



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μελέτη συστημάτων και προτυποποίηση κανόνων για έξυπνες κατοικίες

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΣΤΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 15^η Οκτωβρίου 2015

Ψαρράς Ι.
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ασκούνης Δ.
Αναπληρωτής Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

Δούκας Χ.
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μελέτη συστημάτων και προτυποποίηση κανόνων για έξυπνες κατοικίες

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΣΤΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 15^η Οκτωβρίου 2015

Ψαρράς Ι.
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ασκούνης Δ.
Αναπληρωτής Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

Δούκας Χ.
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

.....
ΚΩΣΤΑΚΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωστάκου Ευθυμία, 2015.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Οι πολλαπλές υποχρεώσεις που κατακλύζουν τον σύγχρονο άνθρωπο με αποτέλεσμα την έλλειψη διαθέσιμου χρόνου, σε συνδυασμό με την γενικότερη τάση της εποχής προς αυτοματοποίηση διαδικασιών έχουν συντελέσει στην προσέλκυση αυξανόμενου ενδιαφέροντος για τις τεχνολογίες του έξυπνου σπιτιού. Παράλληλα, η αξιοπιστία κι η ευελιξία που προσφέρουν οι ασύρματες τεχνολογίες αποτέλεσαν κινητήριο δύναμη για την στροφή της αγοράς του έξυπνου σπιτιού προς την υλοποίηση του οράματος του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Παρόλα αυτά, οι προσφερόμενες λύσεις της αγοράς σχεδιάζονται και προορίζονται αποκλειστικά για προκαθορισμένο πλήθος περιπτώσεων και συστημάτων δίχως την παροχή δυνατότητας επέκτασης και διαλειτουργικότητας με λοιπές εφαρμογές.

Ως εκ τούτου, ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι διττός. Αφενός, προτείνεται μια οντολογική προσέγγιση με στόχο την ενιαία και τυποποιημένη μοντελοποίηση όλων των οντοτήτων που απαρτίζουν το περιβάλλον του έξυπνου σπιτιού καθώς και των μεταξύ τους σχέσεων κι ιδιοτήτων τους. Αφετέρου και με βάση την αναπτυχθείσα οντολογία, διαμορφώνονται κατάλληλα σενάρια και κανόνες με στόχο την διαχείριση του αυτοματισμού και του γενικότερου τρόπου λειτουργίας του έξυπνου σπιτιού, αξιοποιώντας τις αρχές του Σημασιολογικού Ιστού. Τέλος, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός μιας ιστοσελίδας αναζήτησης, διακίνησης και δωρεάν εγκατάστασης κανόνων λειτουργίας έξυπνου σπιτιού προς τους τελικούς χρήστες.

Λέξεις Κλειδιά:

Έξυπνο Σπίτι, Σημασιολογικός Ιστός, οντολογία, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, SWRL κανόνες

Abstract

Lack of time caused by the overwhelming obligations of modern man, as well as the general trend of our time towards automation of processes have contributed to attracting growing interest in smart home technologies. At the same time, reliability and flexibility offered by wireless technologies have been the driving force for turning the smart home market towards the vision of the Internet of Things. Nevertheless, the solutions offered in the market are designed and intended exclusively for a preset number of cases and systems without allowing for expansion and interoperability with other applications.

Therefore, the scope of this thesis is twofold. Firstly, an ontological approach for the unified and standardized modeling of all entities that constitute the environment of smart home, as well as their properties and relations, is proposed. Secondly, suitable scenarios and rules are formed, based on the developed ontology and the Semantic Web principles that aim at the management of automation and the general modus operandi of smart homes. Finally, the design of a portal for search, circulation and free installation of smart home operating rules by end users is presented.

Keywords:

Smart Home, Semantic Web, ontology, Internet of Things, SWRL rules

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας υλοποιήθηκε με την υποστήριξη ενός αριθμού ανθρώπων, στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή ΕΜΠ κύριο Ιωάννη Ψαρρά, ο οποίος μου ανέθεσε αυτή την ενδιαφέρουσα εργασία, μέσα από την οποία ήρθα για πρώτη φορά σε επαφή με θέματα που βρίσκονται στο επίκεντρο των τεχνολογικών εξελίξεων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον υποψήφιο Διδάκτορα του Ε.Μ.Π., Μιχάλη Πετυχάκη, για την άριστη καθοδήγησή του και την πολύτιμη βοήθειά του σε οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετώπισα κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στα αγαπημένα μου πρόσωπα για όλη τη βοήθεια, υποστήριξη, εμπιστοσύνη και αντοχή που έδειξαν κατά τη διάρκεια όλων των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	13
1.1 Γενικά – Το πρόβλημα & η ιδέα.....	14
1.2 Οργάνωση Εργασίας.....	17
Κεφάλαιο 2: Το Έξυπνο Σπίτι: Θεωρητική και Τεχνολογική Ανάλυση.....	18
2.1 Το «Έξυπνο Σπίτι».....	19
2.1.1 Εισαγωγή.....	19
2.1.2 Αξιολόγηση Έξυπνου Σπιτιού έναντι Συμβατικού.....	21
2.1.2.1 Πλεονεκτήματα.....	21
2.1.2.2 Προβληματισμοί.....	23
2.1.2.3 Εμπόδια που καλείται να υπερβεί το Έξυπνο Σπίτι.....	24
2.2 Τεχνικός Εξοπλισμός Έξυπνου Σπιτιού.....	26
2.2.1 Ελεγχόμενες συσκευές.....	26
2.2.2 Αισθητήρες(Sensors) κι Ενεργοποιητές(Actuators).....	26
2.2.2.1 Φορητοί αισθητήρες.....	27
2.2.2.2 Αισθητήρες Άμεσου Περιβάλλοντος (Direct environmental sensing).....	27
2.2.2.3 Συστήματα Υποδομής Μεσολάβησης (Infrastructure Mediated Systems).....	28
2.2.3 Δίκτυο Ελέγχου.....	29
2.2.3.1 Επικοινωνία Γραμμής Ρεύματος (Power Line Communication).....	29
2.2.3.2 Ασύρματη Μετάδοση (Wireless Transmission).....	30
2.2.3.3 Ενσύρματη Μετάδοση (Wireline Transmission).....	31
2.2.3.4 Ανακεφαλαίωση.....	31
2.2.4 Ελεγκτής (Controller).....	31
2.2.5 Συσκευές Απομακρυσμένου Ελέγχου (Remote Control Devices).....	32
2.3 Τάσεις της Αγοράς.....	33

Κεφάλαιο 3: Διαδίκτυο Πραγμάτων - Internet of Things (IoT)	34
3.1 Εισαγωγή.....	35
3.2 Πεδία Εφαρμογής Διαδικτύου των Πραγμάτων	39
3.2.1 Έξυπνη πόλη – Smart City.....	39
3.2.2 Περιβάλλον	40
3.2.3 Υγεία	41
3.2.4 Έξυπνα Εργοστάσια/ Επιχειρήσεις.....	42
3.2.5 Έξυπνο Σπίτι	43
3.2.5.1 Προβλέψεις και μελλοντική εξέλιξη της αγοράς	44
3.2.5.2 Συγκριτική μελέτη προϊόντων της αγοράς.....	46
Κεφάλαιο 4: Σημασιολογικός Ιστός	52
4.1 Περιγραφή Σημασιολογικού Ιστού	53
4.1.1 Εισαγωγή στον Σημασιολογικό Ιστό	53
4.1.2 Βασικές τεχνολογίες στον Σημασιολογικό Ιστό	55
4.1.2.1 HTTP.....	55
4.1.2.2 URI.....	55
4.1.2.3 XML.....	56
4.1.2.4 RDF.....	56
4.1.2.5 RDFS.....	58
4.1.2.6 Οντολογίες-OWL	60
4.1.2.7 SPARQL.....	61
4.1.2.8 SWRL.....	62
4.1.3 Συνδεδεμένα Δεδομένα.....	63
4.2: Εφαρμογές & Ιστοσελίδες βασισμένες στο Σημασιολογικό Ιστό	65
4.2.1 Ιστοσελίδες με χρήση Συνδεδεμένων Δεδομένων	65
4.2.2 Περιηγητές Σημασιολογικού Ιστού	68
4.2.3 Μηχανές Αναζήτησης Σημασιολογικού Ιστού	71
4.2.3.1 Μηχανές Αναζήτησης προς Ανθρώπινη Χρήση.....	71
4.2.3.2 Υπηρεσίες προοριζόμενες για εφαρμογές	72

4.2.3.3 Χρήση δομημένων δεδομένων από κλασικές μηχανές αναζήτησης.....	73
Κεφάλαιο 5: Εκτέλεση ιδέας.....	74
5.1 Παρουσίαση σεναρίων.....	75
5.2 Υλοποίηση οντολογίας και διατύπωση σεναρίων	80
5.2.1 Καθορισμός κλάσεων, στιγμιοτύπων και σχέσεων οντολογίας.....	80
5.2.2 Δημιουργία σεναρίων Smart Home μέσω SWRL και C#.....	84
5.2.3 Απόδοση τιμών σε παραμέτρους	86
5.3 Use cases - Εκτέλεση κι εξαγωγή αποτελεσμάτων.....	86
5.4 Εργαλεία σχεδιασμού & μοντελοποίησης της οντολογίας	92
5.4.1 Fluent Editor	92
5.4.1.1 <i>Controlled Natural Language – CNL</i>	93
5.4.1.2 <i>C#</i>	93
Κεφάλαιο 6: Σχεδιασμός συστήματος.....	94
6.1 Ανάλυση ιδέας	95
6.2 Παρουσίαση Mockup Ιστοσελίδας	95
Κεφάλαιο 7: Επίλογος.....	104
7.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα	105
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	106
Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία.....	107
Παράρτημα	110
Παράρτημα Α: Οντολογία και σεναρία ρύθμισης λειτουργίας Έξυπνου Σπιτιού .	111
Παράρτημα Β: Πίνακας Εικόνων	126

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενικά – Το πρόβλημα & η ιδέα

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις και οι γρήγοροι ρυθμοί της ζωής, έχουν οδηγήσει τον σύγχρονο άνθρωπο σε έναν καταγισμό εργασιών προς διεκπεραίωση καθημερινώς. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ανθρώπινη τάση προς συνεχή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έχουν καταστήσει την έλλειψη χρόνου ως ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά και προβλήματα του σύγχρονου ανεπτυγμένου κόσμου. Κατά συνέπεια, είναι εμφανής η προσπάθεια που γίνεται προς αυτοματοποίηση πληθώρας εργασιών και δραστηριοτήτων με σκοπό την απαλλαγή του ανθρώπου από χρονοβόρες, επαναλαμβανόμενες και κουραστικές διαδικασίες. Ασφαλώς σε αυτό έχει συντελέσει και η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας που έχει καταστήσει πλέον εφαρμόσιμα τα υποθετικά σενάρια αυτοματισμού που ο άνθρωπος μπορούσε μόνο να φανταστεί στο παρελθόν.

Απόρροια όλων αυτών ήταν κι η εκ νέου ανάδυση του οράματος του έξυπνου σπιτιού στο προσκήνιο ως μια γενική προσέγγιση που επιτρέπει την χρήση τεχνολογιών σε οικιακό επίπεδο με στόχο την διευκόλυνση της διαβίωσης των ατόμων μέσα σε αυτό. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι ο σκοπός του έξυπνου σπιτιού είναι διττός καθώς οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες αποσκοπούν αφενός στην βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ενοίκων κι αφετέρου στην ενεργειακή εξοικονόμηση κι ορθολογική διαχείριση των πόρων. Έτσι αναπτύχθηκαν πριν λίγες δεκαετίες τα πρώτα project τα οποία παρουσίαζαν σπίτια εξοπλισμένα με αισθητήρες, συσκευές κι ενεργοποιητές και σχεδιάζονταν ανάλογα με τις εκάστοτε λειτουργίες που έπρεπε να πραγματοποιούνται.

Μια εύλογη ερώτηση ωστόσο, σε αυτό το σημείο, θα ήταν ασφαλώς το γιατί το έξυπνο σπίτι δεν γνώριζε ανάπτυξη κι ευρεία διάδοση μέχρι πρόσφατα, από τη στιγμή που οι προσπάθειες υλοποίησής του είχαν ξεκινήσει αρκετά χρόνια πριν. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα έγκειται στην ίδια την τεχνολογία που εφαρμοζόταν για την κατασκευή του έξυπνου σπιτιού. Μέχρι πριν μια περίπου δεκαετία, ο όρος «έξυπνο σπίτι» χρησιμοποιούνταν για να περιγράψει ιδιόκτητα συστήματα οικιακού ελέγχου που αποτελούνταν από ιδιαίτερα ακριβή, εξειδικευμένο εξοπλισμό κι έκαναν χρήση κλειστών προτύπων. Το υπέρογκο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους καθώς κι η αδυναμία κάλυψης των νέων απαιτήσεων που εμφανίζονταν από τα ιδιόκτητα αυτά πρότυπα αποτελούσαν μερικούς από τους κύριους ανασταλτικούς παράγοντες στην ανάπτυξη της αγοράς του έξυπνου σπιτιού.

Με την έλευση του Διαδικτύου και της τεράστιας επιρροής του σχεδόν σε κάθε πτυχή της καθημερινότητας ήταν επόμενη η προσαρμογή της τεχνολογίας του έξυπνου σπιτιού σε αυτό κι η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που προσφέρει. Έτσι, οι

εταιρείες συστημάτων οικιακού αυτοματισμού έχουν στραφεί ως επί τω πλείστων στις ασύρματες τεχνολογίες Διαδικτύου κάνοντας πλέον χρήση ανοιχτών, διεθνή προτύπων. Μέσω της εναρμόνισης του έξυπνου σπιτιού με το *Διαδίκτυο των Πραγμάτων*, δηλαδή μέσω της διασύνδεσης καθημερινών αντικειμένων από το περιβάλλον στο διαδίκτυο, επιτεύχθηκε όχι μόνο η αναγκαία ελάττωση του κόστους αλλά και αποδοτικότερη λειτουργία και κάλυψη των αναγκών των χρηστών που θα ήταν αδύνατη δίχως την αξιοποίηση της ψηφιακής γενιάς. Επιπρόσθετα, η διασύνδεση των ψηφιακών συσκευών και γενικότερα των αντικειμένων στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει καταστήσει την ιδέα του έξυπνου σπιτιού πιο ελκυστική και δημοφιλή από ποτέ λόγω της δυνατότητας που προσφέρεται στον χρήστη να χειρίζεται το σύστημα εξ αποστάσεως μέσω του tablet ή του smartphone του.

Χάρη σε όλα αυτά, η αγορά του έξυπνου σπιτιού παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια μια ταχύτατα αυξανόμενη άνθηση με όλο και περισσότερες εταιρείες να εισέρχονται δυναμικά στον τομέα και να προσφέρουν τις δικές τους λύσεις και συστήματα. Για την συλλογή, την επικοινωνία και την ανάλυση των δεδομένων που αφορούν το περιβάλλον, τους κατοίκους και τα γεγονότα εντός του έξυπνου σπιτιού έχει αναπτυχθεί πληθώρα τεχνολογιών που αναφέρεται σε δίκτυα αισθητήρων, φορητά συστήματα κι έξυπνες συσκευές. Αντίστοιχα σε επίπεδο επικοινωνίας, έχουν αναπτυχθεί ανοιχτά πρότυπα και πρωτόκολλα για την αντιμετώπιση ζητημάτων συμβατότητας κι ανταλλαγής δεδομένων ανάμεσα σε διαφορετικά είδη συσκευών κι υπηρεσιών.

Ωστόσο, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι πολλές από τις τρέχουσες τεχνολογίες και συστήματα οικιακού αυτοματισμού αποτελούν λύσεις ad hoc, εξαρτώνται δηλαδή άμεσα από το συγκεκριμένο περιβάλλον και σενάριο κι είναι πολύ δύσκολο ή και αδύνατο να εφαρμοστούν σε μια παρόμοια κατάσταση χωρίς να απαιτείται αναπρογραμματισμός του συστήματος. Για παράδειγμα, αν και μπορεί να καταγραφεί και να συλλεχθεί μεγάλος όγκος δεδομένων από τους αισθητήρες, τους ενοίκους και τις διάφορες εξωτερικές πηγές, είναι δύσκολη η έξυπνη και αποτελεσματική επεξεργασία κι επαναχρησιμοποίησή τους. Παρά την ανάπτυξη πληθώρας τεχνολογιών επεξεργασίας δεδομένων, παρατηρείται ότι η ανάπτυξη κι η εφαρμογή μιας γενικής λύσης δεν είναι επεκτάσιμη κι εφικτή σε καταστάσεις της πραγματικής ζωής.

Ο λόγος για τα προαναφερθέντα προβλήματα μπορεί να συσχετιστεί με το γεγονός ότι οι υπάρχουσες τεχνολογίες κι υποδομές έξυπνου σπιτιού δεν έχουν δημιουργηθεί σύμφωνα με ένα κοινά αποδεκτό μοντέλο σε επίπεδο δεδομένων κι εφαρμογής. Αυτό οδηγεί σε τρεις άμεσες επιπτώσεις στην ανάπτυξη κι υλοποίηση των λύσεων του έξυπνου σπιτιού:

1. Η ανομοιογένεια των δεδομένων εμποδίζει την απρόσκοπτη ανταλλαγή κι επαναχρησιμοποίησή τους

2. Η ετερογένεια των εφαρμογών δεν επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των τμημάτων σε διαφορετικά σενάρια εφαρμογής.
3. Δίχως την υποστήριξη των τυπικών μοντέλων δεδομένων και τους εκφραστικούς φορμαλισμούς αναπαράστασης, οι υπάρχουσες τεχνολογίες έξυπνου σπιτιού δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τα μεταδεδομένα και την σημασιολογία τους.

Η έλλειψη σημασιολογίας και η μη δυνατότητα διαμοιρασμού και χρήσης δεδομένων εμποδίζει την διεξαγωγή ευφυούς, εις βάθος ανάλυσης κι ανακάλυψης γνώσης από πολλαπλές πηγές δεδομένων όπως αναγνώριση επαναλαμβανόμενου μοτίβου κι εξαγωγή αποφάσεων βασιζόμενων σε γνώση. Αυτό οδηγεί εν τέλει στην δυσκολία ανάπτυξης συστηματικής λύσης έξυπνου σπιτιού με αδιάλειπτη εισαγωγή δεδομένων και προηγμένα, υψηλά επίπεδα ευφυΐας. Επομένως, υπάρχει σήμερα ένα σημαντικό χάσμα ανάμεσα στις προτεινόμενες λύσεις της αγοράς και τους προσδοκώμενους στόχους του έξυπνου σπιτιού, το οποίο για να γεφυρωθεί απαιτούνται τεχνικές λύσεις με υψηλού επιπέδου κι εύκολο στη χρήση αυτοματισμό που θα παρουσιάζει ευελιξία κι επεκτασιμότητα κατά την αναδιάρθρωση κι ανάπτυξη του συστήματος.

Στην παρούσα εργασία, προτείνουμε αρχικά μια οντολογική προσέγγιση για την μοντελοποίηση των δεδομένων των επιμέρους οντοτήτων του έξυπνου σπιτιού όπως των ενοίκων, των οικιακών συσκευών κλπ. Έπειτα σχεδιάζεται και καθορίζεται ο τρόπος λειτουργίας του έξυπνου σπιτιού μέσω της διατύπωσης κανόνων και σεναρίων σύμφωνων με τις αρχές και την τεχνολογία του Σημασιολογικού Ιστού. Τέλος προτείνεται μια ενδεικτική μορφή ιστοσελίδας ελεύθερης διακίνησης κι εγκατάστασης σεναρίων smart home από τους χρήστες. Ο Σημασιολογικός Ιστός κι η σημασία του καθώς κι η έννοια της οντολογίας και των υπόλοιπων επιμέρους τεχνολογιών που τον απαρτίζουν παρουσιάζονται εκτενώς στο κεφάλαιο 4.

Η σημασιολογική αυτή μοντελοποίηση έχει σκοπό να αποτελέσει μια ρεαλιστική πρόταση λειτουργίας του έξυπνου σπιτιού η οποία αναμένεται να επιλύσει πολλά απ' τα προαναφερθέντα ζητήματα όπως αυτό της διαλειτουργικότητας των δεδομένων αλλά και να προσφέρει ευφυή εξαγωγή συμπερασματικής γνώσης και λήψη αποφάσεων υψηλού επιπέδου.

1.2 Οργάνωση Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται, πλην του παρόντος, από τα ακόλουθα μέρη-κεφάλαια :

- Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια θεωρητική και τεχνολογική ανάλυση του έξυπνου σπιτιού. Αφενός πραγματοποιείται μια κοινωνική προσέγγιση κι αξιολόγηση του έξυπνου σπιτιού έναντι του συμβατικού κι αφετέρου παρουσιάζεται εν συντομία ο τεχνικός εξοπλισμός που απαρτίζει ένα κλασικό έξυπνο σπίτι.
- Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί μια περιγραφή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) και της συνεισφοράς του σε πληθώρα πεδίων εφαρμογής επικεντρωμένοι ωστόσο στο τμήμα του έξυπνου σπιτιού. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζεται και μια συγκριτική μελέτη των IoT συστημάτων και brands της αγοράς που διατίθενται αυτή τη στιγμή για το έξυπνο σπίτι.
- Το τέταρτο κεφάλαιο εισάγει τον αναγνώστη στην έννοια του Σημαιολογικού Ιστού και των επιμέρους τεχνολογιών του μαζί με παρουσίαση εφαρμογών κι ιστοσελίδων βασιζόμενων σε αυτόν.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία υλοποίησης και διατύπωσης της οντολογίας και των σεναρίων του έξυπνου σπιτιού καθώς και αναλύονται ενδεικτικά use cases με σκοπό την παρουσίαση λειτουργίας του.
- Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η σχεδίαση με την μορφή mockups ενός σχετικού portal του οποίου στόχος είναι η δωρεάν παροχή και διακίνηση σεναρίων smart home προς τους χρήστες.
- Στο έβδομο κεφάλαιο το οποίο αποτελεί και τον επίλογο, σημειώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη της εργασίας κι εκτιμώνται οι προοπτικές που υπάρχουν για επέκταση αυτής.
- Τέλος στο παράρτημα, που έπεται της βιβλιογραφίας παρουσιάζεται ολόκληρη η οντολογία και οι κανόνες του έξυπνου σπιτιού όπως ακριβώς αυτά αναπτύχθηκαν.

Κεφάλαιο 2: Το Έξυπνο Σπίτι: Θεωρητική και Τεχνολογική Ανάλυση

2.1 Το «Έξυπνο Σπίτι»

2.1.1 Εισαγωγή

Από την προϊστορική εποχή μέχρι και σήμερα είναι εμφανής η συνεχής αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το περιβάλλον του. Αφουγκραζόμενος την οποιαδήποτε αλλαγή στην εκάστοτε κατάσταση και συνθήκη περιβάλλοντος, ο άνθρωπος προσαρμόζει πάντα αντίστοιχα και την συμπεριφορά του. Αν αντίστροφα και το περιβάλλον μπορεί με κάποιο τρόπο να υιοθετήσει αυτήν την συμπεριφορά και να «αναλάβει» την αυτοματοποίηση δραστηριοτήτων δίχως την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα, μπορούμε να οδηγηθούμε σε σπουδαία οφέλη.

Το «έξυπνο σπίτι» είναι ουσιαστικά ένα τέτοιο περιβάλλον το οποίο διαθέτει *Περιβάλλουσα Νοημοσύνη (Ambient Intelligence - AmI)* και αυτόματο έλεγχο που το καθιστά ικανό να ανταποκριθεί στην συμπεριφορά των ενοίκων του σπιτιού και να τους παρέχει ποικίλες υπηρεσίες. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι σε γενικές γραμμές γνωστός. Μια ομάδα αισθητήρων συγκεντρώνουν διαφορετικού τύπου δεδομένα σχετικά με τους ένοικους και τις διάφορες κινήσεις τους μέσα στο σπίτι. Έπειτα, υπολογιστές ή άλλες συσκευές (π.χ. μικροεπεξεργαστές) αναλύουν αυτά τα δεδομένα προκειμένου να αναγνωρίσουν την κάθε ενέργεια του ατόμου ή μεμονωμένα γεγονότα και στη συνέχεια ανταποκρίνονται σε αυτά χειρίζοντας συγκεκριμένους μηχανισμούς οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι μέσα στο σπίτι. Ένα απλό παράδειγμα είναι η ενεργοποίηση του φωτισμού κατά την είσοδο ενός ατόμου στο δωμάτιο. Ωστόσο μπορούν να εντοπιστούν και πιο περίπλοκα γεγονότα, όπως η ανίχνευση ενός ηλικιωμένου ατόμου που είναι μόνο του σπίτι και χρειάζεται ιατρική βοήθεια.

Η ιδέα του οικιακού αυτοματισμού υπάρχει εδώ και παραπάνω απ όσα θα φανταζόμασταν χρόνια (για παράδειγμα ο Νίκολα Τέσλα έκανε λόγο για απομακρυσμένο έλεγχο οχημάτων και σκαφών το 1898). Οι άνθρωποι επομένως, ακόμα και πριν την έλευση του ηλεκτρισμού σε οικιακό επίπεδο, ονειρευόντουσαν ένα σπίτι το οποίο θα αντιλαμβάνεται τις ανάγκες τους και θα λειτουργεί αυτόνομα. Επομένως, με την συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας τον τελευταίο αιώνα, ήταν αναμενόμενη η ενασχόληση με το αντικείμενο αυτό. Ειδικά στην σύγχρονη εποχή, όπου οι γρήγοροι ρυθμοί της ζωής και ο κατακλυσμός του ανθρώπου από πληθώρα υποχρεώσεων αποτρέπουν την άσκοπη σπατάλη χρόνου παρατηρούμε πως πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί ακριβώς εκεί : στην εξοικονόμηση πολύτιμου χρόνου μέσω της αυτοματοποίησης όσων το δυνατόν περισσότερων υπηρεσιών. Έτσι, σε οικιακό επίπεδο, εντοπίζουμε ήδη συσκευές που μας απαλλάσσουν από διάφορες δραστηριότητες: πλυντήριο πιάτων και ρούχων, τηλεχειριστήριο τηλεόρασης και κλιματισμού, αυτόματο κλείσιμο πόρτας γκαράζ κλπ. Ωστόσο, οι αυξανόμενες ανάγκες των ανθρώπων σε συνδυασμό με τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας ζωής, το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και τον οικολογικό παράγοντα επιτάσσουν την κατασκευή πλήρως ευφυών κατοικιών όπου θα ελαχιστοποιείται η παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα.

