες Επιχειρησιακές Διαδικασίες.

Κλείνοντας το κομμάτι αυτό της εργασίας, αξίζει να γίνει αναφορά και στα δικαιώματα χρήσης και τις άδειες υπό τις οποίες διατίθεται το λογισμικό του Intalio, όσον αφορά στην ελεύθερη έκδοσή του. Έτσι λοιπόν, το Intalio | BPMS, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας υλοποίησης, παρέχεται με την άδεια της Intalio Community Edition, ενώ μέρη του κώδικα είναι υπό τις άδειες χρήσης Apache Public License και Eclipse Public License.

4 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΜΕΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

Όπως θα έχει γίνει έως τώρα εύκολα αντιληπτό, όταν αναφέρεται κανείς σε θεώρηση, ανάπτυξη και μοντελοποίηση επιχειρησιακών ροών, κάνει στην πραγματικότητα αναφορά σε Ιστιακές Υπηρεσίες. Αυτό που θα ακολουθήσει συνεπώς στο τρέχον κεφάλαιο είναι η παρουσίαση μηχανισμών ασφαλείας που εφαρμόζονται σε Ιστιακές Υπηρεσίες.

Μια οποιαδήποτε Ιστιακή Υπηρεσία γίνεται διαθέσιμη είτε μέσω του Διαδικτύου είτε μέσω Ιδιωτικών Εταιρικών Δικτύων (Intranets), χρησιμοποιώντας ένα τυποποιημένο σύστημα XML επικοινωνίας και επιτρέποντας έτσι σε εφαρμογές και σε «διαδικτυακές συσκευές» να επικοινωνούν εύκολα η μια με την άλλη και να συνδυάζουν τη λειτουργικότητά τους, ώστε να παρέχουν υπηρεσίες μεταξύ τους. Το ζήτημα της ασφάλειας λοιπόν, αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία λόγω της ίδιας της φύσης και του τρόπου λειτουργίας των υπηρεσιών αυτών.

4.1 Μηχανισμοί Ασφαλείας σε Ιστιακές Υπηρεσίες – Γενική Θεώρηση

Η ασφάλεια είναι ένα από τα πιο σημαντικά και σύνθετα θέματα που αντιμετωπίζει το Διαδίκτυο και συνεπακόλουθα οι Ιστιακές Υπηρεσίες. Η ασφάλεια πρέπει να εξασφαλίζει την εμπιστευτικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων στις υπηρεσίες Ιστού. Κανένας άλλος πέραν του παραλήπτη των δεδομένων δεν επιτρέπεται να εξετάσει ή να επέμβει στο περιεχόμενο του μηνύματος. Ακόμη, είναι απαραίτητο να ελέγχεται η προσπέλαση στις υπηρεσίες ιστού, ειδικά όταν πολλές Ιστιακές Υπηρεσίες χρησιμοποιούνται μαζί, έτσι ώστε μόνο αυτοί που είναι εξουσιοδοτημένοι να μπορούν να τις χρησιμοποιούν. Για να επιτευχθούν όλα αυτά, χρησιμοποιούνται τεχνολογίες, οι κυριότερες από τις οποίες περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

Θα αποκλειστούν τεχνολογίες ασφάλειας προσανατολισμένες σε δικτυακά κανάλια και σε γενικότερες υποδομές υπηρεσιών και προτύπων, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον σε μηχανισμούς ασφαλείας που αφορούν τα δεδομένα – μηνύματα που ανταλλάσσονται μέσω των συναλλασσόμενων υπηρεσιών. Πρόκειται δηλαδή για μια αναφορά στις βασικότερες και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες ασφάλειας εφαρμογών και κατ' επέκταση Ιστιακών Υπηρεσιών. Όπως άλλωστε προαναφέραμε, μέσω της αναφοράς στους εν λόγω μηχανισμούς ασφαλείας, μελετάται στην ουσία το ζήτημα της εφαρμογής ασφάλειας σε μοντέλα επιχειρησιακών ροών, κάτι που αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Σε κάθε περίπτωση, στόχο των μηχανισμών ασφαλείας Ιστιακών Υπηρεσιών αποτελεί η επίτευξη των γενικότερων μηχανισμών ασφαλείας πληροφοριακών συστημάτων που συνοψίζονται στους ακόλουθους:

- **Αυθεντικοποίηση** (Authentication)
- **Ακεραιότητα** (Integrity)
- **Εμπιστευτικότητα** (Confidentiality)
- **Εξουσιοδότηση** (Authorization)
- **Μη-άρνηση της ευθύνης** (Non-Repudiation)
- **Διαθεσιμότητα** (Availability)

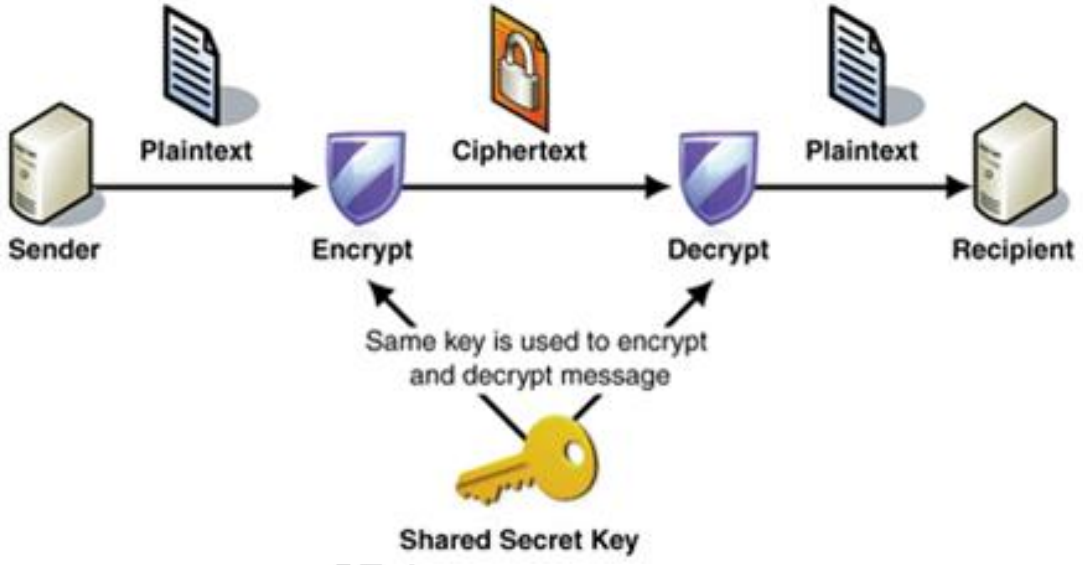
4.2 Κρυπτογραφία

Ως **κρυπτογραφία** (cryptography) ορίζεται η μελέτη τεχνικών που βασίζονται σε μαθηματικά προβλήματα, με σκοπό την εξασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων – μηνυμάτων που διακινούνται μεταξύ οντοτήτων, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις **Ακεραιότητας** και **Εμπιστευτικότητας** που αυτά έχουν.

Στόχος των παραπάνω τεχνικών είναι στην ουσία ο μετασχηματισμός δεδομένων σε μορφή που να είναι αδύνατον να αναγνωριστεί από άλλο αναγνώστη χωρίς την γνώση της σωστής ακολουθίας των ψηφιακών δεδομένων. Ως τεχνική, η κρυπτογραφία αποτελείται από δύο «υπο-τεχνικές»: την **κρυπτογράφηση** και την **αποκρυπτογράφηση**.

4.2.1 Συμμετρική Κρυπτογραφία

Στη συμμετρική ή αλλιώς παραδοσιακή κρυπτογραφία το ίδιο κρυπτογραφικό κλειδί χρησιμοποιείται για να κρυπτογραφήσει και να αποκρυπτογραφήσει πληροφορία. Αυτό είναι πλέον γνωστό ως *μυστικό κλειδί (secret key – private key – shared key)*. Ειδικότερα, οι οντότητες λαμβάνουν και οι δύο τα κλειδιά τους με χρήση ενός ασφαλούς μέσου (ίσως και εκτός δικτύου) και πρέπει να τα προστατεύσουν προκειμένου να εξασφαλίσουν πως μόνο εξουσιοδοτημένες οντότητες μπορούν να κάνουν χρήση της πληροφορίας [**22**].



Εικόνα 13: Σενάριο Συμμετρικής Κρυπτογραφίας

Αυτός ο τύπος κρυπτογραφίας κρίνεται αρκετά γρήγορος και ιδιαίτερα αποτελεσματικός, ωστόσο παρουσιάζει και κάποια σαφή μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλώνει ο αριθμός των οντοτήτων, η διαχείριση των κλειδιών γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη. Επιπλέον, επειδή και οι δύο οντότητες χρησιμοποιούν το ίδιο κλειδί δεν μπορεί κάποιος να αποδείξει από που ξεκίνησε το κρυπτογραφημένο μήνυμα, «καταστρατηγώντας» έτσι τις βασικές απαιτήσεις ασφαλείας για **Αυθεντικοποίηση** και **Μη-άρνηση της ευθύνης**.

Γνωστοί αλγόριθμοι συμμετρικής κρυπτογραφίας είναι οι: DES (Data Encryption Standard), Triple-DES, AES (Advanced Encryption Standard), IDEA (International Data Encryption Algorithm) και Blowfish.

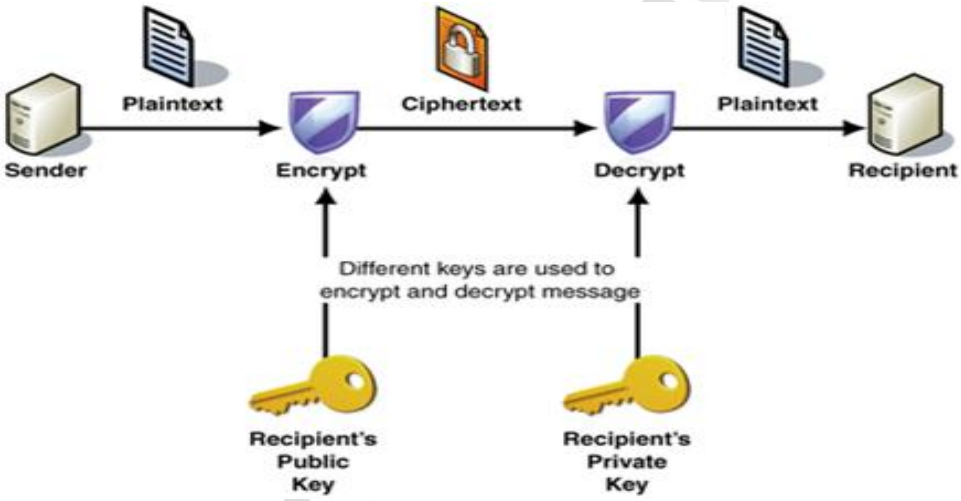
4.2.2 Κρυπτογραφία Δημοσίου Κλειδιού

Στην κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού ή αλλιώς ασύμμετρη κρυπτογραφία χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά, αλλά μαθηματικά συσχετιζόμενα μεταξύ τους κλειδιά: το *δημόσιο κλειδί* (public key) με το

οποίο γίνεται η κρυπτογράφηση και το *ιδιωτικό κλειδί* (private key) μέσω του οποίου λαμβάνει χώρα η αποκρυπτογράφηση.

Το ένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς αυτό να σημαίνει πως θα είναι δυνατή η εύρεση του άλλου. Με την ασύμμετρη κρυπτογραφία, το δημόσιο κλειδί μπορεί, όπως άλλωστε «προδίδει» και το όνομά του, να δημοσιοποιηθεί σε οποιονδήποτε θέλει να κάνει μια συναλλαγή με την οντότητα που κρατάει το ιδιωτικό κλειδί. Η διανομή του δημοσίου κλειδιού είναι εύκολη. Το ιδιωτικό κλειδί πρέπει να κρατηθεί κρυφό και να μπορεί να το χρησιμοποιήσει μόνο ο ιδιοκτήτης του. Δηλαδή, το ιδιωτικό κλειδί χρησιμοποιείται μόνο για την αποκρυπτογράφηση δεδομένων, τα οποία έχουν προηγουμένως κρυπτογραφηθεί μέσω του δημόσιου κλειδιού. Οποιαδήποτε από τις οντότητες που γνωρίζουν το δημόσιο κλειδί μπορεί να κρυπτογραφήσει δεδομένα με παραλήπτη τον ένα και μοναδικό κάτοχο του ιδιωτικού κλειδιού.

«Το μόνο που χρειάζεται να κάνεις είναι να «εκδώσεις» το δημόσιο κλειδί σου στον υπόλοιπο κόσμο, κρατώντας το ιδιωτικό σου κρυφό. Οποιοσδήποτε μπορεί μέσω αυτού του δημόσιου κλειδιού να κρυπτογραφήσει πληροφορία που μόνο εσύ μπορείς να διαβάσεις. Ακόμα και άτομα που δεν έχεις γνωρίσει ποτέ σου» [**23**].

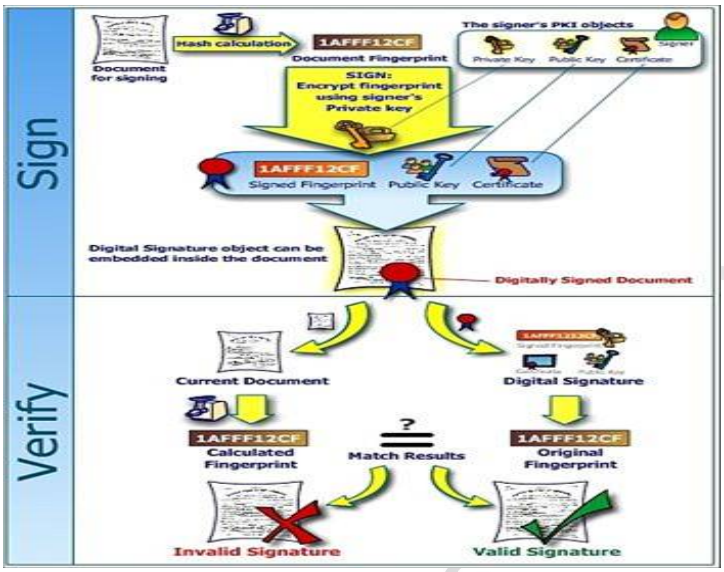


Εικόνα 14: Σενάριο Κρυπτογραφίας Δημοσίου Κλειδιού

Μέσω της κρυπτογραφίας δημοσίου κλειδιού αποδεικνύεται εύκολα από που ξεκίνησε το κάθε κρυπτογραφημένο μήνυμα (σε αντίθεση με την αντίστοιχη συμμετρική), χωρίς να χρειάζεται καν ασφαλές κανάλι επικοινωνίας για την ανταλλαγή των δημοσίων κλειδιών. Επίσης, μπορεί και γίνεται εφαρμόσιμη σε μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα συστήματα.

Από την άλλη μεριά, το αρνητικό χαρακτηριστικό της κρυπτογραφίας δημοσίου κλειδιού είναι το αυξημένο υπολογιστικό της κόστος, λόγω των πιο πολύπλοκων υπολογισμών. Συνεπακόλουθα, μόνο περιορισμένου μεγέθους πληροφορία μπορεί να κρυπτογραφηθεί, ενώ προκειμένου να λειτουργήσει σωστά αυτό το ασύμμετρο μοντέλο, τα ιδιωτικά κλειδιά απαιτούν ισχυρή προστασία.

Επιπλέον, η κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την δημιουργία μη παραποιούμενων ψηφιακών υπογραφών βασισμένων στο ιδιωτικό κλειδί κάποιου χρήστη. Οι ψηφιακές υπογραφές επιτρέπουν στον παραλήπτη της πληροφορίας να εξακριβώσει την αυθεντικότητα προέλευσης της πληροφορίας, όπως και την ακεραιότητα των δεδομένων. Συνεπώς, οι ψηφιακές υπογραφές δημοσίου κλειδιού προσφέρουν **Αυθεντικοποίηση** και **Ακεραιότητα**. Ακόμα, μία ψηφιακή υπογραφή προσφέρει και **Μη-άρνηση της ευθύνης**, καθώς ο αποστολέας δεν μπορεί να αρνηθεί την αποστολή της πληροφορίας. Όλα αυτά αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία ασφάλειας.



Εικόνα 15: Μηχανισμός ψηφιακής υπογραφής μέσω ασύμμετρης κρυπτογραφίας

Δημοφιλείς αλγόριθμους ασύμμετρης κρυπτογραφίας αποτελούν οι RSA (από τα ονόματα των δημιουργών του: R. **R**ivest, A. **S**hamir και L. **A**dleman) και DSA (Digital Signature Algorithm).

4.3 Συναρτήσεις Κατακερματισμού

Όπως μπορεί εύκολα να αντιληφθεί κανείς, το σύστημα ασύμμετρης κρυπτογραφίας που περιγράφηκε προηγουμένως έχει κάποια βασικά προβλήματα, όπως η μειωμένη ταχύτητα και η δυνατότητα επεξεργασίας μικρού όγκου πληροφορίας. Μία βελτίωση πάνω σε αυτό αποτελεί σίγουρα η προσθήκη μιας «μονόδρομης» (one-way) **συνάρτησης κατακερματισμού** στην όλη διεργασία ως μηχανισμός διασφάλισης της **Ακεραιότητας** των ανταλλασόμενων δεδομένων.

Ως συνάρτηση κατακερματισμού (hash function) ορίζεται ένας κατ' ουσία μετασχηματισμός, ο οποίος λαμβάνει μια είσοδο μεταβλητού μήκους και επιστρέφει μια συμβολοακολουθία σταθερού μήκους, που ονομάζεται τιμή της συνάρτησης.

Οι συναρτήσεις κατακερματισμού διασφαλίζουν ότι αν η (μεταδιδόμενη) πληροφορία τροποποιηθεί κατ΄ οποιονδήποτε τρόπο – ακόμα και κατά ένα bit – μια εντελώς διαφορετική έξοδος (τιμή της συνάρτησης) θα παραχθεί. Μέσω αυτής της ιδιότητας βρίσκουν εφαρμογή σε μια πληθώρα περιπτώσεων, αλλά όταν χρησιμοποιούνται στην κρυπτογραφία συνήθως επιλέγονται ώστε να διαθέτουν και επιπλέον ιδιότητες.

Οι βασικότερες απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί μια τέτοια συνάρτηση μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Να έχει σταθερού μεγέθους έξοδο (τιμή της συνάρτησης), ανεξαρτήτως μεγέθους της εισόδου.
- Να είναι εύκολος ο υπολογισμός της τιμής της, ανεξαρτήτως εισόδου.
- Να είναι μονόδρομη.
- Να είναι «ανθεκτική σε συγκρούσεις» (collision-free).

Μία συνάρτηση κατακερματισμού χαρακτηρίζεται ως «μονόδρομη» όταν για μια δεδομένη τιμή της (αποτέλεσμα / έξοδος) είναι υπολογιστικά αδύνατο να βρεθεί κάποια είσοδος που να την ικανοποιεί.

Επιπλέον, με τον όρο «ανθεκτική σε συγκρούσεις» χαρακτηρίζεται μια συνάρτηση για την οποία δύο διαφορετικές είσοδοι είναι αδύνατον να παράγουν την ίδια έξοδο / τιμή / αποτέλεσμα.

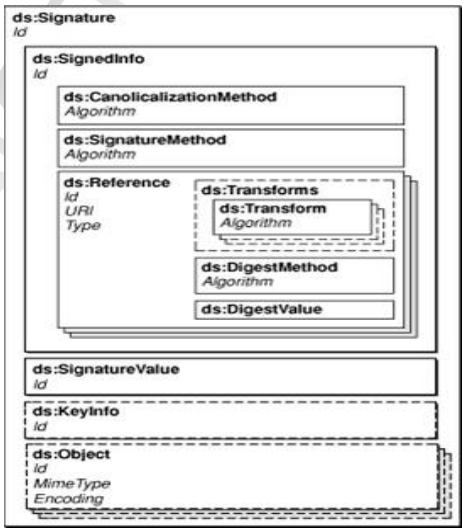
Μια βασική χρήση των κρυπτογραφικών συναρτήσεων κατακερματισμού συναντάται και κατά τη δημιουργία και επαλήθευση (XML) ψηφιακών υπογραφών, όπως περιγράφεται στη συνέχεια στην υπό-παράγραφο 4.4.1.

4.4 XML Ψηφιακές Υπογραφές

Οι XML ψηφιακές υπογραφές (XML Digital Signatures) [**24**] είναι ένα πρότυπο για την ασφαλή επικύρωση της προέλευσης των μηνυμάτων. Η προδιαγραφή της XML υπογραφής επιτρέπει στα XML έγγραφα να υπογραφούν με ένα τυποποιημένο τρόπο, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς αλγόριθμους ψηφιακής υπογραφής.

Μία XML ψηφιακή υπογραφή καθορίζει το πως θα υπογράφονται ψηφιακά δεδομένα, αλλά και το πως το αποτέλεσμα της υπογραφής μπορεί να αναπαρασταθεί σε XML μορφή. Ως πρότυπο, παρέχει ένα σύνολο κανόνων και την κατάλληλη σύνταξη για την κωδικοποίηση, τον υπολογισμό και την επαλήθευση των ψηφιακών υπογραφών από τα διάφορα αυθαίρετα δεδομένα. Μπορεί να υπογραφεί ένα ολόκληρο έγγραφο XML ή ακόμα και επιλεγμένα κομμάτια αυτού. Αυτό γίνεται χρήσιμο όταν τα έγγραφα αθροίζουν πολλά κομμάτια πληροφορίας από διαφορετικές πηγές, κάθε ένα με τη δική του απόδειξη αυθεντικότητας. Η επικύρωση μίας υπογραφής προαπαιτεί ότι όλα τα υπογεγραμμένα δεδομένα είναι προσιτά με κάποιο είδος αναφοράς. Αυτή η αναφορά μπορεί να είναι ένα URI (Universal Resource Identifier), δηλαδή ένα μέρος του ίδιου πόρου με την υπογραφή που είτε ενσωματώνεται μέσα στην υπογραφή ή ενσωματώνει την υπογραφή μέσα σε αυτό.