Ιδιαίτερα τις δύο τελευταίες δεκαετίες αρκετοί ερευνητές έχουν μελετήσει το θέμα αναπτύσσοντας ένα μεγάλο εύρος υποψήφιας εφαρμογών. Σήμερα, υπάρχουν πολλά είδη έξυπνων σπιτιών με τις ακόλουθες κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών:

1. Παροχή υπηρεσιών στους ενοίκους μέσω της αναγνώρισης των κινήσεών τους και της ανίχνευσης των καταστάσεων υγείας τους. Τα έξυπνα σπίτια αυτής της κατηγορίας λειτουργούν σαν πλατφόρμες συλλογής πληροφοριών για να εξασφαλίσουν την ευημερία των κατοίκων και μπορούν να υποδιαιρεθούν σε σπίτια που παρέχουν γενικές υπηρεσίες υγείας, υπηρεσίες για ηλικιωμένους κι υπηρεσίες για παιδιά.
2. Αποθήκευση κι ανάκτηση πληροφοριών πολυμέσων από το έξυπνο σπίτι οι οποίες μπορεί να είναι από φωτογραφίες μέχρι κι εμπειρίες. Σε αυτήν την κατηγορία τίθεται ασφαλώς το θέμα της επιφύλαξης μερικών απέναντι στη συλλογή ιδιωτικών πληροφοριών.
3. Παροχή υπηρεσιών επιτήρησης όπου τα δεδομένα του περιβάλλοντος που θα συλλέγονται θα επεξεργάζονται και θα ενεργοποιούν, αν κριθεί απαραίτητο, ειδικούς συναγερμούς για την προστασία του σπιτιού και των ενοίκων από επίδοξους εισβολείς αλλά και φυσικές καταστροφές όπως πλημμύρα, φωτιά κλπ.
4. Μείωση οικιακής ενεργειακής κατανάλωσης μέσω της επιτήρησης κι ελέγχου των συσκευών και του επαναπρογραμματισμού των ωρών λειτουργίας αυτών σύμφωνα με την ενεργειακή ζήτηση και τις προτιμήσεις των ενοίκων.

2.1.2 Αξιολόγηση Έξυπνου Σπιτιού έναντι Συμβατικού

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οφέλη της χρήσης του έξυπνου σπιτιού σε περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο αλλά και κάποιοι προβληματισμοί που έχουν εκφραστεί από μερικούς μελετητές. Τέλος, παρουσιάζονται τα εμπόδια που καλείται να υπερβεί η βιομηχανία του έξυπνου σπιτιού προκειμένου να επιτευχθεί η ευρεία αποδοχή και διάδοσή του.

2.1.2.1 Πλεονεκτήματα

➤ **Οικολογικό Αντίκτυπο**

Η «έξυπνη» εγκατάσταση ενός σπιτιού μπορεί να συνεισφέρει στην μείωση της περιβαλλοντικής μόλυνσης, της υποβάθμισης πολύτιμων φυσικών πηγών καθώς και της ποσότητας αποβλήτων. Η πλειονότητα της ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα προέρχεται από την χρήση ορυκτών καυσίμων που εκβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε συνδυασμό με την απευθείας χρήση ορυκτών καυσίμων, όπως για παράδειγμα φυσικού αερίου, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το έξυπνο σπίτι αποτελεί μια λύση για την ελάττωση όλων αυτών των επιπτώσεων στο περιβάλλον, λόγω της σημαντικής μείωσης των εισροών αλλά και των εκροών χάρη στην αύξηση της απόδοσης του σπιτιού.

Μια προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε από ειδικούς τεχνολογίας κτιρίων της Siemens σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Εφαρμοσμένων Επιστημών και Τεχνών της Λουκέρνης, απέδειξε ότι :

- Ένα μόνο εγκατεστημένο σύστημα μπορεί να σώσει 4 τόνους CO₂ τον χρόνο σε αντίθεση με ένα σπίτι χωρίς αυτοματισμό (με βάση τη θέρμανση φυσικού αερίου διαμερίσματος 100 τετραγωνικών μέτρων)
- Χαμηλότερες χρεώσεις στην παροχή υπηρεσιών και εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 30% χωρίς μείωση του επιπέδου της άνεσης μέσα στο σπίτι. (Siemens Global Website, 2015)

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency- IEA), το 19% της παραγωγής ενέργειας προορίζεται για τον φωτισμό. Μια παγκόσμια αλλαγή σε αποδοτικά συστήματα φωτισμού θα μπορούσε να μειώσει τον παγκόσμιο λογαριασμό ηλεκτρισμού κατά ένα δέκατο (Smart Home USA, 2014) . Αν ένα νοικοκυριό εγκαθιστούσε έναν αισθητήρα ανίχνευσης παρουσίας ο οποίος θα μπορεί να απενεργοποιήσει τις ηλεκτρικές συσκευές και τον φωτισμό κατά την έξοδο ενός ατόμου από τον χώρο, τότε θα μπορούσε να εξοικονομήσει μέχρι και 20% της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τον φωτισμό (Energy Monitoring, 2014).

➤ Κοινωνικό Όφελος

Σήμερα η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η εξασφάλιση όχι μόνο της μακροζωίας των ανθρώπων αλλά και της ευεξίας και της καλής ποιότητας ζωής. Μερικά από τα κοινωνικά οφέλη της εγκατάστασης του έξυπνου σπιτιού είναι:

- **Αυξημένη Άνεση:** Το έξυπνο σπίτι μπορεί να δημιουργήσει το βέλτιστο κλίμα για κάθε δωμάτιο καθώς και να προσφέρει ένα ευέλικτο σύστημα , όπως έλεγχο μεμονωμένων δωματίων, έλεγχο της θέρμανσης/ ψύξης και κλιματισμού κλπ.
- **Διευκόλυνση καθημερινής ζωής:** Ο χρήστης μπορεί να ενσωματώσει ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και συσκευές έτσι ώστε να κάνει την καθημερινή του ζωή μέσα στο σπίτι πιο εύκολη, δίχως την ανάγκη της δικής του παρέμβασης κατά την ρύθμιση για παράδειγμα του φωτισμού και των παραθύρων, των ηλεκτρικών συσκευών κλπ.
- **Βελτίωση Ασφάλειας:** Μέσω της εγκατάστασης τμημάτων επιτήρησης κι ασφάλειας, όπως ανιχνευτές καπνού, αισθητήρες κατάστασης παραθύρων και θυρών κι άλλα, επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή προστασία απέναντι σε εισβολείς κι ατυχήματα.

➤ Οικονομικό Όφελος

Στο παρελθόν, ο όρος «έξυπνο σπίτι» ήταν άρρηκτα συνδεδεμένος με την εικόνα πολυτελών οικιών με εξοπλισμό τελευταίας τεχνολογίας που απευθυνόταν αποκλειστικά και μόνο σε ανθρώπους με άριστη οικονομική κατάσταση. Ωστόσο, κι όπως παρουσιάζεται και σε επόμενη ενότητα, η εξέλιξη της τεχνολογίας και η βελτίωση του «έξυπνου» εξοπλισμού έχει καταστήσει το έξυπνο σπίτι πιο προσιτό οικονομικά από ποτέ. Επιπροσθέτως, οι νέες τεχνολογίες για το έξυπνο σπίτι είναι τύπου «plug and play» (τοποθέτησης κι άμεσης λειτουργίας) ή εύκολης εγκατάστασης και δεν απαιτούν δηλαδή κάποια μεγάλη ανακαίνιση στο σπίτι με αυξημένο κόστος.

Το σημαντικότερο όμως όλων είναι ότι το έξυπνο σπίτι αποτελεί μια μακροπρόθεσμη επένδυση της οποίας το οικονομικό όφελος διαφαίνεται άμεσα, μέσω πχ. της μείωσης του λογαριασμού ενέργειας που αναφέρθηκε και παραπάνω, αλλά και μακροπρόθεσμα. Για παράδειγμα, χάρη στην εξασφάλιση της απαραίτητης ξηρότητας του αέρα, επιτυγχάνεται μείωση της υγρασίας εντός του σπιτιού και κατά συνέπεια απαλλασσόμαστε από την ανάγκη συχνής συντήρησης του κτιρίου.

2.1.2.2 Προβληματισμοί

Παρά τα παραπάνω αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα, ορισμένοι ερευνητές έχουν εκφράσει τις ανησυχίες τους σχετικά με τα αρνητικά αντίκτυπα που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη τεχνολογία στην κοινωνία:

- Ο έλεγχος του έξυπνου σπιτιού μέσω ηλεκτρονικών συσκευών με οθόνες μπορεί να έχει επιπτώσεις την όραση αλλά και στην ποιότητα του ύπνου: ο φωτισμός των συσκευών επιδρά στην παραγωγή της μελατονίνης, μιας χημικής ουσίας που ρυθμίζει την διαδικασία του ύπνου και την ημερήσια δραστηριότητα (The State News, 2014).
- Σύμφωνα με την θεωρία του Shaun Salzberg, οι γονείς και τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας αναλαμβάνουν την διεκπεραίωση συγκεκριμένων οικιακών δραστηριοτήτων και μπορεί να μην επιθυμούν την ύπαρξη ενός συστήματος οικιακού αυτοματισμού που θα τους στερήσει τον ενεργό και παραγωγικό τους ρόλο μέσα στο σπίτι (ειδικά στην περίπτωση των ατόμων που δεν εργάζονται ή δεν έχουν κάποια άλλη απασχόληση πχ. άνεργοι, συνταξιούχοι κλπ).
- Όσον αφορά το περιβάλλον και την οικονομία, ανησυχία προκαλεί η εξάντληση των φυσικών πόρων, η εκπομπή επικίνδυνων ουσιών καθώς και η μόλυνση της ατμόσφαιρας και του νερού – ζητήματα, με τα οποία σχετίζεται η βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών. Μείζον πρόβλημα είναι επίσης και η συνεχόμενη αύξηση της ποσότητας ηλεκτρονικών αποβλήτων που αποτελεί απειλή τόσο για την υγεία όσο και για το περιβάλλον.
- Τέλος, ένα ακόμα γεγονός που αξίζει να αναφερθεί, όσον αφορά την επίδραση του έξυπνου σπιτιού στην αύξηση της αποδοτικότητας του χρήστη, είναι το παράδοξο του οικονομολόγου Jevons, το οποίο ορίζει ότι «η αποδοτικότερη χρήση ενός πόρου δεν οδηγεί από μόνη της σε εξοικονόμηση, αλλά σε μεγαλύτερη κατανάλωσή του και ταχύτερη εξάντληση των αποθεμάτων». Κατά συνέπεια και σύμφωνα με αυτή την πρόταση η οποία, ούσα παράδοξο, αντιβαίνει στην κοινή λογική, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας που προσφέρει η τεχνολογία του έξυπνου σπιτιού πιθανόν να οδηγήσει τελικά - αντί της προσδοκώμενης μείωσης - σε τελική αύξηση της χρήσης των πόρων.

2.1.2.3 Εμπόδια που καλείται να υπερβεί το Έξυπνο Σπίτι

Μέσα από διάφορες έρευνες που έχουν διεξαχθεί, έχει αποδειχτεί ότι η βιομηχανία του Έξυπνου Σπιτιού οφείλει να επιλύσει κάποιους συγκεκριμένους περιορισμούς προκειμένου αυτή να γίνει ευρέως αποδεκτή. Τα ζητήματα αυτά, τα οποία διαφέρουν αναλόγως της οπτικής γωνίας ενός ειδικού ή απλού χρήστη, μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο κατηγορίες, τεχνολογικά και κοινωνικά. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι μερικοί απ' αυτούς τους περιορισμούς οφείλονται και στην περιορισμένη κατασκευή διαφόρων συστημάτων κι αναμένονται να επιλυθούν πλήρως με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα και με τον νόμο του Moore.

➤ Τεχνολογικά Εμπόδια

- **Διαλειτουργικότητα:** Η διαλειτουργικότητα, δηλαδή η ικανότητα των μεμονωμένων συστημάτων να λειτουργούν μαζί, στην περίπτωση του έξυπνου σπιτιού μεταφράζεται ως επικοινωνία των πολλαπλών συσκευών μεταξύ τους, ανταλλαγή πληροφοριών και συνεργασία στην εκτέλεση εργασιών. Ωστόσο, λόγω των διαφορετικών προτιμήσεων των κατασκευαστών σε είδη δικτύου και πρωτοκόλλων επικοινωνίας, υπάρχει μια μεγάλη σειρά από οικοσυστήματα με αποτέλεσμα την έλλειψη τυποποίησης για την διαβίβαση δεδομένων και τις τεχνολογίες συλλογής κι αποθήκευσης. Επομένως η δημιουργία ενός αξιόπιστου και σταθερού οικοσυστήματος είναι απαραίτητη.
- **Αξιοπιστία:** Όπως ισχύει και για οποιαδήποτε άλλη τεχνολογική εφαρμογή, έτσι κι ένα σύστημα έξυπνου σπιτιού δεν μπορεί να είναι 100% αξιόπιστο χωρίς το παραμικρό ενδεχόμενο να εμφανιστεί κάποιο τεχνικό πρόβλημα. Το ζήτημα όμως της αξιοπιστίας εντείνεται με τη χρήση διαφορετικών προτύπων κι άρα ανοχών σε τεχνικά σφάλματα. Για παράδειγμα, αν οι κατασκευαστές λεβήτων και οι προγραμματιστές υπολογιστών δουλεύουν έχοντας διαφορετικές παραδοχές σχετικά με το κατάλληλο επίπεδο ανοχής για σφάλματα, ο συνδυασμός των δύο διαφορετικών προϊόντων μπορεί να οδηγήσει σε επιπλοκές, όπως για παράδειγμα σε μια σοβαρή βλάβη του λέβητα λόγω μιας ασήμαντης δυσλειτουργίας του υπολογιστή.

➤ **Κοινωνικά Εμπόδια:**

- ***Ευχρηστία:*** Προκειμένου η τεχνολογία του έξυπνου σπιτιού να ικανοποιεί επαρκώς τον χρήστη, θα πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία ανάμεσα στο επίπεδο του αυτοματισμού και την δυσκολία χειρισμού. Είναι σημαντικό να μην ξεχνάμε το γεγονός ότι πολλές από τις λύσεις του έξυπνου σπιτιού απευθύνονται σε άτομα με αυξημένες ανάγκες που όμως δεν έχουν καλή γνώση της τεχνολογίας, π.χ. ηλικιωμένοι. Η τεχνολογία που θα εφαρμόζεται στο σπίτι θα πρέπει πάντα να είναι εύκολη στη διαχείριση και στην κατανόησή της αλλά και να προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη κι όχι το αντίστροφο.
- ***Ασφάλεια και Προστασία Προσωπικών Δεδομένων:*** Αν και το ζήτημα της ασφάλειας αντιμετωπίζεται σαν ένα τεχνικό μόνο πρόβλημα με απλές λύσεις, η προστασία των προσωπικών δεδομένων χαρακτηρίζεται ως το πιο απαιτητικό ρίσκο στην ανάπτυξη του έξυπνου σπιτιού. Το έξυπνο σπίτι απαιτεί την συλλογή πληροφοριών σχετικών με τον χρήστη προκειμένου να λειτουργήσει κι επομένως, η εξασφάλιση της ασφάλειας των ιδιωτικών αυτών πληροφοριών καθώς κι η αποφυγή της διαρροής τους οφείλει να αποτελεί προτεραιότητα . Η ασάφεια σχετικά με τα προσωπικά δεδομένα, την συλλογή και αποθήκευσή τους καθώς και τους τρόπους χρήσης τους πέραν των προβλεπόμενων μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη εμπιστοσύνης του χρήστη απέναντι στο σύστημα.
- ***Σχέση Αξίας - Κόστους:*** Ο καταναλωτής δυσκολεύεται συχνά να εκτιμήσει το ρόλο ενός έξυπνου σπιτιού στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, δίχως να προηγηθεί εφαρμογή των τεχνολογιών . Η αξία της εγκατάστασης δεν γίνεται κατανοητή και λόγω του ότι τα οφέλη του έξυπνου σπιτιού εξαρτώνται σε ένα μεγάλο βαθμό κι από την ικανότητα των ατόμων να γνωρίζουν και να αξιοποιούν στο μέγιστο την τεχνολογία αλλά και να αναγνωρίζουν τους περιορισμούς και τις αδυναμίες του συστήματος.

Η χρησιμότητα του έξυπνου σπιτιού γίνεται περισσότερο αντιληπτή κατά την εξοικονόμηση χρημάτων που προέρχεται από την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της μείωσης των πόρων. Ωστόσο το έξυπνο σπίτι διαθέτει σήμερα διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα και κατά συνέπεια σχετικές δαπάνες που προκαλούν συχνά σύγχυση στον χρήστη ο οποίος κι αδυνατεί να δικαιολογήσει την τελική τιμή.

2.2 Τεχνικός Εξοπλισμός Έξυπνου Σπιτιού

Από τεχνικής άποψης ο εξοπλισμός του έξυπνου σπιτιού αποτελείται από πέντε μέρη:

1. Τις ελεγχόμενες συσκευές
2. Τους αισθητήρες (sensors) και τους ενεργοποιητές (actuators)
3. Το δίκτυο ελέγχου(control network)
4. Τον ελεγκτή (controller)
5. Τις απομακρυσμένες υπηρεσίες ελέγχου.

2.2.1 Ελεγχόμενες συσκευές

Οι ελεγχόμενες συσκευές είναι όλα τα στοιχεία εκείνα, (πχ. ηλεκτρικές συσκευές) τα οποία είναι συνδεδεμένα και ελέγχονται απ το σύστημα του οικιακού αυτοματισμού. Με την πάροδο των χρόνων, όλο και περισσότερες απ' αυτές τις συσκευές κατασκευάζονται με built-in λειτουργικότητα (Web-servers, WLAN, Bluetooth, Z-Wave διεπαφές κλπ.) που επιτρέπουν απευθείας συνδεσιμότητα στο δίκτυο ελέγχου. Οι υπόλοιπες συσκευές θα πρέπει να συνδεθούν με προσαρμογείς (adapters) για να ενσωματωθούν στην υποδομή του έξυπνου σπιτιού.

2.2.2 Αισθητήρες(Sensors) και Ενεργοποιητές(Actuators)

Οι ενεργοποιητές είναι τα «χέρια» του οικιακού δικτύου, αποτελώντας το μέσο εκείνο που επιτρέπει στο δίκτυο να πραγματοποιεί εντολές μέσα στο έξυπνο σπίτι. Ανάλογα με τον τύπο της αλληλεπίδρασης που απαιτείται, υπάρχουν μηχανικοί ενεργοποιητές όπως αντλίες και ηλεκτρικές μηχανές ή ηλεκτρονικοί ενεργοποιητές όπως ηλεκτρικοί διακόπτες και ροοστάτες(dimmers).

Αν οι ενεργοποιητές είναι τα «χέρια», τότε μπορούμε να πούμε ότι οι αισθητήρες είναι τα «μάτια» και τα «αυτιά» του δικτύου, επιβλέποντας τις δραστηριότητες των ενοίκων αλλά και την κάθε αλλαγή στις συνθήκες περιβάλλοντος. Στην αγορά κυκλοφορούν αισθητήρες που καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως μέτρηση θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός, κίνησης κλπ.

Τρεις διαφορετικές τεχνολογίες αισθητήρων έχουν αποδειχτεί να ανταποκρίνονται επαρκώς στις ανάγκες ανίχνευσης της ανθρώπινης δραστηριότητας σε ένα έξυπνο σπίτι:

2.2.2.1 Φορητοί αισθητήρες

Αναφερόμαστε ουσιαστικά σε αισθητήρες οι οποίοι φοριούνται από τους ενοίκους του σπιτιού και μπορούν να ενσωματωθούν σε ρούχα, γυαλιά, παπούτσια, ρολόγια χειρός ή ακόμα και να τοποθετηθούν απευθείας στο σώμα. Οι συσκευές αυτές επιβλέπουν και καταγράφουν χαρακτηριστικά τα οποία υποδεικνύουν την ψυχολογική κατάσταση του ατόμου και τις κινήσεις του. Για παράδειγμα, φορητά επιταχυνσιόμετρα χρησιμοποιούνται συχνά για την αναγνώριση μιας πτώσης ή κατάρρευσης του ατόμου ενώ φορητοί RFID αναγνώστες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εντοπίσουν αλληλεπίδραση με συγκεκριμένα αντικείμενα.

2.2.2.2 Αισθητήρες Άμεσου Περιβάλλοντος (*Direct environmental sensing*)

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι αισθητήρες εκείνοι που εγκαθίστανται μες στο περιβάλλον του έξυπνου σπιτιού παρέχοντας σημαντική γνώση για δραστηριότητες και γεγονότα. Ωστόσο το θέμα του κόστους της εγκατάστασης και της συντήρησης μπορεί να είναι απαγορευτικό, ειδικά σε περιπτώσεις εγκατάστασης σε ήδη υπάρχοντα σπίτια. Επιπλέον, μερικοί εκφράζουν μια επιφύλαξη λόγω της αίσθησης της παραβίασης της προσωπικής τους ζωής, ιδιαίτερα απέναντι στη χρήση βιντεοκάμερας.

Οι κυριότεροι αισθητήρες αυτής της τεχνολογίας είναι:

- **Απλοί δυαδικοί αισθητήρες :** Ένα είδος αισθητήρων που χρησιμοποιείται ευρέως στα έξυπνα σπίτια και οι οποίοι αναγνωρίζουν την κατάσταση ενός αντικειμένου ή μιας κίνησης με ένα απλό ψηφίο «1» ή «0» . Ανάμεσα σ' αυτούς τους αισθητήρες ανήκουν οι ανιχνευτές κίνησης και πίεσης που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση παρουσίας και τοποθεσίας μέσα στο σπίτι, καθώς και οι διακόπτες επαφής(contact switch) που εγκαθίστανται σε πόρτες, ντουλάπια και συσκευές για να παρέχουν πληροφορίες κατά την αλληλεπίδραση του ενοίκου με αυτές. Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής περιλαμβάνουν το χαμηλό κόστος και την εύκολη εγκατάσταση, όμως οι αισθητήρες αυτοί μεταδίδουν πληροφορίες σε ένα αφηρημένο επίπεδο κι έτσι εμφανίζουν περιορισμούς κατά την αναφορά δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, είναι αδύνατο να ξέρουμε ποιο αντικείμενο αφαιρέθηκε από ένα ντουλάπι γνωρίζοντας απλά την κατάσταση του ντουλαπιού.
- **Βιντεοκάμερες:** Οι βιντεοκάμερες θεωρούνται αισθητήρες υψηλού περιεχομένου που παρέχουν πλούσιες πηγές πληροφοριών προς ανθρώπινη παρακολούθηση αλλά κι ερμηνεία από υπολογιστή. Ωστόσο, εκτός από το ζήτημα της παραβίασης της ιδιωτικής ζωής, θίγουν και περισσότερο τεχνικά θέματα αναφορικά με την αποθήκευση αιτημάτων και την εξαγωγή πληροφοριών.

- **Αισθητήρες Ταυτοποίησης μέσω Ραδιοσυχνότητων- RFID :** Η τεχνολογία RFID χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε έναν αναγνώστη (reader) και σε έναν πομποδέκτη που συχνά αναφέρεται και ως ετικέτα (tag) RFID. Όταν οι ετικέτες βρεθούν στην εμβέλεια της κεραίας του αναγνώστη ανταποκρίνονται με ένα μοναδικό αναγνωριστικό ενώ ταυτόχρονα η πληροφορία αποθηκεύεται στη μνήμη τους. Υπάρχουν δύο είδη ετικετών RFID: οι ενεργές ετικέτες που περιέχουν μπαταρία, προσφέρουν μεγάλο εύρος και μπορούν να μεταφερθούν από ένα άτομο για ατομική ταυτοποίηση και οι παθητικές ετικέτες που δεν έχουν κάποια πηγή ενέργειας και είναι συχνά συνδεδεμένες σε ένα αντικείμενο για τον εντοπισμό αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε χρήστη και αντικείμενο. Ένας από τους βασικούς περιορισμούς της τεχνολογίας RFID είναι η αξιοπιστία τους και η σταθερότητά τους ειδικά όταν η ανάγνωση γίνεται μέσα από υγρά ή μέταλλα. Παρόλα αυτά, η ικανότητα των ετικετών στον εντοπισμό πολλαπλών ατόμων και η δυνατότητα τοποθέτησής τους εκτός οπτικού πεδίου τις καθιστά σημαντικές στο έξυπνο σπίτι. Για παράδειγμα με την τοποθέτηση RFID αναγνώστη και ετικέτας σε μια πρίζα και σε μια ηλεκτρική συσκευή του σπιτιού αντίστοιχα, μπορούμε να εντοπίσουμε την σύνδεση τους καθώς και να χειριστούμε την συσκευή.
- Στην αγορά είναι διαθέσιμοι κι άλλοι αισθητήρες άμεσου περιβάλλοντος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσα στο έξυπνο σπίτι για να αναφέρουν δραστηριότητες καθώς και να ενεργοποιήσουν αυτόματες υπηρεσίες. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να προσφέρουν πιο συγκεκριμένες πληροφορίες από τους απλούς δυαδικούς αισθητήρες αλλά λιγότερες λεπτομέρειες από τις βιντεοκάμερες(πχ. αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας κλπ.)

2.2.2.3 Συστήματα Υποδομής Μεσολάβησης (Infrastructure Mediated Systems)

Τα συστήματα υποδομής μεσολάβησης αποτελούν μια ιδιαίτερη, πρακτική λύση χαμηλού κόστους για την κατηγοριοποίηση δραστηριοτήτων στο έξυπνο σπίτι. Εν αντιθέσει με την εγκατάσταση απλών δυαδικών αισθητήρων σε ολόκληρο το σπίτι, τα συστήματα υποδομής μεσολάβησης απαιτούν την τοποθέτηση ενός ή λίγων αισθητήρων στην υπάρχουσα υποδομή(όπως πχ. το ηλεκτρικό ή υδραυλικό σύστημα), μειώνοντας έτσι το κόστος και την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης και συντήρησης. Ωστόσο, οι λεπτομέρειες που συλλέγονται πάνω στις δραστηριότητες και το περιεχόμενό τους μπορεί να μην είναι επαρκείς.

Για παράδειγμα, ο S.N. Patel κι η ομάδα του τοποθέτησε ένα φίλτρο αέρα κλιματιστικού με πέντε αισθητήρες πίεσης που ο καθένας προοριζόταν για διαφορετική κατεύθυνση. Το μέγεθος της μεταβολής της πίεσης που καταγραφόταν απ' όλους τους αισθητήρες χρησιμοποιούνταν για την αναγνώριση ειδικών μεταβολών στην κυκλοφορία του αέρα που μπορεί να προκληθεί από κινήσεις του ατόμου μέσα στον χώρο, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο μιας πόρτας.¹

2.2.3 Δίκτυο Ελέγχου

Το δίκτυο ελέγχου παρέχει την συνδεσιμότητα μεταξύ των ελεγχόμενων συσκευών, των αισθητήρων και των ενεργοποιητών από τη μια πλευρά, και του ελεγκτή με τις απομακρυσμένες υπηρεσίες ελέγχου από την άλλη. Υπάρχουν τρεις βασικές επιλογές τεχνολογίας για το σπίτι και την κατασκευή αυτομάτων δικτύων ελέγχου σήμερα:

- Επικοινωνία Γραμμής Ρεύματος (Power Line Communication)
- Ασύρματη Μετάδοση (Wireless Transmission)
- Ενσύρματη Μετάδοση (Wireline Transmission)

2.2.3.1 Επικοινωνία Γραμμής Ρεύματος (Power Line Communication)

Η επικοινωνία γραμμής ρεύματος κάνει χρήση των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια για τη μετάδοση κυμάτων διαμορφωμένων σε ψηφιακά σήματα σε συχνότητα κύματος μεταξύ 20kHz και 200kHz. Το παλιό κυρίαρχο και χαμηλής ταχύτητας πρότυπο γραμμής ρεύματος X.10, αν και παραμένει ευρέως εγκατεστημένο, έχει πλέον αντικατασταθεί απ' το υψηλής απόδοσης πρότυπο HomePlug το οποίο έγινε το πρότυπο IEEE 1901 το 2010. Η τελευταία έκδοση – AV2- του πρότυπου HomePlug επιτυγχάνει ταχύτητες μετάδοσης μέχρι και 500MBit/s. Το βασικό πλεονέκτημα της επικοινωνίας γραμμής ρεύματος είναι η χαμηλή τιμή για τα μέρη του καθώς και το γεγονός ότι δεν απαιτεί πρόσθετη καλωδίωση. Το μειονέκτημα, ωστόσο, είναι ότι οι μονάδες διανομής της γραμμής ρεύματος μπορεί να έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην ταχύτητα μετάδοσης. Σε μερικές

¹ S.N. Patel, M.S. Reynolds, G.D. Abowd
Detecting human movement by differential air pressure sensing in HVAC system ductwork: an exploration in infrastructure mediated sensing
Pervasive 2008 (2008), pp. 1–18

περιπτώσεις, ο σχεδιασμός της ηλεκτρικής καλωδίωσης μπορεί ακόμα και να αποτρέπει την κάλυψη τμημάτων της υποδομής της γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο.

2.2.3.2 Ασύρματη Μετάδοση (*Wireless Transmission*)

Στις μέρες μας υπάρχει πληθώρα τεχνολογιών ασύρματης μετάδοσης που διατίθενται για αυτοματισμό σπιτιών και κτιρίων γενικότερα. Η απόσταση και οι ταχύτητες μετάδοσης εξαρτώνται από τη συχνότητα μετάδοσης και τις διαφοροποιήσεις της εκάστοτε τεχνολογίας κι το εύρος τιμών τους είναι από 20m έως 1000m κι από 20kBit/s έως 250kBit/s αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, πρέπει να ληφθούν υπόψιν και οι παράγοντες της κατανάλωσης ενέργειας καθώς και της ακρίβειας τοποθεσίας. Η μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας την τελευταία δεκαετία έχει συμβάλει στη σημαντική βελτίωση όλων των θεμάτων απόδοσης της ασύρματης τεχνολογίας.

Οι κυριότεροι λόγοι της αυξανόμενης χρήσης ασύρματης τεχνολογίας στον οικιακό αυτοματισμό είναι:

- Η γενικότερη στροφή των εταιρειών συστημάτων οικιακού αυτοματισμού στις τεχνολογίες Διαδικτύου
- Το γεγονός ότι τα περισσότερα συστήματα κτιριακού αυτοματισμού έχουν γίνει ανοιχτά, διεθνή πρότυπα
- Οι νέες κυκλοφορίες προτύπων έχουν αυξήσει την ικανότητα διαβίβασης δεδομένων κι έχουν ελαττώσει κι άλλο την κατανάλωση ενέργειας
- Η μείωση του κόστους και του μεγέθους των τμημάτων
- Η ενοποίηση με πρότυπα κτιριακού αυτοματισμού ενσύρματης τεχνολογίας όπως το KNX ή το LON μέσω πυλών(gateways).

Αν κι ο ασύρματος κτιριακός έλεγχος αποτελούσε για χρόνια δευτερεύουσα επιλογή για lower end, μετά-κατασκευαστικά έργα, η υιοθέτηση νέων, αξιόπιστων τεχνολογιών χαμηλής ενέργειας έχει αλλάξει την βιομηχανία. Σήμερα οι διεπαφές RFID, BLE (Bluetooth Low Energy), Z-Wave, ZigBee είναι πλήρως ενσωματωμένες σε ελεγχόμενες πρίζες, διακόπτες και οικιακές συσκευές. Πολλές ηλεκτρονικές συσκευές ήχου και εικόνας επίσης, υποστηρίζουν την τεχνολογία Wi-Fi και μπορούν να μεταδίδουν υλικό από το Διαδίκτυο καθώς και να ελεγχθούν από smartphone συσκευές, tablets κλπ.

2.2.3.3 Ενσύρματη Μετάδοση (Wireline Transmission)

Τα δύο βασικά ανοιχτά πρότυπα για ενσύρματο κτιριακό αυτοματισμό είναι το KNX και το LON. Το KNX (Konnex) είναι ένα ευρωπαϊκό και διεθνές πρότυπο για οικιακό και κτιριακό αυτοματισμό που αντικαθιστά τα παλαιότερα ευρωπαϊκά πρότυπα EIB (European Installation Bus), Batibus (που χρησιμοποιείται κυρίως στη Γαλλία), και EHS (European Home Systems). Σήμερα στην Ευρώπη, περισσότερο από το 75% του βιομηχανικού κτιριακού αυτοματισμού καθώς και των έξυπνων σπιτιών χρησιμοποιούν το πρότυπο KNX, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και σε πολλές περιοχές του κόσμου εκτός Ευρώπης. Το LON(Local Operating Network) χρησιμοποιείται κατά τον κτιριακό αυτοματισμό μεγάλων έργων όπως αεροδρομίων, σταδίων ή οδικού φωτισμού. Σε αντίθεση με την ιεραρχική αρχιτεκτονική του KNX, το συγκεκριμένο πρότυπο χρησιμοποιεί μια αποκεντρωμένη προσέγγιση. Σε μεγάλες εφαρμογές, οι τοπικές πληροφορίες μπορούν να προσπελαστούν τοπικά χωρίς να σταλούν σε έναν κόμβο κεντρικού ελέγχου , επιτρέποντας καθ' αυτόν τον τρόπο την επεκτασιμότητα και την εναλλαξιμότητα που απαιτούν οι δημόσιες εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις διαθεσιμότητας.

2.2.3.4 Ανακεφαλαίωση

Και οι τρεις τεχνολογίες δικτύων ελέγχου- επικοινωνία γραμμής ρεύματος, ασύρματη και ενσύρματη μετάδοση- έχουν βελτιωθεί σημαντικά στην ταχύτητα μετάδοσης, την αξιοπιστία και την διαλειτουργικότητα τα τελευταία δέκα χρόνια. Σε γενικές γραμμές, τα δίκτυα ελέγχου που βασίζονται στην επικοινωνία γραμμής ρεύματος κι την ασύρματη μετάδοση είναι τα επικρατέστερα στον οικιακό αυτοματισμό χάρη στις χαμηλές τιμές των τμημάτων και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης. Αντίθετα, τα ενσύρματα δίκτυα ελέγχου εντοπίζονται κυρίως στις βιομηχανικές εφαρμογές κτιριακού ελέγχου λόγω του ότι ανταποκρίνονται καλύτερα στις υψηλές απαιτήσεις που αυτές οι εφαρμογές απαιτούν.

2.2.4 Ελεγκτής (Controller)

Ο ελεγκτής είναι το σύστημα υπολογιστή που λειτουργεί ως «εγκέφαλος» του κτιριακού συστήματος αυτοματισμού. Συγκεντρώνει πληροφορίες μέσω των αισθητήρων, δέχεται εντολές από τις συσκευές απομακρυσμένου ελέγχου και λειτουργεί βασιζόμενος σε αυτές ή σε μια σειρά προκαθορισμένων κανόνων κάνοντας χρήση ενεργοποιητών ή μέσω επικοινωνίας όπως ηχεία, email, τηλέφωνα κλπ. Σε έναν οικιακό αυτοματισμό, ο ελεγκτής είναι είτε ένα συνεχώς ενεργοποιημένο αυτόνομο λογισμικό ή ένας ενσωματωμένος υπολογιστής Linux/

Windows/ OS-X που «τρέχει» την εφαρμογή ελέγχου για το σπίτι. Τα βιομηχανικά κτίρια καθώς κι οι κατοικίες με μεγαλύτερες ανάγκες που χρειάζονται υψηλή διαθεσιμότητα χρησιμοποιούν επιπρόσθετα συστήματα ελέγχου με αδιάλειπτη παροχή ενέργειας(UPS).

2.2.5 Συσκευές Απομακρυσμένου Ελέγχου (Remote Control Devices)

Η αυξανόμενη αποδοχή των συστημάτων οικιακού αυτομάτου ελέγχου οφείλεται σε ένα μεγάλο ποσοστό στην τεράστια εξάπλωση των smartphones και των tablets, που έχουν ουσιαστικά εξαλείψει την ανάγκη για τη χρήση αποκλειστικών συσκευών αυτόματου ελέγχου. Μέσα σε κυριολεκτικά ελάχιστα χρόνια, όλα τα συστήματα οικιακού αυτοματισμού της αγοράς έχουν εισαγάγει εφαρμογές ελέγχου για κινητά και tablets. Επιπροσθέτως, η πρόοδος στην αναγνώριση φωνής έχει οδηγήσει στην προσθήκη ελέγχου βασιζόμενου σε φωνητικές εντολές στο έξυπνο σπίτι. Οι συσκευές απομακρυσμένου ελέγχου λειτουργούν συνδεδεμένες στην εφαρμογή του οικιακού αυτοματισμού στον ελεγκτή του σπιτιού. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τη σύνδεση στον ελεγκτή μέσω του ίδιου του δικτύου ελέγχου είτε μέσω οποιασδήποτε άλλης διεπαφής προσφέρει ο ελεγκτής, όπως για παράδειγμα WLAN, Ίντερνετ ή τηλεφωνικό δίκτυο. Έτσι, είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι τα smartphones και τα tablets υπερτερούν έχοντας το πλεονέκτημα να διαθέτουν από κατασκευής την ικανότητα απομακρυσμένου ελέγχου μέσω Ίντερνετ ή του δικτύου κινητής τηλεφωνίας.

2.3 Τάσεις της Αγοράς

Τα τελευταία δέκα χρόνια, η διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στα ακριβά, κλειστά συστήματα οικιακού ελέγχου και τα έξυπνα σπίτια έχει σχεδόν εξαφανιστεί, με τα δύο αυτά τμήματα της αγοράς να έχουν αλλάξει δραματικά. Οι ακριβές ιδιόκτητες (proprietary) λύσεις είναι οικονομικά πλέον πιο προσιτές και βασίζονται περισσότερο σε ανοιχτά πρότυπα (open standards) ενώ αντίστοιχα, οι low- end λύσεις για τους απλούς καταναλωτές σημειώνουν μεγάλη εξέλιξη, κάνοντας χρήση των ίδιων τεχνολογιών με τα βιομηχανικά συστήματα. Το γεγονός αυτό, θα μπορούσε να παραλληλιστεί με την συγχώνευση που συνέβη πριν λίγες δεκαετίες μεταξύ των αγορών των επαγγελματικών και προσωπικών υπολογιστών.

Αν κι η ανάγκη για αξιόπιστα κι εύρωστα επαγγελματικά συστήματα κτιριακού ελέγχου οδήγησε στην ανάπτυξη πολλών κλειστών προτύπων, η γρήγορη ταχύτητα με την οποία αναπτύσσεται η ψηφιακή γενιά δεν τα καθιστά πλέον απαραίτητα. Επιπρόσθετα, οι νέες απαιτήσεις για τον έλεγχο των έξυπνων κτιρίων που συνεχώς δημιουργούνται δεν μπορούν πλέον να καλυφθούν από τα ιδιόκτητα αυτά πρότυπα. Μερικά παραδείγματα είναι:

- Η ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων και των έξυπνων μετρητών
- Η ενσωμάτωση των web/IP-ενεργοποιημένων οικιακών συσκευών
- Η ενσωμάτωση των web/IP-ενεργοποιημένων ηλεκτρονικών
- Η εισαγωγή πληροφοριών κι υπηρεσιών βασισμένων στο διαδίκτυο (ποσοστά παροχής/ζήτησης από τους προμηθευτές ενέργειας, πληροφορίες οδικής κίνησης, τοποθεσίας, καιρού κλπ)

Λόγω αυτής της τάσης, ο ρυθμός με τον οποίο εξελίσσεται η αγορά του έξυπνου σπιτιού αυξάνεται συνεχώς, με όλο και περισσότερες επιχειρήσεις να συνδράμουν στην τελική υλοποίηση του οράματος του Διαδικτύου Πραγμάτων (Internet of Things) .

Κεφάλαιο 3: Διαδίκτυο Πραγμάτων - Internet of Things (IoT)

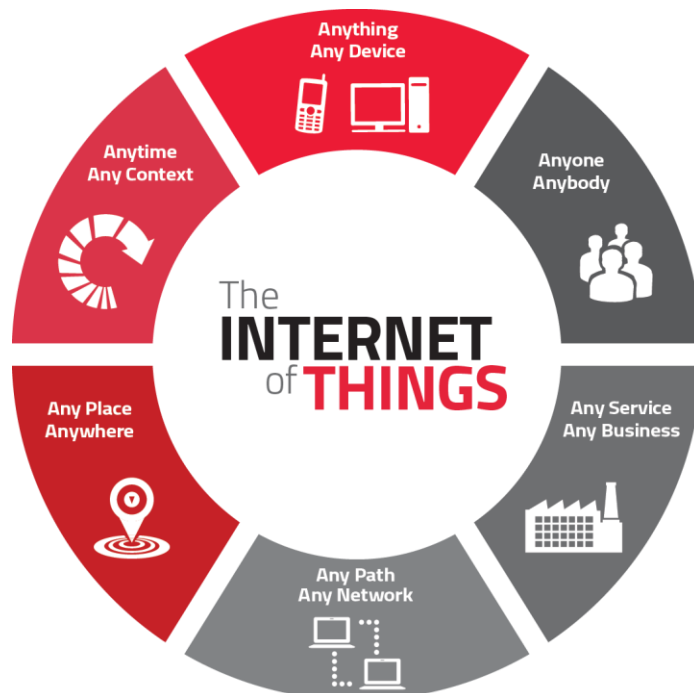
3.1 Εισαγωγή

Σήμερα, περίπου δύο δισεκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο για περιήγηση στον ιστό, επικοινωνία, πρόσβαση σε περιεχόμενα πολυμέσων και διάφορες υπηρεσίες, παιχνίδια, εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης και πολλές άλλες λειτουργίες. Το επόμενο κεφάλαιο ωστόσο στον τομέα του διαδικτύου θα επεκτείνεται πέραν της σφαίρας της παραδοσιακής επιφάνειας του υπολογιστή, με το ίδιο το διαδίκτυο να μετατρέπεται σε μια παγκόσμια πλατφόρμα επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε μηχανές και έξυπνα αντικείμενα.

Είναι πια σχεδόν δεδομένο ότι, μέσα στην επόμενη δεκαετία, το διαδίκτυο δεν θα ορίζεται πια ως ένα δίκτυο που απευθύνεται σε τελικούς μόνο χρήστες αλλά θα αποτελεί τον συνδυασμό των κλασικών δικτύων με τις συνδεδεμένες οντότητες που μας περιβάλλουν. Με τον όρο οντότητες, δεν εννοούμε πλέον μόνο ανθρώπους που συνδέονται μέσω συσκευών με τις οποίες αυτοί αλληλεπιδρούν, αλλά και άλλους ζωντανούς οργανισμούς (πχ. ζώα και φυτά) καθώς και αντικείμενα (όπως οικιακές συσκευές). Η διασύνδεση αυτή γίνεται χάρη στην εφαρμογή τεχνολογιών όπως RFID και αισθητήρων διαδικτύου οι οποίοι θα συλλέγουν δεδομένα που θα μπορούν να αξιοποιηθούν από τα υπολογιστικά συστήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που θα πρέπει να αποθηκευτούν, να επεξεργαστούν και να παρουσιαστούν σε μία ενιαία, αποτελεσματική και εύκολα ερμηνεύσιμη μορφή. Το «cloud computing» μπορεί να προσφέρει την ψηφιακή υποδομή για τις βοηθητικές υπηρεσίες και τα προγράμματα που θα έχουν ως στόχο την ενσωμάτωση των συσκευών παρακολούθησης και αποθήκευσης, των εργαλείων ανάλυσης, των πλατφόρμων οπτικοποίησης αλλά και την παράδοση στον πελάτη. Έτσι επιτυγχάνεται η παροχή end-to-end υπηρεσιών για τις επιχειρήσεις και τους χρήστες που επιθυμούν την πρόσβαση σε εφαρμογές σε οποιοδήποτε χρόνο και μέρος.

Ο όρος Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) επινοήθηκε το 1999 από τον Βρετανό πρωτοπόρο της τεχνολογίας, Kevin Ashton στο πλαίσιο της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού. Ο ορισμός έκτοτε μπορεί να έχει επεκταθεί έτσι ώστε να καλύπτει μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, όπως τον τομέα της υγείας, τις μεταφορές κλπ, ο βασικός στόχος όμως παραμένει ο ίδιος: μια ριζοσπαστική μετατροπή του τρέχοντος διαδικτύου σε ένα δίκτυο το οποίο όχι μόνο θα συλλέγει πληροφορίες από το περιβάλλον (μέσω αισθητήρων) και θα αλληλεπιδρά με τον πραγματικό κόσμο αλλά και θα χρησιμοποιεί γνωστά πρότυπα του διαδικτύου για να παράσχει υπηρεσίες για μετάδοση της πληροφορίας, ανάλυση, εφαρμογές και επικοινωνίες. Χάρη στην εξάπλωση των συσκευών που υποστηρίζουν ανοιχτές ασύρματες τεχνολογίες όπως το Bluetooth, την αναγνώριση μέσω ραδιοσυχνοτήτων RFID και WiFi, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων τείνει να αλλάξει εντελώς την εικόνα που έχουμε ως τώρα για το

διαδίκτυο καθώς θα εισάγει την αλληλεπίδραση των συσκευών για την δημιουργία έξυπνων περιβαλλόντων.



Εικόνα 1: Internet of Things

Η έξυπνη συνδεσιμότητα με τα υπάρχοντα δίκτυα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Λόγω της εκτεταμένης χρήσης του WiFi και της ασύρματης σύνδεσης στο διαδίκτυο 4G-LTE, η στροφή της τεχνολογίας προς την πανταχού παρούσα πληροφορία (ubiquitous information) και τα δίκτυα επικοινωνιών είναι παραπάνω από εμφανής. Ωστόσο, προκειμένου το όραμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων να υλοποιηθεί επιτυχώς, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η σύνδεση αντικειμένων της καθημερινής ζωής πέραν των έξυπνων κινητών, που θα αποδώσει «ευφυΐα» στο περιβάλλον συνολικά. Για να επιτευχθεί η έξυπνη συνδεσιμότητα και ο υπολογισμός με επίγνωση περιεχομένου (context-aware computation), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων θα πρέπει να υποστηρίξει:

1. *Ετερογένεια συσκευών:* Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων χαρακτηρίζεται από την συμμετοχή πολλών και ποικίλων συσκευών στο σύστημα, οι οποίες όπως είναι και λογικό, αναμένονται να παρουσιάσουν σημαντικές διαφορές από επικοινωνιακής κι υπολογιστικής πλευράς. Επομένως, θα πρέπει να υποστηρίζεται η σωστή διαχείριση της ετερογένειας των αντικειμένων τόσο σε επίπεδο αρχιτεκτονικής όσο και σε επίπεδο πρωτοκόλλων.
2. *Επεκτασιμότητα:* Καθώς τα αντικείμενα καθημερινής χρήσης συνδέονται σε μια παγκόσμια υποδομή πληροφοριών, τα θέματα επεκτασιμότητας ανακύπτουν σε διαφορετικά επίπεδα:

- i) Στην ονοματοδοσία και διευθυνσιοδότηση λόγω του μεγάλου μεγέθους του προκύπτοντος συστήματος
 - ii) Στην επικοινωνία των δεδομένων και στην δικτύωση λόγω του υψηλού επιπέδου διασύνδεσης μεταξύ ενός μεγάλου πλήθους οντοτήτων
 - iii) Στην διαχείριση της πληροφορίας και της γνώσης λόγω της δυνατότητας δημιουργίας ενός ψηφιακού αντίγραφου για οποιαδήποτε οντότητα
 - iv) Στην πρόβλεψη και διαχείριση της υπηρεσίας λόγω του μεγάλου αριθμού των διαθέσιμων επιλογών εκτέλεσης των υπηρεσιών και της ανάγκης χειρισμού διαφορετικών πόρων
3. *Ανταλλαγή πανταχού παρούσας πληροφορίας(ubiquitous data exchange) μέσω ασύρματων τεχνολογιών:* Στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων οι ασύρματες τεχνολογίες επικοινωνίας που επιτρέπουν την δικτύωση των έξυπνων αντικειμένων είναι ζωτικής σημασίας. Η διάχυτη υιοθέτηση του ασύρματου μέσου για την ανταλλαγή δεδομένων μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα όσον αφορά την διαθεσιμότητα του φάσματος, ενισχύοντας την υιοθέτηση γνωστικών / δυναμικών συστημάτων ραδιοεπικοινωνίας.
4. *Λύσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης:* Για έναν μεγάλο αριθμό οντοτήτων του Διαδικτύου των Πραγμάτων, η ποσότητα της ενέργειας που θα δαπανηθεί για τους σκοπούς της επικοινωνίας και της υπολογιστικής (computing) θα αποτελεί βασικό περιορισμό. Αν και οι τεχνικές που σχετίζονται με το energy harvesting (δηλαδή την διαδικασία κατά την οποία η ενέργεια συλλέγεται από εξωτερικές πηγές πχ. ηλιακή ενέργεια, θερμική κλπ) προσφέρουν μια λύση για τις συσκευές που περιορίζονται από την λειτουργία της μπαταρίας, η ενέργεια θα αποτελεί πάντα έναν σπάνιο πόρο ο οποίος απαιτεί προσοχή. Επομένως, η ανάγκη για αναζήτηση λύσεων για την βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας (ακόμη κι εις βάρος της απόδοσης) θα γίνεται όλο και πιο εμφανής.
5. *Εντοπισμό και καταγραφή δυνατοτήτων:* Από τη στιγμή που οι οντότητες στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων μπορούν να προσδιοριστούν και να παρέχονται με δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας μικρού εύρους, καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός της τοποθεσίας (και της κίνησης) των έξυπνων αντικειμένων στον φυσικό κόσμο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον τομέα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (logistics) και του κύκλου ζωής των προϊόντων όπου είναι ήδη σε μεγάλο βαθμό εγκατεστημένες τεχνολογίες RFID.
6. *Δυνατότητες αυτο-οργάνωσης:* Η πολυπλοκότητα και η δυναμική πολλών σεναρίων του Διαδικτύου των Πραγμάτων απαιτούν την διανομή γνώσης στο σύστημα, που θα καθιστά τα έξυπνα αντικείμενα (ή ένα υποσύνολο αυτών) ικανά να ανταποκρίνονται αυτόνομα σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών καταστάσεων προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η ανθρώπινη παρέμβαση. Μετά κι από απαίτηση των χρηστών, οι κόμβοι του Διαδικτύου των Πραγμάτων θα οργανώνονται αυτόνομα σε παροδικά αυτοοργανωμένα δίκτυα

(transient ad hoc networks), παρέχοντας τα απαραίτητα μέσα για διαμοιρασμό δεδομένων και εκτέλεση συντονισμένων καθηκόντων.