Εκτός από την παροχή πιστοποίησης, **Ακεραιότητας** δεδομένων και υποστήριξη για **μη-αποποίηση** (της ευθύνης) των δεδομένων που υπογράφονται, η XML υπογραφή έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται το Διαδίκτυο και την ίδια την XML τεχνολογία. Αυτός ο τύπος πάντως ψηφιακών υπογραφών έχει αρκετά μεγαλύτερη πολυπλοκότητα υλοποίησης από την παραδοσιακή κρυπτογράφηση και είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την αναπαράσταση των δεδομένων που υπογράφονται. Επιπλέον, η αναπαράσταση των υπογεγραμμένων δεδομένων και των δεδομένων που διαβάζονται προκειμένου να επαληθευτεί η υπογραφή πρέπει να είναι σε κάθε περίπτωση συνεπείς.



Εικόνα 16: Μορφή – Δομή XML ψηφιακής υπογραφής

Όπως απεικονίζεται και στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 16) μια XML ψηφιακή υπογραφή αποτελείται από διάφορα XML στοιχεία.

Δύο απαραίτητα τέτοια στοιχεία είναι: το **SignedInfo** που περιλαμβάνει το υπο-στοιχείο (αλγόριθμο) CanonicalizationMethod, έναν αλγόριθμο υπογραφής και μια ή περισσότερες Αναφορές (References) και το στοιχείο **SignatureValue**, το οποίο περιέχει την πραγματική τιμή της ψηφιακής υπογραφής. Η τιμή αυτή είναι κωδικοποιημένη στη μορφή base64.

Υπάρχουν και δύο προαιρετικά στοιχεία: το στοιχείο **KeyInfo** που παρέχει την πληροφορία που χρειάζεται από την εφαρμογή του παραλήπτη για να επαληθεύσει την υπογραφή και το XML σχήμα και το στοιχείο **Object** που μπορεί να εμφανιστεί μία ή περισσότερες φορές και όταν εμφανίζεται μπορεί να περιέχει οποιασδήποτε άλλης μορφής πληροφορία για την υποστήριξη της υπογραφής.

4.4.1 Δημιουργία και Επαλήθευση Ψηφιακής Υπογραφής

Καταρχήν, κρίνεται χρήσιμο να αναφερθούν τα διαφορετικά – αν και ισότιμα – σχήματα ψηφιακών υπογραφών XML που χρησιμοποιούνται. Πρόκειται για τα τρία ακόλουθα είδη:

i. **Περικλειόμενες (**enveloped**) υπογραφές –** Το έγγραφο παραμένει στην μορφή που ήταν και πριν και μπορεί να υποστεί επεξεργασία.

ii. **Περικλείουσες (**enveloping**) υπογραφές –** Τα υπογεγραμμένα δεδομένα πρέπει να εξαχθούν προτού γίνει η επεξεργασία τους από μία εφαρμογή.

iii. **Αποσπασμένες (**detached**) υπογραφές –** Αυξάνει την πολυπλοκότητα της ενσωμάτωσης της ασφάλειας που προσφέρει στο σύστημα, λόγω του ότι πρέπει κάθε στιγμή να μεταφέρονται δύο διαφορετικά αρχεία.

Κατά τη διαδικασία **δημιουργίας** μιας XML ψηφιακής υπογραφής, αρχικά εφαρμόζονται οι επιλεγμένοι μετασχηματισμοί στα αντικείμενα που πρόκειται να υπογραφούν. Εν συνεχεία, υπολογίζεται η τιμή της συνάρτησης κατακερματισμού στο αποτέλεσμα των μετασχηματισμών και δημιουργείται έτσι ένα στοιχείο Reference με περιεχόμενα το URI των προς υπογραφή δεδομένων, τα αναγνωριστικά των μετασχηματισμών που χρησιμοποιήθηκαν και τη συνάρτηση κατακερματισμού με την τιμή της. Έτσι, δημιουργείται το στοιχείο SignedInfo με τα υπο-στοιχεία του που έχουν προαναφερθεί. Εφαρμόζεται η μέθοδος κανονικοποίησης (που περιγράφεται στο υπο-στοιχείο CanonicalizationMethod) στο στοιχείο SignedInfo και χρησιμοποιούνται οι αλγόριθμοι που καθορίστηκαν στο στοιχείο SignatureMethod για να δημιουργηθεί η υπογραφή. Δημιουργείται λοιπόν, το (συνολικό) στοιχείο Signature που περιλαμβάνει τα μέρη της δομής που αναπτύχθηκαν παραπάνω.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα XML ψηφιακά υπογεγραμμένου κειμένου αποτελεί η εικόνα που ακολουθεί:

```
- <Signature xmlns="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#">
  - <SignedInfo>
      <CanonicalizationMethod Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-c14n-20010315" />
      <SignatureMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#rsa-sha1" />
    - <Reference URI="">
      - <Transforms>
          <Transform Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#enveloped-signature" />
        </Transforms>
        <DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1" />
        <DigestValue>m1KaNnwzBBRn3hiDhNuQlBw0Leo=</DigestValue>
      </Reference>
    </SignedInfo>
    <SignatureValue />
  - <KeyInfo>
    - <KeyValue>
      - <RSAKeyValue>

          <Modulus>g2WWzC+rCLBQ4KZlGLyBu9Yfdh7OunFGVSQ7JvrBT+4/6rBbBr7HuCj1T5aXFO71shOHmoQS1FcddN0lm1Nz
        <Exponent>AQAB</Exponent>
        </RSAKeyValue>
      </KeyValue>
    - <X509Data>
      - <X509IssuerSerial>
          <X509IssuerName>C=DE,O=Fraunhofer Institut FOKUS,CN=SWEB Server CA</X509IssuerName>
          <X509SerialNumber>7685174419968916376</X509SerialNumber>
        </X509IssuerSerial>
        <X509SKI>FOP56rDta0x5jje6F4g+v3GGbjw=</X509SKI>
        <X509SubjectName>C=GR,L=Piraeus,O=University of Piraeus Research
          Centre,T=Server,SERIALNUMBER=sts0000,CN=STS,EMAILADDRESS=muster@musterdomain.com</X509SubjectName>

          <X509Certificate>MIIC+zCCAmSgAwIBAgIIaqc5assqe5gwDQYJKoZIhvcNAQEFBQAwSjEXMBUGA1UEAwwOU1dFQiBTZXJ
      </X509Data>
    </KeyInfo>
  </Signature>
```

Εικόνα 17: Παράδειγμα XML ψηφιακής υπογραφής

Κατά τη διαδικασία **επαλήθευσης** τώρα, το στοιχείο SignedInfo κανονικοποιείται σύμφωνα με την μέθοδο κανονικοποίησης που περιγράφεται στο στοιχείο CanonicalizationMethod και γίνεται επεξεργασία κάθε αντικειμένου σύμφωνα με τους μετασχηματισμούς που έχουν προδιαγραφεί, όπου για κάθε στοιχείο Reference, λαμβάνονται τα αντικείμενα στα οποία γίνεται η αναφορά. Στο αποτέλεσμα εφαρμόζεται η συνάρτηση κατακερματισμού όπως έχει καθοριστεί και ανακτάται (συνήθως) μέσω του στοιχείου KeyInfo η απαραίτητη πληροφορία για τα κλειδιά που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Τέλος, εφαρμόζεται η μέθοδος υπογραφής με χρήση του κλειδιού και το αποτέλεσμα συγκρίνεται με την τιμή υπογραφής του στοιχείου SignatureValue στο κανονικοποιημένο SignedInfo. Προφανώς, αν τα αποτελέσματα δεν είναι τα ίδια, αυτό σημαίνει πως η επαλήθευση έχει αποτύχει.

4.5 XML **Κρυπτογράφηση**

Η XML κρυπτογράφηση (XML encryption) [**25**] έχει τους εξής βασικούς στόχους:

- Να υποστηρίζει την κρυπτογράφηση οποιουδήποτε αυθαίρετου ψηφιακού περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων των XML εγγράφων.
- Να εξασφαλίζει ότι τα κρυπτογραφημένα δεδομένα, κατά τη μεταφορά ή και την αποθήκευση, δεν μπορούν να προσπελασθούν από μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα.

- Να διατηρεί την ασφάλεια των δεδομένων όχι μόνο όταν αυτά μεταφέρονται – κάτι που εγγυάται για παράδειγμα το SSL (Secure Sockets Layer) – αλλά και όταν είναι «στάσιμα» σε έναν συγκεκριμένο κόμβο.
- Να παρουσιάζει τα κρυπτογραφημένα δεδομένα σε XML μορφή.
- Να μπορούν να κρυπτογραφηθούν επιλεκτικά συγκεκριμένα τμήματα ενός XML εγγράφου.

Ως διαδικασία προτείνει και περιγράφει μια διαδικασία για την κρυπτογράφηση ψηφιακών δεδομένων και τον τρόπο με τον οποίο το αποτέλεσμα της κρυπτογράφησης θα έπρεπε να αναπαρασταθεί σε XML. Τα δεδομένα μπορούν να είναι αυθαίρετα και να περιλαμβάνουν ένα έγγραφο, ένα στοιχείο ή και περιεχόμενα στοιχείου XML. Υποστηρίζεται επίσης η επανακρυπτογράφηση δεδομένων, δηλαδή δεδομένα που έχουν ήδη κρυπτογραφηθεί μια φορά μπορούν να κρυπτογραφηθούν ξανά. Ακόμα, η μέθοδος παρέχει την αναγνώριση ή μεταφορά πληροφορίας για τα κλειδιά αποκρυπτογράφησης, ενώ περιγράφει τη χρήση τόσο συμμετρικής όσο και ασύμμετρης κρυπτογραφίας.

Σύμφωνα με το πρότυπο για την κρυπτογράφηση, ένα έγγραφο XML αποτελείται από ένα σύνολο ετικετών που απαρτίζουν και τη δομή του εγγράφου. Το αποτέλεσμα της κρυπτογράφησης δεδομένων είναι ένα στοιχείο **EncryptedData**, που περιέχει ή προσδιορίζει (μέσω μιας αναφοράς URI) τα κρυπτογραφημένα δεδομένα. Για την ακρίβεια, το EncryptedData αντικαθιστά τα προς κρυπτογράφηση δεδομένα μέσα στο έγγραφο. Επιπρόσθετα, τα υπόλοιπα βασικά στοιχεία μιας κρυπτογράφησης XML είναι:

- *EncryptionMethod*: Προαιρετικό στοιχείο που περιγράφει τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης που εφαρμόζεται στα κρυπτογραφημένα δεδομένα. Εάν το στοιχείο αυτό απουσιάζει, ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης πρέπει να γίνει γνωστός από τον παραλήπτη, αλλιώς η αποκρυπτογράφηση θα αποτύχει.
- *KeyInfo*: Προαιρετικό στοιχείο που ορίζεται (όπως έχει ήδη αναφερθεί) στις ψηφιακές υπογραφές XML, το οποίο φέρει πληροφορίες για το κλειδί που χρησιμοποιείται για να κρυπτογραφήσει τα δεδομένα.
- *CipherData*: Υποχρεωτικό στοιχείο που παρέχει τα κρυπτογραφημένα δεδομένα και μπορεί να αναπαρασταθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος και συνηθέστερος είναι να περιέχει το ίδιο το κρυπτογραφημένο κείμενο ως XML (στοιχείο CipherValue). Τα κρυπτογραφημένα δεδομένα δεν είναι πλέον κατανοητά, αφού το κείμενο είναι κωδικοποιημένο σε μορφή base64. Ο δεύτερος τρόπος είναι η δομή CipherData να περιέχει μια αναφορά στο κρυπτογραφημένο αντικείμενο και όχι το ίδιο το αντικείμενο (στοιχείο CipherReference).
- *EncryptionProperties*: Επίσης προαιρετικό στοιχείο το οποίο μπορεί να περιέχει πρόσθετες πληροφορίες (π.χ. ο αύξων αριθμός του κρυπτογραφικού υλικού που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της κρυπτογράφησης).

Η Κρυπτογράφηση XML επιτρέπει στον αποστολέα και τον παραλήπτη των κρυπτογραφημένων δεδομένων να επιλέξουν εκ των προτέρων κρυπτογραφικές παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένου των κλειδιών, έτσι ώστε οι παράμετροι να μην χρειάζονται να ανταλλαχθούν την ίδια τη στιγμή που επιτελείται η κρυπτογράφηση. Επίσης, υποστηρίζει όλες τις επιλογές που προδιαγράφονται από το πρότυπο Ψηφιακής Υπογραφής XML για τον προσδιορισμό των κλειδιών. Ο προσδιορισμός μπορεί να επιτευχθεί με ένα αναγνωριστικό κλειδιού, το ίδιο το κλειδί αποκρυπτογράφησης, μία αναφορά σε μια τοποθεσία όπου βρίσκεται το κλειδί, ή το πιστοποιητικό δημοσίου κλειδιού του παραλήπτη που χρησιμοποιήθηκε για την κρυπτογράφηση των δεδομένων.

```
<PaymentInfo xmlns='http://example.org/paymentv2'>

      <Name>John Smith</Name>

      <CreditCard Limit='5,000' Currency='USdollars'>

      <EncryptedData xmlns='http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#'

Type='http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#Content'>

           <EncryptionMethod  Algorithm='http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#3des-
cbc'/>

                 <ds:KeyInfo xmlns:ds='http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#'>

                      <ds:KeyName>mykey</ds:KeyName>

                 </ds:KeyInfo>

                 <CipherData>

                      <CipherValue>423EE256</CipherValue>

                 </CipherData>

      </EncryptedData>

</PaymentInfo>
```

Εικόνα 18: Παράδειγμα XML κρυπτογράφησης

4.5.1 Κρυπτογράφηση και Αποκρυπτογράφηση

Για να **κρυπτογραφηθούν** στοιχεία XML ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Επιλέγεται ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης μαζί με τις παραμέτρους του.
- Ανακτάται το κλειδί μέσω του οποίου, αν βεβαίως πρώτα αναγνωριστεί, δημιουργείται το στοιχείο KeyInfo. Το κλειδί κρυπτογραφείται αν πρόκειται να αποσταλεί μαζί με τα κρυπτογραφημένα δεδομένα και δημιουργείται το στοιχείο EncryptedKey. Το τελευταίο τοποθετείται μέσα στο στοιχείο KeyInfo ή ακόμα και σε κάποιο άλλο σημείο μέσα στο έγγραφο.
- Κρυπτογραφούνται τα δεδομένα. Για δεδομένα XML, αυτό μπορεί να εμπλέκει την μετατροπή σε κωδικοποίηση UTF-8 και σειριοποίηση, δηλαδή την μετατροπή της δομής σε μια ακολουθία από bytes.
- Δημιουργείται το κύριο στοιχείο EncryptedData. Στην περίπτωση που τα κρυπτογραφημένα δεδομένα αποθηκεύονται μέσα στο έγγραφο, αντί να υπάρχει απλά μια αναφορά σε αυτά, πρέπει να είναι κωδικοποιημένα στη μορφή base64.
- Αντικαθίστανται τα προς κρυπτογράφηση δεδομένα μέσα στο ίδιο το έγγραφο με το στοιχείο EncryptedData που έχει δημιουργηθεί.

Προκειμένου να επιτευχθεί η αντίστροφη διαδικασία της **αποκρυπτογράφησης** ακολουθούνται τα επόμενα βήματα:

- Γίνεται επεξεργασία του στοιχείου EncryptedData.
- Ανακτάται το κλειδί αποκρυπτογράφησης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει πρώτα την αποκρυπτογράφηση ενός συμμετρικού κλειδιού από ένα ιδιωτικό ή και την ανάκτηση από μια τοπική αποθήκη κλειδιών (στο δίσκο του χρήστη ή μια έξυπνη κάρτα).
- Αποκρυπτογραφούνται τα δεδομένα της δομής CipherData.
- Γίνεται επεξεργασία των αποκρυπτογραφημένων δεδομένων. Αυτό μπορεί να απαιτεί από την εφαρμογή την επαναφορά των δεδομένων (που μπορεί να έχουν κωδικοποιηθεί για παράδειγμα ως UTF-8) στην αρχική τους μορφή. Επίσης, γίνεται αντικατάσταση των δεδομένων στην αρχική τους θέση μέσα στη δομή του XML εγγράφου.

4.6 **Γλώσσα Προδιαγραφής Ισχυρισμών Ασφαλείας** – SAML

Η Γλώσσα Προδιαγραφής Ισχυρισμών Ασφαλείας (**S**ecurity **A**ssertion **M**arkup **L**anguage – SAML) [**26**] έχει αναπτυχθεί από την OASIS XML-Based Security Services Technical Committee (SSTC) και αποτελεί ένα πλαίσιο βασισμένο σε XML για την ανταλλαγή ασφαλούς πληροφορίας. Αυτή η ασφαλής πληροφορία εκφράζεται στη μορφή των δηλώσεων γύρω από υποκείμενα, όπου ένα υποκείμενο είναι μια οντότητα (άνθρωπος ή υπολογιστής) η οποία έχει μία ταυτότητα σε μερικά ασφαλή πεδία. Ένα τυπικό παράδειγμα ενός υποκειμένου είναι ένα άτομο ταυτοποιημένο από τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού του ταχυδρομείου σε ένα ειδικό διαδικτυακό DNS (Domain Name Service) πεδίο. Οι δηλώσεις μπορούν να μεταφέρουν πληροφορία σχετική με ενέργειες **Αυθεντικοποίησης** και θέματα **Εξουσιοδότησης** σχετικά με το πότε και ποια υποκείμενα επιτρέπεται να έχουν πρόσβαση σε κάποιους πόρους.

Η SAML ορίζει ένα πρωτόκολλο μέσω του οποίου οι πελάτες μπορούν να αιτηθούν δηλώσεις από τις αντίστοιχες αρχές και να πάρουν μια απάντηση από αυτές. Αυτό το πρωτόκολλο αποτελείται από μορφές αίτησης και ανταπόκρισης βασισμένες σε XML, που μπορούν να οριοθετηθούν σε αρκετά διαφορετικές υποκείμενες επικοινωνίες και πρωτόκολλα μεταφοράς. Οι SAML αρχές μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικές πηγές πληροφορίας, όπως εξωτερική πολιτική τροφοδοσίας, αποθήκευσης και δηλώσεων που έχει αποκτηθεί ως είσοδος στις αιτήσεις, δημιουργώντας έτσι τις απαντήσεις.

Το πρότυπο SAML, επί της ουσίας, παρέχει τα μέσα με τα οποία αυθεντικοποιημένες και εξουσιοδοτημένες δηλώσεις μπορούν να ανταλλάσσονται μεταξύ των ομάδων που επικοινωνούν.

4.7 **Επεκτάσιμη Γλώσσα Ελέγχου Πρόσβασης** – XACML

Η Επεκτάσιμη Γλώσσα Ελέγχου Πρόσβασης (e**X**tensible **A**ccess **C**ontrol **M**arkup **L**anguage - XACML) [**27**] είναι μια γενικευμένη γλώσσα προδιαγραφής πολιτικών που βασίζεται στην XML για την έκφραση πληροφορίας ασφάλειας. Η XACML εστιάζει στην δημιουργία μιας πλούσιας γλώσσας για πολιτικές ασφάλειας και ένα μοντέλο για έλεγχο πρόσβασης, προσφέροντας μια μέθοδο για συνδυασμό μεμονωμένων κανόνων και πολιτικών σε ένα μοναδικό σύνολο πολιτικών, το οποίο εφαρμόζεται σε μια συγκεκριμένη αίτηση για απόφαση.

Υπάρχουν αρκετές ιδιότητες ή καθορισμένες από εφαρμογή γλώσσες πολιτικής ελέγχου προσπέλασης, αλλά αυτές οι πολιτικές δεν μπορούν να μοιραστούν πέραν διαφορετικών εφαρμογών και παρέχουν ασήμαντο κίνητρο για να αναπτύξουν εργαλεία συγκρότησης πολιτικής. Πολλές από τις υπάρχουσες γλώσσες δεν υποστηρίζουν κατανεμημένες πολιτικές, δεν είναι καν εκτεταμένες ή δεν είναι εκτεταμένες αρκετά ώστε να υποστηρίξουν καινούργιες απαιτήσεις. Η XCAML επιτρέπει τη χρήση αυθαίρετων χαρακτηριστικών στις πολιτικές, τον Έλεγχο Προσπέλασης Βασισμένο σε Ρόλους (Role Based Access Control – RBAC), τις πολιτικές ευρετηρίου, τις ετικέτες ασφάλειας, τις πολιτικές βασισμένες σε ώρα / ημέρα, δυναμικές πολιτικές και όλα αυτά χωρίς να απαιτούνται αλλαγές στις εφαρμογές που την χρησιμοποιούν.