7. *Σημασιολογική διαλειτουργικότητα και διαχείριση δεδομένων:* Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων σχετίζεται με την ανταλλαγή και ανάλυση τεράστιου όγκου δεδομένων. Για να μετατραπούν αυτά σε χρήσιμες πληροφορίες και να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα ανάμεσα στις διάφορες εφαρμογές, είναι απαραίτητη η παροχή των δεδομένων σε επαρκείς και τυποποιημένες μορφές, μοντέλα και σημασιολογικές περιγραφές των περιεχομένων τους (μετά-δεδομένα). Αυτό θα δώσει την δυνατότητα στις εφαρμογές του διαδικτύου για υποστηρίξουν τον αυτοματοποιημένο συλλογισμό (automated reasoning), ένα χαρακτηριστικό – κλειδί για την επιτυχή υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας σε μεγάλη κλίμακα.
8. *Ενσωματωμένους μηχανισμούς ασφάλειας και διαφύλαξης της προσωπικής ζωής:* Λόγω της στενής σχέσης με τον φυσικό κόσμο που μας περιβάλλει, η τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων θα πρέπει να είναι ασφαλής και σχεδιαστικά να προφυλάσσει την ιδιωτική ζωή. Αυτό σημαίνει ότι η ασφάλεια θα πρέπει να αποτελεί απαραίτητο χαρακτηριστικό του συστήματος και να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής των λύσεων προκειμένου να επιτευχθεί αποδοχή της τεχνολογίας από τους χρήστες.

3.2 Πεδία Εφαρμογής Διαδικτύου των Πραγμάτων

Παρότι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων τείνει να εξαπλωθεί σε όλους τους τομείς της ζωής, παρακάτω παρουσιάζονται τα πεδία εκείνα που αναμένονται να εμφανίσουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη κατά τη χρήση των νέων τεχνολογιών, καθώς και μερικά σενάρια-παραδείγματα στην κάθε περίπτωση που αναδεικνύουν την χρησιμότητα αυτών των εφαρμογών.

3.2.1 Έξυπνη πόλη – Smart City

Ο όρος «έξυπνη πόλη» χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τα αναπτυσσόμενα οικοσυστήματα με προηγμένες υποδομές επικοινωνιών και καινοτόμες υπηρεσίες για σενάρια σε πόλεις. Μέσω των προηγμένων υπηρεσιών, είναι εφικτή η βελτιστοποίηση της χρήσης των φυσικών υποδομών της πόλης (π.χ. οδικά δίκτυα, ενεργειακό δίκτυο κλπ.) καθώς και της ποιότητας ζωής των πολιτών. Οι τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων μπορούν να εφαρμοστούν σε πληθώρα εφαρμογών στην έξυπνη πόλη, όπως για παράδειγμα στην παροχή προηγμένων συστημάτων ελέγχου της κυκλοφορίας.



Εικόνα 2: Έξυπνη πόλη

Μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων θα είναι δυνατή η παρακολούθηση της οδικής κυκλοφορίας σε μεγάλες πόλεις ή λεωφόρους καθώς κι η ανάπτυξη υπηρεσιών που θα προσφέρουν συμβουλές καθοδήγησης προς αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Οι αισθητήρες που θα επιβλέπουν την ροή της κυκλοφορίας, θα μπορούν επίσης να συλλέγουν πληροφορίες όπως την μέση ταχύτητα και τον αριθμό των οχημάτων. Υπό αυτή την έννοια, το αυτοκίνητο θα εκλαμβάνεται φυσικά ως έξυπνο αντικείμενο. Επιπλέον, το σύστημα έξυπνων συσκευών στάθμευσης, το οποίο θα βασίζεται σε τεχνολογίες αισθητήρων και RFID, θα επιτρέπει την παρακολούθηση των διαθέσιμων χώρων και θα παρέχει στους οδηγούς αυτόματες συμβουλές στάθμευσης, βελτιώνοντας έτσι την κινητικότητα σε αστικές περιοχές. Ένα ακόμα πιθανό σενάριο είναι ο εντοπισμός μέσω αισθητήρων του επίπεδο της ατμοσφαιρικής μόλυνσης, μέσω της συλλογής δεδομένων όπως π.χ. το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα και της μετάδοσης αυτών των πληροφοριών σε ιατρικά κέντρα. Τέλος οι αισθητήρες μπορούν να αξιοποιηθούν και για την καταπολέμηση της εγκληματικότητας, με τον εντοπισμό παραβάσεων και την ενημέρωση των υπηρεσιών επιβολής του νόμου με στόχο την αναγνώριση του παραβάτη ή την αποθήκευση των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για την καταγραφή κάποιου ατυχήματος.

3.2.2 Περιβάλλον

Η τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων μπορεί να εφαρμοστεί κατάλληλα σε εφαρμογές περιβαλλοντικής επιτήρησης. Σε αυτή την περίπτωση, σημαντικό ρόλο παίζει η ικανότητα των αισθητήρων κατά τον εντοπισμό φυσικών φαινομένων και διαδικασιών (π.χ. θερμοκρασία, άνεμος, στάθμη των ποταμών κλπ), καθώς και την ενσωμάτωση τέτοιων ετερογενών δεδομένων σε παγκόσμιες εφαρμογές. Η επεξεργασία των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε συνδυασμό με την ικανότητα πολλών συσκευών να αλληλεπικοινωνούν, παρέχει μια σταθερή πλατφόρμα για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση ανωμαλιών που μπορούν να οδηγήσουν να θέσουν σε κίνδυνο την ζωή του ανθρώπου και της πανίδας γενικότερα. Επιπρόσθετα, η μεγάλη ανάπτυξη των μικρών συσκευών θα επιτρέψει την πρόσβαση σε κρίσιμες περιοχές όπου η παρουσία ανθρώπων-χειριστών μπορεί να μην αποτελεί μια εφικτή λύση (π.χ. σε ηφαιστειογενείς περιοχές, βυθούς ωκεανών κλπ) αλλά η τεχνολογία θα επιτρέψει την εξ' αποστάσεως παρακολούθηση και χειρισμό την εκάστοτε κατάσταση.

Μια άλλη λύση την οποία υποστηρίζουν οι νέες τεχνολογίες σχετικά με την περιβαλλοντική ασφάλεια είναι ο εντοπισμός πυρκαγιάς. Όταν μια ομάδα αισθητήρων(π.χ. αισθητήρες θερμοκρασίας) εντοπίσει την πιθανή εκδήλωση φωτιάς, ενημερώνεται άμεσα το πυροσβεστικό σώμα (χάρη στα προηγμένα χαρακτηριστικά επικοινωνίας της πλατφόρμας του διαδικτύου), μαζί με άλλες παραμέτρους που είναι χρήσιμες για την διαδικασία λήψης αποφάσεων, όπως την περιγραφή της περιοχής ή την πιθανή παρουσία ανθρώπων κι εύφλεκτων υλικών. Συνειδητοποιούμε επομένως

αμέσως την σημασία που έχει η γρήγορη ανταπόκριση στην διάσωση ανθρώπινων ζώων και στον περιορισμό του επιπέδου της καταστροφής. Αντίστοιχα σενάρια μπορούν προφανώς να εφαρμοστούν και σε άλλες περιπτώσεις φυσικών καταστροφών και φαινομένων όπου η δυνατότητα πρόσβασης σε περιβαλλοντικά δεδομένα πραγματικού χρόνου προσφέρει τεράστια βοήθεια στις ομάδες καταπολέμησής τους.

3.2.3 Υγεία

Στον τομέα της υγείας οι τεχνολογίες IoT μπορούν να εφαρμοστούν σε δύο τομείς εφαρμογών:

1. Στην ενίσχυση των τρέχουσων λύσεων υποβοηθούμενης διαβίωσης: Οι ασθενείς θα φέρουν ιατρικούς αισθητήρες για την παρακολούθηση παραμέτρων όπως θερμοκρασία, αρτηριακή πίεση κλπ. Διαφορετικοί αισθητήρες, είτε φορητοί (πχ επιταχυνσιόμετρα) είτε σταθεροί, θα χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων με στόχο την παρακολούθηση των δραστηριοτήτων των ασθενών στο περιβάλλον τους. Οι πληροφορίες αυτές θα συγκεντρώνονται σε τοπικό επίπεδο και θα αποστέλλονται σε απομακρυσμένα ιατρικά κέντρα απ όπου θα μπορεί να λαμβάνεται άμεσα δράση εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο. Επίσης θα μπορεί να γίνεται κατ' αυτόν τον τρόπο ανίχνευση των συνθηκών εκείνων που μπορούν να οδηγήσουν σε επιδείνωση της υγείας κι ενημέρωση των ασθενών.
2. Στην εξατομικευμένη υγειονομική περίθαλψη κι ευημερία:
Η χρήση φορητών αισθητήρων σε συνδυασμό με τις κατάλληλες εφαρμογές που μπορούν να εγκαταστήσουν στους προσωπικούς τους υπολογιστές, δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να καταγράψουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες (χιλιόμετρα που περπάτησαν, θερμίδες, ασκήσεις που εκτέλεσαν κλπ) και να τους παρέχονται προτάσεις για τη βελτίωση του τρόπου ζωής τους και την αποφυγή προβλημάτων υγείας.

3.2.4 Έξυπνα Εργοστάσια/ Επιχειρήσεις

Οι τεχνολογίες RFID χρησιμοποιούνται ήδη σε πολλούς τομείς της διαχείρισης αποθεμάτων, από την προμήθεια μέχρι την αλυσίδα διανομής λόγω των σημαντικών τους δυνατοτήτων στην ταυτοποίηση και την παρακολούθηση των εμπορευμάτων. Συνήθως, οι ετικέτες RFID είναι άμεσα συνδεδεμένες με τα στοιχεία (ή τα κιβώτια που τα μεταφέρουν) ενώ οι αναγνώστες τοποθετούνται όπου κριθεί απαραίτητο προκειμένου να παρακολουθείται η κυκλοφορία των προϊόντων στο πλαίσιο της διαδικασίας εφοδιασμού. Οι τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων παρέχουν αυξημένη ευελιξία όσον αφορά την θέση των αναγνωστών, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν την διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε RFID εφαρμογές που χρησιμοποιούνται από τους διάφορους φορείς που ασχολούνται με το προϊόν.

Σε εφαρμογές λιανικής πώλησης, οι νέες αυτές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διαθεσιμότητας των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο αλλά και για την ακριβή απογραφή των αποθεμάτων. Μπορούν επίσης να εφαρμοστούν και σε υπηρεσίες υποστήριξης μετά την αγορά των εμπορευμάτων όπου οι χρήστες θα μπορούν αυτόματα να ανακτούν όλα τα δεδομένα σχετικά με το προϊόν που αγόρασαν. Όσον αφορά το ζήτημα των κλοπών, οι τεχνολογίες αναγνώρισης συμβάλλουν στον περιορισμό τους και στην καταπολέμηση της παραποίησης παρέχοντας προϊόντα με ένα μοναδικό αναγνωριστικό το οποίο θα περιλαμβάνει και μια λεπτομερή και πλήρη περιγραφή του προϊόντος.

Τέλος οι αισθητήρες και πιο συγκεκριμένα οι βιο-αισθητήρες σε συνδυασμό με την τεχνολογία RFID επιτρέπουν τον έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής και της τελικής ποιότητας του εμπορεύματος. Για παράδειγμα, στην βιομηχανία τροφίμων, οι συσκευές RFID μπορούν να αναγνωρίσουν και να ανιχνεύσουν το προϊόν ενώ οι βιο-αισθητήρες μπορούν να παρακολουθήσουν παραμέτρους όπως τη θερμοκρασία του και την βακτηριακή του σύνθεση με στόχο την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας.



Εικόνα 3: Smart factory

3.2.5 Έξυπνο Σπίτι

Με την εισαγωγή του Διαδικτύου των Πραγμάτων, η έρευνα κι η εφαρμογή του οικιακού αυτοματισμού γίνεται όλο και πιο δημοφιλής. Η διασύνδεση των ψηφιακών συσκευών και οποιονδήποτε άλλων αντικειμένων μπορούν να επιτηρηθούν και να ελεγχθούν ηλεκτρονικά και μέσω διαδικτύου, ανοίγει το δρόμο για νέες δυνατότητες και λύσεις για το έξυπνο σπίτι. Επιπλέον, η βασική ιδέα «οποιαδήποτε συσκευή, οπουδήποτε, οποτεδήποτε» του Διαδικτύου των Πραγμάτων προσφέρει στους ιδιοκτήτες του έξυπνου σπιτιού πιο εύκολη κι αποδοτική διαχείριση και παρακολούθηση του από ποτέ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η απόδοση ευφυΐας σε ένα σπίτι παρουσιάζει πολλά οφέλη, μεταξύ των οποίων τα αυξημένα επίπεδα άνεσης για τους ενοίκους, η ενεργειακή εξοικονόμηση κλπ. Ωστόσο, η ενσωμάτωση των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών στο σπίτι αποτελεί μια ανοιχτή πρόκληση λόγω της απουσίας κάποιου φθηνού και τυποποιημένου πρωτοκόλλου επικοινωνίας μεταξύ τους. Όμως, στη σύγχρονη εποχή, ένα ασύρματο δίκτυο υπάρχει σχεδόν σε όλα τα σπίτια καθώς κι έξυπνα κινητά και tablets που μπορούν να αποτελέσουν τις συσκευές ελέγχου του ηλεκτρικού εξοπλισμού. Σε αυτήν την περίπτωση, τα ασύρματα πρωτόκολλα γίνονται το μέσο για την αυτοεγκατάσταση των συστημάτων οικιακού αυτοματισμού.

Διάφορες ασύρματες τεχνολογίες που μπορούν να υποστηρίξουν την απομακρυσμένη μεταφορά δεδομένων, την ανίχνευση και τον έλεγχο, όπως η Bluetooth Low Energy-BLE, το ZigBee, το Z-Wave και το Wi-Fi, έχουν προταθεί προκειμένου να προσθέσουν ποικίλα επίπεδα ευφυΐας στο έξυπνο σπίτι και να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η τεχνολογία BLE έχει υιοθετηθεί από την βιομηχανία της υγείας για κινητές ιατρικές και καθημερινές συσκευές ενώ στο τμήμα του οικιακού αυτοματισμού κυριαρχούν οι τεχνολογίες Wi-Fi χαμηλής ενέργειας, ZigBee και Z-Wave.

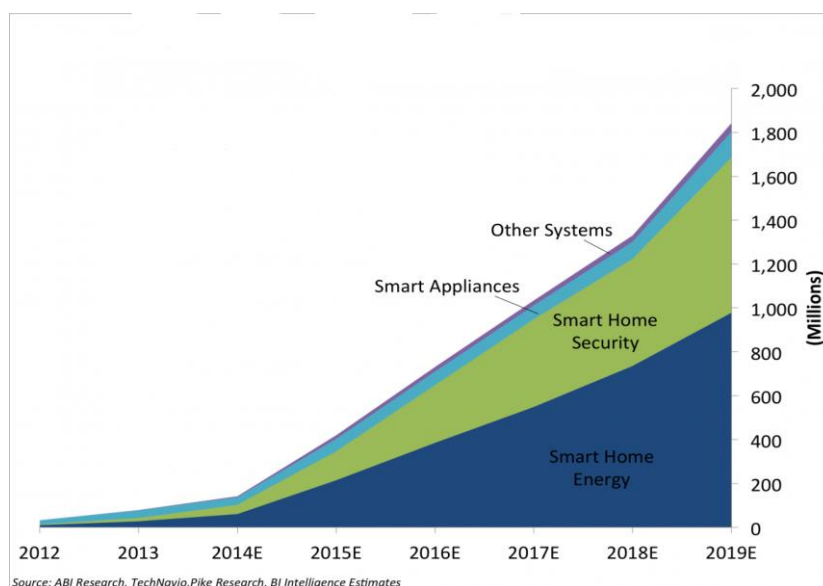


Εικόνα 4: Έξυπνο σπίτι και Internet of Things

3.2.5.1 Προβλέψεις και μελλοντική εξέλιξη της αγοράς

Μέσα στα επόμενα πέντε χρόνια, τα συνδεδεμένα έξυπνα σπίτια αναμένεται να παρουσιάσουν όλο και μεγαλύτερη αύξηση. Στην παρούσα φάση, ένα μεγάλο ποσοστό των καταναλωτών δυσκολεύεται να κατανοήσει την φύση και τον τρόπο λειτουργίας των διασυνδεδεμένων συσκευών καθώς και τα οφέλη που αυτές μπορούν να αποφέρουν. Πολλές μεγάλες εταιρείες όπως η Apple², έχουν εκφράσει το συγκεκριμένο ζήτημα και ακολουθούν διάφορες ενέργειες για την επίλυσή του. Ακόμα όμως κι έτσι, διαφαίνεται ήδη το μεγάλο ενδιαφέρον των καταναλωτών απέναντι σε αυτό το σχετικά καινούριο κομμάτι της αγοράς, με τις πωλήσεις να αυξάνουν συνεχώς.

Σε μια πρόσφατη έρευνα σχετικά με την εξέλιξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων στον τομέα του έξυπνου σπιτιού, η BI Intelligence προβλέπει αύξηση των πωλήσεων και των εσόδων των σχετικών συσκευών μέσα στο άμεσο μέλλον η οποία αποτυπώνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα:



Εικόνα 5: Εξέλιξη πωλήσεων έξυπνων IoT συσκευών ανά τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο

Τα σημαντικότερα σημεία της έρευνας είναι:

- Οι πωλήσεις των έξυπνων συσκευών θα αυξηθεί, μέσα στα επόμενα τέσσερα χρόνια, κατά ένα σύνθετο ετήσιο ποσοστό αύξησης (Compound Annual Growth Rate-CAGR) της τάξης του 67%, πολύ πιο γρήγορα δηλαδή απ' αυτές των έξυπνων κινητών (smartphones) και των tablets. Σύμφωνα με τους

²Apple has a smart home problem: People don't know they want it yet <http://www.businessinsider.com/apple-homekit-adoption-2015-6>

υπολογισμούς, οι έξυπνες συσκευές, οι οποίες περιλαμβάνουν τις έξυπνες οικιακές συσκευές(ψυγεία, πλυντήρια κλπ), τα συστήματα ασφάλειας (αισθητήρες με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, βιντεοκάμερες, συναγερμούς κλπ) και τον ενεργειακό εξοπλισμό (έξυπνους θερμοστάτες και φωτισμό), αναμένεται να αγγίξουν σε πωλήσεις τις 1.8 δισεκατομμύρια μονάδες το 2019.

- Οι αγορές στον τομέα του έξυπνου σπιτιού αναμένονται φέτος να αποτελέσουν το 25% των συνολικών αγορών στην κατηγορία του Διαδικτύου των Πραγμάτων κι αυτό το μερίδιο θα αυξηθεί σταδιακά ως και 27% μέχρι το 2019. Η σχετικά μικρή αύξηση του μεριδίου οφείλεται ασφαλώς και στην γενικότερη επέκταση που αναμένονται να έχουν οι τεχνολογίες IoT και στα άλλα τμήματα της αγοράς.
- Οι πωλήσεις των έξυπνων συσκευών αναμένονται να αποφέρουν κέρδη άνω των 61 δισεκατομμυρίων δολαρίων για την φετινή χρονιά. Ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί κατά ένα μέσο ετήσιο ρυθμό του 52% και να φτάσει τα 490 δισεκατομμύρια το 2019.
- Οι συσκευές που αναμένεται να είναι οι πρώτες που θα προτιμηθούν από τους καταναλωτές αφορούν συστήματα ενεργειακού εξοπλισμού και ασφάλειας, δηλαδή θερμοστάτες κι ανιχνευτές καπνού και θα ανοίξουν τον δρόμο για την ευρύτερη διάδοση του εξοπλισμού.

3.2.5.2 Συγκριτική μελέτη προϊόντων της αγοράς

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά προϊόντα στην αγορά του έξυπνου σπιτιού (στα πλαίσια πάντα του Internet of Things) , από μερικές από τις κυριότερες εταιρείες του τομέα κι ακολουθεί η συγκριτική μελέτη τους.

➤ **Belkin WeMo:**

Το σύστημα οικιακού αυτοματισμού Belkin WeMo δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να επιβλέπει και να χειρίζεται όλες τις We-Mo έξυπνες πρίζες και διακόπτες, τα φωτιστικά και τους αισθητήρες κίνησης από τον υπολογιστή ή το κινητό του μέσω της δωρεάν cloud υπηρεσίας του Belkin. Κάθε συσκευή WeMo έχει το δικό της κανάλι που μπορεί να συνδεθεί σε διάφορες υπηρεσίες διαδικτύου όπως το Gmail για τον καθορισμό συγκεκριμένων ενεργειών. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής οποιασδήποτε συσκευής, που διαθέτει διακόπτη χαμηλής DC τάσης ή αισθητήρα, σε έξυπνη συσκευή WeMo που θα μπορεί να χειριστεί εξ'αποστάσεως.

➤ **Canary:**

Αυτό το σύστημα ασφάλειας σπιτιού περιλαμβάνει μια βιντεοκάμερα υψηλής ανάλυσης κι αισθητήρες για την ποιότητα του αέρα, την κίνηση, τον ήχο, την θερμοκρασία και την δόνηση σε μια μονάδα. Το σύστημα χρησιμοποιεί τακτικές εκμάθησης μηχανής προκειμένου να καθορίσει τα φυσιολογικά επίπεδα συνθηκών μέσα στο σπίτι και στέλνει ειδοποιήσεις στην εφαρμογή του κινητού σε περίπτωση που κάτι μεταβληθεί, ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα λανθασμένων συναγερμών. Οι ειδοποιήσεις αυτές μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να στέλνονται σε πολλαπλούς χρήστες, για την περίπτωση π.χ. που κάποιος ένοικος δεν είναι διαθέσιμος.

➤ **Neurio:**

Το Neurio ενσωματώνει έναν αισθητήρα Wi-Fi εντός του οικιακού ηλεκτρικού πίνακα και ξεχωρίζει τις ανεξάρτητες συσκευές ανάλογα της «ενεργειακής υπογραφής» τους. Επιβλέπει την ενεργειακή χρήση, διαχωρίζει τις δραστηριότητες ανά συσκευή και μαθαίνει να μεταφράζει την κάθε δραστηριότητα ώστε να ενημερώνει τον χρήστη όποτε συμβαίνει κάτι σημαντικό, όπως το ότι άφησε την κουζίνα ανοιχτή. Μπορεί επίσης να στείλει ένα γραπτό μήνυμα για να ειδοποιήσει π.χ. ότι ο φούρνος είναι προθερμασμένος.

➤ **Grid Connect ConnectSense:**

Η Grid Connect, μία από τις κυρίαρχες εταιρείες στην αγορά των βιομηχανικών αισθητήρων, προσφέρει επίσης το σύστημα οικιακής ασφάλειας ConnectSense το οποίο σε συνδυασμό με το δίκτυο Wi-Fi του σπιτιού και

τους αισθητήρες κίνησης, φωτεινότητας, θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ επιβλέπει την ασφάλεια του σπιτιού. Μερικοί αισθητήρες κάνουν χρήση μπαταριών κι είναι ιδανικοί για τοποθέτηση σε περιοχές όπως ένα υπόγειο που μπορεί να μην διαθέτει κάποια ηλεκτρική πρίζα.

➤ **Honeywell Total Connect Remote Services:**

Συνδυάζει την επαγγελματική επιτήρηση ασφάλειας με τον προσωπικό αυτοματισμό ενός έξυπνου σπιτιού, επιτρέποντας τον έλεγχο και τον χειρισμό των πάντων, από τις κάμερες ασφαλείας και τους συναγερμούς καπνού μέχρι τον φωτισμό και τα στόρια των παραθύρων. Το σύστημα μπορεί να χειριστεί από μια εφαρμογή για κινητά ή μέσω μιας εγκατεστημένης στον τοίχο οθόνης κι υποστηρίζει μόνο Z-Wave συσκευές.

➤ **Icontrol Networks Piper:**

Αυτό το όλα-σε-ένα Wi-Fi σύστημα έξυπνου σπιτιού περιλαμβάνει μια ενσωματωμένη κάμερα υψηλής ανάλυσης 180 μοιρών με αμφίδρομο ήχο. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες ανιχνεύουν την κίνηση, την θερμοκρασία, την υγρασία, την φωτεινότητα και τον ήχο. Συγκεκριμένα ο αισθητήρας ήχου μπορεί να αναγνωρίσει τους καθημερινούς ήχους και να στείλει ειδοποίηση για το αν ένας συγκεκριμένος ήχος πρόκειται για χτύπημα της πόρτας ή το συναγερμό καπνού. Η εφαρμογή για κινητά δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να χειριστεί εξ' αποστάσεως την κάμερα , να ορίσει κανόνες για τις ειδοποιήσεις μέσω email και μηνυμάτων και να δει το καταγεγραμμένο βίντεο το οποίο το Piper αποθηκεύει στο cloud.

➤ **Interactive Voice ivee Sleek:**

Αν και το ivee Sleek μοιάζει εμφανισιακά με ένα συνηθισμένο ξυπνητήρι, αποτελεί μια διεπαφή που δέχεται εντολές μέσω της ανθρώπινης φωνής οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στον έξυπνο θερμοστάτη της Nest, το σύστημα χειρισμού και ελέγχου έξυπνου σπιτιού SmartThings κλπ. Το προϊόν παρουσιάζει επίσης πληροφορίες καιρού κι άλλα δεδομένα από το διαδίκτυο.

➤ **Sen.se Mother:**

Αυτό το σύστημα έξυπνου σπιτιού περιλαμβάνει τη «Mother» (συσκευή hub) και τα «Cookies» (ασύρματους αισθητήρες) που οι χρήστες προσαρμόζουν σε οποιαδήποτε αντικείμενα ή ανθρώπους και κατόπιν προγραμματίζονται έτσι ώστε να παρακολουθούν και να αναλύουν τις κινήσεις, την θερμοκρασία και την τοποθεσία. Το ιστορικό των δραστηριοτήτων καταγράφεται στο διαδίκτυο και μπορεί να ρυθμιστεί η αποστολή ειδοποιήσεων. Η συσκευή «Mother» δεν λειτουργεί με άλλες έξυπνες συσκευές, αλλά οι προγραμματιζόμενοι, γενικού σκοπού αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να μετατρέψουν απλές συσκευές μέσα στο σπίτι σε έξυπνες.

➤ **SmartThings**

Το συγκεκριμένο σύστημα περιέχει ένα hub επικοινωνίας το οποίο είναι συμβατό με τα δημοφιλή πρωτόκολλα ZigBee και Z-Wave καθώς και τις IP-accessible συσκευές. Υποστηρίζει ένα μεγάλο εύρος έξυπνων προϊόντων, από τις έξυπνες συσκευές μέχρι και τα συστήματα ήχου Sonos και επιτρέπει στον χρήστη να διαχειρίζεται όλο το σύστημα από την εφαρμογή του κινητού του. Επιπλέον, το SmartThings δεν είναι μόνο ένα προϊόν αλλά και μια ανοιχτή πλατφόρμα που επιτρέπει σε άλλες ομάδες λογισμικών και πωλητές έξυπνων συσκευών να αναπτύξουν υλικό και λογισμικό που να μπορεί να συνδεθεί στη συγκεκριμένη πλατφόρμα.

➤ **Staples Connected Home**

Το σύστημα οικιακού αυτοματισμού Staples, το οποίο περιέχει ένα έξυπνο hub και εφαρμογή για κινητά, μπορεί να επιβλέψει και να ελέγξει μια επιλεγμένη λίστα από έξυπνες κλειδαριές, συναγερμούς καπνού, θερμοστάτες κλπ από πολλές διαφορετικές εταιρείες. Ωστόσο δεν υποστηρίζει, προς το παρόν τουλάχιστον, καμία cloud κάμερα ασφαλείας ή μικρή συσκευή.

Παρακάτω παρατίθεται η συγκριτική μελέτη των αναφερόμενων προϊόντων σε τρεις διαφορετικούς πίνακες: ο πρώτος αφορά την λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων, ο δεύτερος τη συμβατότητα τους με τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές και ο τρίτος την συμβατότητα τους με τις συσκευές ασφάλειας.

1. Λειτουργίες και χαρακτηριστικά

	Λειτουργία	Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα	Mobile App	Web κονσόλα ελέγχου	Δυνατότητα ελέγχου μέσω φωνής	Ειδοποιήσεις	Ενδεικτική Τιμή
Belkin WeMo	Αυτοματισμός έξυπνου σπιτιού	Wi-Fi, Zigbee	Android iOS	Όχι	Όχι	Ειδοποιήσεις μέσω του application	40-130 \$
Canary	Ασφάλεια έξυπνου σπιτιού	Wi-Fi	Android iOS	Ναι	Όχι	Emails, SMS	249\$
	Λειτουργία	Υποστηριζόμενα	Mobile	Web	Δυνατότητα	Ειδοποιήσεις	Ενδεικτική

		πρωτόκολλα	App	κονσόλα ελέγχου	ελέγχου μέσω φωνής		Τιμή
Neurio	Αισθητήρες Wi-Fi για την επιτήρηση της ηλεκτρικής ενέργειας	IP, Wi-Fi, Zigbee	Android iOS	Ναι	Όχι	Emails, SMS	249\$
Grid Connect ConnectSense	Ασφάλεια έξυπνου σπιτιού	Wi-Fi	Όχι	Ναι	Όχι	Φωνητικές, email, SMS, tweet	149-179\$
Honeywell Total Connect Remote Services	Αυτοματισμός κι ασφάλεια έξυπνου σπιτιού	Z-Wave, Honeywell 5800	Android iOS	Ναι	Όχι	Emails, SMS	300\$
Icontrol Networks Piper	Hub αυτοματισμού κι ασφάλειας έξυπνου σπιτιού	Z-Wave, Wi-Fi	Android iOS	Όχι	Όχι	Φωνητικές, email, SMS,	199\$
Interactive Voice ivee Sleek	Φωνητικές συσκευές επιτήρησης κι ελέγχου	IP, Wi-Fi	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	199\$
Sen.se Mother	Hub/ αισθητήρες για επιτήρηση κι έλεγχο	Ιδιόκτητο (Proprietary)	Android iOS	Ναι	Όχι	Φωνητικές, email, SMS, ειδοποιήσεις μέσα στην εφαρμογή, ήχου/ φωτεινή ένδειξη στο hub	299\$
Samsung SmartThings	Αυτοματισμός έξυπνου σπιτιού	Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave	Android iOS	Όχι	Όχι	Εντός της εφαρμογής ειδοποιήσεις	99\$
Staples Connected Home	Αυτοματισμός έξυπνου σπιτιού	Clear Connect, IP, Zigbee, Z-Wave	Android iOS	Ναι	Όχι	Εντός της εφαρμογής ειδοποιήσεις	140\$

2. Συμβατός οικιακός ηλεκτρικός εξοπλισμός

	Συσκευές	Home Theater	Φωτισμός	Πολύπριζα	Έξυπνοι ηλεκτρικοί διακόπτες	Έξυπνοι προσαρμογείς πρίζας	Έξυπνοι θερμοστάτες
Belkin WeMo	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι
Canary	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Neurio	Χρησιμοποιεί την ιδιαίτερη μέθοδο αναγνώρισης συσκευών που παρουσιάστηκε παραπάνω						
Grid Connect ConnectSense	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι
Honeywell Total Connect Remote Services	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Icontrol Networks Piper	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι
Interactive Voice Sleek	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Sen.se Mother	Οι αισθητήρες μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε αντικείμενο για να ελέγχουν την κίνηση, θερμοκρασία και τοποθεσία.						
SmartThings	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Staples Connected Home	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι

3. Συμβατές συσκευές ασφάλειας

	Αισθητήρες σε πόρτες/ παράθυρα	Κλειδαριές	Άλλα συστήματα ασφάλειας	Αισθητήρες κίνησης	Κάμερες ασφάλειας	Εντοπισμός υγρασίας/ διαρροής
Belkin WeMo	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι
Canary	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι
Neurio	Χρησιμοποιεί την ιδιαίτερη μέθοδο αναγνώρισης συσκευών που παρουσιάστηκε παραπάνω					
Grid Connect ConnectSense	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι
Honeywell Total Connect Remote Services	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι
Icontrol Networks Piper	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Interactive Voice Sleek	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι
Sen.se Mother	Οι αισθητήρες μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε αντικείμενο για να ελέγχουν την κίνηση, θερμοκρασία και τοποθεσία.					
SmartThings	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Staples Connected Home	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι

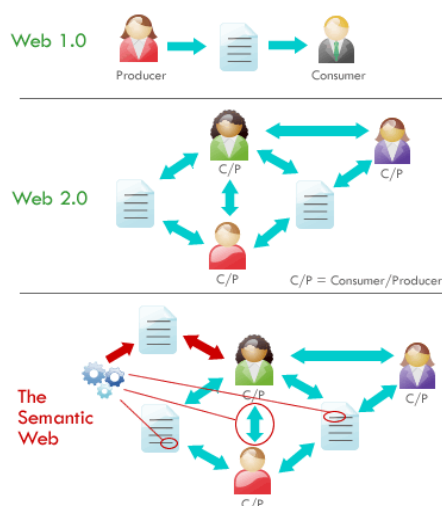
Κεφάλαιο 4: Σημασιολογικός Ιστός

4.1 Περιγραφή Σημασιολογικού Ιστού

4.1.1 Εισαγωγή στον Σημασιολογικό Ιστό

Η ανάγκη για εύρεση, αποθήκευση και διαμοιρασμό της πληροφορίας οδήγησε στην ανάπτυξη και τη διάδοση του *Παγκόσμιου Ιστού* (*World Wide Web*), ο οποίος αναμφισβήτητα, έχει επηρεάσει καθοριστικά διάφορες περιοχές της ανθρώπινης δραστηριότητας, από τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι επικοινωνούν μεταξύ τους, μέχρι τον τρόπο με τον οποίο διεξάγουν τις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες. Η ανάπτυξη του Ιστού πραγματοποιήθηκε (μεταξύ άλλων) από τον Βρετανό Sir Tim Berners-Lee, μόλις το 1989 ο οποίος είχε σαν όραμα την δημιουργία ενός δικτύου κόμβων πληροφορίας όπου ο κάθε χρήστης θα μπορεί να πλοηγηθεί από έναν κόμβο σε έναν άλλον που εκείνος επιθυμεί μέσω του ειδικού συνδέσμου που τους ενώνει - εισάγοντας δηλαδή την έννοια των υπερσυνδέσμων (hyperlinks) και των εντοπιστών πόρων (URL). Ωστόσο, αυτός ο τρόπος και η μορφή με την οποία γίνεται η διάθεση των δεδομένων περιορίζει τη χρήση και τη χρησιμότητά τους, καθώς, αν και κατανοητά από ανθρώπους, καθιστούν πολύ δύσκολη ή αδύνατη την περαιτέρω ανάκτηση και επεξεργασία τους από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι οποίοι μπορούν να αυτοματοποιήσουν πολλές από τις χρονοβόρες διαδικασίες.

Την λύση στο παραπάνω πρόβλημα έρχεται να δώσει ο *Σημασιολογικός Ιστός-Semantic Web* (ως μέρος *Web 3.0*) που εφευρέθηκε και πάλι από τον Tim Berners-Lee ο οποίος αναφέρει: «Ο Σημασιολογικός Ιστός δεν είναι ένας ξεχωριστός ιστός, αλλά μια επέκταση του υπάρχοντος, όπου ένα σαφές νόημα δίνεται στις πληροφορίες και που, ακόμα, επιτρέπει στους ανθρώπους να συνεργάζονται με τους υπολογιστές. Ένας ιστός δεδομένων ο οποίος μπορεί να προσπελαστεί από υπολογιστές άμεσα και έμμεσα.»³



Εικόνα 6: Σχηματική παρουσίαση Web 1.0, Web 2.0 και Σημασιολογικού Ιστού

³ Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila, the Semantic Web, Scientific American, May 2001.

Με άλλα λόγια, ο Σημασιολογικός Ιστός στοχεύει στην διόρθωση των ατελειών του υπάρχοντος Ιστού προσδίδοντας ειδικό νόημα και σημασία στα online δεδομένα του, και καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο εφικτή την καλύτερη «κατανόησή» τους από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, παρέχοντας νέες δυνατότητες επεξεργασίας και ανταλλαγής των πληροφοριών. Αναφερόμαστε δηλαδή σε μια σταδιακή μετατροπή του Παγκόσμιου Ιστού(WWW) από έναν Ιστό Εγγράφων(Web of Documents) σε έναν Ιστό Δεδομένων (Web of Data) στον οποίο κάθε οντότητα του πραγματικού κόσμου θα είναι αυστηρώς ορισμένη και θα αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη διεύθυνση του Ιστού που θα παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες για αυτήν. Εισάγεται έτσι η έννοια της σημασιολογίας (semantics) ως θεμελιώδες κομμάτι του Παγκόσμιου Ιστού η οποία ανοίγει τον δρόμο για μια ακόμα ευκολότερη πρόσβαση στην πληροφορία μέσω της ελαχιστοποίησης της ανθρώπινης προσπάθειας και της αυτοματοποίησης διαφόρων λειτουργιών του Διαδικτύου.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η σημασία του Σημασιολογικού Ιστού αρκεί να αναλογιστούμε μία από τις πλέον διαδεδομένες χρήσεις του Διαδικτύου που δεν είναι άλλη από την αναζήτηση πληροφοριών στις μηχανές αναζήτησης(search engines). Εκεί η αναζήτηση γίνεται με την χρήση «λέξεων-κλειδιών» έχοντας ως αποτέλεσμα την επιστροφή τεράστιου όγκου ακατάλληλων πληροφοριών που δεν ανταποκρίνονται στο αρχικό αίτημα του χρήστη. Αυτό συμβαίνει διότι ο υπολογιστής δεν αντιλαμβάνεται την σημασία των εννοιών που αναζητούμε έτσι ώστε να επεξεργαστεί κατάλληλα τα δεδομένα κι επομένως επιστρέφει ως αποτέλεσμα όλα τα έγγραφα στα οποία αναφέρεται η συγκεκριμένη έννοια. Έτσι η αξιολόγηση και η ερμηνεία των επιστρεφόμενων πληροφοριών θα πρέπει να γίνει χειρωνακτικά έχοντας ως αποτέλεσμα κόστος σε χρόνο, κόπο και δυσχρηστία αφού δεν θα χουν αξιοποιηθεί στο έπακρο οι δυνατότητες του υπολογιστή.

Αντίθετα στον Σημασιολογικό Ιστό όπου κάθε πληροφορία είναι προσπελάσιμη από τον υπολογιστή, μια τέτοια ανθρώπινη διαμεσολάβηση δεν είναι πλέον απαραίτητη. Στην περίπτωση που ας πούμε θέλουμε να δούμε μια ταινία, αφού θα έχουμε εισάγει τα δεδομένα μας οι *ευφρείς πράκτορες(intelligence agents)* , θα επιστρέφουν αποτελέσματα με βάση την προτίμηση μας στο είδος της ταινίας, τον κοντινότερο κινηματογράφο σύμφωνα με την τοποθεσία μας, την τιμή του εισιτηρίου καθώς και θα μπορούν να κάνουν αυτόματη κράτηση και προπληρωμή του εισιτηρίου. Αντιλαμβανόμαστε επομένως την συμβολή του Σημασιολογικού Ιστού στην ελαχιστοποίηση του χρόνου και της προσπάθειας του ανθρώπινου παράγοντα καθώς και τις νέες δυνατότητες που προσφέρει στον Παγκόσμιο Ιστό.

4.1.2 Βασικές τεχνολογίες στον Σημασιολογικό Ιστό

Για την υλοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού χρησιμοποιούνται τεχνολογίες που ήδη υπάρχουν (URI, HTTP κλπ) αλλά και νέες τεχνολογίες (RDF, OWL κλπ) οι οποίες περιγράφονται σύντομα παρακάτω:

4.1.2.1 HTTP

Το Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HTTP), που είναι ευρέως διαδεδομένο απ τον Παγκόσμιο Ιστό, όντας πρόθεμα στις ηλεκτρονικές διευθύνσεις, αποτελεί ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Πιο συγκεκριμένα, το HTTP ορίζει την δομή του μηνύματος αίτησης που αποστέλλεται από τον πελάτη (client) προς τον εξυπηρετητή (server) καθώς και του μηνύματος απάντησης του εξυπηρετητή προς τον πελάτη. Κάθε αίτηση που αποστέλλει ο πελάτης σε HTTP περιέχει και την μέθοδο που θα εφαρμοστεί στον πόρο για τον οποίο ο πελάτης ενδιαφέρεται. Η κυριότερη μέθοδος είναι η GET που ζητάει από τον εξυπηρετητή να επιστρέψει μια αναπαράσταση του πόρου η οποία συνήθως είναι ένα HTML αρχείο το οποίο ανοίγει σε έναν φυλλομετρητή (browser). Ωστόσο υπάρχουν κι άλλες μέθοδοι όπως η POST κατά την οποία αποστέλλονται δεδομένα για προσπέλαση από τον πελάτη προς τον πόρο. Ο πόρος μπορεί να είναι ένα έγγραφο, μια εικόνα ή ένα εκτελέσιμο αρχείο το οποίο θα παράγει δεδομένα για την απάντηση.

4.1.2.2 URI

Το URI (Universal Resource Identifier), ή στα ελληνικά Καθολικό Αναγνωριστικό Πόρου, είναι μια αλληλουχία χαρακτήρων, χωρίς κενά μεταξύ τους, η οποία χαρακτηρίζει έναν αφηρημένο ή φυσικό πόρο. Με τον όρο «αφηρημένο ή φυσικό πόρο» εννοούμε ότι το URI μπορεί να αναφέρεται σε έναν όρο όπως «Νεύτωνας», «κιθάρα» όπως επίσης και σε ένα έγγραφο ή κάποιο άλλο αρχείο το οποίο μπορεί να ληφθεί απ τον Ιστό. Η πιο συχνή μορφή URI είναι ο Ενιαίος Εντοπιστής Πόρων, γνωστός και ως URL, ο οποίος συχνά αναφέρεται και σαν διεύθυνση ιστοσελίδας. Η δομή του URI είναι αρκετά περίπλοκη καθώς τα στοιχεία του διαφέρουν ανάλογα με το σχήμα που επιβάλλει το εκάστοτε πρωτόκολλο, όπως το HTTP που αναφέραμε παραπάνω. Για παράδειγμα, στο URI <http://www.ece.ntua.gr/el/announcements> όπου παρατηρούμε ότι το σχήμα είναι http, έχουμε σαν επιμέρους μέρη το ece.ntua.gr που αποτελεί το *authority* και το /el/announcements που αποτελεί το *path*.

4.1.2.3 XML

Η XML (Extensible Markup Language) αναπτύχθηκε από το W3C's XML Working Group το 1996 ως επέκταση της SGML (Standard Generalized Markup Language), για να καλύψει τις ανάγκες της κοινότητας του Παγκόσμιου Ιστού για ανταλλαγή δεδομένων και μεταδεδωμένων μεταξύ εφαρμογών. Είναι μια μεταφερτή, ευρέως υποστηριζόμενη, ανοικτή τεχνολογία για την περιγραφή δεδομένων.

Όπως και η HTML, έτσι κι η XML είναι μία γλώσσα που επισημαίνει επιπλέον πληροφορία αναφερόμενη στο βασικό κείμενο, π.χ. προσθήκη πληροφοριών τροποποίησης σε έγγραφα. Η πληροφορία αυτή προσδιορίζεται μέσω *ετικετών* (*tags*), δηλαδή τμημάτων κειμένου περικλειόμενα από τα σύμβολα < > . Η γενική της μορφή είναι η παρακάτω:

<text1>text in italics</text1>

δηλαδή ετικέτες σε ζεύγη, οι οποίες πλαισιώνουν ένα κείμενο(το περιεχόμενο της πληροφορίας) και η τελευταία ετικέτα διαχωρίζεται απ την πρώτη με το σύμβολο / .

Σε αντίθεση με την HTML, η XML παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να καθορίζει ίδιος τις ετικέτες και τις δομημένες μεταξύ τους σχέσεις. Έτσι ο χρήστης, μέσω της XML, μπορεί να δημιουργήσει μια νέα γλώσσα σήμανσης καθορίζοντας ένα νέο σύνολο από ετικέτες ή χρησιμοποιώντας ένα προκαθορισμένο από άλλον χρήστη σύνολο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, υπάρχει απεριόριστος αριθμός γλωσσών σήμανσης που προέρχονται από την XML, και για το λόγο αυτό η XML είναι μια *μετα-γλώσσα*. Επομένως τα κυριότερα πλεονεκτήματα της XML είναι οι πιο ικανοποιητικές αναζητήσεις, η ανάπτυξη ευέλικτων εφαρμογών, η χρήση δεδομένων από ανόμοιες και πολλαπλές εφαρμογές καθώς και η δυνατότητα μορφοποίησης της εμφάνισης του διαδικτύου.

4.1.2.4 RDF

Το RDF(Resource Description Framework) είναι ένα πλαίσιο περιγραφής πόρων για τον Σημασιολογικό Ιστό. Το RDF προτάθηκε από το W3C το 1995 ως ένα «μοντέλο δεδομένων» για *μεταδεδωμένα*, δηλαδή χαρακτηριστικά ενός αρχείου, μιας εικόνας, ή ενός προγράμματος όπως ο συγγραφέας του, η ημερομηνία κλπ. Έκτοτε το RDF έχει επεκταθεί έτσι ώστε να καλύπτει όχι μόνο τα μεταδεδωμένα αλλά και κάθε είδους γνώση στο Διαδίκτυο.

Πόρος μπορεί να είναι οποιαδήποτε οντότητα του Παγκόσμιου Ιστού όπως αντικείμενα, πράγματα όπως πόλεις, βιβλία αλλά και έννοιες, ιστοσελίδες κλπ. Κάθε πόρος έχει μια διεύθυνση URI ως μοναδικό αναγνωριστικό η οποία συνήθως είναι URL χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να ναι άλλης μορφής URI όπως π.χ. URN. Το RDF χρησιμοποιεί αυτά τα URI για την αναγνώριση και ταυτοποίηση πόρων.

Το RDF βασίζεται σε μια πολύ απλή ιδέα: κάθε πρόταση αποτελείται από μια τριάδα της μορφής subject-predicate-object, στα ελληνικά υποκείμενο-ιδιότητα-αντικείμενο.

Η ιδιότητα και ο πόρος, ο οποίος στην πρόταση καταλαμβάνει την θέση του υποκειμένου, είναι εκφρασμένα ως URI ενώ το αντικείμενο μπορεί να να URI αλλά μπορεί και να να ένας αριθμός ή κάποιο string. Η ιδιότητα εκφράζει ουσιαστικά μια σχέση ανάμεσα στον πόρο/υποκείμενο και το αντικείμενο όπως για παράδειγμα:

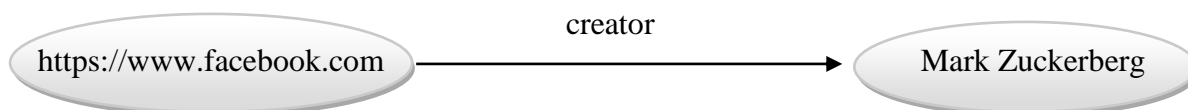
Το https://www.facebook.com/	δημιουργήθηκε από	τον Mark Zuckerberg.
Υποκείμενο/Πόρος	Ιδιότητα	Αντικείμενο.

Η βασική πρόταση του W3C για το RDF είναι να ακολουθεί την σύνταξη της XML, εξού και η ονομασία RDF/XML. Ωστόσο, επειδή αυτή η μορφή αν και κατανοητή από υπολογιστές δεν είναι ευανάγνωστη από τον άνθρωπο, έχουν προταθεί κι άλλες μορφές, όπως για παράδειγμα η Turtle όπου οι προτάσεις σχηματίζονται απλά με τα στοιχεία της τριάδας σε μια γραμμή σύμφωνα με την σειρά υποκείμενο-ιδιότητα-αντικείμενο και μια τελεία στο τέλος της κάθε πρότασης. Το προαναφερθέν παράδειγμα του facebook μπορεί να γραφτεί σε RDF/XML :

```
<?xml version="1.0"?>
<RDF>
  <Description about="https://www.facebook.com/">
    <creator>Mark Zuckerberg</creator>
  </Description>
</RDF>
```

Παράδειγμα 1: RDF/XML

Ένα πολύ σημαντικό και χρήσιμο χαρακτηριστικό του RDF είναι η δυνατότητα απεικόνισης πληροφοριών σε έναν γράφο όπου τα υποκείμενα και τα αντικείμενα αποτελούν τους κόμβους αυτού και οι ιδιότητες τις μεταξύ τους ακμές που τους ενώνουν. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η ανάγνωση από τον χρήστη των διάφορων πληροφοριών καθώς και ο εντοπισμός των σχέσεων που διέπουν τις διάφορες οντότητες. Έτσι το ίδιο παράδειγμα μπορεί να εκφραστεί σε RDF γράφο ως εξής:



Παράδειγμα 2: Απλός RDF γράφος

4.1.2.5 RDFS

Το RDF αν και περιγράφει τους πόρους και τις προτασιακές μεταξύ τους σχέσεις, δεν περιγράφει τους τύπους των πόρων και των ιδιοτήτων τους, ούτε καθορίζει την σημασιολογία των σχέσεων. Το RDFS (RDF Schema) είναι μια σημασιολογική επέκταση του RDF που επιλύει αυτά τα ζητήματα αφού επιτρέπει την κατάταξη των πόρων ως κλάσεις(*classes*) ή ιδιότητες(*properties*) καθώς και την επιμέρους ταξινόμηση αυτών σε υποκλάσεις (*subclass*), υπο-ιδιότητες (*subproperties*), πεδία ορισμού (*domain*) και πεδία τιμών (*range*) αλλά σε αντίθεση με το RDF , το RDFS δεν διαχειρίζεται τα στιγμιότυπα. Πιο συγκεκριμένα, συντακτικά έχουμε κυρίως :

- **rdfs:Resource**, η κλάση όλων των πόρων
- **rdfs:Class** , η κλάση όλων των κλάσεων
- **rdfs:Property**, η κλάση όλων των ιδιοτήτων
- **rdfs:type**, Συνδέει ένα πόρο με την κλάση του, ο οποίος δηλώνεται ως *στιγμιότυπο*(*instance*) της συγκεκριμένης κλάσης
- **rdfs:subClassOf**, Συσχετίζει μια κλάση με μια από τις υπερκλάσεις της. Όλα τα στιγμιότυπα της κλάσης είναι και στιγμιότυπα της υπερκλάσης. Μια κλάση ενδέχεται να είναι υποκλάση περισσότερων της μιας κλάσεων (π.χ. η *maleDoctor* υποκλάση των *male* και *doctor*).
- **rdfs:subPropertyOf** : Συσχετίζει μια ιδιότητα με μια από τις υπεριδιότητές της.
- **rdfs:domain** : Καθορίζει το πεδίο ορισμού μιας ιδιότητας P και δηλώνει ότι όλοι οι πόροι που έχουν την ιδιότητα P είναι στιγμιότυπα των κλάσεων του πεδίου ορισμού.
- **rdfs:range** : Καθορίζει το σύνολο τιμών μιας ιδιότητας P και δηλώνει ότι οι τιμές της ιδιότητας P είναι στιγμιότυπα των κλάσεων του συνόλου τιμών.
- **rdfs:seeAlso** : Συνδέει ένα πόρο με ένα άλλο πόρο που τον περιγράφει.
- **rdfs:isDefinedBy** : Υποιδιότητα της *rdfs:seeAlso* και συνδέει ένα πόρο με το σημείο όπου μπορεί να βρεθεί ο ορισμός του, συνήθως ένα σχήμα RDF.
- **rdfs:comment** : Σχόλια, συνήθως ένα ευανάγνωστο για τον άνθρωπο κείμενο, που μπορεί να συσχετιστεί με κάποιο πόρο.
- **rdfs:label** : Μια ευανάγνωστη για τον άνθρωπο ετικέτα σχετική με ένα πόρο. Μπορεί να χρησιμεύσει και ως όνομα κόμβου σε μια γραφική αναπαράσταση του εγγράφου RDF.