Μερικές βασικές απαιτήσεις πολιτικής της γλώσσας είναι οι εξής:

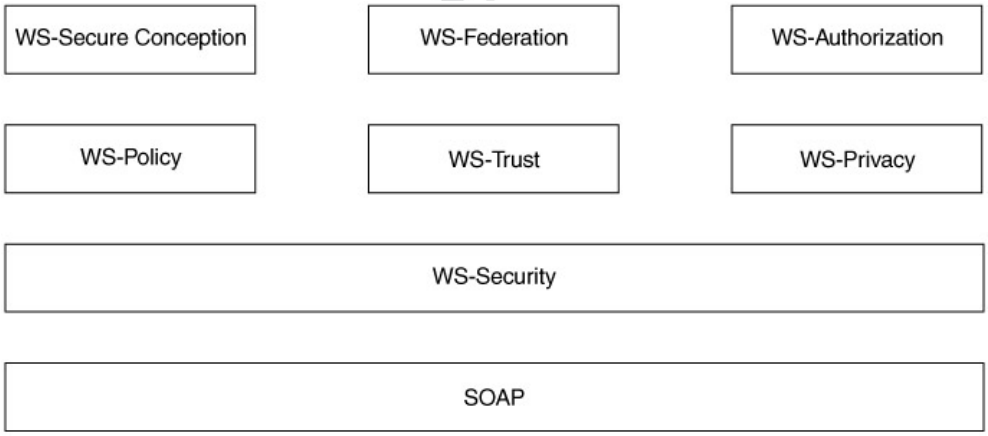
- Παροχή μιας τέτοιας μεθόδου ώστε να συνδυάζονται ανεξάρτητοι κανόνες και πολιτικές σε ένα ξεχωριστό σύνολο πολιτικής, το οποίο απευθύνεται σε ένα συγκεκριμένο αίτημα απόφασης.
- Παροχή μεθόδου για ευέλικτο ορισμό της διαδικασίας στην οποία κανόνες και πολιτικές συνδυάζονται.
- Παροχή μεθόδου με απώτερο σκοπό το χειρισμό ενός κατανεμημένου συνόλου στοιχείων πολιτικής με παράλληλη σύνοψη της μεθόδου για την εγκατάσταση, ανάκτηση και αυθεντικοποίηση της πολιτικής των στοιχείων.

4.8 **Μοντέλο Ασφάλειας Ιστιακών Υπηρεσιών** – WS-Security

Οι Ιστιακές Υπηρεσίες παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα στις εφαρμογές αλλά επίσης εκθέτουν σημαντικούς νέους κινδύνους στην ασφάλεια. Η δημιουργία και η διατήρηση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος Ιστιακών Υπηρεσιών περιλαμβάνει και τη διαχείριση διαφόρων μηχανισμών για το Διαδίκτυο, την XML και τις ίδιες τις Ιστιακές Υπηρεσίες.

Οι εταιρείες IBM και Microsoft συνεργάστηκαν για να αναπτύξουν ένα σύνολο από προδιαγραφές ασφάλειας, οι οποίες απευθύνονται στο πως παρέχεται η προστασία στα μηνύματα που ανταλλάζονται σε ένα περιβάλλον Ιστιακής Υπηρεσίας. Δημιούργησαν ένα μοντέλο ασφάλειας το οποίο έφερε μαζί τεχνολογίες όπως είναι Υποδομή Δημόσιου Κλειδιού (Public Key Infrastructure – PKI) και ο Κέρβερος (Kerberos tickets) που άλλοτε θεωρούνταν ασύμβατες. Πρόκειται για ένα χρήσιμο πλαίσιο που επιτρέπει την οικοδόμηση μιας ασφαλούς Ιστιακής Υπηρεσίας

Ένα ευρύ σύνολο από προδιαγραφές ασφάλειας περιέχεται στο ακόλουθο σχήμα. Αυτές οι προδιαγραφές καλύπτουν τεχνολογίες ασφάλειας συμπεριλαμβανομένων της **Ακεραιότητας**, της **Εμπιστευτικότητας**, της **Αυθεντικοποίησης**, της **Εξουσιοδότησης**, των ασφαλών διαδρομών επικοινωνίας, της εμπιστοσύνης, των ασφαλών περιβαλλόντων και της πολιτικής ασφάλειας:



Εικόνα 19: Προδιαγραφές Ασφάλειας Ιστιακών Υπηρεσιών

Πιο συγκεκριμένα σχετικά με κάθε μία από αυτές τις προδιαγραφές ισχύουν τα εξής:

- **WS-Security**: καθορίζει μια αρχιτεκτονική για ασφαλή επικοινωνία.
- **WS-Policy**: (και οι σχετικές με αυτήν προδιαγραφές) καθορίζει μια πολιτική από κανόνες για το πώς οι υπηρεσίες θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- **WS-Trust**: καθορίζει το μοντέλο εμπιστοσύνης για ασφαλείς συναλλαγές.

- **WS-Privacy**: καθορίζει πώς τηρείται η «ιδιωτικότητα» στις πληροφορίες.
- **WS-Secure Conversation**: καθορίζει πώς θα επιτευχθεί μια ασφαλής συνεδρία μεταξύ υπηρεσιών που ανταλλάζουν δεδομένα με κανόνες ορισμένους στα WS-Policy, WS-Trust και WS-Privacy.
- **WS-Federation**: καθορίζει τους κανόνες σχετικά με την ταυτότητα σε κατανεμημένο περιβάλλον.
- **WS-Authorization**: χειρίζεται την επεξεργασία για την επικύρωση που αφορά στην πρόσβαση και την ανταλλαγή δεδομένων.

Όλες οι παραπάνω χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο SOAP – καθορίζοντας επεκτάσεις σε αυτό μέσω της WS-Security για να συμπεριληφθεί πληροφορία κρυπτογράφησης και ψηφιακών υπογραφών – και έτσι εκμεταλλεύονται στο έπακρο την επεκτασιμότητά του. Η Ασφάλεια Ιστιακών Υπηρεσιών ξεπερνάει τα δύο πρότυπα των XML Ψηφιακών Υπογραφών και της XML Κρυπτογράφησης, εφαρμόζοντάς τα πάνω σε μηνύματα SOAP. Με άλλα λόγια, καλύπτει κάποια από τα κενά που αφήνουν τα δύο αυτά πρότυπα όταν χρησιμοποιούνται με το SOAP και παρέχει επιπρόσθετες οδηγίες εφαρμογής.

5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ

Σε συνέχεια των όσων παρατέθηκαν στην Παράγραφο 3.2. «*Επιλογή BPMS Περιβάλλοντος*», στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας πρότυπης επιχειρησιακής ροής για μία **Ιστιακή Υπηρεσία για ηλεκτρονική παραγγελία πίτσας**.

Όπως έχει προαναφερθεί, ο σχεδιασμός της ροής καθώς και η μετέπειτα δημιουργία / μετατροπή σε Web Service θα λάβουν χώρα μέσω της «σουίτας» λογισμικού του Intalio | BPMS. Στα πλαίσια του κεφαλαίου αυτού λοιπόν, θα παρουσιαστούν παράλληλα στοιχεία για τις παρεχόμενες από το λογισμικό κονσόλες, μέσω των οποίων είναι δυνατή η παρακολούθηση και διαχείριση των ροών εργασίας.

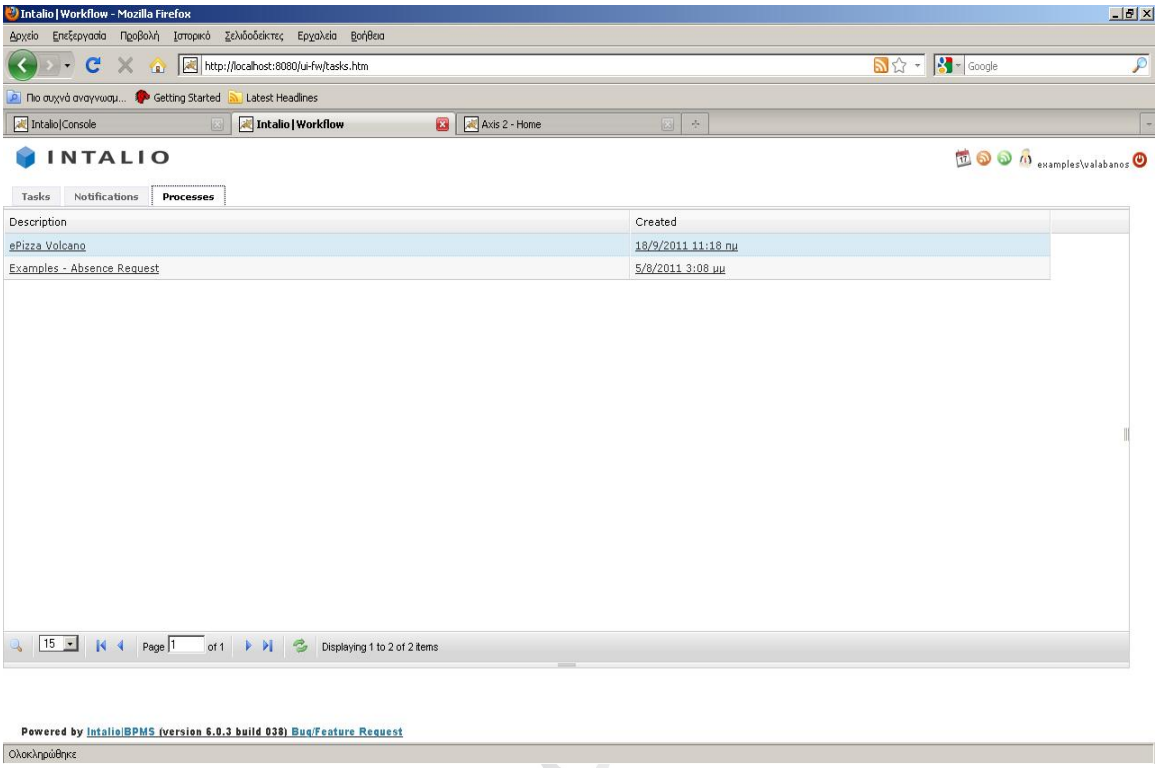
Τέλος, στα πλαίσια της προτεινόμενης λύσης ασφάλειας (XML ψηφιακή υπογραφή) με εφαρμογή πάνω στην παρουσιαζόμενη υλοποίηση, κρίθηκε απαραίτητο να παρατεθούν και κάποια στοιχεία σχετικά με την ηλεκτρονική Τιμολόγηση (electronic Invoicing / eInvoicing) με επίκεντρο βεβαίως τα όσα ισχύουν στα πλαίσια της Ε.Ε., καθώς έτσι εξετάζεται συνεπακόλουθα και η περίπτωση της Ελλάδας.

5.1 Διαχείριση Ροών Εργασίας μέσω του Intalio | BPMS

Το Intalio | BPMS παρέχει δύο διεπαφές (κονσόλες), μέσω των οποίων μπορούν να εποπτεύονται και να εκτελούνται οι διάφορες Επιχειρησιακές Διαδικασίες.

Ο απλός χρήστης μπορεί να επικοινωνήσει με μια δεδομένη επιχειρησιακή διεργασία μέσω της διεπαφής διαχείρισης της εκτέλεσης ροής διαδικασιών ανά χρήστη ή ομάδα χρηστών (**UI-FW Console**). Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εκκινούν διεργασίες, να έχουν πρόσβαση στη λίστα εργασιών τους και να λαμβάνουν σχετικές ειδοποιήσεις. Σημαντικό ρόλο για την παραπάνω διαλειτουργικότητα παίζει και ο μηχανισμός **Αυθεντικοποίησης** των τερματικών χρηστών. Έτσι, έχει υλοποιηθεί και υποστηρίζεται από το Intalio | Workflow ως ένα επιπλέον επίπεδο αφαίρεσης, ένας μηχανισμός Ελέγχου Προσπέλασης Βασισμένου σε Ρόλους (**RBAC**) [**28**], κατά τον οποίο σε κάθε χρήστη αντιστοιχεί ένας ρόλος που συνοδεύεται με συγκεκριμένα «δικαιώματα» ως προς το τι μπορεί να δει και να εκτελέσει.

Η εν λόγω διεπαφή παρέχεται μέσα από τη διεύθυνση http://localhost:8080/ui-fw/ (**ΣΗΜΕΙΩΣΗ**: όπως φαίνεται και από τον προηγούμενο σύνδεσμο, χρησιμοποιείται ως διεύθυνση το locahost (127.0.0.1). Αυτό συμβαίνει, καθώς στην προσομοίωση που πραγματοποιείται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, όλες οι διεργασίες / ενέργειες αναπτύσσονται, βρίσκονται και εκτελούνται **τοπικά**. Συνεπώς, όλοι οι σύνδεσμοι / διευθύνσεις που θα παρουσιαστούν χρησιμοποιούν ως εξυπηρετητή τον **localhost**. Προφανώς, σε ένα πραγματικό σενάριο, όπου η συναλλαγή λαμβάνει χώρα μέσω Διαδικτύου, τη θέση της τιμής localhost στις αντίστοιχες διευθύνσεις θα λαμβάνει η IP διεύθυνση του εξυπηρετητή όπου έχουν «ανέβει» (deployed) οι εκάστοτε Ιστιακές Υπηρεσίες).



Εικόνα 20: Διεπαφή Διαχείρισης Ανθρώπινων Εργασιών του Intalio (Intalio UI-FW Console)

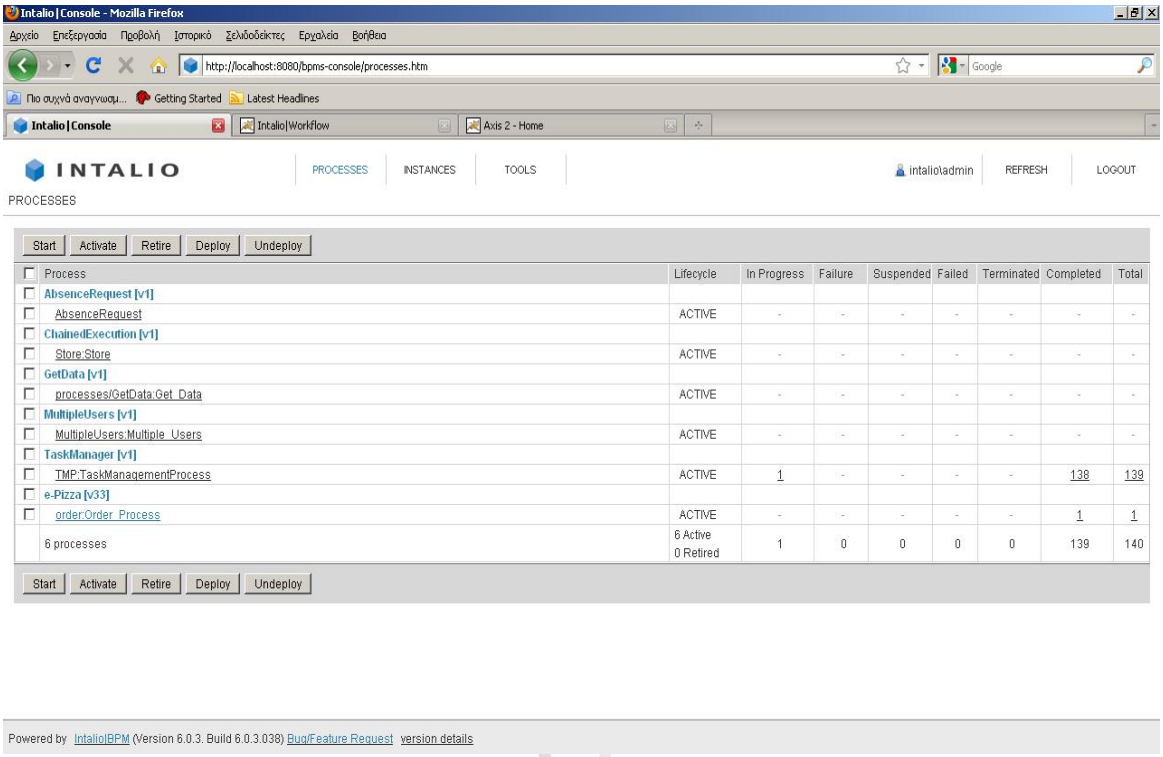
Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα, ο χρήστης μπορεί να δει και να εκτελέσει τις εργασίες που του έχουν ανατεθεί κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας. Για αυτόν τον σκοπό, η Διεπαφή Διαχείρισης Ανθρώπινων Εργασιών παρέχει τις ακόλουθες τρεις διαφορετικές λίστες:

i. Λίστα Διαχείρισης Εργασιών (Tasks List)
ii. Λίστα Ειδοποιήσεων (Notifications List) και
iii. Λίστα Εποπτείας Διαδικασιών (Processes List)

Κατά αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να εκκινήσει μια από τις διαδικασίες (για την οποία είναι υπεύθυνος), να εισάγει την απαραίτητη πληροφορία στις εργασίες που του ανατίθενται προκειμένου να εκτελούνται οι εκάστοτε διαδικασίες και τέλος να μπορεί να βλέπει τυχόν ενημερωτικά μηνύματα που του αποστέλλονται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας διαδικασίας / ροής εργασίας.

Η δεύτερη διεπαφή (κονσόλα) αφορά στο Διαχειριστή (administrator) του Εξυπηρετητή. Πρόκειται για τη διεπαφή διαχείρισης και παρακολούθησης των BMMN εργασιών του συστήματος (**BPMS Console**). Μέσω της διεύθυνσης http://localhost:8080/bpms-console/ μπορούν να εποπτεύονται όλες οι Επιχειρησιακές Διαδικασίες κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους.

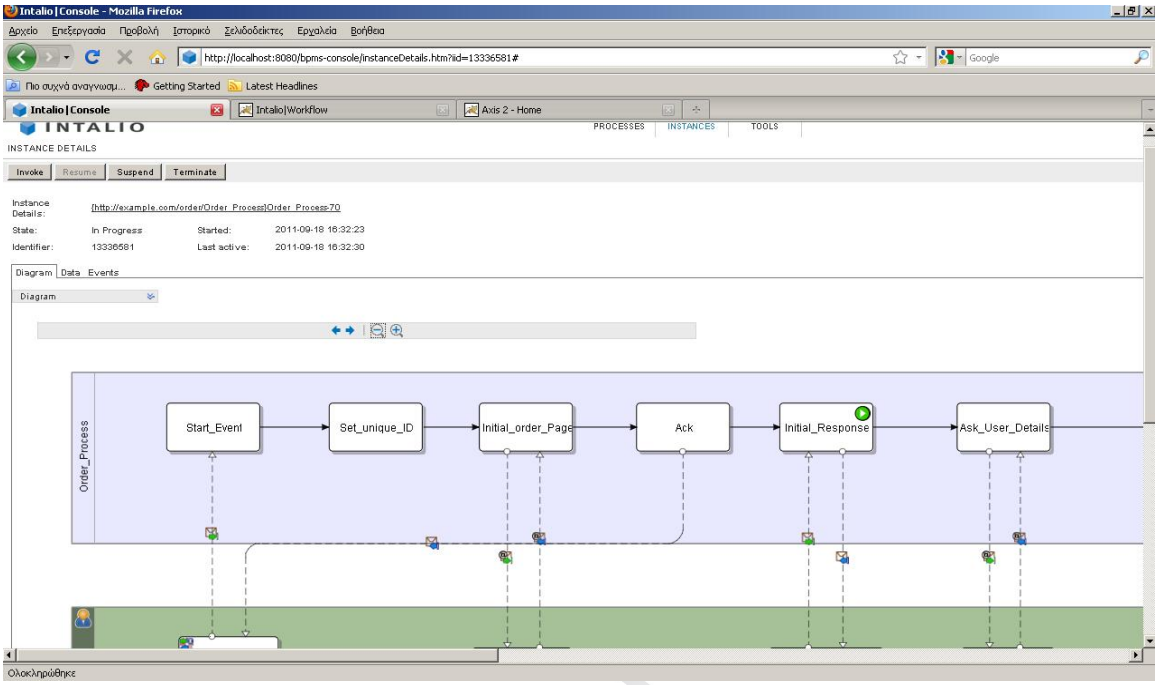
Όπως γίνεται εμφανές και από την εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 21), από την καρτέλα (tab) “PROCESSES” μπορεί ο Διαχειριστής (χρήστης intalio\admin) να ενεργοποιεί, να εκκινεί, να σταματάει, ακόμα και να απενεργοποιεί μία διεργασία (Ιστιακή Υπηρεσία) από τον Εξυπηρετητή. Παράλληλα παρουσιάζονται και κάποια στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των τρεχουσών διεργασιών, καθώς και στατιστικά στοιχεία σχετικά με διεργασίες που έχουν ολοκληρωθεί (επιτυχημένα και μη).



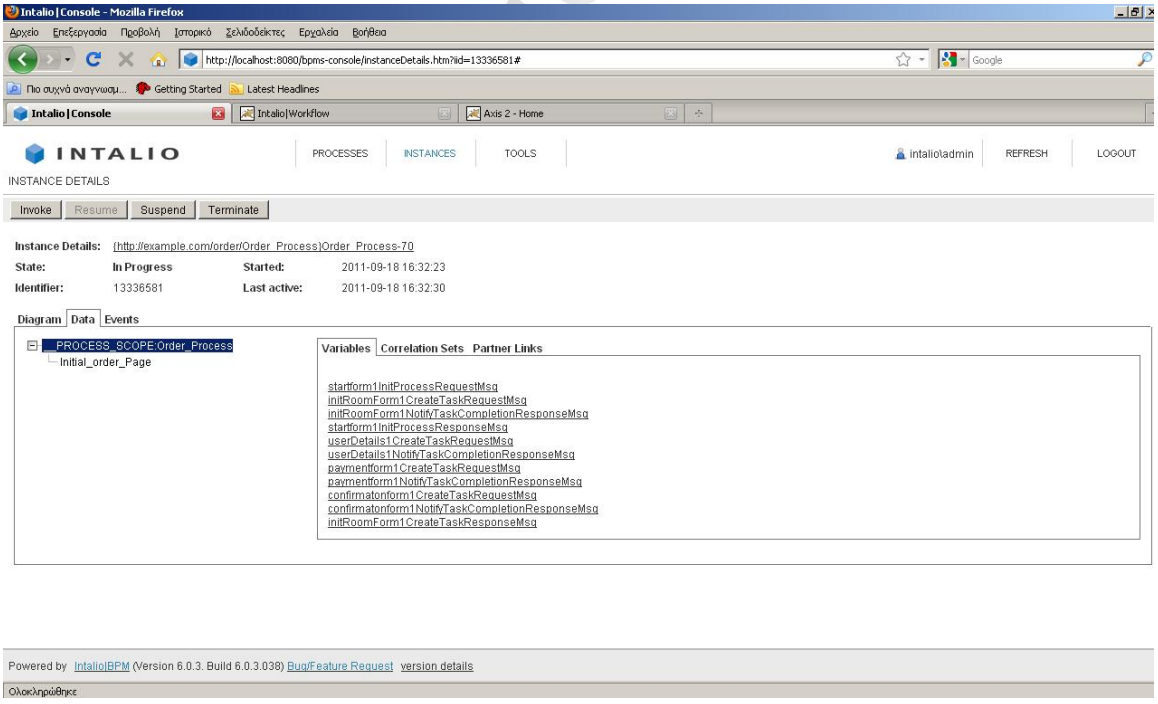
Εικόνα 21: Διεπαφή Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών του Intalio (Intalio BPMS Console)

Σημαντικές ενέργειες μπορούν να διατελεστούν και μέσω της καρτέλας “INSTANCES”. Εκεί έχει τη δυνατότητα ο Διαχειριστής να παρακολουθεί τη λίστα από τις διεργασίες, οι οποίες βρίσκονται εκείνη τη στιγμή «φορτωμένες» στη μηχανή, καθώς και την κατάσταση αυτών. Τέλος, μέσω της τρίτης καρτέλας “TOOLS”, μπορεί επιπλέον να καθοριστεί το επίπεδο λεπτομέρειας καταγραφής στοιχείων στα αρχεία καταγραφής ιστορικού του συστήματος (log files).

Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί πως επιλέγοντας μια συγκεκριμένη διεργασία η οποία είναι για παράδειγμα εν εξελίξει (τότε όπως είναι προφανές έχει και μεγαλύτερη χρηστική αξία) εμφανίζονται σχετικές χρήσιμες λεπτομέρειες, όπως για παράδειγμα γραφική παρουσίαση του διαγράμματος ροής και τρέχουσα κατάσταση του στιγμιότυπου πάνω σε αυτή (*βλ. και Εικόνα 22*) ή τα αρχεία που έχουν παραχθεί από το Γραφικό Περιβάλλον Σχεδίασης (Graphical User Interface - GUI), καθώς και τα μηνύματα / δεδομένα που ανταλλάσσονται μέσω αυτών μεταξύ των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των στιγμιοτύπων (*βλ. και Εικόνα 23*).



Εικόνα 22: Intalio | BPMS – Διάγραμμα Ροής Στιγμιότυπου



Εικόνα 23: Intalio | BPMS – Ανταλασσόμενα Μηνύματα / Δεδομένα Στιγμιότυπου

Κλείνοντας, όπως έχει τονιστεί, κάθε διεργασία που έχει «ανέβει» στον Intalio | Server εκτίθεται ως Ιστιακή Υπηρεσία. Για να ανακτήσει κανείς το WSDL έγγραφο που περιγράφει στην ουσία τη διεπαφή οποιασδήποτε διεργασίας που έχει γίνει “deploy” στον Εξυπηρετητή, το μόνο που χρειάζεται να κάνει είναι να πλοηγηθεί μέσω ενός φυλλομετρητή (browser) στη διεύθυνση http://localhost:8080/ode [**29**].

5.2 Παρατηρήσεις κατά τη Δημιουργία της Επιχειρησιακής Ροής

Σε αυτό το σημείο θα διατυπωθούν κάποιες παρατηρήσεις που έχουν να κάνουν κυρίως με προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διαδικασία σχεδιασμού, ανάπτυξης και υλοποίησης της επιχειρησιακής ροής και τα οποία έγκεινται είτε σε αδυναμίες / bugs του επιλεγμένου BPMS περιβάλλοντος είτε σε περιορισμούς που προκύπτουν από τις μειωμένες δυνατότητες που προκύπτουν λόγω της επιλογής της δωρεάν / Community έκδοσης του εν λόγω Λογισμικού (Software).

Ακολούθως συνοψίζονται οι όποιες τέτοιες παρατηρήσεις. Να τονιστεί προηγουμένως ωστόσο πως το κυριότερο ίσως πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν το ότι το **Intalio | BPMS Community Edition** δεν ανήκει ακριβώς στην κατηγορία του Λ.Α.Κ.. Αν και διατίθεται δωρεάν όπως έχει προαναφερθεί, δεν κάνει διαθέσιμο προς το χρήστη το 100% του Πηγαίου Κώδικα (Source Code) παρά μόνο το 80% αυτού:

- Δεν υπήρξε δυνατότητα μετατροπής και παραμετροποίησης (customization) του Περιβάλλοντος Διεπαφής (User Interface) στα πλαίσια του εξεταζόμενου σεναρίου με σκοπό την οπτική βελτίωση και την καλύτερη διαχείριση της ροής εργασίας λόγω δικαιωμάτων χρήσης του Intalio | BPMS Community Edition (αν και κάτι τέτοιο υποστηριζόταν σε προηγούμενες εκδόσεις του ίδιου πακέτου λογισμικού).
- Παρατηρήθηκαν ανωμαλίες στη συμπεριφορά του συστήματος τόσο κατά τη χρήση της ενσωματωμένης (built-in) Derby Βάσης Δεδομένων (Database) όσο και κατά την προσπάθεια διασύνδεσης με την εξωτερική MySQL Βάση Δεδομένων. Οι ανωμαλίες αυτές οφείλονταν όπως αποδείχθηκε σε bugs της συγκεκριμένης έκδοσης του Intalio | BPMS Community Edition. Η μη δυνατότητα χρήσης κάποιας προηγούμενης έκδοσης (δεν δίνεται καν η δυνατότητα να «κατεβάσει» (download) κανείς λογισμικό προηγούμενων εκδόσεων) σε συνδυασμό με το γεγονός πως οι διαδικασίες των συναλλαγών με τη Βάση Δεδομένων κρίθηκαν πως ξεφεύγουν από τους στόχους της παρούσας μελέτης οδήγησαν τελικά στη χρήση προκαθορισμένων (“hard-coded”) τιμών κατά τη φάση των επερωτήσεων προς τη Βάση Δεδομένων (Database Queries).
- Η μη παροχή όλου του πηγαίου κώδικα μειώνει πολύ τις δυνατότητες παραμετροποίησης. Λόγω αυτού του γεγονότος δεν δόθηκε η δυνατότητα ενσωμάτωσης επιπλέον (Java) κώδικα για την προσαρμογή της εκτέλεσης της διαδικασίας εφαρμογής XML ψηφιακής υπογραφής ως κομμάτι της όλης διαδικασίας. Αντί αυτού, η υλοποίηση του εν λόγω μηχανισμού έγινε ως «αυτόνομη» διαδικασία (standalone process) μέσω της εξαγωγής των αντίστοιχων XML δεδομένων (η-Τιμολόγιο) από την επιχειρησιακή διεργασία του Intalio και της εισαγωγής αυτών σε μια πλατφόρμα Eclipse όπου είχε υλοποιηθεί αυτός ο μηχανισμός ασφάλειας ως ξεχωριστή διεργασία.
- Πολλές φορές ύστερα από διάστημα αδράνειας του Intalio Server ή ακόμα και όταν ο χρήστης εισερχόταν για πρώτη φορά στην κονσόλα διαχείρισης της εκτέλεσης ροής (UI-FW Console) μετά από αρχικοποίηση του Εξυπηρετητή, παρατηρούταν το φαινόμενο πως δεν μπορούσαν να ανακτηθούν (και κατά συνέπεια να προβληθούν) οι Εργασίες, οι Ειδοποιήσεις και οι Διαδικασίες που αφορούσαν το χρήστη αυτό (ανάλογα πάντα και με το ρόλο του). Αυτόν διορθώνεται με την αποσύνδεση (logout) και επανασύνδεση (login) του χρήστη στη διεπαφή.
- Τέλος, αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός πως κατά τη διαγραφή διεργασιών / υπηρεσιών που βρίσκονται στον Εξυπηρετητή, ενώ μέσω της κονσόλας διαχείρισης και παρακολούθησης των BMMN εργασιών του συστήματος (**BPMS Console**) παρουσιάζονται ως διαγραμμένες, στην

πραγματικότητα παραμένουν στο σύστημα, με αποτέλεσμα να απαιτείται χειροκίνητη (manual) διαγραφή των αντίστοιχων πόρων του συστήματος (Resources).

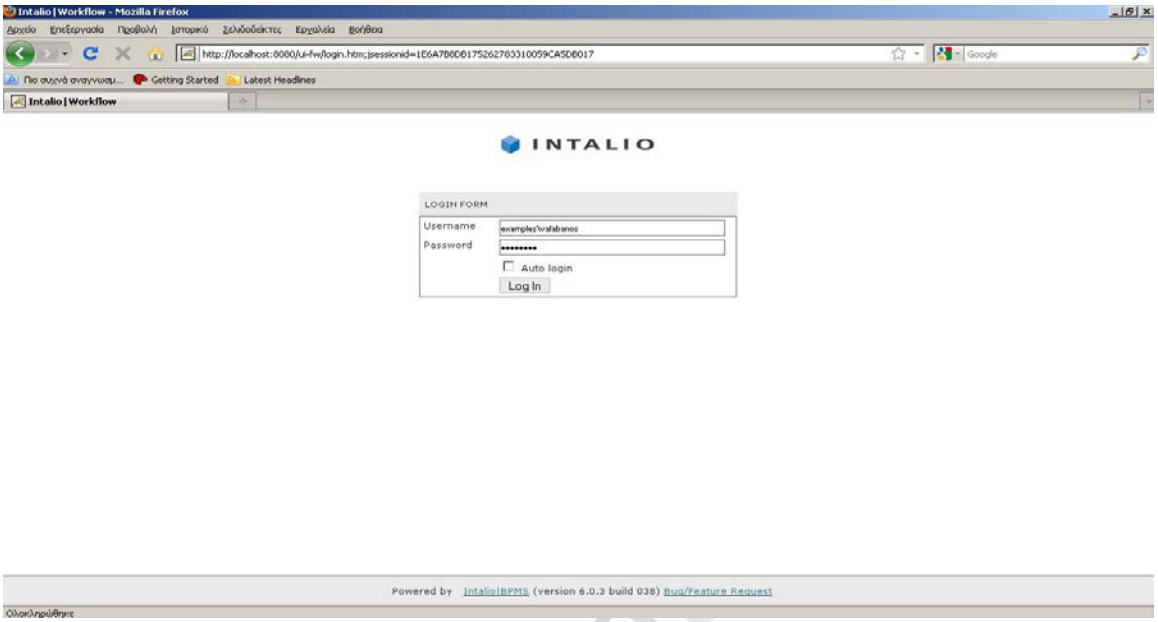
Σε κάθε περίπτωση πάντως η λειτουργικότητα των προσφερόμενων εργαλείων κρίνεται αρκετά ικανοποιητική και το Intalio μπορεί να θεωρηθεί ως ένα άκρως κατάλληλο εργαλείο για εκμάθηση και μελέτη της BPMN, καθώς και του τρόπου ανάπτυξης Ιστιακών Υπηρεσιών γενικότερα. Η μεγάλη ποικιλία BPMN στοιχείων σε συνδυασμό με την πλήρη συμβατότητα με την BPMN (και την BPMN 2.0 πλέον), η μεγάλη ευκολία κατά το σχεδιασμό ροών και η άμεση μετατροπή του BPD σε Web Service με παράλληλη δυνατότητα άμεσου ελέγχου της κατάστασης της ροής αποτελούν παράγοντες που συμβάλουν άμεσα προς το στόχο αυτό.

5.3 Σενάριο Υλοποίησης της Πρότυπης Επιχειρησιακής Ροής

Σύμφωνα με το σενάριο, μία εταιρία παραγωγής και διανομής πίτσας με την επωνυμία “VOLCANO” προσπαθεί να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία παραγγελίας από το σπίτι. Για το σκοπό αυτό επιθυμεί τη δημιουργία μίας ηλεκτρονικής πλατφόρμας, μέσω της οποίας θα μπορεί ο οποιοσδήποτε χρήστης να πραγματοποιήσει την παραγγελία των προϊόντων που επιθυμεί, αναμένοντας την παραλαβή τους στο σπίτι του. Παράλληλα, η εταιρία θέλει να υλοποιηθεί και ένας μηχανισμός ηλεκτρονικής ανταλλαγής παραστατικών (η-Τιμολογίου) με ταυτόχρονη εφαρμογή μηχανισμών ασφαλείας, λόγω της φύσης των ευαίσθητων αυτών προσωπικών δεδομένων που ανταλλάσσονται. Μέσω αυτής της διαδικασίας, η εν λόγω εταιρία αποσκοπεί στην μείωση του λειτουργικού κόστους που προκύπτει από το τηλεφωνικό κέντρο. Επιπλέον, εκτός του κόστους, στόχο αποτελεί και η εξοικονόμηση χρόνου που επιτυγχάνεται μέσω των χαρακτηριστικών του νέου αυτοματοποιημένου συστήματος (π.χ. Συνεχής και απρόσκοπτη Διαθεσιμότητα).

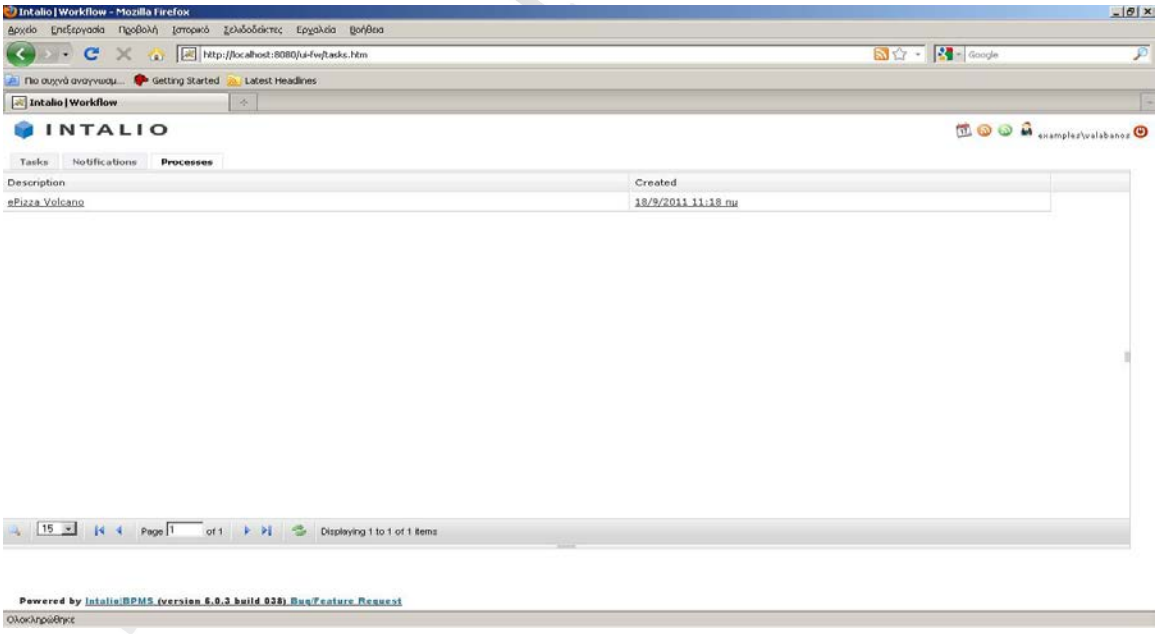
Ο χρήστης αρχικά θα πρέπει να συνδεθεί στο σύστημα. Αυτό προϋποθέτει πως προηγουμένως έχει δημιουργηθεί ένας λογαριασμός (Όνομα Χρήστη – Κωδικός Πρόσβασης / Username – Password, *Ο προκαθορισμένος ενσωματωμένος λογαριασμός χρήστη του Intalio έχει τα στοιχεία: user:examples\msmith, password:password*). Η δημιουργία του λογαριασμού προϋπέθετε **μόνο** την εισαγωγή της διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email address) εκ μέρους του χρήστη και η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα κατά τη συνέχιση της αυτοματοποιημένης διαδικασίας, ώστε να μπορέσουν να αποσταλούν στοιχεία (η-Τιμολόγιο εν προκειμένω).

Έστω λοιπόν πως έχει δημιουργηθεί ένας τέτοιος λογαριασμός για το χρήστη “valabanos”. Το πρώτο βήμα θα είναι η είσοδος στην ηλεκτρονική πλατφόρμα:



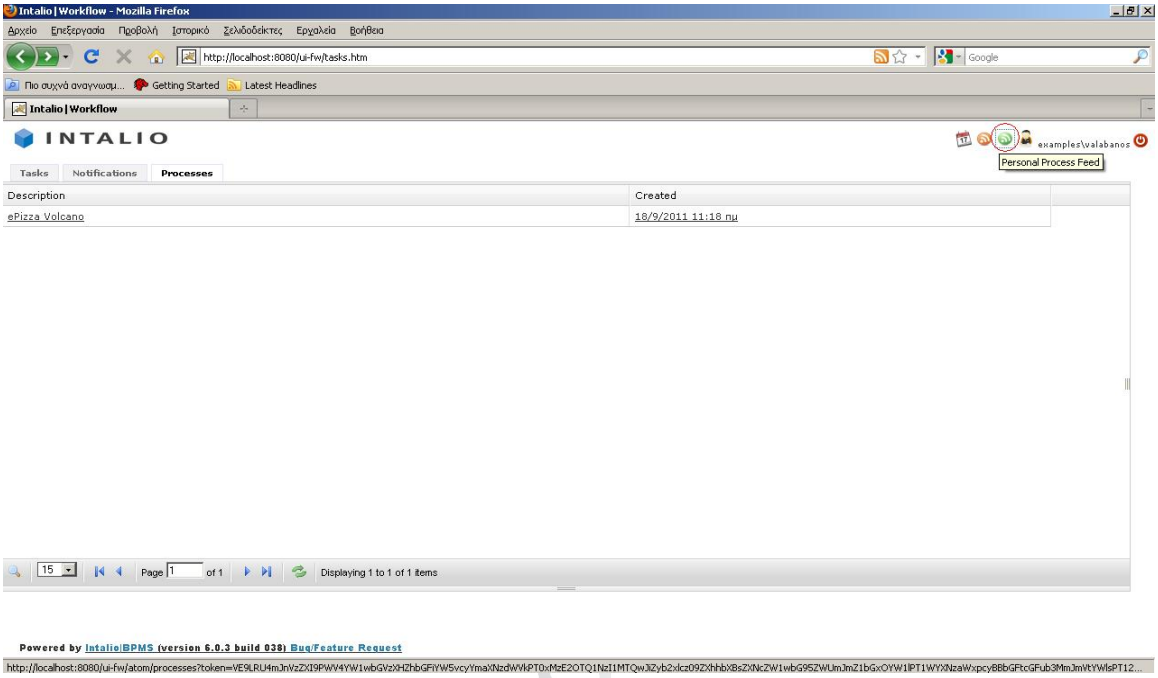
Εικόνα 24: Φόρμα εισόδου / σύνδεσης στην ηλεκτρονική πλατφόρμα της Ιστιακής Υπηρεσίας

Το επόμενο βήμα θα είναι να εκκινήσει ο χρήστης τη διαδικασία της ηλεκτρονικής παραγγελίας. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της λίστας των προς εκτέλεση διεργασιών:

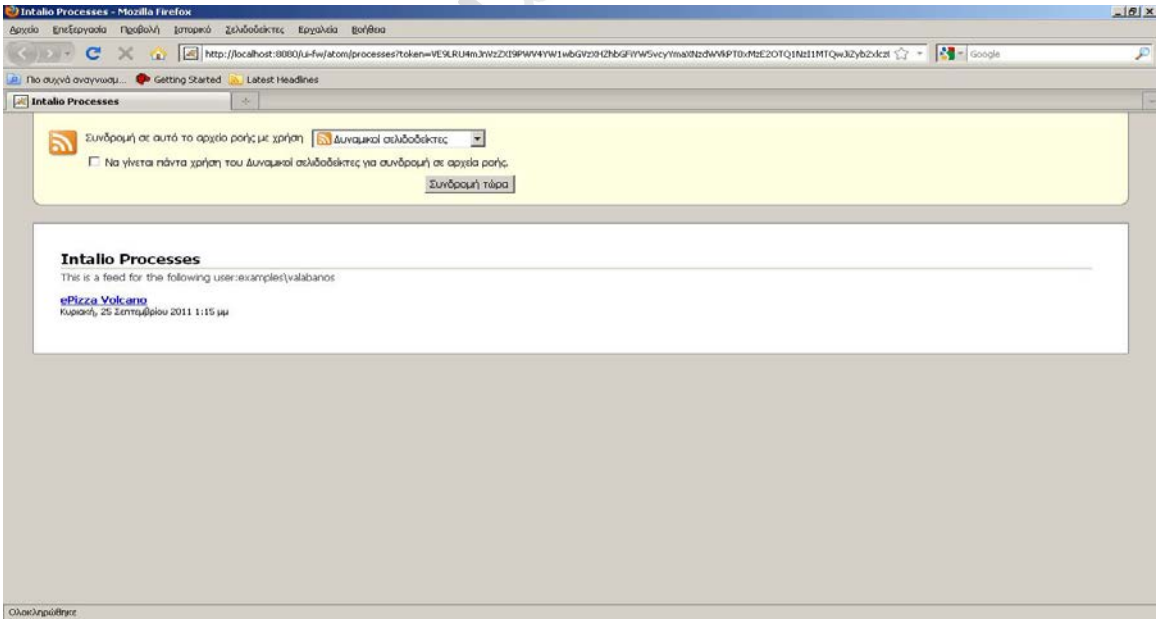


Εικόνα 25: Λίστα των προς εκτέλεση διεργασιών του χρήστη

Εναλλακτικά, η λίστα των προς εκτέλεση διεργασιών μπορεί να ανακτηθεί και μέσω της επιλογής “Personal Process Feed”:

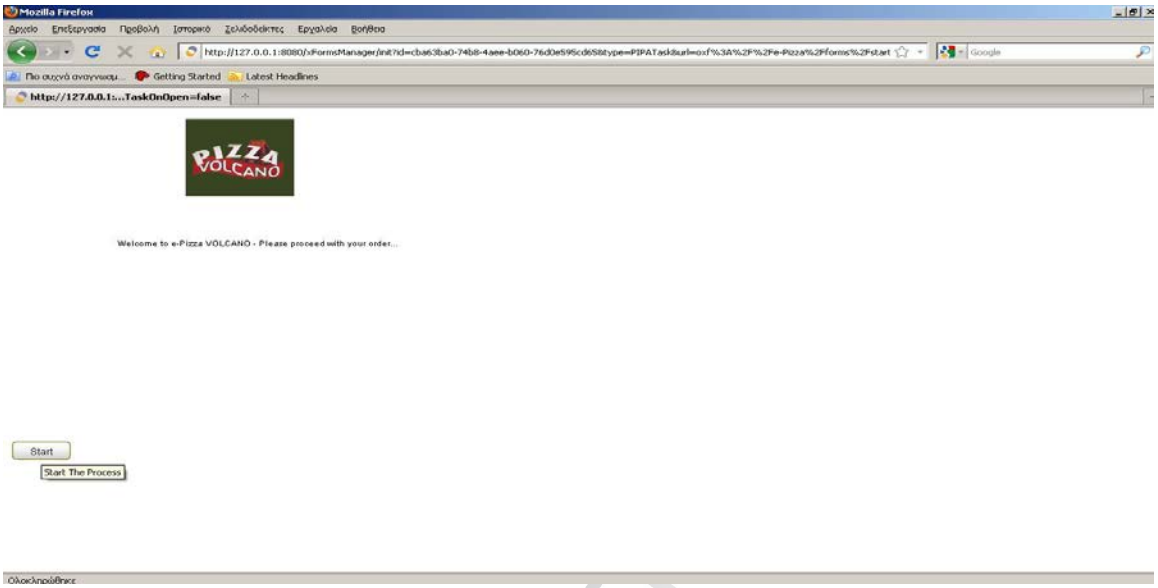


Εικόνα 26: Η επιλογή “Personal Process Feed” στο κεντρικό μενού



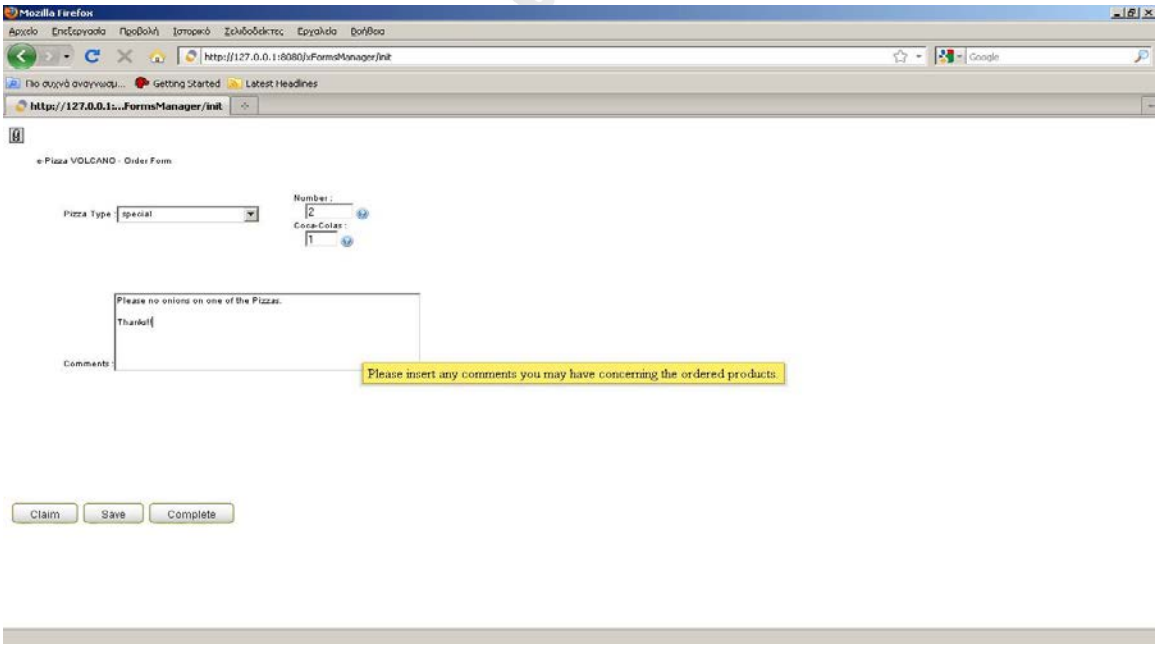
Εικόνα 27: Ανάκτηση των διαθέσιμων υπηρεσιών μέσω της επιλογής Personal Process Feed

Επιλέγοντας την αντίστοιχη υπηρεσία (“ePizza Volcano”) ξεκινάει η όλη διαδικασία:



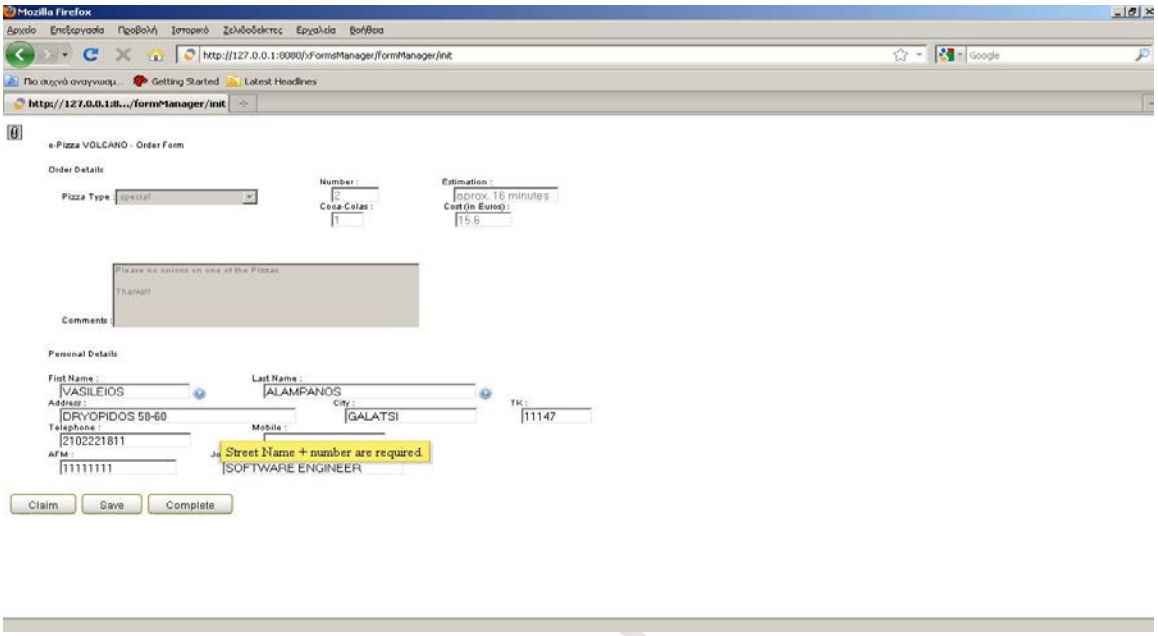
Εικόνα 28: Βήμα 1 – Η οθόνη υποδοχής

Στη συνέχεια θα πρέπει ο χρήστης να καταχωρήσει την παραγγελία του, δηλαδή τα προϊόντα που επιθυμεί (για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, αυτά μπορεί να είναι Πίτσα(ες) (επιλεγμένου συγκεκριμένου τύπου) και / ή Αναψυκτικό(ά)):



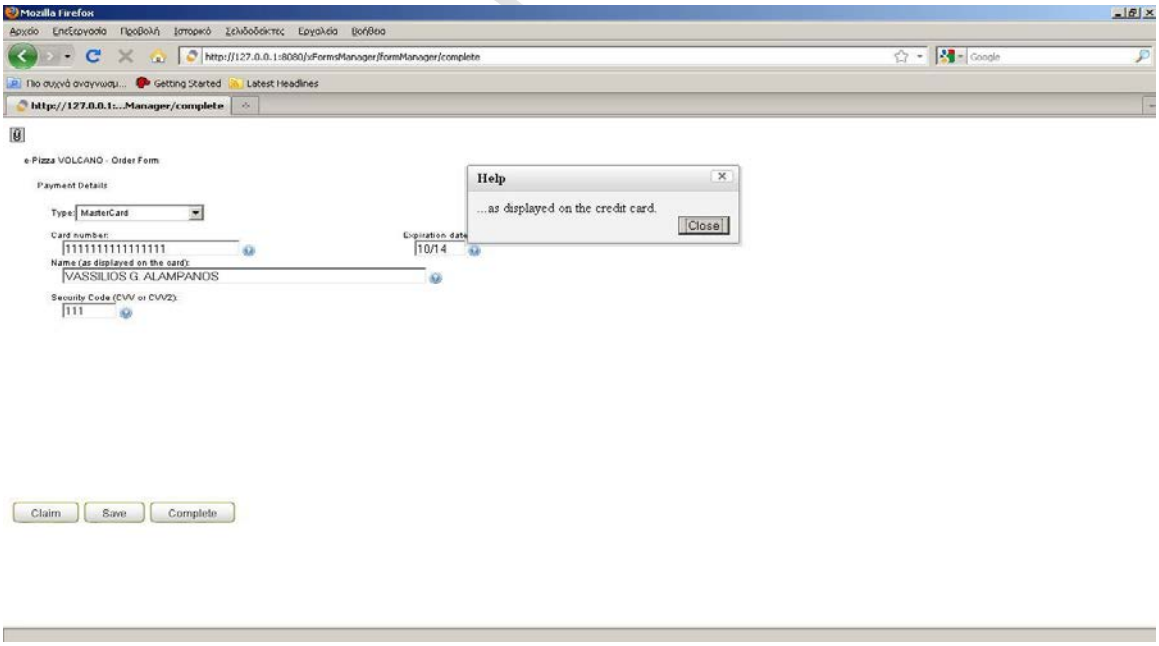
Εικόνα 29: Βήμα 2 – Η φόρμα (ηλεκτρονικής) παραγγελίας

Το επόμενο βήμα είναι η συμπλήρωση των απαραίτητων στοιχείων του χρήστη:



Εικόνα 30: Βήμα 3 – Η φόρμα συμπλήρωσης των απαραίτητων στοιχείων του χρήστη

Ακολουθούν τα στοιχεία πληρωμής (στοιχεία της πιστωτικής κάρτας του χρήστη):

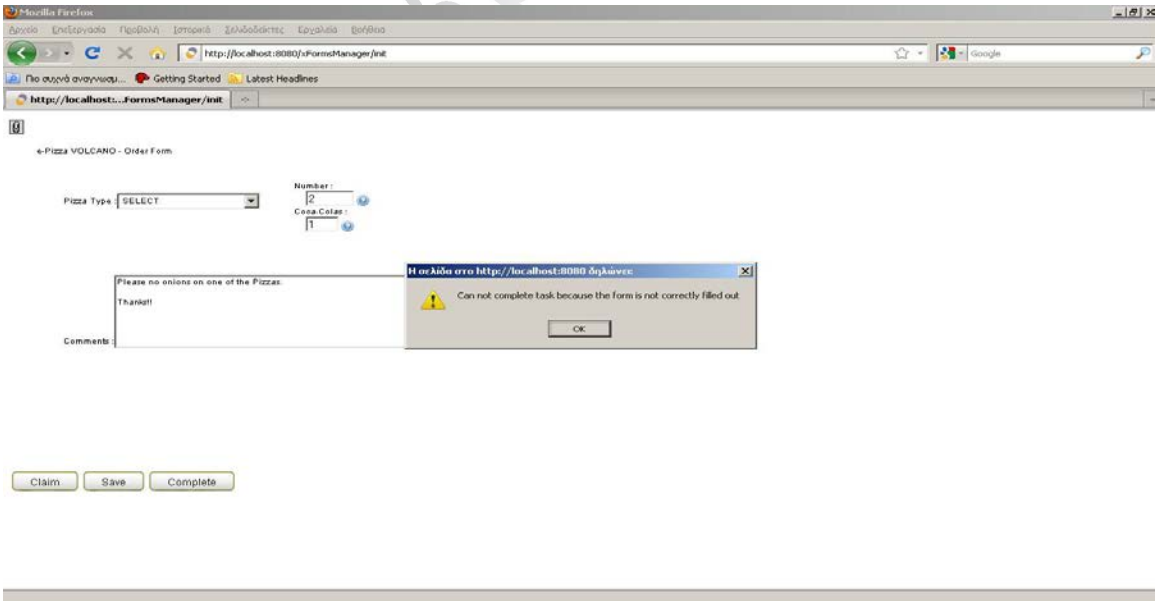


Εικόνα 31: Βήμα 4 – Η φόρμα συμπλήρωσης των απαραίτητων στοιχείων πληρωμής

Τέλος, υπάρχει και η οθόνη επιβεβαίωσης της παραγγελίας, η οποία συνοδεύεται από έναν μοναδικό κωδικό (“*TRANSACTION CODE*”) που προσδιορίζει την παραγγελία:

Εικόνα 32: Βήμα 5 – Η οθόνη επιβεβαίωσης της παραγγελίας

Επιπλέον, παράλληλα με τη συμπλήρωση της εκάστοτε φόρμα από τον χρήστη, γίνεται και έλεγχος για ενδεχόμενα λάθη (π.χ. υποχρεωτικά πεδία που μένουν κενά):



Εικόνα 33: Ενδεικτική οθόνη λάθους (κατά τη συμπλήρωση φόρμας)

Ακολουθεί το BPMN διάγραμμα (BPMD) της υλοποιημένης Επιχειρησιακής Ροής:

Εικόνα 34: BPMN Διάγραμμα (Business Process Management Diagram / BPMD)

Κλείνοντας, αξίζει να επισημανθεί ότι όλες οι φόρμες συμπλήρωσης συνοδεύονται από Υποβοηθήματα Διεπαφής Χρήστη (UI Helpers) σε αντίστοιχα πεδία, όπως Μηνύματα Βοήθειας (Help Messages) και Συμβουλές Εργαλείων (Tooltips) (βλ. για παράδειγμα και Εικόνες 31 και 30 αντίστοιχα).

5.4 Ενσωμάτωση Μηχανισμών Ασφαλείας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ανταλλαγή οικονομικών δεδομένων σε καθημερινή βάση έχει οδηγήσει και στη δημιουργία της ηλεκτρονικής ανταλλαγής παραστατικών. Έτσι και στο σενάριο προσομοίωσης που εξετάζεται εδώ, η εταιρία θέλει να υλοποιηθεί και ένας μηχανισμός ηλεκτρονικής έκδοσης τιμολογίου (η-Τιμολόγιο / electronic Invoice / eInvoice). Όπως βέβαια γίνεται εύκολα κατανοητό, τα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα που ανταλλάσσονται κάνουν την ανάγκη για εφαρμογή μηχανισμών ασφαλείας κάτι παραπάνω από εμφανή.

Ως εφαρμοζόμενος μηχανισμός ασφαλείας προκρίθηκε η XML ψηφιακή υπογραφή. Σε αυτό συναίνεσε καθοριστικά και το περιβάλλον του Intalio | BPMS με την πλήρη ενσωμάτωση της SOA αρχιτεκτονικής και τη χρήση συνεπακόλουθα της XML ως περιεχόμενο των ανταλλασόμενων μηνυμάτων. Μέσω της τοποθέτησης αυτής στο τέλος κάθε η-Τιμολογίου, εξασφαλίζεται τόσο η ταυτότητα του χρήστη, όσο και η αναλλοίωτη φύση των δεδομένων κατά τη διάρκεια της συναλλαγής.

5.4.1 Ηλεκτρονική Τιμολόγηση

Κρίνεται απαραίτητο, στα πλαίσια της πρότασης για την XML ψηφιακή υπογραφή ως λύσης ασφάλειας εφαρμοζόμενη πάνω στην παρούσα υλοποίηση, να παρατεθούν εδώ κάποια στοιχεία σχετικά με την ηλεκτρονική Τιμολόγηση (η-Τιμολόγηση) στα πλαίσια της Ε.Ε. και συνεπακόλουθα της Ελλάδας.

Θέλοντας να δώσει κανείς έναν ορισμό, θα μπορούσε να πει πως: «Η η-Τιμολόγηση είναι στην ουσία η προώθηση της τιμολόγησης και των σχετικών με αυτή διαδικασιών μέσω ηλεκτρονικών καναλιών και μπορεί να θεωρηθεί ως η λύση για τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην παραδοσιακή τιμολόγηση (μέσω εκτύπωσης και αποστολής με χαρτί)» [**30**].

Η η-Τιμολόγηση που έχει αναπτυχθεί παράλληλα με την άνθηση του ηλεκτρονικού εμπορίου (electronic Commerce / eCommerce) τα τελευταία χρόνια, έχει πολλά πλεονεκτήματα και οφέλη. Έχει επιπλέον αποκτήσει μεγάλη σημασία για τη χώρα μας, καθώς ως μέλος της Ε.Ε., οι σχετικοί νόμοι και κανονισμοί πρέπει να είναι πλήρως εναρμονισμένοι με τους αντίστοιχους ευρωπαϊκούς. Ωστόσο, δεν ήταν από την αρχή ευνοϊκές οι συνθήκες για την εφαρμογή της η-Τιμολόγησης ακόμα και σε κράτη – μέλη της Ε.Ε.. Σε ορισμένα έπρεπε τα η-Τιμολόγια να συνοδεύονται από τα αντίστοιχα παραδοσιακά, ενώ σε κάποια θεωρούνταν ακόμα και απαγορευμένα. Εταιρίες που επιθυμούσαν να εκτελέσουν διασυνοριακές εμπορικές συναλλαγές που εμπεριείχαν η-Τιμολόγια χρειαζόντουσαν ειδικές άδειες, ενώ παράλληλα είχαν να αντιμετωπίσουν και πρακτικά προβλήματα (π.χ. απαίτηση για διαφορετικά καταγεγραμμένα αντικείμενα ανά τιμολόγιο από χώρα σε χώρα).

5.4.1.1 Νομικό Πλαίσιο η-Τιμολόγησης στην Ε.Ε.

Αποτελούσε ανέκαθεν στόχο της Ε.Ε. είναι να αυξηθεί η χρήση της η-Τιμολόγησης. Προς αυτήν την κατεύθυνση παρέχονται νόμοι, αποφάσεις και προτάσεις για ένα πιο εναρμονισμένο και μοντέρνο σύνολο κανόνων τιμολόγησης του Φ.Π.Α. (Φόρος Προστιθέμενης Αξίας / Value Added Tax / VAT).

Έως σήμερα, το κύριο κομμάτι της ευρωπαϊκής νομοθεσίας στην τιμολόγηση του Φ.Π.Α. αποτελεί η οδηγία 2001/115/EC. Σύμφωνα με αυτήν, ηλεκτρονική τιμολόγηση ορίζεται ως η αποστολή τιμολογίων με ηλεκτρονικά μέσα και περιλαμβάνει τη μετάδοση, αποθήκευση και ψηφιακή επεξεργασία τους.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή (αλλά και την ελληνική) νομοθεσία, όλες οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μπορούν να εκδώσουν και να ανταλλάξουν ηλεκτρονικά τιμολόγια αντικαθιστώντας τα έντυπα. Η ανταλλαγή ηλεκτρονικών τιμολογίων τυπικά εκτελείται είτε με απ' ευθείας αποστολή του ηλεκτρονικού τιμολογίου από τον εκδότη στον παραλήπτη του είτε – συνηθέστερα – μέσω παρόχου υπηρεσιών η-Τιμολόγησης ο οποίος υποστηρίζει συνολικά τη διαχείριση των η-Τιμολογίων μιας επιχείρησης διασφαλίζοντας παράλληλα τη νομιμότητα της ανταλλαγής τους.

Η περίπτωση ανταλλαγής ηλεκτρονικών τιμολογίων με κράτη μη-μέλη δεν καλύπτεται από το ευρωπαϊκό Δίκαιο και εξαρτάται από τις διμερείς συμφωνίες των κρατών, στα οποία εδρεύουν οι εμπλεκόμενες εταιρείες.

5.4.1.2 ***Η Σημασία της η-Τιμολόγησης***

Τα τιμολόγια εν γένει, παίζουν σημαντικό ρόλο στο σύστημα του Φ.Π.Α. των κρατών-μελών της Ε.Ε. Υποδεικνύουν τη δυνατότητα επιστροφής του Φ.Π.Α. από τον αποδέκτη ενός τιμολογίου, καθώς και το καθεστώς Φ.Π.Α. που εφαρμόζεται ανά περίπτωση. Μέσω μιας συστηματικότερης εισαγωγής της ηλεκτρονικής τιμολόγησης, οι φοροτεχνικοί θα είναι ικανοί να υλοποιήσουν νέα εργαλεία και διαδικασίες για να πραγματοποιούν εναλλακτικούς ελέγχους που είναι λιγότερο παρεισφρητικοί στους εμπορικούς εταίρους.

Το ηλεκτρονικό τιμολόγιο αφορά την ηλεκτρονική ανταλλαγή της πληροφορίας του τιμολογίου. Σύμφωνα με στοιχεία του 2009, στην Ε.Ε. ανταλλάσσονται πάνω από 10 δισεκατομμύρια τιμολόγια με μέσο συνολικό κόστος διαχείρισης του τιμολογίου περίπου 25-30 €. Σύμφωνα με μελέτες, είναι δυνατή η μείωση αυτού του κόστους κατά 80%, αποφέροντας συνολικά ετήσια οφέλη στην ευρωπαϊκή οικονομία της τάξης των 250 - 300 δισ. € [**31**].