Ένα απλό παράδειγμα της χρήσης του RDFS είναι το ακόλουθο. Εδώ, όπως παρατηρούμε, ορίζουμε αρχικά τις κλάσεις «Dog» και «Person» σαν υποκλάσεις της κλάσης «Animal». Έπειτα σημειώνεται (μέσω του *domain*) ότι οτιδήποτε έχει την ιδιότητα «hasChild» είναι στιγμιότυπο της κλάσης «Animal» ενώ η τιμή/αντικείμενο της ιδιότητας «hasChild» είναι (όπως επισημαίνεται απ το *range*) κι αυτό στιγμιότυπο της κλάσης «Animal». Τέλος, κατοχυρώνεται ο Max ως στιγμιότυπο της κλάσης «Dog» ενώ οι Abel και Adam ως στιγμιότυπα της κλάσης «Person» με τον Adam να έχει γιο τον Abel. Σημειώνεται ότι οι Adam,Max και Abel ανήκουν αυτόματα και στην κλάση «Animal» λόγω των παραπάνω δηλώσεων και δεν χρειάζεται να καθοριστούν επιμέρους, χάρη στο RDFS.

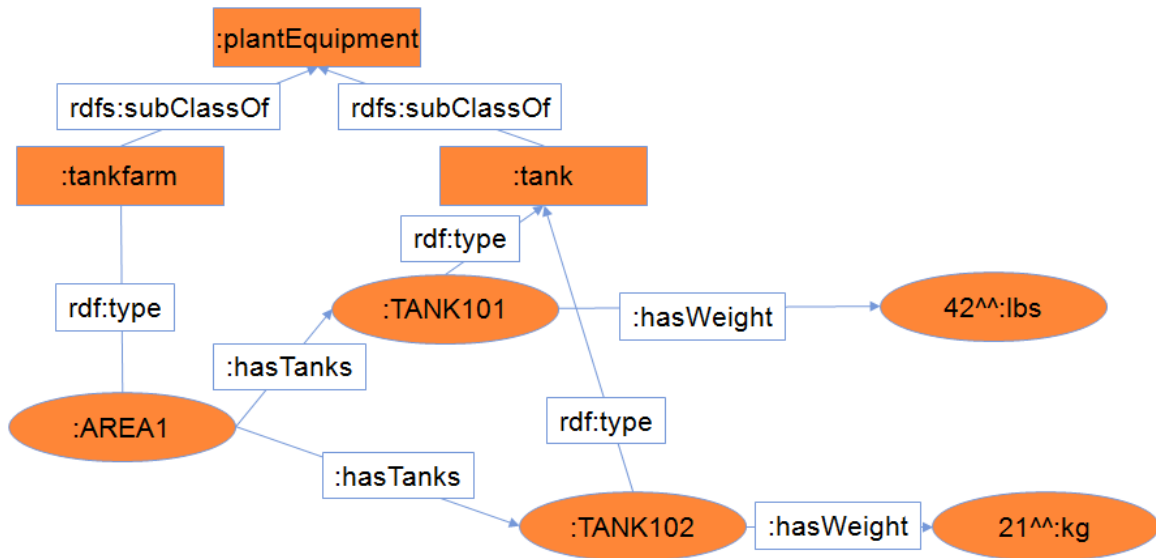
@prefix : <http://www.example.org/sample.rdfs#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .

:Dog rdfs:subClassOf :Animal.
:Person rdfs:subClassOf :Animal.

:hasChild rdfs:range :Animal;
rdfs:domain :Animal.
:hasSon rdfs:subPropertyOf :hasChild.

:Max a :Dog.
:Abel a :Person.
:Adam a :Person;
:hasSon :Abel.

Παράδειγμα 3: RDFS



Εικόνα 7: RDF- RDFS γράφος

4.1.2.6 Οντολογίες-OWL

Προτού παρουσιάσουμε την γλώσσα OWL, είναι χρήσιμο να εισάγουμε την έννοια των οντολογιών που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στο Σημασιολογικό Ιστό.

Ανατρέχοντας στην βιβλιογραφία, εντοπίζουμε πολλούς και διαφορετικούς ορισμούς για το τι εστί οντολογία. Ένας από τους επικρατέστερους ορισμούς είναι αυτός του Gruber(1993), ο οποίος ορίζει την οντολογία ως: “έναν τυπικό, σαφή προσδιορισμό μιας διαμοιρασμένης εννοιολογικής παράστασης”. Στο πλαίσιο του Παγκόσμιου Ιστού συγκεκριμένα, η οντολογία αποτελεί έναν σαφή ορισμό των πόρων και των σχέσεων τους, μετατρέποντας την πληροφορία σε σημασιολογική. Οι οντολογίες επιτρέπουν την αποδοτική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ανθρώπων καθώς και την επαναχρησιμοποίηση αυτών, αφού κάθε γνωστικό πεδίο είναι κωδικοποιημένο σύμφωνα με μια κοινή και ενιαία μορφή. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται επικοινωνία ανάμεσα στους πράκτορες λογισμικού(software agents) οι οποίοι με την σειρά τους παρέχουν εξελιγμένες υπηρεσίες διαχείρισης γνώσης.

Η Γλώσσα Οντολογιών Δικτύου(OWL-Web Ontology Language) εμπλουτίζει την Περιγραφική Λογική (*Description Logic*) μέσω της έκφρασης πιο γενικών, περίπλοκων προτάσεων για τις κλάσεις, τις ιδιότητες και τα στιγμιότυπα που δεν μπορούν να εκφράσουν οι RDF και RDFS. Η OWL αναπτύχθηκε στις αρχές του 2000 και συμπεριλήφθη στο W3C πρότυπο μαζί με την RDFS το 2004. Τα αρχικά «OWL» επικράτησαν έναντι των «WOL» όντας πιο εύηχα αφενός κι αφετέρου λόγω της συνωνυμίας, στην αγγλική γλώσσα, με την κουκουβάγια η οποία κι αποτελεί γνωστό σύμβολο σοφίας από την αρχαιότητα.

Αν θέλαμε να δώσουμε έναν πιο συγκεκριμένο ορισμό θα λέγαμε ότι η OWL αποτελεί ουσιαστικά μια περιγραφική γλώσσα σήμανσης για τη δημιουργία και τη διανομή οντολογιών στο διαδίκτυο. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε η Περιγραφική Λογική (αντί πχ. μιας πιο περίπλοκης μαθηματικής λογικής), δεν είναι άλλος από τον αρχικό στόχο για την χρήση μιας λογικής για την οποία αποτελεσματικοί συλλογιστικοί αλγόριθμοι(reasoning algorithms) είχαν ήδη αναπτυχθεί. Η OWL, όπως και οι υπόλοιπες περιγραφικές γλώσσες, μπορούν να κατασκευάσουν κλάσεις, ιδιότητες και προτάσεις προσφέροντας μεγάλη ελευθερία έκφρασης στον χρήστη.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο στον Σημασιολογικό Ιστό(το οποίο προσφέρουν μερικές μορφές της OWL που αναφέρονται παρακάτω) είναι και η δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων από διάφορα εξειδικευμένα εργαλεία (reasoners). Αναφερόμαστε ουσιαστικά στην παρουσίαση συμπερασμάτων και επιπλέον πληροφοριών με βάση τις προϋπάρχουσες πληροφορίες. Αν για παράδειγμα έχουμε τις προτάσεις «αν κάτι έχει φτερά τότε μπορεί να πετάξει» και «ο αετός έχει φτερά» τότε ο αλγόριθμος θα μπορεί να συμπεράνει ότι «ο αετός μπορεί να πετάξει».

Το πρότυπο της OWL καθορίζει τρεις υπογλώσσες με βάση την δυνατότητα έκφρασης που παρέχουν:

- **OWL Lite:** Προορίζεται για εφαρμογές χωρίς μεγάλες απαιτήσεις έκφρασης έχοντας ως πλεονέκτημα την εξοικονόμηση χρόνου κατά την εξαγωγή αποτελεσμάτων από τα διάφορα εξειδικευμένα εργαλεία σε σύγκριση με την παρακάτω υπογλώσσα.
- **OWL DL:** Προσφέρει μέγιστη εκφραστική δυνατότητα και είναι κι αυτή συμβατή με αλγορίθμους εξαγωγής αποτελεσμάτων. Ωστόσο, όπως και η OWL Lite, δεν παρέχει συμβατότητα με το RDF.
- **OWL Full:** Όπως και η OWL DL, η OWL Full έχει την μέγιστη εκφραστική δυνατότητα αλλά αυτό που την διαφοροποιεί με την προηγούμενη είναι η συντακτική ελευθερία που προσφέρει καθώς και η συμβατότητα με το RDF. Ωστόσο, επειδή είναι πολύ γενική κι αόριστη, δεν προσφέρεται για την δημιουργία συλλογιστικών αλγορίθμων που να την υποστηρίζουν.

4.1.2.7 SPARQL

Το πρωτόκολλο SPARQL και η γλώσσα ερωτημάτων RDF (RDF Query Language) είναι μια γλώσσα διατύπωσης ερωτημάτων πάνω σε RDF δεδομένα, δηλαδή η αντίστοιχη SQL του Σημασιολογικού Ιστού. Η SPARQL αποτελεί πρόσφατη προσθήκη στις γλώσσες του Σημασιολογικού Ιστού, αφού εισήχθη στο W3C πρότυπο μόλις το 2008. Σε αντίθεση με την SQL η οποία εξάγει αποτελέσματα από δεδομένα που είναι οργανωμένα σε σχέσεις, η SPARQL εξάγει αποτελέσματα βάσει των τριάδων του RDF. Οι ερωτήσεις δηλαδή γίνονται πάνω σε δεδομένα της μορφής υποκείμενο-ιδιότητα-αντικείμενο, όπου έχουμε αντικαταστήσει με μεταβλητές τα σημεία για τα οποία θέλουμε να πάρουμε απαντήσεις. Μπροστά από κάθε μεταβλητή υπάρχει το αγγλικό ερωτηματικό (?), ενώ στο τέλος κάθε τριάδας υπάρχει τελεία όπως ορίζει και το πλαίσιο RDF.

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα SPARQL είναι το παρακάτω το οποίο θα επιστρέψει τα ονόματα, τις διευθύνσεις και τις ηλικίες των ατόμων που είναι πάνω από 60. Το PREFIX στην αρχή, αποτελεί συντόμευση των URI που αντιστοιχούν στο «livesIn» και «has Age».

```
PREFIX ex: <http://www.example.org/cities/ex1/>
SELECT ?name ?address ?age
WHERE {
    ?name ex:livesIn ?address.
    ?name ex:hasAge ?age.
    FILTER(?age > 60 )
}
```

Παράδειγμα 4: SPARQL

4.1.2.8 SWRL

Η SWRL(Semantic Web Rule Language- Γλώσσα Κανόνων Σημασιολογικού Ιστού) αποτελεί την πρόταση του W3C για την δημιουργία και χρήση κανόνων σε συνδυασμό με οντολογίες. Πρόκειται για το αποτέλεσμα του συνδυασμού των υπογλωσσών OWL DL και OWL Lite με την RuleML (Rule Markup Language). Η SWRL επεκτείνει ουσιαστικά την OWL, εισάγοντας Horn-κανόνες στα ήδη υπάρχοντα αξιώματα της OWL και επιτρέποντας την κοινή χρήση αυτών.

Κάθε κανόνας αποτελείται από δύο μέρη: το *προγενέστερο* ή *σώμα*(*antecedent/body*) και το *προκύπτων* ή *κεφαλή* (*consequent/head*) ενώ και τα δύο μέρη αποτελούνται από μηδέν ή παραπάνω. Η δομή είναι η ακόλουθη:

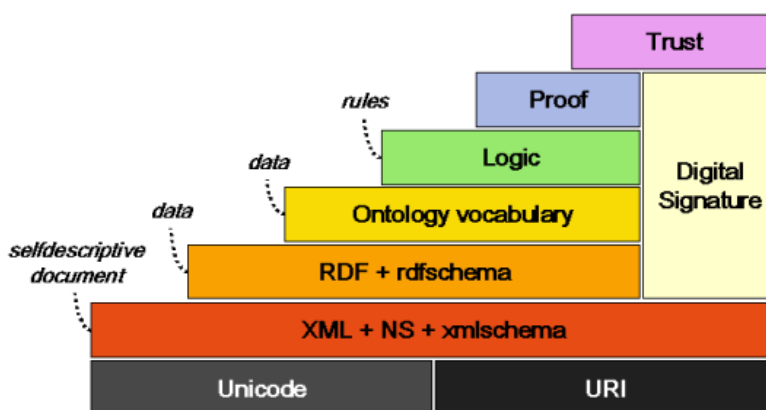
antecedent —————> **body**

Οι κανόνες ερμηνεύονται ως : Όταν ισχύουν οι συνθήκες που περιγράφονται στο σώμα τότε θα πρέπει να ισχύουν οι συνθήκες που περιέχονται στην κεφαλή. Τα άτομα μπορεί να είναι *έννοιες*(*concepts*) ή *ιδιότητες*(*properties*) της οντολογίας, σχέσεις *sameAs*, *differentFrom* κλπ. Στην περίπτωση που το σώμα έχει μηδέν άτομα, τότε αυτό θεωρείται πάντα ως «αληθές» κι έτσι κι οι συνθήκες της κεφαλής ισχύουν πάντα. Αντίθετα, όταν η κεφαλή δεν περιέχει άτομα, δεν επιφέρεται καμία αλλαγή στο σύστημα αφού τότε εκλαμβάνεται ως «ψέμα». Στην περίπτωση που υπάρχουν παραπάνω του ενός άτομα, αυτά αποτελούν μια σύζευξη και ειδικά στην περίπτωση της ύπαρξης κανόνα με κεφαλή αποτελούμενη από πολλά άτομα, μπορούμε να διαιρέσουμε τον κανόνα σε περισσότερους όπου ο καθένας θα περιέχει κεφαλή του ενός ατόμου. Όσον αφορά την σύνταξη, οι κανόνες μπορούν να ακολουθήσουν επίσης την XML (ως συνδυασμός της OWL XML και της RuleML) ή και την RDF/XML(ως επέκταση της OWL RDF/XML).

Αν και η SWRL σε συνδυασμό με την OWL παρέχουν αρκετά μεγάλη εκφραστικότητα, υπάρχουν αρκετοί βασικοί περιορισμοί σε σχέση με τα περιβάλλοντα κανόνων κλειστού κόσμου, οι οποίοι και μας απασχόλησαν κατά την διάρκεια της παρούσας εργασίας και αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο.

$$\text{parent}(?x,?y) \wedge \text{brother}(?y,?z) \Rightarrow \text{uncle}(?x,?z)$$

Παράδειγμα 5: Κανόνας σε SWRL σε φιλική για τον άνθρωπο σύνταξη



Εικόνα 8: Τα επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού

4.1.3 Συνδεδεμένα Δεδομένα

Τα Συνδεδεμένα Δεδομένα είναι μια μεθοδολογία συσχέτισης πραγμάτων (δομημένων δεδομένων, εννοιών και εγγράφων) στον παγκόσμιο ιστό (web), έτσι ώστε αυτά να μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους και να γίνουν πιο χρήσιμα. Αποτελούν, με μεγάλη διαφορά, την πιο διαδεδομένη και αποδεκτή μέθοδο δημοσιοποίησης δεδομένων στον Σημασιολογικό Ιστό.

Εμπνευστής της ιδέας των Συνδεδεμένων Δεδομένων ήταν για ακόμα μια φορά ο Tim Berners-Lee ο οποίος, το 2006, έγραψε ένα σχεδιαστικό σημείωμα προτείνοντας 4 συγκεκριμένες αρχές για την έκδοση των δεδομένων στον Σημασιολογικό Ιστό. Οι αρχές αυτές θα λέγαμε ότι αποτελούν περισσότερο προτάσεις παρά κανόνες που πρέπει υποχρεωτικά να ακολουθούνται. Ωστόσο θεωρείται ότι η εναρμόνιση με αυτές τις αρχές θα καθιστά τα δεδομένα που δημοσιεύονται πιο εύκολα στην διαχείριση τους για τους υπόλοιπους χρήστες.

Οι 4 αυτές αρχές είναι:

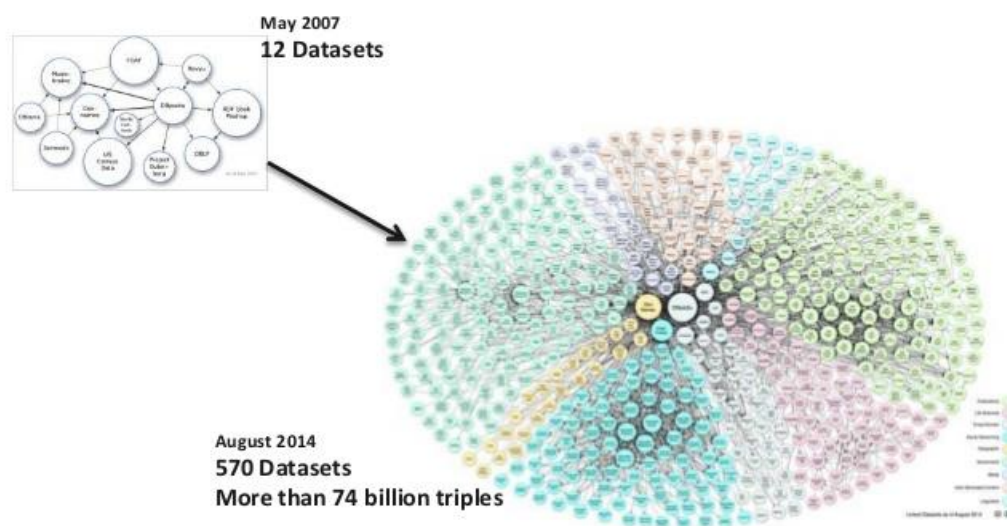
1. Η χρήση URI για την ταυτοποίηση αντικειμένων.
2. Η χρήση HTTP URIs ούτως ώστε οι χρήστες να μπορούν να ανατρέξουν στο αντικείμενο που ταυτοποιείται από το URI και να λάβουν μια περιγραφή του.
3. Όταν κάποιος χρήστης ανατρέχει σε ένα URI, θα πρέπει να παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες με την χρήση των προβλεπόμενων προτύπων (RDF, RDFS, SPARQL).
4. Η προσθήκη συνδέσμων σε άλλα URIs έτσι ώστε να μπορούν οι χρήστες να ανακαλύψουν επιπλέον πράγματα.

Το 2010 ο Tim Berners-Lee επέκτεινε την σημείωση, προτείνοντας ένα σύστημα για την αξιολόγηση κάθε δέσμης στοιχείων (dataset), υιοθετώντας το γνωστό σύστημα ταξινόμησης ξενοδοχείων σε επίπεδα με βάση τα αστέρια. Το κάθε επίπεδο περιλαμβάνει τα στοιχεία που ορίζουν τα προηγούμενα.

Το σύστημα αυτό ορίζει:

- 1 αστέρι: Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο με ανοιχτή άδεια.
- 2 αστέρια: Τα δεδομένα είναι δομημένα και μπορούν να διαβαστούν από μηχανές.
- 3 αστέρια: Τα δεδομένα δεν χρησιμοποιούν μια αποκλειστική μορφή.
- 4 αστέρια: Τα δεδομένα χρησιμοποιούν μόνο ανοιχτά πρότυπα του W3C (RDF, SPARQL)
- 5 αστέρια: Τα δεδομένα είναι συνδεδεμένα με αυτά άλλων προμηθευτών δεδομένων.

Τα Συνδεδεμένα Δεδομένα αναγνωρίστηκαν ως το επόμενο μεγάλο βήμα εξέλιξης του Ιστού με την διεθνή επιστημονική κοινότητα αλλά και πολλές κυβερνήσεις ανά τον κόσμο να έχουν εκτιμήσει τις δυνατότητες και τα οφέλη που μπορούν να προσφέρουν εφαρμογές και υπηρεσίες βασιζόμενες σε αυτά. Κατά συνέπεια, το νέφος (LOD cloud) το οποίο σχηματίζουν μεγαλώνει με ασύλληπτους ρυθμούς όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε και από την ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 9: Ανάπτυξη Cloud Συνδεδεμένων Δεδομένων 2007-2014

4.2: Εφαρμογές & Ιστοσελίδες βασισμένες στο Σημασιολογικό Ιστό

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές ιστοσελίδες (μεταξύ των οποίων και ελληνικές) καθώς κι εφαρμογές που κάνουν χρήση σημασιολογικών τεχνολογιών:

4.2.1 Ιστοσελίδες με χρήση Συνδεδεμένων Δεδομένων

- **DBpedia** (<http://el.dbpedia.org/>)



Η DBpedia αποτελεί μια συλλογική προσπάθεια για την εξαγωγή και επαναχρησιμοποίηση δομημένης πληροφορίας από την Wikipedia. Στόχος της είναι να δώσει νέους τρόπους αξιοποίησης του πλούτου της Wikipedia και να εμπνεύσει νέους μηχανισμούς για πλοήγηση, διασύνδεση και βελτίωση της ίδιας της εγκυκλοπαίδειας. Η DBpedia επιτρέπει την σημασιολογική αναζήτηση σχέσεων και ιδιοτήτων που σχετίζονται με τους πόρους της Wikipedia, συμπεριλαμβάνοντας συνδέσμους για άλλους σχετικούς πόρους. Όπως έχει πει κι ο ίδιος ο Tim Berners-Lee, η DBpedia αποτελεί ένα απ' τα πιο διάσημα παραδείγματα στον τομέα των Συνδεδεμένων Δεδομένων.

Προς την ίδια κατεύθυνση κινείται κι η ελληνική DBpedia, η οποία στοχεύει στην μετατροπή της Βικιπαιδείας σε δομημένη γνώση. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η ελληνική DBpedia ήταν η πρώτη πλήρης πολυγλωσσική dbpedia και έδωσε τις βάσεις για τη δημιουργία επιπλέον γλωσσικών εκδόσεων πέραν της Αγγλικής. Αυτή μαζί με την Αγγλική, βρίσκονται στο κέντρο των παγκόσμιων διασυνδεδεμένων δεδομένων και φιλοδοξεί να αποτελέσει τον πυρήνα των Ελληνικών ανοιχτών διασυνδεδεμένων δεδομένων.

Τέλος, διαθέσιμη είναι κι η εφαρμογή για κινητά DBpedia Mobile (<http://wiki.dbpedia.org/DBpediaMobile>) η οποία χρησιμοποιεί την αντίστροφη τοποθεσία προκειμένου να προσφέρει πληροφορίες από την DBpedia για την περιοχή στην οποία βρίσκεται ο χρήστης.

- **MusicBrainz** (<https://musicbrainz.org/>)



Το MusicBrainz είναι μια ανοιχτή εγκυκλοπαίδεια μουσικής που συλλέγει μουσικά μεταδεδομένα και τα κοινοποιεί δημοσίως.

Το MusicBrainz καταγράφει πληροφορίες σχετικά με τους καλλιτέχνες, τα δημοσιευμένα έργα τους, και τις σχέσεις μεταξύ τους. Οι καταχωρήσεις για τα δημοσιευμένα έργα περιλαμβάνουν τουλάχιστον τον τίτλο του άλμπουμ, τους τίτλους των κομματιών, και τη διάρκεια του κάθε κομματιού. Οι εγγραφές αυτές διατηρούνται από τους συντάκτες εθελοντές που ακολουθούν τις γραμμένες από την κοινότητα οδηγίες μορφής. Τα ηχογραφημένα έργα μπορούν επίσης να αποθηκεύουν πληροφορίες σχετικά με την ημερομηνία κυκλοφορίας και την χώρα, το CD ID, το εξώφυλλο και άλλα μεταδεδομένα.

Οι τελικοί χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν λογισμικό που επικοινωνεί με το MusicBrainz για να προσθέτουν ετικέτες μεταδεδομένων στα ψηφιακά αρχεία πολυμέσων τους, όπως MP3, Ogg Vorbis ή AAC.

- **BBC** (<http://www.bbc.com/>)



Η σελίδα προγραμμάτων BBC ξεκίνησε το καλοκαίρι του 2007 με σκοπό να προσφέρει ένα αναγνωριστικό ιστού, με σελίδες HTML και τεχνολογίες υποστηριζόμενες από μηχανές (RDF/ XML, JSON και XML) για κάθε πρόγραμμα που προβάλλει το BBC. Αντίστοιχα η σελίδα μουσικής του BBC ακολουθεί τις ίδιες αρχές, παρέχοντας ένα αναγνωριστικό ιστού για κάθε καλλιτέχνη που εμφανίζεται σε μουσικά προγράμματα , εκδηλώσεις του BBC κλπ. και υποστηρίζεται από την μουσική βάση δεδομένων του Musicbrainz και την Wikipedia. Τέλος, όμοια λειτουργεί και η σελίδα εύρεσης άγριας ζωής του BBC υποστηριζόμενη από διάφορες πηγές όπως η Wikipedia, η WWF κλπ.

• Ιστοσελίδες Κυβερνήσεων Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής & Ηνωμένου Βασιλείου

Το 2009 οι κυβερνήσεις των ΗΠΑ και του Ηνωμένου Βασιλείου παρουσίασαν ειδικές ιστοσελίδες όπου διατίθενται όλες οι πληροφορίες που κάθε κυβέρνηση συλλέγει, πλην φυσικά των όσων απαγορεύονται για λόγους εθνικής ασφάλειας, σύμφωνα με τις αρχές των Συνδεδεμένων Δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά παρέχονται από εκατοντάδες οργανισμούς και μπορούν να χρησιμεύσουν στα πλαίσια ερευνών, δημιουργίας εφαρμογών κλπ.

• Ελληνική Αστυνομία (<http://www.astynomia.gr/>)



Το σύνολο δεδομένων της Ελληνικής Αστυνομίας αποτελεί μέρος της προσπάθειας δημιουργίας του πρώτου νέφους Ελληνικών Συνδεδεμένων Δεδομένων και προσβλέπει να δώσει μια πρώτη ιδέα για τις μελλοντικές εφαρμογές και υπηρεσίες που μπορούν να προκύψουν από αυτά. Για να καταστεί αυτό εφικτό, δημιουργήθηκαν demos βασιζόμενα στα τελευταία με προέλευση την Ελληνική Αστυνομία. Οι αρχικές μορφές στις οποίες ήταν διαθέσιμα τα δεδομένα αυτά ήταν σε .xls, (Excel) και .ods, (OpenOffice) αρχεία από την επίσημη ιστοσελίδα της Ελληνικής Αστυνομίας. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων αυτών, που αφορούσαν κυρίως αρχεία εγκληματικών ενεργειών, προέκυψε το σύνολο δεδομένων που δημοσιεύτηκε σύμφωνα με τους κανόνες των Linked Data, στο παγκόσμιο νέφος. Η περαιτέρω διασύνδεση του με άλλα σύνολα δεδομένων, (όπως Διαύγεια, Καλλικράτης, Dbpedia, Greek Dbpedia, Freebase, Eurostat) στο παγκόσμιο νέφος καθώς και η επαναχρησιμοποίηση όρων από γνωστά RDF λεξιλόγια, (όπως SKOS, FOAF, DC, Good Relations κτλ) επέτρεψε την βέλτιστη αξιοποίηση των δεδομένων μέσω της SPARQL.

Όμοια με την Ελληνική Αστυνομία, άλλες ελληνικές κυβερνητικές ιστοσελίδες που το σύνολο δεδομένων τους ανήκει στο νέφος των Συνδεδεμένων Δεδομένων είναι οι εξής :

- Διαύγεια (<https://diavgeia.gov.gr/>)
- Ελληνικό Πυροσβεστικό Σώμα (<http://www.fireservice.gr/>)
- Πρόγραμμα «Καλλικράτης» (<http://www.kallikratis.eu/>)

4.2.2 Περιηγητές Σημασιολογικού Ιστού

Όπως οι παραδοσιακοί φυλλομετρητές Ιστού επιτρέπουν στους χρήστες να περιηγούνται μεταξύ HTML σελίδων ακολουθώντας συνδέσμους υπερκειμένου, οι περιηγητές Συνδεδεμένων Δεδομένων επιτρέπουν στους χρήστες να περιηγούνται μεταξύ πηγών δεδομένων ακολουθώντας συνδέσμους εκφρασμένους ως RDF τριάδες. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να δει την RDF περιγραφή στη DBpedia της Αθήνας, να ακολουθήσει ένα σύνδεσμο «τόπος γέννησης» προς την περιγραφή του ρητοροδιδάσκαλου Ισοκράτη (ο οποίος γεννήθηκε στην πόλη) και από εκεί προς την RDF περιγραφή του Ζωίλου απ' τον σύνδεσμο «με επιρροές από». Το αποτέλεσμα είναι ότι ένας χρήστης μπορεί να ξεκινήσει την περιήγηση σε μια πηγή δεδομένων και προοδευτικά να διασχίσει τον Ιστό ακολουθώντας RDF αντί για HTML συνδέσμους. Ο φυλλομετρητής υπερδεδομένων Disco που περιγράφεται παρακάτω ακολουθεί αυτή την προσέγγιση.

Τα δεδομένα, ωστόσο, παρέχουν ευκαιρίες για την δημιουργία διεπαφών που θα αντιμετωπίζουν προκλήσεις πέρα από αυτές του Ιστού υπερκειμένου. Οι άνθρωποι πρέπει να είναι ικανοί να εξερευνήσουν τον Ιστό των συνδέσμων μεταξύ αντικειμένων αλλά επίσης να αναλύουν μεγάλο όγκο δεδομένων. Οι Tabulator and Marbles είναι μεταξύ των περιηγητών που εντοπίζουν την προέλευση των δεδομένων, ενώ συγχωνεύουν δεδομένα για το ίδιο πράγμα από διαφορετικές πηγές.

- **Disco**

Ο Disco, ο οποίος αναπτύχθηκε στο Ελεύθερο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου είναι ένας απλός περιηγητής του Σημασιολογικού Ιστού. Συλλέγει όλες τις πληροφορίες που μπορεί να βρει στον Σημασιολογικό Ιστό σχετικά με έναν συγκεκριμένο πόρο, όπως μια σελίδα HTML κι εμφανίζει κατά την περιγραφή του πόρου υπερσυνδέσμους που επιτρέπουν στον χρήστη την πλοήγηση ανάμεσα στους διάφορους πόρους. Κατά την πλοήγηση αυτή, ο περιηγητής αποθηκεύει κάθε RDF γράφο και μπορεί μετά να τους παρουσιάσει σαν έναν ενιαίο γράφο.

Ο Disco λειτουργεί ως ένα επίπεδο παρουσίασης της Semantic Web Client Library η οποία περιλαμβάνει όλα τα συνδεδεμένα δεδομένα που ακολουθούν τις 4 προτεινόμενες αρχές του Tim Berners-Lee. Πιο συγκεκριμένα, ο περιηγητής αρχικά εντοπίζει την αναπαράσταση του URI που εισήγαγε ο χρήστης και την προσθέτει, μαζί με τις αναπαραστάσεις των σχετικών προτεινόμενων URI, στον ενιαίο γράφο. Έπειτα, δημιουργεί μέσα στον ενιαίο γράφο τριάδες, όπου το δοσμένο URI έχει την θέση είτε του υποκειμένου είτε του αντικειμένου της κάθε πρότασης και τέλος, για τις παραπάνω τριάδες εκτελεί την διαδικασία εκ νέου αυξάνοντας συνεχώς τον γράφο.

• **Tabulator**

Ο Tabulator είναι ένας γενικός φυλλομετρητής συνδεδεμένων δεδομένων και editor που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιήγηση RDF δεδομένων στον ιστό τόσο από χρήστες όσο κι από προγραμματιστές. Προσφέρεται σε δύο μορφές: είτε ως επέκταση για τους περιηγητές Chrome και Firefox, δίνοντάς τους έτσι την δυνατότητα να χειρίζονται και δεδομένα εκτός από έγγραφα, είτε ως μια εφαρμογή δικτύου που επιτρέπει σε οποιαδήποτε ιστοσελίδα να προσθέσει περιήγηση δεδομένων.

Ο Tabulator έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει δύο μορφές λειτουργίας: την *εξερεύνηση(exploration)* όπου ο χρήστης βλέπει μόνο ποιες πληροφορίες είναι διαθέσιμες και την *ανάλυση (analysis)* όπου ο χρήστης μπορεί να συλλέξει παρόμοια μοντέλα υπογράφων σε πίνακες κι άλλες μορφές. Κατά την εξερεύνηση, το δοθέν αντικείμενο παρουσιάζεται σε ένα πίνακα ζευγών «υποκείμενο/αντικείμενο». Στην περίπτωση που διατίθενται περισσότερες πληροφορίες για το αντικείμενο, ο χρήστης μπορεί να ανοίξει μια δενδρική παρουσίαση αυτών και να εξερευνήσει τους σχετικούς πόρους, καθώς και να δημιουργήσει ένα καινούργιο δέντρο οποιαδήποτε στιγμή αυτός επιθυμεί. Κατά την λειτουργία ανάλυσης, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ένα πλήθος πεδίων και να του παρουσιαστούν οι υπόγραφοι του αρχικού γράφου που πληρούν τα δεδομένα κριτήρια. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να παρουσιαστούν σε πίνακα ενώ στην περίπτωση που περιλαμβάνονται χωρικές ή χρονικές συντεταγμένες μπορεί η παρουσίαση να γίνει και σε χάρτη ή χρονικό διάγραμμα αντίστοιχα.

• **Marbles**

Το Marbles είναι μια εφαρμογή από την πλευρά του διακομιστή, που μορφοποιεί πόρους του Σημασιολογικού Ιστού για πελάτες HTML, όπως περιηγητές HTML, μέσω της χρήσης φακών Fresnel και μορφοποιήσεων. Χάρη στην μορφοποίηση, τη συλλογή δεδομένων και την αποθήκευση δραστηριοτήτων από την πλευρά του διακομιστή αντί του χρήστη, επιτυγχάνεται παρουσίαση μεγάλου όγκου δεδομένων από διαφορετικές πηγές και σχετικά γρήγορη εκτέλεση αιτημάτων. Η διεπαφή χρήστη είναι αρκετά αραιή, διευκολύνοντας σε μερικές περιπτώσεις το μέσο χρήστη κατά την εξερεύνηση του Σημασιολογικού Ιστού. Όταν εισάγεται ένα URI προς παρουσίαση, το Marbles προσπαθεί να εντοπίσει την αναπαράσταση του και να την εισάγει στον γράφο ενώ ταυτόχρονα, στέλνει αίτημα προς τις μηχανές αναζήτησης Sindice και Falcons για μια πηγή δεδομένων που να περιέχει πληροφορίες για τον συγκεκριμένο πόρο. Όμοια με την Semantic Web Client Library, το Marbles κάνει κι αυτό χρήση των «owl:sameAs» και «rdfs:seeAlso» για να συλλέξει πιο πολλά δεδομένα για τον πόρο που ζητείται.

<http://www.w3.org/People/Berners-Lee/card#i> Open

Tim Berners-Lee

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>

- Person
- <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Male>


label

- Tim Berners-Lee

sameAs

- [Tim Berners-Lee \(also at www4.wiwiwiss.fu-berlin.de\)](#)

image



Weblinks

- <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/>

name

- Tim Berners-Lee
- Timothy Berners-Lee
- Tim Berners Lee

Given name

- Timothy

family name

- Berners-Lee

sha1sum of a personal mailbox URI name

- 965c47c5a70db7407210cef6e4e6f5374a525c5c

workplace homepage

- <http://www.w3.org/>

nickname

- TimBL

nickname

- TimBL
- timbl

personal mailbox

- <mailto:timbl@w3.org>

seeAlso

- [Tim Berners-Lee's FOAF file](#)
- [Tim Berners-Lee's FOAF file](#)

is seeAlso of

- Tim Berners-Lee
- Tim Berners-Lee

openid

- <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/>

is primary topic of

- http://en.wikipedia.org/wiki/Tim_Berners-Lee

knows

- [Coralie Mercier](#)

Εικόνα 10: Ο περιηγητής Marbles εμφανίζει δεδομένα για τον Tim Berners-Lee. Οι χρωματιστές κουκίδες δηλώνουν την διαφορετικές πηγές δεδομένων από τις οποίες προήλθαν τα δεδομένα.

4.2.3 Μηχανές Αναζήτησης Σημασιολογικού Ιστού

Έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος μηχανών αναζήτησης οι οποίες «περπατούν» τα Συνδεδεμένα Δεδομένα που βρίσκονται τον Ιστό, ακολουθώντας RDF συνδέσμους και παρέχουν δυνατότητες υποβολής ερωτημάτων σε συναθροισμένα δεδομένα. Αυτές οι μηχανές αναζήτησης αντλούν τα δεδομένα από χιλιάδες πηγές κι αποτελούν απόδειξη των πλεονεκτημάτων της ανοικτής, βασισμένης σε πρότυπα αρχιτεκτονικής των Συνδεδεμένων Δεδομένων έναντι του Web 2.0 που βασίζεται σε μια καθορισμένη ομάδα πηγών δεδομένων.

4.2.3.1 Μηχανές Αναζήτησης προς Ανθρώπινη Χρήση

Μηχανές αναζήτησης όπως η Sig.ma, Falcons και SWSE παρέχουν υπηρεσίες αναζήτησης βασισμένες σε λέξεις-κλειδιά που προορίζονται για χρήστες- ανθρώπους, ακολουθώντας ένα παρόμοιο πρότυπο αλληλεπίδρασης με τους υπάρχοντες ηγέτες της αγοράς όπως η Google και η Yahoo. Ο χρήστης βλέπει μια μπάρα αναζήτησης στην οποία μπορεί να βάλει λέξεις-κλειδιά σχετικά με το αντικείμενο ή το θέμα για το οποίο ενδιαφέρεται και η εφαρμογή επιστρέφει μια λίστα αποτελεσμάτων που μπορεί να είναι σχετικά με το ερώτημα.

Ωστόσο, πέρα από το να παρέχουν απλά συνδέσμους αποτελεσμάτων της αναζήτησης προς τα έγγραφα των πηγών στα οποία αναφέρονται οι ζητούμενες λέξεις-κλειδιά, οι μηχανές αναζήτησης Σημασιολογικού Ιστού παρέχουν μια πιο λεπτομερή αλληλεπίδραση για το χρήστη που αξιοποιεί την υποκείμενη δομή των δεδομένων. Για παράδειγμα, η Falcons επιτρέπει στον χρήστη να «φιλτράρει» τα αποτελέσματα ανά κλάση κι επομένως να περιορίσει τα προς επίδειξη αποτελέσματα(πχ. μόνο άτομα ή οντότητες που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη υποκλάση ατόμου, όπως ηθοποιός ή ζωγράφος). Οι Sigma, SWSE και Falcons παρέχουν μια περίληψη της οντότητας την οποία επιλέγει ο χρήστης από τη λίστα αποτελεσμάτων, σε παραβολή με επιπλέον δομημένα δεδομένα που έχουν ανακτηθεί από τον Ιστό καθώς και συνδέσμους προς σχετιζόμενες οντότητες.

Μια μηχανή αναζήτησης η οποία επικεντρώνεται στην απάντηση περίπλοκων ερωτημάτων πάνω στα δεδομένα ιστού είναι η VisiNav. Οι ερωτήσεις διατυπώνονται από τον χρήστη σε μια μορφή που μπορεί να είναι πολύ περισσότερο εκφραστική απ' αυτές που μπορούν να υποστηρίξουν διαδοσόμενες μηχανές αναζήτησης όπως η Google και η Yahoo. Για παράδειγμα στο αίτημα «δώσε μου τα URLs όλων των κειμένων που έχουν γραφτεί από τον Tim Berners-Lee», η VisiNav επιστρέφει τα σωστά αποτελέσματα σε αντίθεση με την Google και την Yahoo που επιστρέφουν συνδέσμους ιστοσελίδων που αναφέρονται γενικά στον Tim Berners-Lee.

4.2.3.2 Υπηρεσίες προοριζόμενες για εφαρμογές

Ενώ οι SWSE και Falcons παρέχουν δυνατότητες αναζήτησης προσανατολισμένες προς τους ανθρώπους, μια ακόμα γενιά υπηρεσιών έχει αναπτυχθεί για την εξυπηρέτηση των αναγκών των εφαρμογών που είναι χτισμένες στην κορυφή των Συνδεδεμένων Δεδομένων. Τα ευρετήρια αυτά, όπως το Swoogle, το Sindice και το Watson παρέχουν APIs μέσω των οποίων οι εφαρμογές Συνδεδεμένων Δεδομένων μπορούν να ανακαλύψουν RDF έγγραφα στον Ιστό που αναφέρονται σε ένα συγκεκριμένο URI ή να περιέχουν ορισμένες λέξεις-κλειδιά.

Το σκεπτικό αυτών των υπηρεσιών είναι ότι κάθε νέα εφαρμογή Συνδεδεμένων Δεδομένων δεν πρέπει να χρειάζεται να υλοποιήσει τη δική της υποδομή για τη συλλογή και ευρετηριοποίηση όλων των μερών του Ιστού Δεδομένων τα οποία μπορεί να θέλει να χρησιμοποιήσει. Αντ' αυτού, οι εφαρμογές μπορούν να υποβάλουν ερωτήματα σε αυτά τα ευρετήρια ώστε να λάβουν δείκτες προς πιθανά σχετικά έγγραφα RDF τα οποία μπορούν να ανακτηθούν και να προσπελαστούν από την ίδια την εφαρμογή. Παρά αυτό το κοινό χαρακτηριστικό, αυτές οι υπηρεσίες δίνουν έμφαση σε διαφορετικά πράγματα. Η Sindice προσανατολίζεται πιο πολύ στην παροχή πρόσβασης σε έγγραφα που περιέχουν δεδομένα στιγμιότυπων, ενώ αντίθετα η έμφαση των Swoogle και Watson είναι στην εύρεση οντολογιών που καλύπτουν συγκεκριμένες έννοιες σχετικές με ένα ερώτημα.

The screenshot shows the Swoogle search interface. At the top right, there is a link "Want more results? [Login](#)". The Swoogle logo is on the left, with "semantic web search 2006" below it. A search bar contains the word "animal" and a "Swoogle Search" button. To the right of the search bar is a link for "RDF version". Below the search bar, a blue banner displays "list ontologies matching ontology search" and "1 - 10 of total 731 results for animal in 0.56 seconds". On the far right of this banner is a link "set by | [date](#) | [track](#) |". Below the banner, several search results are listed, each with a URL, a definition in brackets, and metadata. The results include:

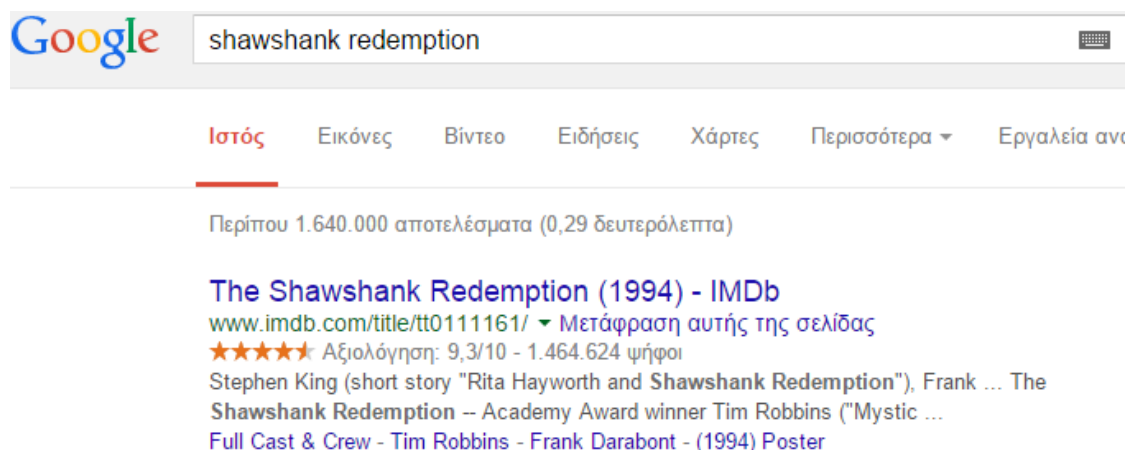
- <http://morpheus.cs.umbc.edu/aks1/ontosem.owl>
[DEF] , anglicanism, anglophobia, angul, ani, animal, animal-antiserum, animal-breeding-corporation
SemanticWebDocument, RDFXML, 2005-08-25, 3M, ontoRatio(1.00), [metadata](#), [cached](#)
- http://spire.umbc.edu/ontologies/ethan_keywords.owl
[DEF] , Amphibians, And, Animal, Antarctica, AntarticalIntroduced, AntarticalNative, Aposematic, Appendix
SemanticWebDocument, RDFXML, 2006-01-30, 115K, ontoRatio(1.00), [metadata](#), [cached](#)
- <http://tap.stanford.edu/data/>
SemanticWebDocument, RDFXML, 2006-03-24, 15M, ontoRatio(0.14), [metadata](#), [cached](#)
- <http://www.dami.org/validator/examples/ont1.daml>
[DEF] Animal, Father, Female, Male, Man, Mother, Parent, Person, Plant, Woman, age, has, hasFather
SemanticWebDocument, RDFXML, 2002-08-09, 2K, ontoRatio(1.00), [metadata](#), [cached](#)
- <http://semweb.mcdonaldbradley.com/OWL/Cyc/FreeToGov/060704/FreeToGovCyc.owl>
[DEF] , Angry, Anguish, Angular, AngularAccelerationRate, AngularDistance, Anhydride, Animal
SemanticWebDocument, RDFXML, 2004-08-06, 17M, ontoRatio(0.70), [metadata](#), [cached](#)
- <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-dami-desc.daml>
[DEF] Abstract, Address, Administrative, Animal, Article, Author, Authored, Baa, Book, By, Calendar
SemanticWebDocument, RDFXML, 2001-08-21, 11K, ontoRatio(1.00), [metadata](#), [cached](#)

Εικόνα 11: Παρουσίαση αποτελεσμάτων στη Swoogle για την οντολογία "Animal"

4.2.3.3 Χρήση δομημένων δεδομένων από κλασικές μηχανές αναζήτησης

Αξίζει να αναφερθεί ότι γνωστές, παραδοσιακές μηχανές αναζήτησης όπως η Google και η Yahoo έχουν επίσης αρχίσει να χρησιμοποιούν δομημένα δεδομένα από τον ιστό στις εφαρμογές τους. Η Google συλλέγει RDF κι άλλου τύπου δεδομένα που περιγράφουν ανθρώπους, προϊόντα, επιχειρήσεις κλπ και τα χρησιμοποιεί για να προβάλλει περισσότερα και πιο δομημένα αποτελέσματα στους χρήστες της μέσω των «*Rich Snippets*». Τα «*Rich Snippets*» είναι οι γραμμές με επιπλέον πληροφορίες που εμφανίζονται κάτω από τα αποτελέσματα αναζητήσεων της Google, όταν οι ιστοσελίδες χρησιμοποιούν δομημένα δεδομένα (structured data). Αποτελούν ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο καθώς αφενός ενημερώνουν τον χρήστη για το περιεχόμενο της ιστοσελίδας κι αφετέρου προσφέρουν στους ιδιοκτήτες αυτών την δυνατότητα να προβληθούν περισσότερο και να ξεχωρίσουν οι σελίδες τους.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα παράδειγμα rich snippet κατά την αναζήτηση της ταινίας «*The Shawshank Redemption*». Παρατηρούμε ότι το πρώτο αποτέλεσμα που προέκυψε μας παρουσιάζει επιπρόσθετες πληροφορίες όπως την αξιολόγηση της ταινίας σε αστέρια και σε κλίμακα του 10 αλλά και το πλήθος των ψήφων που αυτή συγκέντρωσε.



Εικόνα 12: Παράδειγμα Rich Snippet της Google

Ωστόσο, η Google χρησιμοποιεί τα δομημένα δεδομένα όχι μόνο για να εμπλουτίσει τα αποτελέσματα των αναζητήσεων της, αλλά και για να απαντήσει αμέσως απλές ερωτήσεις. Για παράδειγμα, αν γράψουμε στην αναζήτηση «τόπος γέννησης Ευριπίδη», η Google απαντά κατευθείαν στην ερώτηση εμφανίζοντας «Σαλαμίνα» μαζί με φωτογραφίες και τον χάρτη αυτής. Αν πληκτρολογήσουμε «square root of 4», η Google προβάλλει πάλι σαν πρώτο αποτέλεσμα το 2 που είναι κι η σωστή απάντηση. Αυτό είναι ένα απλό παράδειγμα της εξέλιξης των βασικών μηχανών αναζήτησης χάρη στη χρήση των δομημένων δεδομένων από τον ιστό.

Κεφάλαιο 5: Εκτέλεση ιδέας

5.1 Παρουσίαση σεναρίων

Για την υλοποίηση του στόχου της εργασίας, έπρεπε αρχικά να γίνει καθορισμός του υποθετικού έξυπνου σπιτιού που θα χρησιμοποιούνταν ως ενδεικτικό μοντέλο και βάση εφαρμογής των σεναρίων. Προκειμένου αυτό να μπορεί να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο στην πραγματικότητα και να αποτελεί ένα κλασικό πρότυπο, επιλέχθηκε σαν βάση το υποθετικό σπίτι μιας μέσης αστικής οικογένειας στο οποίο είναι εγκατεστημένος όλος ο εξοπλισμός που απαρτίζει ένα έξυπνο σπίτι. Ασφαλώς και για να χει νόημα η εργασία, όλες οι συσκευές, οι αισθητήρες κλπ από τις οποίες αποτελείται, θα κάνουν χρήση ασύρματων τεχνολογιών διαδικτύου πάνω στις οποίες θα μπορεί να στηριχθεί το μετέπειτα σημασιολογικό επίπεδο.

Στην συγκεκριμένη ενότητα ορίζονται τα έξυπνα σενάρια και οι κανόνες που επιθυμούμε να εφαρμοστούν σε ένα τέτοιο υποθετικό σπίτι. Για την διαμόρφωση αυτών, ανατρέξαμε σε βιβλιογραφία κι εταιρείες του συγκεκριμένου τμήματος της αγοράς προκειμένου να δούμε τα διαθέσιμα προϊόντα, τις λειτουργίες τους και τις δυνατότητες που μπορούν να προσφέρουν. Μέσω της μελέτης και του συνδυασμού αυτών, διατυπώθηκαν οι ακόλουθοι κανόνες. Επιπλέον, εισαγάγαμε πρόσθετα σενάρια πέραν των προτεινόμενων λύσεων, με στόχο αφενός την απόδοση περισσότερης ευφυΐας στο σύστημα και την εξυπηρέτηση των ενοίκων κι αφετέρου την απόδειξη του επιπέδου επέκτασης και του μεγάλου εύρους εφαρμογής των τεχνολογιών.

Καθ' όλη την διάρκεια διατύπωσης των σεναρίων, ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην απόδοση ιεραρχίας και σειράς προτεραιότητας στους κανόνες. Στην περίπτωση του έξυπνου σπιτιού, αυτό κρίνεται ζωτικής σημασίας αφού, δεδομένου του μεγάλου όγκου εφαρμόσιμων σεναρίων για πεπερασμένο πλήθος συσκευών, η αντίκρουση (conflict) ορισμένων απ' αυτών είναι βέβαιη στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που δύο διαφορετικά σενάρια τυχαίνουν να πληρούνται ταυτόχρονα και να οδηγούν σε εκ διαμέτρου αντίθετα αποτελέσματα για μία συγκεκριμένη οντότητα, θα πρέπει να έχει προηγηθεί η σωστή μελέτη που θα καθορίζει ποιο από τα δύο θα επικρατήσει τελικά ώστε να οδηγηθούμε σε ορθά αποτελέσματα.