Η εφαρμογή της ηλεκτρονικής τιμολόγησης μπορεί να επιφέρει σημαντικά **οφέλη στις επιχειρήσεις** που θα την υιοθετήσουν. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Από την πλευρά των εκδοτών, σημαντική μείωση κόστους που σχετίζεται με την εκτύπωση, αποστολή και αποθήκευση των τιμολογίων. Η σημερινή κατάσταση προϋποθέτει έξοδα τιμολόγησης που σχετίζονται τόσο με την εκτύπωση του παραστατικού, όσο και την αποστολή του στον παραλήπτη και την διαφύλαξη του στοιχείου από την επιχείρηση για σημαντικό χρονικό διάστημα.
- Από την πλευρά των παραληπτών σημαντική μείωση κόστους όσον αφορά στην παραλαβή, στην καταχώρηση των τιμολογίων στα λογιστικά τους προγράμματα, όπως και στην αποθήκευση των στοιχείων.
- Απαλοιφή λαθών τόσο από την πλευρά του εκδότη όσο και του παραλήπτη, που αφορούν στη διαδικασία εισαγωγής στοιχείων των παραστατικών σε λογιστικά προγράμματα, καθώς και στην αποστολή των τιμολογίων με καθυστέρηση ή σε λάθος διευθύνσεις με επακόλουθες λογιστικές ασυμφωνίες.
- Αποτελεσματικότερος έλεγχος των τιμολογίων με αποτέλεσμα την καλύτερη λογιστική συμφωνία μεταξύ των επιχειρήσεων και την ταχύτερη εξόφλησή τους.
- Μείωση της χρήσης χαρτιού και αναλωσίμων εκτύπωσης, η οποία δίνει με της σειρά της μια οικολογική διάσταση στη χρήση της η-Τιμολόγησης.
- Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και δημιουργία νέων η-Υπηρεσιών (π.χ. Ηλεκτρονικές Παραγγελίες, Ηλεκτρονικές Πληρωμές κ.α.).

Η εφαρμογή της ηλεκτρονικής τιμολόγησης μπορεί να επιφέρει **σημαντικά οφέλη και στην εξυγίανση των δημοσίων οικονομικών**, συμβάλλοντας για παράδειγμα σε άξονες όπως οι ακόλουθοι:

- Η χρήση η-Τιμολόγησης από επιχειρήσεις μπορεί να οδηγήσει σε ουσιαστικότερο και ταχύτερο φορολογικό έλεγχο, αφού η ψηφιακή μορφή των παραστατικών διευκολύνει την αναζήτηση, τον έλεγχο και τη διασταύρωσή τους.

- Σε επίπεδο προϋπολογισμών, η χρήση στοιχείων σε ηλεκτρονική μορφή μπορεί να διευκολύνει τους προϋπολογισμούς τους κράτους, εξετάζοντας τα αναμενόμενα έσοδα ανά είδη φόρων (έμμεσοι και άμεσοι), τις πωλήσεις, τις αγορές και τα έξοδα ανά κλάδο, αλλά και τα διαχρονικά στατιστικά μεγέθη. Έτσι θα μπορούν να εφαρμοστούν πολιτικές που εξομαλύνουν τυχόν ανισορροπίες σε διαφορετικούς παραγωγικούς κλάδους.
- Η χρήση ηλεκτρονικής τιμολόγησης για δημόσιες προμήθειες μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τόσο τον προγραμματισμό όσο και τον έλεγχο των δημόσιων προμηθειών, ειδικά σε κλάδους που διαφαίνονται προβληματικοί. Μέσα από τη χρήση της η-Τιμολόγησης θα υπάρχει η δυνατότητα αποτελεσματικότερου ελέγχου και συνεπώς εντοπισμός παθογενειών του συστήματος.

5.4.1.3 ***Η η-Τιμολόγηση στην Ελλάδα***

Από το 2006, βάσει της σχετικής απόφασης (ΠΟΛ 1049/21-3-2006) επιτρέπεται στην Ελλάδα η ηλεκτρονική τιμολόγηση. Σύμφωνα με την απόφαση αυτή για την έκδοση ενός τιμολογίου που εκδίδεται με μηχανογραφικά μέσα (μέσω Η/Υ (Ηλεκτρονικού Υπολογιστή)) πρέπει για να διασφαλιστεί η **γνησιότητα**, η **ακεραιότητα** και η **προέλευση** του τιμολογίου πρέπει να συνοδεύεται υποχρεωτικά από την Προηγμένη Ασφαλή Ηλεκτρονική Ψηφιακή Σύνοψη (ΠΑΗΨΣ). Η ρύθμιση αυτή ισχύει τόσο για τον ίδιο τον επιτηδευματία, όσο και αυτούς που μπορούν να τιμολογήσουν εξ ονόματός του και για λογαριασμό του.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, στην Ελλάδα ανταλλάσσονται συνολικά περισσότερα από 200 εκ. τιμολόγια σε ετήσια βάση ενώ αρκετές επιχειρήσεις έχουν υιοθετήσει την ηλεκτρονική τιμολόγηση για τις μεταξύ τους συναλλαγές. Ο όγκος των ηλεκτρονικών τιμολογίων αυξάνεται συνεχώς ξεκινώντας και τώρα ξεπεράσει τα 6 εκατομμύρια τιμολόγια το χρόνο. Αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 2,5% του συνολικού όγκου τιμολογίων (ηλεκτρονικών και μη) που υπάρχουν και διακινούνται μεταξύ των επιχειρήσεων στον ελληνικό χώρο, με 3000 περίπου επιχειρήσεις να έχουν αξιοποιήσει τις δυνατότητες της η-Τιμολόγησης έως σήμερα. Η Ελλάδα τοποθετείται σύμφωνα με επίσημα στοιχεία πάνω από το μέσο όρο των (κυρίως δυτικών) ευρωπαϊκών κρατών στο θέμα της ηλεκτρονικής ανταλλαγής τιμολογίων και έχει μια συνεχή δυναμική ανάπτυξη.

Οι επιχειρήσεις που αξιοποιούν τα ηλεκτρονικά τιμολόγια ανήκουν κυρίως στην αγορά του λιανικού εμπορίου η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλο όγκο συναλλαγών και ανταλλασόμενων τιμολογίων αντίστοιχα. Η αγορά του λιανεμπορίου εκτιμάται στα 10-11 δισ. € και ήδη περίπου το 70-80% της αγοράς είναι συνδεδεμένο με υπηρεσίες ηλεκτρονικής ανταλλαγής παραστατικών και ειδικότερα τιμολογίων.

Τα **οφέλη** από την εφαρμογή της ηλεκτρονικής τιμολόγησης στην ελληνική αγορά είναι σημαντικά **τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για το Δημόσιο**. Το συνολικό κόστος της παραδοσιακής τιμολόγησης για τις ελληνικές επιχειρήσεις, εκτιμάται στα 3 με 4 € ανά τιμολόγιο και σε ορισμένες επιχειρήσεις μάλιστα ξεπερνάει τα 5 με 7 €. Εάν και το μέσο κόστος είναι πολύ χαμηλότερο σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, όπου φτάνει και τα 15€ ανά τιμολόγιο, το ποσό που μπορεί εξοικονομηθεί για τις ελληνικές επιχειρήσεις, από την υιοθέτηση της ηλεκτρονικής τιμολόγησης, εκτιμάται ότι αγγίζει τα 2,5 δις € ετησίως, χωρίς να συνυπολογίζονται τα οικονομικά οφέλη για το δημόσιο που προκύπτουν από τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του φορολογικού ελέγχου και την βελτίωση του ελέγχου που αφορά τις προμήθειες του Ελληνικού Δημοσίου.

Συνεπώς, πρόκειται για μία εθνική πολιτική που μπορεί να αποφέρει άμεση αύξηση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών επιχειρήσεων. Για τις φορολογικές αρχές, επίσης, προσφέρει ουσιαστικό και ταχύτερο φορολογικό έλεγχο, καθώς και μακροπρόθεσμα, διενέργεια πρόσθετων ελέγχων στο σύνολο των τιμολογίων. Το ηλεκτρονικό τιμολόγιο θεωρείται πλέον στην Ευρώπη ως η κύρια στρατηγική ηλεκτρονικής διακυβέρνησης [**32**] (η-Διακυβέρνηση / electronic Government / eGovernment) και γενικότερα, εθνικής πολιτικής για το ηλεκτρονικό επιχειρείν, με άμεση ανταπόκριση στην οικονομική κρίση που πλήττει το σύνολο των κρατών στην Ε.Ε. πλέον.

Χαρακτηριστικά, προτείνεται σχετική πρωτοβουλία να ξεκινήσει άμεσα και στην Ελλάδα από το υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών που να περιλαμβάνει:

- Την πλήρη εφαρμογή της σχετικής υπουργικής απόφασης.
- Την αξιοποίηση της εμπειρίας των 3.000 εταιρειών που χρησιμοποιούν το ηλεκτρονικό τιμολόγιο και των εταιρειών που προσφέρουν τις σχετικές υπηρεσίες.
- Την απλοποίηση του ΚΒΣ (Κώδικας Βιβλίων και Στοιχείων) ιδιαίτερα σε θέματα δελτίων αποστολής, για την πλήρη εφαρμογή του ηλεκτρονικού τιμολογίου.
- Τη σταδιακή «επιβολή» της η-Τιμολόγησης, ξεκινώντας με τις ήδη εισηγμένες εταιρείες στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών (ΧΑΑ), το Ελληνικό Δημόσιο ως αγοραστή, όλες τις Ανώνυμες Εταιρείες (Α.Ε.) και εν τέλει, όλες τις ελληνικές επιχειρήσεις.
- Μέτρα φοροαπαλλαγής για τις επιχειρήσεις που θα το χρησιμοποιήσουν αρχικά, όπως έγινε και με άλλες επιτυχημένες πρωτοβουλίες ηλεκτρονικών συναλλαγών με το υπουργείο Οικονομικών.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, σε πρόσφατη συνέντευξη Τύπου, με θέμα την ηλεκτρονική τιμολόγηση, που παραχώρησαν στις 03/08/2011 ο υπουργός Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας, ο αναπληρωτής υπουργός Οικονομικών και ο Γενικός Γραμματέας Πληροφοριακών Συστημάτων του υπουργείου Οικονομικών, ανακοινώθηκε σχετική σειρά προτάσεων και μέτρων [**33**]. Πιο συγκεκριμένα:

- Μέχρι το Σεπτέμβριο 2011, θα τεθεί σε δημόσια διαβούλευση με κοινωνικούς εταίρους το ενιαίο πρότυπο ηλεκτρονικού τιμολογίου.
- Δράσεις ενημέρωσης και διάδοσης της ηλεκτρονικής τιμολόγησης βήμα έως το τέλος του 2011.
- Από το 2012, υποχρεωτική εφαρμογή της ηλεκτρονικής τιμολόγησης στις συναλλαγές των «Επιχειρήσεων με το Δημόσιο» (**B**usiness – **to** – **G**overnment / **B2G**).
- Παράλληλη καθιέρωση της ηλεκτρονικής τιμολόγησης στις συναλλαγές «μεταξύ φορέων του Δημοσίου» (**G**overnment – **to** – **G**overnment / **G2G**).
- Προγραμματισμός δράσεων κρατικών ενισχύσεων, όπως ένα επιχειρηματικό κουπόνι που θα δίνεται προς τις επιχειρήσεις, ώστε η μετάβαση και η προσαρμογή στο νέο σύστημα να γίνει όσο το δυνατόν πιο ομαλά.

Τέλος, πέραν της σημαντικότατης εξοικονόμησης κόστους για τις επιχειρήσεις, η ηλεκτρονική τιμολόγηση αναμένεται να συνδράμει αποφασιστικά και στον οικονομικό έλεγχο των επιχειρήσεων, την πάταξη της φοροδιαφυγής και, εν τέλει, σε αυξημένα δημόσια έσοδα, αφού σύμφωνα με τον επικεφαλής του ΣΔΟΕ (Σώμα Δίωξης Οικονομικού Εγκλήματος), θα εκμηδενιστεί η έκδοση πλαστών και εικονικών τιμολογίων.

5.4.2 **Προτεινόμενο XML σχήμα η-Τιμολογίου**

Σήμερα στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς χρησιμοποιούνται ευρέως **δύο** κυρίως μοντέλα ηλεκτρονικής τιμολόγησης. Η χρήση τους έγκειται στην κρίση της κάθε επιχείρησης και εξαρτάται από τις ανάγκες για τιμολόγησή της, καθώς και την εσωτερική οργάνωση που διαθέτει. Το **πρώτο** μοντέλο, αναφέρεται στην **απευθείας αποστολή του τιμολογίου** από τον εκδότη στον παραλήπτη και το **δεύτερο** στην **παροχή** της υπηρεσίας ανταλλαγής ηλεκτρονικών τιμολογίων **από κάποιον Πάροχο Υπηρεσιών Εφαρμογής** (Application Service Provider / ASP).

Οι διάφορες προτεινόμενες λύσεις θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι συμμορφωμένες με τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής οδηγίας καθώς επίσης αποδεκτές, διαλειτουργικές, ασφαλείς και οικονομικά προσιτές από την πλειοψηφία των επιχειρήσεων και των οργανισμών που λειτουργούν στα κράτη-μέλη της Ε.Ε..

Χαρακτηριστικές προσεγγίσεις υλοποίησης υπηρεσιών ηλεκτρονικής τιμολόγησης αναφέρονται ακολούθως [**34**]:

- Αποθήκευση και διαχείριση τιμολογίων κεντρικά, από εταιρείες που παρέχουν την υπηρεσία η-Τιμολόγησης, λειτουργώντας επομένως ως έμπιστες τρίτες οντότητες. Μερικές μάλιστα παρέχουν και υπηρεσίες μετασχηματισμού από τη μία μορφή τιμολογίου σε μία άλλη.
- Δημιουργία η-Τιμολογίων είτε από ένα συστατικό μιας οικονομικής εφαρμογής που διαχειρίζεται ο εκδότης, είτε από κάποιο επιπρόσθετο πρόγραμμα σε κάποιο προϋπάρχον οικονομικό πακέτο, ή ακόμα από μία αυτόνομη εφαρμογή η-Τιμολόγησης που βασίζεται στον Ιστό ("Web based").
- Ανταλλαγή η-Τιμολογίων είτε μέσω ασφαλών μισθωμένων γραμμών, είτε μέσω Διαδικτύου χρησιμοποιώντας τεχνολογίες MAC (Message Authentication Code) και SSL για την εξασφάλιση της **Ακεραιότητας**, της **Εμπιστευτικότητας** και της πιστοποίησης ταυτότητας (**Αυθεντικοποίηση**) κατά τη διάρκεια ανταλλαγής των δεδομένων.
- Επίτευξη **Μη-άρνησης της ευθύνης** με λύσεις που βασίζονται σε τεχνολογίες PKI και στις XML (ψηφιακές) υπογραφές.
- Σημαντική μερίδα των υπαρχόντων προσεγγίσεων συμμορφώνεται με το πρότυπο EDIFACT ή παρέχει μεταφραστές / μεταγλωττιστές για αυτό.
- Οι πιο συνηθισμένες λύσεις η-Τιμολόγησης βασίζονται στην τεχνολογία EDI (Electronic Data Interchange / Ηλεκτρονική Ανταλλαγή Δεδομένων), η οποία ωστόσο παρουσιάζει αδυναμίες όπως υψηλό κόστος συντήρησης και έλλειψη τήρησης των νέων προτύπων για ανταλλαγή πληροφοριών.

Γενικότερα, ο τομέας έρευνας και ανάπτυξης εφαρμογών η-Τιμολόγησης θα πρέπει να στηρίζεται σε υλοποιήσεις που:

- Βασίζονται σε ευρέως αποδεκτά πρότυπα, τα οποία εξασφαλίζουν τη **Διαλειτουργικότητα** (Interoperability).
- Βασίζονται σε οικονομικά προσιτές λύσεις ΛΑΚ.
- Ικανοποιούν τις απαιτήσεις ασφάλειας και αποθήκευσης όπως καθορίζονται στην αντίστοιχη οδηγία, έτσι ώστε να είναι συμβατές με το ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο.
- Επιτρέπουν την RBAC πιστοποίηση ταυτότητας.

Η Ακεραιότητα των δεδομένων και η Αυθεντικοποίηση προέλευσης αποτελούν κύρια ζητήματα ασφάλειας, τα οποία σχετίζονται με την η-Τιμολόγηση. Το περιεχόμενο ενός η-Τιμολογίου μπορεί να έχει διάφορες μορφές διαμόρφωσης (formats). Ένα από τα πλέον βασικά προβλήματα της η-Τιμολόγησης είναι το ότι αυτήν τη στιγμή δεν υπάρχει κάποιο διεθνές σχετικό πρότυπο. Οι διάφορες υπάρχουσες εφαρμογές η-Τιμολογίου χρησιμοποιούν μορφές διαμόρφωσης όπως: EDI, XML (και ebXML), Visa Global Invoice Specification, κ.α..

Στόχος λοιπόν της παρούσας μελέτης είναι να προταθεί μια προσέγγιση που θα είναι διαλειτουργική, θα έχει λογικό κόστος συντήρησης, θα συμβαδίζει με το ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο για την η-Τιμολόγηση και τέλος θα είναι λειτουργικά ασφαλής. Μια τέτοια προσέγγιση είναι σαφώς αυτή της XML.

Επιλέχθηκε λοιπόν, ο τύπος του η-Τιμολογίου να είναι σε μορφή XML. Η XML αποτελεί μία περιγραφική γλώσσα, της οποίας τα έγγραφα έχουν μία σαφώς δομημένη μορφή. Για τον έλεγχο της δομής των εγγράφων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το XML Schema, με αποτέλεσμα η εκάστοτε εφαρμογή να ελέγχει τόσο τη δομή, όσο και την εγκυρότητα του εγγράφου.

Επομένως, στην παρούσα υλοποίηση, οι εκάστοτε πληροφορίες του η-Τιμολογίου θα αποθηκεύονται σε XML έγγραφα. Οι ετικέτες του XML εγγράφου είναι συγκεκριμένες και περιγράφουν καθεμία την πληροφορία που εσωκλείεται σε αυτή. Επιπλέον, ένα άλλο θετικό της χρήσης της XML είναι οι μικρές απαιτήσεις της σε αποθηκευτικό χώρο, κάτι που διευκολύνει τη διαχείριση του αποθηκευτικού χώρου του εξυπηρετητή, αλλά και των τερματικών των χρηστών της εφαρμογής.

Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 35) αποτυπώνεται ξεκάθαρα η προτεινόμενη δομή ενός η-Τιμολογίου ως XML έγγραφο (XML document) μέσω της περιγραφής των βασικών στοιχείων και υπο-στοιχείων του. Η συγκεκριμένη απόφαση πάρθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες και τους αντίστοιχους ελληνικούς νόμους. Επιπρόσθετα, μελετήθηκαν διάφορα σχετικά προϊόντα λογισμικού, αλλά και έγγραφα τιμολόγια με απώτερο στόχο τον καθορισμό ενός XML η-Τιμολογίου όσο το δυνατόν γενικότερου.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Invoice>
    <InvoiceHeader>
    : :
    </InvoiceHeader>
    <InvoiceDetails>
    : :
    </InvoiceDetails>
    <InvoiceSummary>
    : :
    </InvoiceSummary>
</Invoice>
```

Εικόνα 35: Βασική δομή του προτεινόμενου XML eInvoice document

Η βασική δομή του εγγράφου του XML η-Τιμολογίου αποτελείται από:

- Το στοιχείο ρίζα (root element) **Invoice**.
- Το στοιχείο **InvoiceHeader** που περιλαμβάνει υπο-στοιχεία (sub elements), τα οποία περιέχουν όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με το τιμολόγιο ως σύνολο και δεν θεωρούνται πληροφορίες περίληψης του η-Τιμολογίου.
- Το στοιχείο **InvoiceDetails** που περιλαμβάνει υπο-στοιχεία, τα οποία περιέχουν όλα τα δεδομένα τιμολογίου «επιπέδου γραμμής». Υπάρχει δηλαδή ένα στιγμιότυπο του στοιχείου InvoiceDetails για κάθε γραμμή του τιμολογίου.
- Και το στοιχείο **InvoiceSummary** που περιλαμβάνει υπο-στοιχεία, τα οποία περιέχουν όλες τις πληροφορίες περίληψης του τιμολογίου.

Το XML Schema που περιγράφει με επίσημο τρόπο τη δομή του εγγράφου του XML η-Τιμολογίου αποτυπώνεται στην ακόλουθη εικόνα:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
elementFormDefault="qualified" version="1.0">
  <xsd:element name="Invoice">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element ref="InvoiceHeader"/>
        <xsd:element ref="InvoiceDetails"/>
        <xsd:element ref="InvoiceSummary"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
...
```

Εικόνα 36: Προτεινόμενο eInvoice XML Schema

5.4.3 Εφαρμογή XML Ψηφιακής Υπογραφής στο Παραγόμενο η-Τιμολόγιο

Η η-Τιμολόγηση θέτει κάποιες σαφείς απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται, προκειμένου να γίνει μέρος των οικονομικών και νομικών πρακτικών ενός οργανισμού. Ενδεικτικά, αναφέρονται κάποιες βασικές απαιτήσεις ασφάλειας που υπάρχουν σε αυτόν τον τομέα:

- **Αυθεντικοποίηση**. Να εξασφαλίζεται δηλαδή πως οι αποστολείς των ηλεκτρονικών τιμολογίων είναι πραγματικά αυτοί που ισχυρίζονται πως είναι. Η αυθεντικοποίηση του φορολογούμενου που συμμετέχει στην η-Τιμολόγηση είναι απαραίτητη για τις εφορίες, ώστε να προσδιορίσουν σαφώς τα συμβαλλόμενα μέρη σε μία φορολογική συναλλαγή.
- **Μη-άρνηση της ευθύνης** (αποστολής και παραλαβής). Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται πως ούτε ο αποστολέας, ούτε και ο αποδέκτης μπορούν να αρνηθούν την τιμολογιακή συναλλαγή που είχαν.
- **Ακεραιότητα του περιεχομένου** ενός η-Τιμολογίου, ώστε να εξασφαλίζεται πως τα εμπλεκόμενα τιμολόγια δεν θα μπορούσαν να υποστούν αλλαγές σκόπιμα ή συμπτωματικά κατά τη διάρκεια της μετάδοσής τους ως δεδομένα.
- **Εμπιστευτικότητα** που εξασφαλίζει πως κανείς άλλος εκτός από τον αποστολέα και τον(ους) οριζόμενο(ους) παραλήπτη(ες) μπορεί(ούν) να έχουν πρόσβαση στο η-Τιμολόγιο.
- **Ακεραιότητα της ακολουθίας** των τιμολογίων με στόχο την αποφυγή των κενών που μπορεί να προκύψουν στα εξερχόμενα τιμολόγια.
- **Διαθεσιμότητα**, έτσι ώστε η υπηρεσία η-Τιμολόγησης να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή από τις επιχειρήσεις, χωρίς να διακόπτονται οι όποιες λογιστικές λειτουργίες.
- **Ηλεκτρονική αποθήκευση** των η-Τιμολογίων, κάτι που αποτελεί κύριο συστατικό των απαιτήσεων ασφάλειας στην η-Τιμολόγηση, καθώς οι τεχνικές απαιτήσεις του συστήματος ηλεκτρονικής αποθήκευσης καθορίζουν σε πρώτιστο βαθμό την ομαλή λειτουργία και τη διασφάλιση των μηχανισμών των φοροτεχνικών ελέγχων.

Με βάση αυτές τις απαιτήσεις ασφάλειας, καθορίζονται και οι τεχνολογίες, μέσω των οποίων αντιμετωπίζονται πιθανές επιθέσεις.

Μέσω της χρήσης **XML ψηφιακών υπογραφών** αντιμετωπίζονται τα ζητήματα της Αυθεντικοποίησης, της Μη-άρνησης της ευθύνης και της Ακεραιότητας του περιεχομένου ενός η-Τιμολογίου. Προς αυτήν την

κατεύθυνση, συμβάλλουν και άλλα κρυπτογραφικά συστήματα όπως οι «**έξυπνες κάρτες**» και η χρήση «**χρονοσφραγίδας**» (timestamp).

Η Εμπιστευτικότητα διασφαλίζεται με τις τεχνολογίες της **XML κρυπτογράφησης**, όπως αυτή ορίζεται στο W3C πρότυπο, και του **μοντέλου WS-Security** για την κρυπτογράφηση SOAP μηνυμάτων.

Προβλήματα Ακεραιότητας της ακολουθίας των τιμολογίων αντιμετωπίζονται με την ενίσχυση των **πολιτικών που υπάρχουν σχετικά με τον αριθμό αναφοράς** που εκδίδεται σε κάθε τιμολόγιο.

Η Διαθεσιμότητα μπορεί να διασφαλισθεί μέσω αυξημένης ευρωστίας και προστασίας του συστήματος. Αυτό επιτυγχάνεται για παράδειγμα με τη χρήση «**αντϊικών προγραμμάτων**» (Antivirus Programs) και «**τειχών προστασίας**» (Firewalls). Παράλληλα, για αυτόν το σκοπό, χρησιμοποιείται και το πρότυπο UDDI.

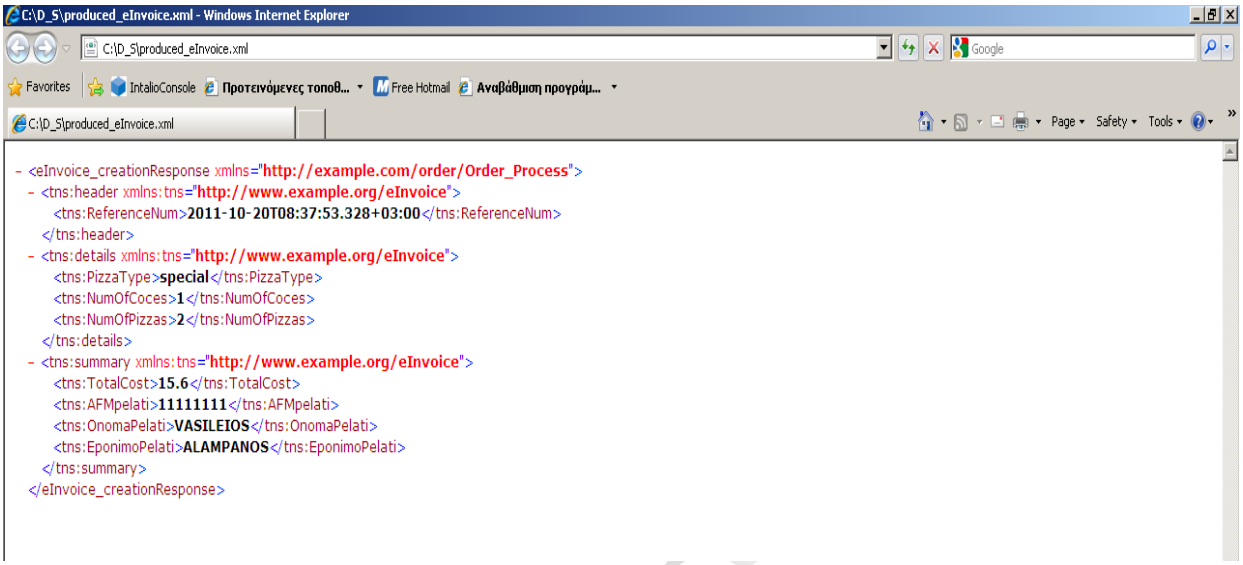
Τέλος, για την Ηλεκτρονική αποθήκευση των η-Τιμολογίων, η προτεινόμενη λύση είναι μια **XML Βάση Δεδομένων** «συστεγασμένη» με την εφαρμογή η-Τιμολόγησης. Έτσι, το σύστημα θα μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες αποθήκευσης με υψηλό επίπεδο ασφάλειας και ταυτόχρονα θα διασφαλίζει ότι τα η-Τιμολόγια αποθηκεύονται σωστά, με την ακριβή τους ηλεκτρονική μορφή.

Όπως έχει προαναφερθεί λοιπόν, στα πλαίσια της παρούσας υλοποίησης, εξετάστηκε ο μηχανισμός της XML ψηφιακής υπογραφής, με την ενσωμάτωση της SOA αρχιτεκτονικής (και τη συνεπακόλουθη χρήση της XML ως περιεχόμενο των ανταλλασόμενων μηνυμάτων) από το χρησιμοποιούμενο περιβάλλον του Intalio | BPMS να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για αυτήν την επιλογή. Θα πρέπει ακόμα να αναφερθεί πως επιλέχθηκε η ψηφιακή υπογραφή να εφαρμοστεί σε ολόκληρο το XML έγγραφο του η-Τιμολογίου, με την προσθήκη της στο τέλος αυτού.

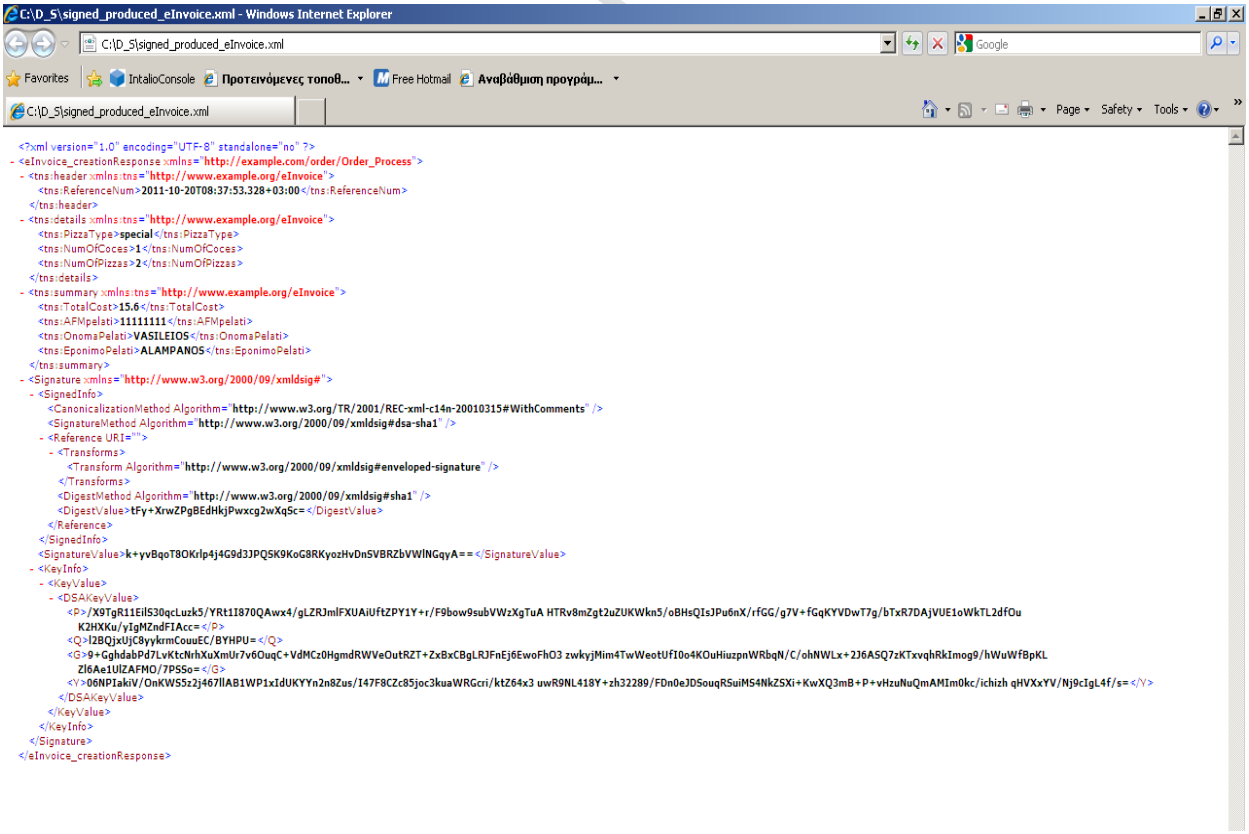
Από πρακτικής πλευράς υλοποίησης, καθοριστική είναι η συμβολή της κονσόλας διαχείρισης και παρακολούθησης των BMMN εργασιών (βλ. «Παράγραφος 5.1. *Διαχείριση Ροών Εργασίας μέσω του Intalio | BPMS*») του Intalio | BPMS. Μέσω της καρτέλας “INSTANCES” και της δυνατότητας που παρέχει αυτή για παρακολούθηση και εμφάνιση χρήσιμων λεπτομερειών, καθώς και ανάκτηση παραγόμενων αρχείων από διεργασίες "uploaded" στη μηχανή, οι οποίες είτε είναι εν εξελίξει ("τρέχουν") είτε έχουν ολοκληρωθεί (επιτυχημένα ή μη), είναι σε θέση ο διαχειριστής του συστήματος – που παίζει το ρόλο του Διακομιστή εν προκειμένω – να ανακτήσει τα (XML) δεδομένα οποιασδήποτε διεργασίας / παραγγελίας, διαμορφώνοντας έτσι το XML η-Τιμολόγιο. Αυτό εν συνεχεία **υπογράφεται ψηφιακά** και αποστέλλεται **ηλεκτρονικά** (μέσω του e-mail που έχει ήδη παράσχει ο εκάστοτε χρήστης) στον πελάτη.

Τέλος, για να διαβαστεί ένα XML αρχείο (εδώ ένα η-Τιμολόγιο) χρειάζεται ένας XML parser, του οποίου τον ρόλο μπορεί να παίξει ένας κοινός φυλλομετρητής, όπως ο Internet Explorer ή ο Mozilla Firefox. Αυτό αποτελεί και πλεονέκτημα στην εφαρμογή, καθώς όλοι οι χρήστες, από τον πιο απλό μέχρι τον πιο προχωρημένο, έχουν πρόσβαση σε έναν φυλλομετρητή μέσω του Η/Υ τους, με συνέπεια ο κάθε χρήστης να είναι ικανός ανά πάσα στιγμή να διαβάσει κάποιο από τα η-Τιμολόγια που είτε έχει δημιουργήσει, είτε έχει λάβει. Κατά αυτό τον τρόπο, η όλη υλοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί από οποιαδήποτε επιχείρηση / οργανισμό ανεξαρτήτως μεγέθους και τεχνολογικής υποδομής.

Στις δύο εικόνες που ακολουθούν μπορεί κανείς να δει το παραγόμενο η-Τιμολόγιο ενός ενδεικτικού σεναρίου εκτέλεσης, καθώς και το τελικό, ψηφιακά υπογεγραμμένο η-Τιμολόγιο, που θα αποσταλεί στον τελικό χρήστη (πελάτη):



Εικόνα 37: Παραγόμενο η-Τιμολόγιο ενός σεναρίου εκτέλεσης

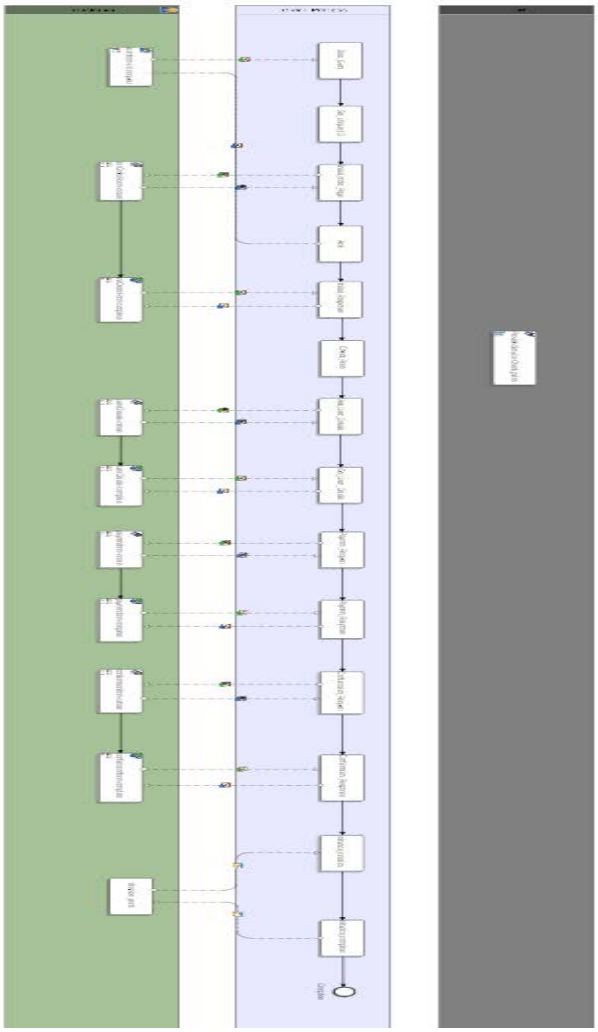


Εικόνα 38: Ενδεικτικό ψηφιακά υπογεγραμμένο η-Τιμολόγιο που αποστέλλεται στον πελάτη

Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο πως όπως είχε τονιστεί και στην Παράγραφο 5.2. «*Παρατηρήσεις κατά τη Δημιουργία της Επιχειρησιακής Ροής*», το γεγονός πως το Intalio | BPMS κάνει διαθέσιμο προς το χρήστη μόνο το 80% του Πηγαίου Κώδικα περιόρισε καθοριστικά τη δυνατότητα ενσωμάτωσης του Java κώδικα (δηλαδή τις αντίστοιχες κλάσεις που υλοποιήθηκαν) για την εφαρμογή της XML ψηφιακής υπογραφής ως αυτοματοποιημένο κομμάτι της όλης διαδικασίας. Όπως προαναφέρθηκε λοιπόν, η υλοποίηση του εν λόγω μηχανισμού έγινε ως standalone διαδικασία μέσω της εισαγωγής των αντίστοιχων XML δεδομένων σε μια πλατφόρμα Eclipse, όπου είχε υλοποιηθεί αυτός ο μηχανισμός ασφάλειας ως ξεχωριστή διεργασία, μέσω του Java κώδικα αυτού.

Αξίζει να αναφερθεί ακόμα, πως στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης υπηρεσίας η-Τιμολόγησης και όπως ορίζεται σχετικά και από ευρωπαϊκές οδηγίες, ο αποστολέας του η-Τιμολογίου θα ήταν υποχρεωμένος να παρέχει στον παραλήπτη και ένα αντίστοιχο εργαλείο λογισμικού που θα έπαιζε το ρόλο ενός XML parser και XML viewer.

Κλείνοντας, παρατίθεται το τελικό το BPMN διάγραμμα (BPMD) της υλοποιημένης Επιχειρησιακής Ροής, όπως διαμορφώθηκε μετά και την προσθήκη του μηχανισμού διαμόρφωσης του XML η-Τιμολογίου:



Εικόνα 39: Το τελικό BPMN Διάγραμμα

6 ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Συμπεράσματα

Η Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών αποτελεί στις μέρες μας νευραλγικό στοιχείο της κάθε επιχείρησης, ανεξαρτήτως μεγέθους και αντικειμένου. Μόνο μέσω της ευέλικτης αντιμετώπισης των διαδικασιών και της ανανέωσης αυτών, νοείται η διατήρηση των υψηλών επιπέδων της ανταγωνιστικότητας της επιχείρησης και η επιβίωση και ευημερία της στον συνεχώς μεταβαλλόμενο χώρο της παγκόσμιας αγοράς.

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η υλοποίηση μιας πρότυπης Επιχειρησιακής Ροής, βασισμένης στη σημειογραφία BPMN. Μέσα από την περιγραφή της σημειογραφίας μοντελοποίησης επιχειρησιακών διαδικασιών BPMN, καθώς και την παράθεση του παραδείγματος Διαγράμματος Ροής της υλοποιημένης στα πλαίσια της εργασίας Ιστιακής Υπηρεσίας, μπορεί εύκολα κανείς να διαπιστώσει την σημασία της σημειογραφίας αυτής και την προσφορά της στην κατανόηση των επιχειρησιακών διαδικασιών. Το πιο σημαντικό όμως στοιχείο είναι ότι η σημειογραφία αυτή δεν εξυπηρετεί μόνο την εύκολη αναπαράσταση των διαδικασιών, αλλά αποτελεί και μία γέφυρα σύνδεσης των επιχειρηματικών διαδικασιών με τις γλώσσες προγραμματισμού XML (π.χ. BPEL) επιτρέποντας την εύκολη μετατροπή των αντίστοιχων μοντέλων.

Η μοντελοποίηση (modeling) Επιχειρησιακών Διεργασιών χρησιμοποιείται έτσι ώστε να γνωστοποιείται ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών σε ένα επίσης ευρύ φάσμα «ακροατηρίων». Η BPMN είναι σχεδιασμένη να καλύπτει όλες αυτές τι δυνατότητες χρήσης και επιτρέπει στον αναγνώστη του Διαγράμματος Ροής να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τη διαφοροποίηση εύκολα ανάμεσα σε διαφορετικά τμήματα του Διαγράμματος. Τα συστήματα Διαχείρισης Ροών Εργασίας (ΔΡΕ), που είναι στηριγμένα σε Ιστιακές Υπηρεσίες, παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα, ώστε να θεωρηθεί ότι με την κατάλληλη πρόοδο των τεχνολογιών που τις στηρίζουν, στο μέλλον θα είναι κατάλληλες για την ευρεία χρήση τους. Πέραν ωστόσο τα θετικά στοιχεία της BPMN, σίγουρα εντοπίζονται και αδυναμίες, οι οποίες μπορεί να έχουν σχέση με:

- Ασάφεια και σύγχυση σε ό,τι έχει να κάνει με το διαμοιρασμό BPMN μοντέλων μεταξύ διαφορετικών συμμετεχόντων.
- Ελλιπής ακόμα υποστήριξη γνωσιακής βάσης εργασίας.
- Προβλήματα κατά την μετατροπή BPMN μοντέλων σε «εκτελέσιμα περιβάλλοντα».

Η εισαγωγή των Ιστιακών Υπηρεσιών, όπως αυτή παρατηρείται μέσα από την εξέλιξη των αρχιτεκτονικών λογισμικού και την άμεση μετάβαση σε SOA τεχνολογίες, ήρθε να εκμεταλλευθεί στο έπακρο τις νέες δυνατότητες που προσέφερε το Διαδίκτυο και μέσω της χρήσης πρωτοκόλλων όπως τα SOAP και WSDL και φυσικά μέσω της XML αντιμετωπίστηκε για πρώτη φορά κατ' ουσία η απαίτηση για **ανεξαρτητοποίηση πλατφόρμας** (δημιουργίας, μεταφοράς αλλά και εκτέλεσης η-Υπηρεσιών).

Για την επιλογή του κατάλληλου BPMS συστήματος, η πρακτική υλοποίηση της αρχιτεκτονικής SOA, αποτέλεσε εξάλλου καθοριστικό παράγοντα που συνέβαλλε στην επιλογή του Intalio. Άλλα εξίσου σημαντικά κριτήρια ήταν η απευθείας παραγωγή BPEL, η άμεση μετατροπή των διεργασιών σε Ιστιακές Υπηρεσίες, η πλήρης υλοποίηση του προτύπου BPMN και η δυνατότητα σχεδίασης / υλοποίησης μιας Ροής / Υπηρεσίας με μηδενικές απαιτήσεις συγγραφής κώδικα ("zero code" implementation).

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας μελετήθηκαν επίσης και αρκετά ζητήματα που σχετίζονται με την ηλεκτρονική τιμολόγηση. Υλοποιήθηκε μια εφαρμογή η-Τιμολόγησης και έγινε προσπάθεια προσθήκης σε αυτή κατάλληλου μηχανισμού για να καλυφθεί οποιοδήποτε κενό ασφάλειας που θα μπορούσε να την κάνει ευάλωτη. Αυτό αποτέλεσε και τη βάση για τη μελέτη επιπλέον ζητημάτων πάνω στο ζήτημα της ασφάλειας σε περιβάλλοντα Ιστιακών Υπηρεσιών και σε διαδικτυακές συναλλαγές γενικότερα.

Για την ασφάλεια της εφαρμογής, επικεντρώθηκε η έρευνα κυρίως σε τεχνολογίες που βασίζονται στην XML. Τελικά, επιλέχθηκαν προς χρήση οι ψηφιακές υπογραφές XML, οι οποίες τοποθετούνται στο τέλος κάθε η-Τιμολογίου για να εξασφαλίζουν την ταυτότητα του χρήστη και την αναλλοίωτη φύση των δεδομένων κατά τη διάρκεια της συναλλαγής.

Συμπερασματικά, οι δυνατότητες των συστημάτων BPMN φαίνονται σημαντικές. Η πλήρης αφομοίωση του προτύπου BPMN, η προσαρμογή τους στην επιχειρησιακή λογική (π.χ. η-Τιμολόγιο) και η πραγματική ενσωμάτωση σε αυτά μηχανισμών ασφαλείας θα καθορίσει στο προσεχές μέλλον τη δυνατότητα της τεχνολογικής αυτής τάσης να καλύψει τις διαρκώς αυξανόμενες επιχειρησιακές ανάγκες.

6.2 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η μελέτη BPMS Συστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε νέα μονοπάτια έρευνας σε σχέση με το διαθέσιμο λογισμικό Επιχειρησιακών Ροών. Ανάλογες προκλήσεις μπορούν να προκύψουν και από τα ζητήματα ασφάλειας Διαδικτύου που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Στα πλαίσια της έρευνας που πραγματοποιήθηκε εντοπίστηκαν πολλές κατευθύνσεις που θεωρείται ότι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ως επιγραμματικές προτάσεις για πιθανά αντικείμενα και θέματα μελλοντικών ερευνών – μελετών στον ευρύτερο χώρο των Επιχειρησιακών Ροών θα μπορούσαν να αναφερθούν οι εξής:

- Διερεύνηση τεχνολογιών και εφαρμογών Διαχείρισης Επιχειρησιακών Ροών, επικεντρώνοντας στα ΛΑΚ BPM συστήματα.
- Συγκριτική μελέτη της συμπεριφοράς συστημάτων ροής διαδικασιών «ανοιχτού κώδικα» σε σχέση με αντίστοιχα εμπορικά. Θα μπορούσε έτσι να οριστεί η διαφορά ποιότητας σε επίπεδο λειτουργικότητας, ευχρηστίας και αξιοπιστίας. Επιπλέον, θα μπορούσαν να γίνουν προτάσεις και υποδείξεις για κάποια σχετική σύγκλιση.
- Μελέτη της χρήσης τμημάτων ροών εργασιών, με στόχο τη διευκόλυνση της μοντελοποίησης και της υλοποίησης πολύπλοκων ροών εργασιών. Κάτι τέτοιο εμπίπτει στα γενικότερα πλαίσια μελέτης του χώρου της χρήσης και επαναχρησιμοποίησης τμημάτων λογισμικού.
- Θεώρηση της χρήσης ενιαίων και κοινών δομών δεδομένων από τα διάφορα συστατικά μιας Ροής Εργασίας (Workflow components).
- Μελέτη και προτάσεις επέκτασης των τρόπων διασύνδεσης και εκτέλεσης ενεργειών επί των τμημάτων ροών εργασιών.
- Δημιουργία μιας ολοκληρωμένης υπηρεσίας η-Τιμολόγησης.
- Μελέτη περί της δυνατότητας χρήσης μιας γενικής οντολογίας περιγραφής επιχειρησιακών διαδικασιών, ώστε να μειωθεί το κόστος των επιχειρήσεων / οργανισμών για την χρησιμοποίηση, ανάλογα με τον τομέα της εργασίας, του κατάλληλα εξειδικευμένου ατόμου.
- Τέλος, σημαντική προσπάθεια «επιβάλλεται» βεβαίως και προς την κατεύθυνση της παροχής και ολοκλήρωσης μηχανισμών ασφαλείας Ιστιακών Υπηρεσιών, στα πλαίσια ιδιαίτερα των κατανεμημένων περιβαλλόντων.

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1 Πίνακας Απόδοσης Όρων

Ακεραιότητα	*Integrity*
Αλληλεπιδράσεις	*Interactions*
Αναφορές	*References*
«Ανεβαίνουν» (στον Εξυπηρετητή)	*Deploy (to the Server)*
«Ανθεκτική σε συγκρούσεις» (συνάρτηση)	*Collision-free (function)*
Ανθρώπινες εργασίες	*Human tasks*
«Ανοιχτό» Λογισμικό	*Open Source Software*
«Αντϊικά προγράμματα»	*Antivirus Programs*
Αντικείμενα Δεδομένων	*Data Objects*
Αντικείμενα Διασύνδεσης	*Connecting Objects*
Αντικείμενα Ροής	*Flow Objects*
Αντικειμενοστραφής	*Object-oriented*
Αποσπασμένες (υπογραφές)	*Detached (signatures)*
Αποσύνδεση (χρήστη από εφαρμογή)	*Logout*
Αρχεία καταγραφής ιστορικού	*Log files*
Αυθεντικοποίηση	*Authentication*
«Αυτόνομη» διαδικασία	*Standalone process*
Αφηρημένοι (ορισμοί)	*Abstract (definitions)*
Βάση Δεδομένων	*Database*

Βασιζόμενο στην πλατφόρμα Eclipse	*"Eclipse based"*
Βασιζόμενο στον Ιστό	*"Web based"*
Γεγονότα	*Events*
Γλώσσα Προδιαγραφής Ισχυρισμών Ασφαλείας	*Security Assertion Markup Language*
Γραφικό Περιβάλλον Σχεδίασης	*Graphical User Interface*
Δεξαμενή Ιστιακών Υπηρεσιών	*Web Services container*
Δεξαμενή JBI	*JBI Container*
«Δέσμευση»	*Binding*
Δημόσιο κλειδί	*Public key*
Διάγραμμα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών	*Business Process Management Diagram*
Διάγραμμα Επιχειρησιακών Διεργασιών	*Business Process Diagram*
Διαδίκτυο	*Internet*
Διαθεσιμότητα	*Availability*
Διαλειτουργικότητα	*Interoperability*
Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών	*Business Process Management*
Διαχειριστής	*Administrator*
Διεπαφή	*Interface*
Διεύθυνση ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου	*Email Address*
Δοκιμαστική (έκδοση)	*Beta (edition)*
Δραστηριότητες	*Activities*
Δωρεάν έκδοση (του Intalio)	*(Intalio) Community Edition*

Εισροή	*Input*
Εκκινεί / Ενεργοποιεί	*Triggers*
Εκπαιδευτικό υλικό	*Documentation*
Εκροή	*Output*
Έλεγχος Προσπέλασης Βασισμένος σε Ρόλους	*Role Based Access Control*
Εμπιστευτικότητα	*Confidentiality*
Εμπορική (έκδοση)	*Commercial (edition)*
Ενορχηστρώσεις	*Orchestrations*
Ενσωματωμένη	*Built-in*
Εξουσιοδότηση	*Authorization*
Εξυπηρετητής	*Server*
Επεκτάσιμη Γλώσσα Ελέγχου Πρόσβασης	*eXtensible Access Control Markup Language*
Επερωτήσεις προς τη Βάση Δεδομένων	*Database Queries*
Επικεφαλίδα	*Header*
Επιλογή	*Split*
Επίπεδα	*Tiers*
Επισημειώσεις	*(Text) Annotations*
«Επιχείρησης με το Δημόσιο»	*Business – to – Government*
«Επιχείρησης προς Επιχείρηση»	*Business – to – Business*
Επιχειρησιακή Διεργασία	*Business Process*
Επιχειρησιακές Οντότητες	*Business Entities*

Επιχειρησιακές Υπηρεσίες	*Business Services*
Επιχειρησιακός Δίαυλος Υπηρεσιών	*Enterprise Service Bus*
Εργαλείο Σχεδιασμού Επιχειρήσεων	*Enterprise Engineering Tool*
Εργασίες	*Tasks*
Έργο	*Task*
Ετικέτες	*Tags*
Ηλεκτρονικά σεμινάρια	*Webinars*
Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες (η-Υπηρεσίες)	*Electronic Services (eServices)*
Ηλεκτρονική Ανταλλαγή Δεδομένων	*Electronic Data Interchange*
Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση (η-Διακυβέρνηση)	*Electronic Government (e Government)*
Ηλεκτρονική Τιμολόγηση (η-Τιμολόγηση)	*Electronic Invoicing (eInvoicing)*
Ηλεκτρονικό Εμπόριο (η-Εμπόριο)	*Electronic Commerce (eCommerce)*
Ηλεκτρονικό Τιμολόγιο (η-Τιμολόγιο)	*Electronic Invoice (eInvoice)*
Ιδιωτικά Εταιρικά Δίκτυα	*Intranets*
Ιδιωτικό κλειδί	*Private key*
Ιστιακές Υπηρεσίες	*Web Services*
Ιστός	*Web*
Ισχυρισμοί Εκδότη	*Publisher Assertions*
Καρτέλα	*Tab*
«Κατεβάζω» (Λογισμικό)	*Download*
Κέρβερος (μοντέλο ασφάλειας)	*Kerberos tickets*

Κρυπτογραφία	*Cryptography*
Κωδικός Πρόσβασης	*Password*
Λειτουργία	*Operation*
Λειτουργικό Σύστημα	*Operating System*
Λίστα Διαχείρισης Εργασιών	*Tasks List*
Λίστα Ειδοποιήσεων	*Notifications List*
Λίστα Εποπτείας Διαδικασιών	*Processes List*
Λογισμικό	*Software*
Μεταγλωττιστής	*Compiler*
«Μεταξύ φορέων του Δημοσίου»	*Government – to – Government*
Μη-άρνηση της ευθύνης	*Non-Repudiation*
Μήνυμα	*Message*
Μηνύματα Βοήθειας	*Help Messages*
Μηχανή Διαχείρισης Ανθρώπινων Ροών	*Human Workflow Engine*
Μηχανή BPEL (Εκτέλεσης Επιχειρησιακών Διαδικασιών)	*BPEL Engine*
Μηχανική Ανάπτυξης Λογισμικού	*Software Engineering*
Μηχανικοί Ανάπτυξης Λογισμικού	*Software Engineers*
Μονόδρομη (συνάρτηση)	*One-way (function)*
Μοντελοποίηση	*Modeling*
Μορφή αναγνώσιμη από ανθρώπους	*Human readable format*
Μορφές διαμόρφωσης	*Formats*

Μυστικό κλειδί	*Secret key – Private key –Sshared key*
Όνομα Χρήστη	*Username*
Παραμετροποίηση	*Customization*
Πάροχος Υπηρεσιών Εφαρμογής	*Application Service Provider*
«Πελάτη - Εξυπηρετητή» (συστήματα)	*Client – Server (systems)*
Περιβάλλον Διεπαφής	*User Interface*
Περιγραφέας WSDL	*WSDL descriptor*
Περικλειόμενες (υπογραφές)	*Enveloped (signatures)*
Περικλείουσες (υπογραφές)	*Enveloping (signatures)*
Πηγαίος Κώδικας	*Source Code*
Πλατφόρμα διαχείρισης του BPEL εξυπηρετητή	*BPEL Management Console*
Πόροι (μιας εφαρμογής)	*Resources*
Πόρτα	*Port*
«Προβλήματα»	*Bugs*
Προκαθορισμένες (τιμές)	*“Hard-coded”*
Προσανατολισμένη στις διεργασίες	*Process-oriented*
Προσανατολισμένες στις υπηρεσίες τεχνολογίες	*Service Oriented Architectures*
Πρότυπα «Δέσμευσης»	*Binding Templates*
Πύλες	*Gateways*
Ροές Ακολουθίας	*Sequence Flows*
Ροές Μηνυμάτων	*Message Flows*

Ροή εργασίας	*Workflow*
Σημασιολογικών	*Semantics*
Σημειογραφίες	*Notations*
Στοιχεία	*Elements*
Στοιχείο ρίζα	*Root element*
Συγκεκριμένοι (ορισμοί)	*Concrete (definitions)*
Συγχώνευση	*Merge*
Συμβουλές Εργαλείων	*Tooltips*
Συναλλαγή	*Transaction*
Συνάρτηση κατακερματισμού	*Hash function*
Σύνδεση (χρήστη σε εφαρμογή)	*Login*
Σύνδεσμοι	*Associations*
Σύνολα	*Groups*
Συστατικά Ροής Εργασίας	*Workflow Components*
Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών	*Business Process Management System*
Σώμα	*Body*
«Τείχος προστασίας»	*Firewall*
Τεχνουργήματα	*Artifacts*
Τομείς	*Domains*
Τύποι Δεδομένων	*Data Types*
Τύπος Πόρτας	*Port Type*

Τύπος	*Type*
Υλοποίηση	*Implementation*
Υπηρεσία	*Service*
Υποβοηθήματα Διεπαφής Χρήστη	*UI Helpers*
Υποδομή	*Infrastructure*
Υποδομή Δημόσιου Κλειδιού	*Public Key Infrastructure*
Υπο-στοιχεία	*Sub elements*
Φάκελος	*Envelope*
Φόρος Προστιθέμενης Αξίας	*Value Added Tax*
Φυλλομετρητής	*Browser*
Χειροκίνητη	*Manual*
Χρήστες εργασιών	*Process participants*
Χρήστης	*User*
Χρονοσφραγίδα	*Timestamp*
Χωρίς καθόλου κώδικα (υλοποίηση)	*Zero code (implementation)*
BPEL Εξυπηρετητής	*BPEL Server*
XML έγγραφο	*XML document*
XML κρυπτογράφηση	*XML encryption*
XML Σχήματα	*XML Schemas*
XML ψηφιακές υπογραφές	*XML digital signatures*

7.2 Πίνακας Συντμήσεων – Αρκτικόλεξων

Α.Ε.	*Ανώνυμη Εταιρία*
ΔΡΕ	*Διαχείριση Ροών Εργασίας*
Ε.Ε.	*Ευρωπαϊκή Ένωση*
Η/Υ	*Ηλεκτρονικός Υπολογιστής*
ΚΒΣ	*Κώδικας Βιβλίων και Στοιχείων*
ΛΑΚ	*Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα*
ΠΑΗΨΣ	*Προηγμένη Ασφαλής Ηλεκτρονική Ψηφιακή Σύνοψη*
ΣΔΟΕ	*Σώμα Δίωξης Οικονομικού Εγκλήματος*
Φ.Π.Α.	*Φόρος Προστιθέμενης Αξίας*
ΧΑΑ	*Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών*
AES	*Advanced Encryption Standard*
ASP	*Application Service Provider*
BPEL	*Business Process Execution Language*
BPEL4WS	*Business Process Execution Language for Web Services*
BPD	*Business Process Diagram*
BPM	*Business Process Management*
BPMD	*Business Process Management Diagram*
BPMI	*Business Process Management Initiative*
BPMN	*Business Process Modelling Notation*

BPMS	*Business Process Management System*
B2B	*Business – to – Business*
B2G	*Business – to – Government*
DES	*Data Encryption Standard*
DNS	*Domain Name Service*
DSA	*Digital Signature Algorithm*
EDI	*Electronic Data Interchange*
EET	*Enterprise Engineering Tool*
ESB	*Enterprise Service Bus*
GUI	*Graphical User Interface*
G2G	*Government – to – Government*
HTTP	*HyperText Transfer Protocol*
IDEA	*International Data Encryption Algorithm*
JBI	*Java Business Integration*
J2EE	*Java 2 Enterprise Edition*
MAC	*Message Authentication Code*
OASIS	*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*
OMG	*Object Management Group*
OS	*Operating System*
OSS	*Open Source Software*
PKI	*Public Key Infrastructure*

RBAC	*Role Based Access Control*
SAML	*Security Assertion Markup Language*
SOA	*Service Oriented Architecture*
SOAP	*Simple Object Access Protocol*
SSL	*Secure Sockets Layer*
SSTC	*Security Services Technical Committee*
UDDI	*Universal Description, Discovery & Integration*
UML	*Unified Modelling Language*
URI	*Universal Resource Identifier*
URL	*Universal Resource Locator*
VAT	*Value Added Tax*
WSDL	*Web Service Definition Language*
WSFL	*Web Services Flow Language*
XACML	*eXtensible Access Control Markup Language*
XML	*eXtensive Markup Language*

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. S. A. White and D. Miers, "BPMN – Modeling and Reference Guide", *Future Strategies Inc.*, Florida, USA, 2008, p. 19.
2. M. Owen and J. Raj, "BPMN and Business Process Management –Introduction to the New Business Process Modeling Standard", *Popkin Software*, 2003, p. 4.
3. Object Management Group / Business Process Management Initiative, *Retrieved September 10, 2011*, from World Wide Web, http://www.bpmn.org/
4. OMG Document, "Business Process Model and Notation (BPMN)", *OMG*, June 2010, version 2.0, pp. 27 – 41, Standard document URL: http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0
5. Wikipedia, *Retrieved June 19, 2011*, from World Wide Web, http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture
6. M. Kirtland, "A Platform for Web Services", *Microsoft Developer Network*, 2001.
7. Stylus Systems, "The Web Services World, Identifying my Web Services", *Stylus Systems Pvt. Ltd*, 2001.
8. Ι. Π. Βεργινιάδης, «Δια-οργανωτικά μοντέλα και συστήματα ροών εργασίας (Inter-organizational workflow management systems)», *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα, Φεβρουάριος 2006, σελ. 36 – 37.
9. J. Matjaz, S. Poornachandra and M. Benny, "Business Process Execution Language for Web Services", *Packt Publishing Ltd.*, 2nd Edition, Birmingham, January 2006, pp. 17 – 18.
10. X. Fu, T. Bultan and J. Su, "Analysis of Interacting BPEL Web Services", (in *Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web*) *ACM*, New York, USA, 2004.
11. Elemental Links, *Retrieved June 27, 2011*, from World Wide Web, http://elementallinks.typepad.com/bmichelson/2005/09/view_bpel_proce.html
12. Ε. Η. Σιακαβέλλα, «Συστήματα Επιχειρησιακής Μοντελοποίησης και Αναπαράστασης – Αξιολόγηση και Εφαρμογές», *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, Ιούλιος 2006, σελ. 70 – 73.
13. Wikipedia, *Retrieved June 26, 2011*, from World Wide Web, http://en.wikipedia.org/wiki/BPEL
14. Intalio company, *Retrieved June 29, 2011*, from World Wide Web, http://www.intalio.com/bpms
15. Intalio company, *Retrieved June 29, 2011*, from World Wide Web, http://www.intalio.com/webinars

16. Intalio Community Website, *Retrieved June 29, 2011*, from World Wide Web, http://community.intalio.com/

17. Intalio Community Website, *Retrieved June 29, 2011*, from World Wide Web, http://community.intalio.com/faq/display-2.html#FAQ14

18. Intalio company, *Retrieved June 29, 2011*, from World Wide Web, http://www.intalio.com/bpms/editions

19. Intalio company, *Retrieved July 1, 2011*, from World Wide Web, http://www.intalio.com/bpms/architecture

20. Intalio company, *Retrieved July 1, 2011*, from World Wide Web, http://www.intalio.com/bpms/designer

21. Intalio company, *Retrieved July 1, 2011*, from World Wide Web, http://www.intalio.com/bpms/server

22. Δ. Πολέμη, «Ασφάλεια Πληροφοριακών Συστημάτων», *Πανεπιστήμιο Πειραιώς*, Έκδοση 2, Πειραιάς, Μάρτιος 2007, σελ. 7 – 9.

23. Network Associates, "An Introduction to Cryptography", *Network Associates Inc. and its Affiliated Companies*, 1998, p. 14.

24. D. Eastlake, D. Solo and J. Reagle, "XML-Signature Syntax and Processing", *IETF*, RFC 3275, March 2002, document URL: http://www.ietf.org/rfc/rfc3275.txt

25. B. Siddiqui, "Exploring XML Encryption", *IBM DeveloperWorks*, Part 1, March 2002, URL: https://www.ibm.com/developerworks/xml/library/x-encrypt/

26. OASIS documents, "Security Assertion Markup Language (SAML) V2.0 Technical Overview", *OASIS standard*, March 2008, Standard document URL: http://www.oasis-open.org/committees/download.php/27819/sstc-saml-tech-overview-2.0-cd-02.pdf

27. OASIS documents, "A Brief Introduction to XACML", *OASIS standard*, March 2003, Standard document URL: http://www.oasis-open.org/committees/download.php/2713/Brief_Introduction_to_XACML.html

28. National Institute of Standards and Technology, "Role Based Access Control (RBAC) and Role Based Security", *Retrieved September 18, 2011*, from World Wide Web, http://csrc.nist.gov/groups/SNS/rbac/

29. Intalio Community Website, *Retrieved September 18, 2011*, from World Wide Web, http://community.intalio.com/faq/display-2.html#FAQ21

30. A. Grigorov, P. Bukov, A. Angelov and E. Detcheva, "Using XML and Digital Signatures for Electronic Invoices", *CMC Bulgaria Ltd.*, Sofia, Bulgaria, 2010, p. 104.

31. Γ. Δουκίδης (Καθηγητής Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών), «Το «ηλεκτρονικό τιμολόγιο» ως εθνική αναπτυξιακή πολιτική», *kathimerini.gr, Retrieved September 18,*

2011, Ημερομηνία δημοσίευσης: 25 Ιουλίου 2009, URL: http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_economy_2_25/07/2009_323428

32. Β. Αλαμπάνος και Κ. Κακούρης, «Καθορισμός δεικτών αξιολόγησης και η εφαρμογή τους στην αποτίμηση e-Gov υπηρεσιών στην Ελλάδα», *Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*, Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα, Αύγουστος 2008, σελ. 13 – 15.

33. Εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ, «Έρχεται το 2012 το ηλεκτρονικό τιμολόγιο», *Το Βήμα / Οικονομία, Retrieved September 18, 2011*, Ημερομηνία δημοσίευσης: 3 Αυγούστου 2011, Αθήνα, URL: http://www.tovima.gr/finance/article/?aid=413851

34. Δ. Παπανίκας, «Διαλειτουργικό και Ασφαλές Πλαίσιο Ανάπτυξης Προηγμένων Ασύρματων Επικοινωνιών», *Πανεπιστήμιο Πειραιώς*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πειραιάς, Ιούλιος 2009, σελ. 28 – 29.