Τα σενάρια που διατυπώνονται αφορούν επομένως ένα σπίτι που έχει ως δωμάτια υπνοδωμάτιο, σαλόνι, κουζίνα, μπάνιο, κι έναν εξωτερικό χώρο που μπορεί να είναι κάποια ενδεχομένως αυλή ή κήπος. Σε όλους τους χώρους είναι εγκατεστημένοι αισθητήρες θερμοκρασίας, φωτεινότητας, εντοπισμού κίνησης, καπνού και διαρροής αερίου, έξυπνοι διακόπτες και πρίζες, βιντεοκάμερες σε μερικά σημεία κλπ ενώ οι έξυπνες οικιακές συσκευές θα ναι διασκορπισμένες μέσα στα δωμάτια ανάλογα με την λειτουργία τους. Ο έλεγχος και η χρήση του συστήματος θα μπορεί να γίνεται μέσω των διαθέσιμων εφαρμογών από κινητά, tablets καθώς κι από ενσωματωμένες στον τοίχο οθόνες.

Τα σενάρια που παρουσιάζονται στη συνέχεια, αποτελούν λύσεις είτε για την διευκόλυνση, παροχή ασφάλειας και βελτίωσης της ποιότητας ζωής των κατοίκων είτε για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης. Διαχωρίζονται, με βάση τον τομέα εφαρμογής τους, στις εξής κατηγορίες:

- 1) Θερμοκρασία
- 2) Φωτισμός
- 3) Ασφάλεια/ Συναγερμός
- 4) Άλλα (περιλαμβάνει τα σενάρια εκείνα που δεν υπάγονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες)

Συγκεκριμένα έχουμε:

1. Θερμοκρασία (Ιδανικές θερμοκρασίες χώρου 20-25 °C)

1.1. Σε περίπτωση κοινής απουσίας όλων των ατόμων απ' το σπίτι (όταν δηλαδή οι αισθητήρες κίνησης δεν εντοπίσουν κανένα άτομο σε κάποιο δωμάτιο του σπιτιού), δεν γίνεται καμία διαδικασία προσαρμογής της θερμοκρασίας του χώρου έως την έλευση του πρώτου ενοίκου στο σπίτι.

1.2. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή εντοπιστεί άτομο σε κάποιο χώρο, ενεργοποιείται η διαδικασία προσαρμογής θερμοκρασίας σε όλους τους χώρους του σπιτιού και διατηρείται σε λειτουργία για όση ώρα είναι το σπίτι κατειλημμένο. Διακρίνουμε τότε τις περιπτώσεις :

1.2.1. Ψύξη (Για θερμοκρασίες χώρου μεγαλύτερες των 25 °C):

1.2.1.1. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από 20°C και οι καταστάσεις Security / Home Cinema / Sleep Mode είναι απενεργοποιημένες:
Ανοίγουν τα παράθυρα του δωματίου.

1.2.1.2. Όταν μια από τις καταστάσεις Security / Home Cinema / Sleep Mode είναι ενεργοποιημένη:
Ενεργοποίηση κλιματισμού.

1.2.1.3. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 20 °C :
Ενεργοποίηση κλιματισμού.

1.2.2. Θέρμανση (Για θερμοκρασίες χώρου μικρότερες των 20 °C) :
Ενεργοποίηση θέρμανσης.

2. Φωτισμός

- 2.1. Κατά τη διάρκεια της ημέρας κι όταν δεν είναι ενεργοποιημένη κάποια από τις λειτουργίες Sleep / Home Cinema Mode ανοίγουν τα στόρια και οι κουρτίνες των παραθύρων ενώ τα φώτα των δωματίων παραμένουν κλειστά.
- 2.2. Μετά την δύση του ήλιου κι όταν δεν είναι ενεργοποιημένη κάποια από τις λειτουργίες Sleep/Home Cinema Mode τα εσωτερικά φώτα του σπιτιού ανάβουν κατά την είσοδο ενός ατόμου στο δωμάτιο και σβήνουν αυτόματα κατά την εκκένωση του δωματίου.
- 2.3. Μετά την δύση του ήλιου ενεργοποιείται ο εξωτερικός φωτισμός του σπιτιού κι απενεργοποιείται αυτόματα στην ανατολή. Παράλληλα, κλείνουν τα στόρια κι οι κουρτίνες των δωματίων κι ανοίγουν ξανά τις πρωινές ώρες.

3. Ασφάλεια

- 3.1. Οι εξωτερικές(ηλεκτρονικές) πόρτες παραμένουν κλειδωμένες πλην των παρακάτω εξαιρέσεων που αναφέρονται.
- 3.2. Οι εξωτερικές πόρτες ξεκλειδώνουν αυτόματα κατά την άφιξη ενός ενήλικα (αν δεν είναι ενεργοποιημένη η λειτουργία Security Mode) και κλειδώνουν ξανά κατά το κλείσιμο τους από κάποιον ένοικο του σπιτιού.
- 3.3. Σε περίπτωση που κάποιο από τα παιδιά της οικογένειας εισέλθει ή εξέλθει από το σπίτι, το σύστημα ενημερώνει τους γονείς με ειδικό μήνυμα.
- 3.4. Αν κάποια απ' τις εξωτερικές πόρτες διατηρηθεί ανοιχτή(και δεν έχει τεθεί σε λειτουργία το Security Mode) , ενεργοποιείται ένας διακριτικός buzzer με αυξανόμενη ένταση κατά την πάροδο του χρόνου μέχρι κάποιος να κλείσει την πόρτα κι αυτή εν συνεχεία κλειδώσει αυτόματα. Το σχετικό buzzer απενεργοποιείται προφανώς αυτόματα κατά το κλείσιμο της πόρτας.
- 3.5. Σε περίπτωση που ένας αισθητήρας διαρροής αερίου/καπνού εντοπίσει διαρροή αερίου/καπνό σε κάποιο δωμάτιο, ενεργοποιείται ο αντίστοιχος συναγερμός. Επίσης το σύστημα στέλνει μήνυμα ενημέρωσης στα κινητά των ενοίκων του σπιτιού όπου ρωτάει μεταξύ άλλων αν επιθυμείται η κλήση στην πυροσβεστική. Τέλος, ειδοποίηση εμφανίζεται και κατά την απενεργοποίηση του συναγερμού από κάποιον χρήστη.

- 3.6.** Σε περίπτωση που όλοι οι ένοικοι απουσιάζουν από το σπίτι και δεν έχει ενεργοποιηθεί ήδη το Security Mode, το σύστημα αποστέλλει μήνυμα που ρωτάει αν ο χρήστης επιθυμεί την ενεργοποίηση του.
- 3.7.** Κατά την ενεργοποίηση του Security Mode, οι εξωτερικές πόρτες και τα παράθυρα του σπιτιού κλειδώνουν αυτόματα.
- 3.8.** Αν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας Security Mode σημειωθεί ξεκλείδωμα εξωτερικής πόρτας ή άνοιγμα παραθύρου τότε ενεργοποιείται ο συναγερμός και ταυτόχρονα αποστέλλεται μήνυμα που ρωτάει μεταξύ άλλων αν επιθυμείται η κλήση της αστυνομίας.
- 3.9.** Σε περίπτωση που οι αισθητήρες ανίχνευσης παρουσίας δεν εντοπίσουν κάποιον ένοικο στο δωμάτιο όπου σημειώνεται η πιθανή διάρρηξη, κλειδώνει αυτόματα η εσωτερική πόρτα που συνδέει το σχετικό δωμάτιο με τους υπόλοιπους χώρους του σπιτιού με σκοπό να εγκλωβιστεί ο διαρρήκτης και να εξασφαλιστεί η προστασία των μελών της οικογένειας.
- 3.10.** Σε περίπτωση που κάποιος ένοικος απενεργοποιήσει τον συναγερμό, τότε ξανακλείνει αυτόματα το παράθυρο ή η πόρτα που έχει ανοίξει.
- 3.11.** Αν η λειτουργία Security Mode απενεργοποιηθεί, οι εξωτερικές πόρτες και τα παράθυρα επανέρχονται στην προηγούμενη τους κατάσταση (π.χ. ανοίγουν τα παράθυρα αν ορίζει έτσι ο σχετικός κανόνας προσαρμογής θερμοκρασίας) κι αποστέλλεται σχετική ειδοποίηση .

4. Άλλα

- 4.1.** Σε περίπτωση που ενεργοποιηθεί μία εκ των λειτουργιών Home Cinema/ Sleep Mode, αποστέλλεται ειδοποίηση και παράλληλα κλείνουν τα στόρια, οι κουρτίνες, τα παράθυρα και ο φωτισμός του αντίστοιχου δωματίου. Ειδοποίηση αποστέλλεται και κατά την απενεργοποίηση της σχετικής λειτουργίας.
- 4.2.** Αν ενεργοποιηθεί η λειτουργία Home Cinema ενεργοποιείται επίσης κι η τηλεόραση του δωματίου. Αντίθετα κατά την λειτουργία Sleep Mode η τηλεόραση του αντίστοιχου δωματίου παραμένει κλειστή.
- 4.3.** Αν κάποιος ένοικος εντοπιστεί να κοιμάται σε κάποιο δωμάτιο τότε αυτόματα ενεργοποιείται η λειτουργία Sleep Mode. Αν το ίδιο άτομο έχει

ορίσει μια συγκεκριμένη ώρα αφύπνισης, τότε εκείνη τη στιγμή η λειτουργία απενεργοποιείται, με αποτέλεσμα να ανοίγουν τα στόρια/κουρτίνες αν είναι πρωί ή ο φωτισμός αν είναι βράδυ όπως ακριβώς ορίζεται από τους κανόνες φωτισμού.

- 4.4. Όταν κάποιος ένοικος ξυπνήσει ανάβει αυτόματα ο θερμοσίφοντας και η καφετιέρα.
- 4.5. Όταν κάποιος εισέλθει στο μπάνιο ξεκινά αυτόματα η αναπαραγωγή background μουσικής.
- 4.6. Όταν κάποιος κάνει μπάνιο ενεργοποιούνται οι θερμαινόμενες κρεμάστρες.
- 4.7. Αποστολή ειδοποίησης κατά το γέμισμα των κάδων απορριμμάτων.
- 4.8. Ενεργοποίηση σκούπας-ρομπότ για όση ώρα το σπίτι είναι άδειο.
- 4.9. Αποστολή ειδοποίησης σε περίπτωση που το σπίτι είναι άδειο και κάποια συσκευή(πέραν της σκούπας-ρομπότ) σημειωθεί ανοιχτή.

Φυσικά, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι δυνατότητες και οι περιπτώσεις αυτοματοποίησης που μπορούν να επιτευχθούν σε ένα έξυπνο σπίτι δεν περιορίζονται στα παραπάνω σενάρια. Ο συνδυασμός των ασύρματων τεχνολογιών δικτύου με το IoT και η πρόσδοση σημασιολογικής πληροφορίας στις οντότητες που απαρτίζουν ένα έξυπνο σπίτι, χάρη στην επίλυση του προβλήματος της ετερογένειας των συσκευών που προσφέρουν, μπορούν να οδηγήσουν στην δημιουργία άπειρων κανόνων και σεναρίων. Αυτό, με άλλα λόγια σημαίνει ότι ο χρήστης έχει πλέον την δυνατότητα να καθορίσει ο ίδιος τον τρόπο λειτουργίας του σπιτιού του ανάλογα με τις δικές του επιθυμίες κι ανάγκες.

5.2 Υλοποίηση οντολογίας και διατύπωση σεναρίων

Για την δημιουργία της οντολογίας και των κανόνων που θα καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας του έξυπνου σπιτιού, όπως αυτός παρουσιάστηκε παραπάνω, προτιμήθηκε η χρήση του editor «Fluent Editor» της Cognitum. Βασικό χαρακτηριστικό του Fluent Editor αποτελεί η χρήση της λεγόμενης Ελεγχόμενης Φυσικής Γλώσσας (Controlled Natural Language – CNL) έναντι άλλων γλωσσών βασιζόμενων στην σύνταξη XML, η οποία, όπως έχει ήδη ειπωθεί, είναι ιδιαίτερα δυσνόητη και δυσανάγνωστη για τον άνθρωπο. Ο Fluent Editor, ο τρόπος λειτουργίας του καθώς και η CNL παρουσιάζονται πιο αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.

Η οντολογία μαζί με τους κανόνες που υλοποιήθηκαν είναι χωρισμένοι θεματικά σε τέσσερα μέρη, ανάλογα με τον τομέα εφαρμογής των σεναρίων, σε αντιστοιχία με την θεωρητική παρουσίαση αυτών. Στην παρούσα ενότητα αναλύονται εκτενώς τα επιμέρους τμήματα τα οποία απαρτίζουν την οντολογία και παρουσιάζεται ο τρόπος εξαγωγής κι εμφάνισης των αποτελεσμάτων.

Λόγω του μεγάλου όγκου της οντολογίας και των σεναρίων, επιλέξαμε στην παρούσα ενότητα να γίνει μια παρουσίαση της μεθοδολογίας και της σειράς των βημάτων που ακολουθήσαμε κατά την κατασκευή τους, με ενδεικτικά παραδείγματα τους, αντί για μία λεπτομερή περιγραφή καθενός απ' τα επιμέρους στοιχεία. Ωστόσο, η πλήρης οντολογία είναι διαθέσιμη προς προβολή στο παράρτημα στο τέλος του εντύπου μαζί με βοηθητικά σχόλια προς διευκόλυνση του αναγνώστη.

5.2.1 Καθορισμός κλάσεων, στιγμιότυπων και σχέσεων οντολογίας

Ως πρώτο βήμα, έπρεπε να οριστούν αρχικά, ως κλάσεις και στιγμιότυπα, όλες οι επιμέρους οντότητες που αναφέρονται στην οντολογία καθώς κι οι επιμέρους σχέσεις τους. Μολονότι, ο Fluent Editor παρέχει την δυνατότητα εισαγωγής πληροφορίας μέσω αναφορών σε εξωτερικές οντολογίες, εμείς προτιμήσαμε την δημιουργία αποκλειστικά δικού μας λεξιλογίου για την αποφυγή, αφενός, τυχόν δυσκολιών που θα προέκυπταν κατά τη διαδικασία αναζήτησης της κατάλληλης οντολογίας κι αφετέρου για την επίτευξη ενός ολοκληρωμένου αποτελέσματος.

Οι αναφερόμενες κλάσεις της οντολογίας είναι:

1. House (όνομα σπιτιού)
2. Resident
3. Room
4. Smart Device: ως έξυπνες συσκευές χαρακτηρίζονται όλα τα φυσικά αντικείμενα και οι συσκευές που μπορούν να χειριστούν αυτόματα από το έξυπνο σπίτι (καφετιέρα, τηλεόραση, καλοριφέρ κλπ.).
5. Parameter: αποτελούν τις μεταβλητές εκείνες που μέσω της διαμόρφωσης των τιμών τους καθορίζεται η εφαρμογή ή όχι των περισσότερων σεναρίων. Η ανίχνευση των τιμών των παραμέτρων συνήθως γίνεται μέσω των αισθητήρων του σπιτιού (π.χ. θερμοκρασία, ανίχνευση παρουσίας κλπ.).
6. Mode λειτουργίες: Security Mode, Home Cinema Mode κ.λ.π.
7. Special Events: π.χ. κλοπή, διαρροή αερίου
8. Alarm

Η πλειοψηφία των παραπάνω κλάσεων περιλαμβάνει υποκλάσεις οι οποίες ακολουθούν τον ίδιο κανόνα ονομασίας, δηλαδή ουσιαστικά που ξεκινούν με μικρό γράμμα. Η δήλωση των κλάσεων και των υποκλάσεων είναι ιδιαίτερος απλή. Για παράδειγμα, η δημιουργία της κλάσης «ένοικος» γίνεται ως εξής:

```
Every adult is a resident.  
Every kid is a resident.  
Every owner is a resident.
```

Εικόνα 13: Παράδειγμα δήλωσης υποκλάσεων

Παρατηρούμε ότι δεν έγινε κάποια ξεχωριστή δήλωση της κλάσης resident. Αυτό συμβαίνει γιατί ο Fluent Editor αντιλαμβάνεται και δηλώνει αυτόματα όσες κλάσεις δεν ορίζονται σαν ξεχωριστές και δεν χρειάζεται να εισάγουμε πρόταση της μορφής «Every resident is something.», χωρίς ωστόσο κάτι τέτοιο να είναι λάθος.

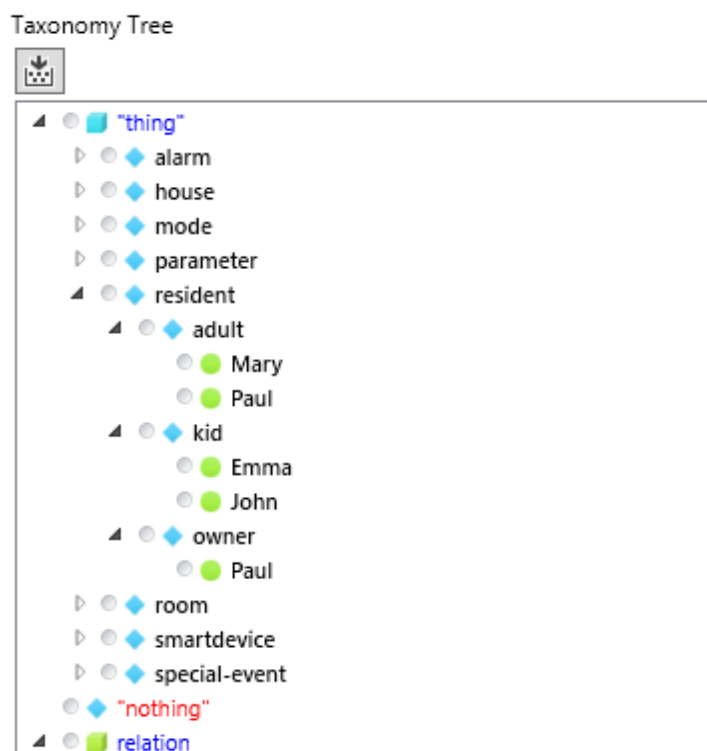
Ο καθορισμός των στιγμιότυπων κάθε κλάσης έπειτα είναι αντίστοιχος με την διαφορά ότι τα στιγμιότυπα δηλώνονται ως ουσιαστικά που ξεκινούν με κεφαλαίο γράμμα. Στο παραπάνω παράδειγμα έχουμε συγκεκριμένα:

```
Mary is an adult .  
Paul is an owner and is an adult.  
Emma is a kid.  
John is a kid.
```

Εικόνα 14 : Παράδειγμα δήλωσης στιγμιότυπων

Από την παραπάνω δήλωση παρατηρούμε ότι ένα στιγμιότυπο μπορεί να δηλωθεί σε παραπάνω από μία κλάσεις/υποκλάσεις (ο Paul είναι ενήλικας και ταυτόχρονα ο ιδιοκτήτης του σπιτιού), όπως επίσης και το ότι κάθε στιγμιότυπο που ανήκει σε μια

υποκλάση μιας κλάσης αποτελεί ταυτόχρονα και στιγμιότυπο της ίδιας της κλάσης όπως αποτυπώνεται κι απ' το taxonomy tree:



Εικόνα 15: Taxonomy tree: Παρουσίαση δεδομένων του OWL αρχείου

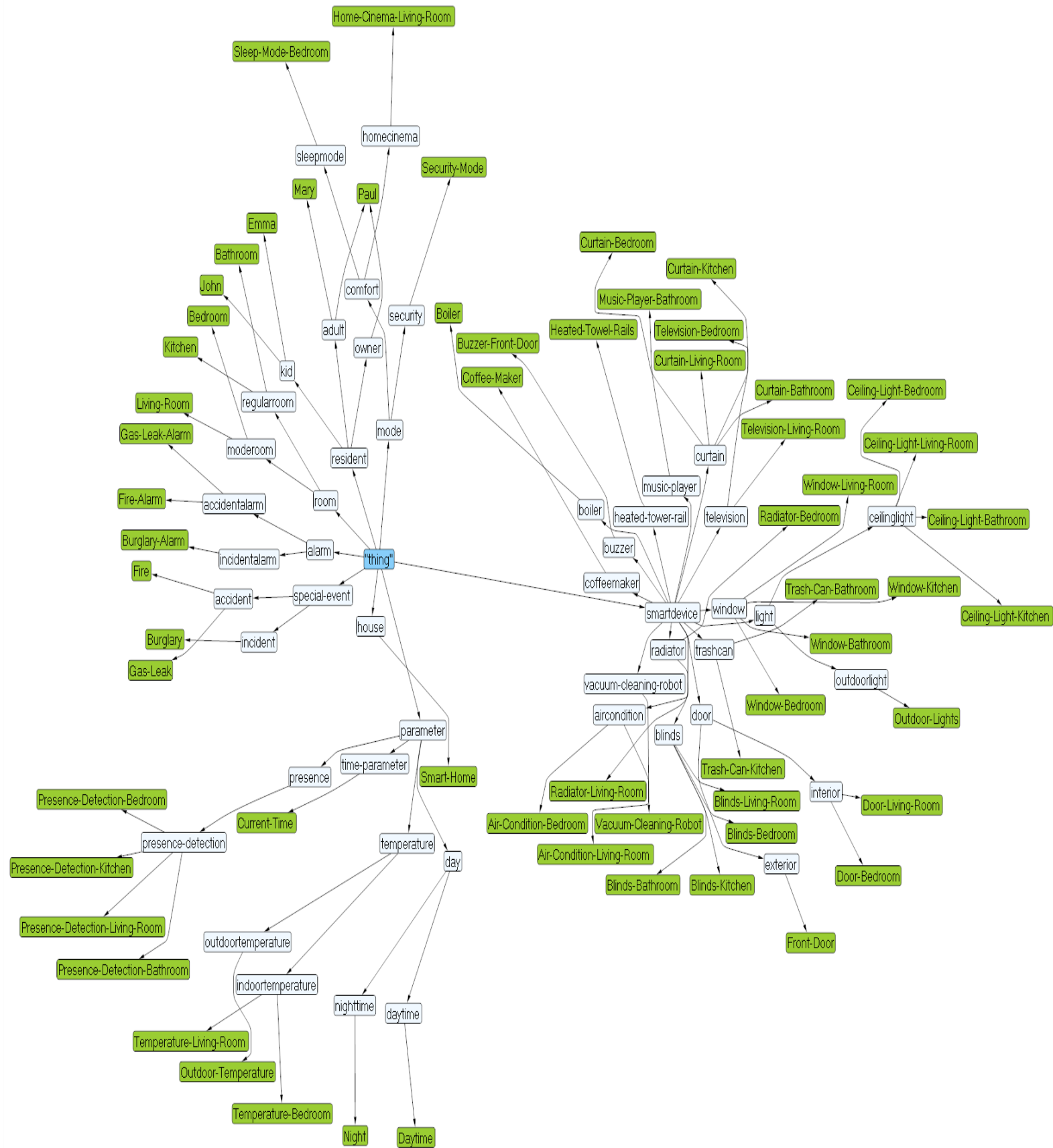
Μετά τον καθορισμό όλων των κλάσεων και των στιγμιότυπων της οντολογίας, ακολούθησε η δήλωση των διαφόρων σχέσεών τους όπως για παράδειγμα:

Window-Bedroom **is a** window **and is-located-at** Bedroom.
 Window-Bedroom **has** Blinds-Bedroom **and has** Curtain-Bedroom.

Πολλές από τις σχέσεις που εμφανίζονται στην οντολογία είναι δηλωμένες και με την μορφή SWRL κανόνων. Ασφαλώς, οι κανόνες αυτοί δεν ανήκουν στα σενάρια του Smart Home που θα αναλύσουμε παρακάτω, αλλά αποτελούν βάση για τον ορισμό των απαραίτητων ρόλων της οντολογίας, πάνω στους οποίους αυτά θα τοποθετηθούν. Για παράδειγμα, για την δήλωση τοποθεσίας των στιγμιότυπων της κλάσης «curtain», εισαγάγαμε την ακόλουθη πρόταση :

If a window **has a** curtain **and the** window **is-located-at a** room **then the** curtain **is-located-at the** room.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται όλες οι κλάσεις και τα στιγμιότυπα της οντολογίας Smart Home που δημιουργήθηκε.



Εικόνα 16: CNL διάγραμμα οντολογίας: τα άσπρα πεδία παριστάνουν τις κλάσεις ενώ τα πράσινα τα στιγμιότυπα της οντολογίας

5.2.2 Δημιουργία σεναρίων Smart Home μέσω SWRL και C#

Αφού δηλώθηκαν όλες οι επιμέρους έννοιες κι οντότητες της οντολογίας, ακολούθησε η διαμόρφωση των τελικών σεναρίων Smart Home όπως αυτά έχουν οριστεί στην ενότητα 5.1.

```
If Smart-Home has-status Occupied and a room has-status Cold and a radiator is-located-at the room and an aircondition is-located-at the room and a window is-located-at the room then the radiator has-status On and the aircondition has-status Off and the window has-status Closed.
```

Ο παραπάνω SWRL κανόνας δηλώνει την ενεργοποίηση της θέρμανσης όπως αυτή έχει οριστεί στο σενάριο 1.2.2. και ταυτόχρονα την απενεργοποίηση της διαδικασίας ψύξης μέσω του κλεισίματος του παραθύρου και του air condition. Η τριάδα «Smart-Home has-status Occuried» προσδίδει ουσιαστικά προτεραιότητα στον κανόνα που ορίζει ότι οι διαδικασίες προσαρμογής θερμοκρασίας εκτελούνται μόνο στην περίπτωση κατειλημμένου σπιτιού.

Καθώς η OWL δεν υποστηρίζει την μορφή «If.. then.. else» , η πρόσδοση σειράς προτεραιότητας στους κανόνες για την αποφυγή conflicts γίνεται μόνο μέσω του καθορισμού όλων των συνθηκών που πρέπει να πληρούνται στο σώμα του κανόνα.

Εκτός από την χρήση της απλής SWRL μορφής, πολλά απ' τα σενάρια διατυπώθηκαν και μέσω του μηχανισμού Active Rules του FE. Οι Active Rules πρόκειται ουσιαστικά για μια λειτουργία του FE που επιτρέπει την εισαγωγή κώδικα C# όταν πληρούνται συγκεκριμένα κριτήρια. Σε αυτήν την περίπτωση, οι κανόνες εξακολουθούν να διατυπώνονται σε μια μορφή SWRL «If ... then..» με το σώμα του κανόνα να ακολουθεί την ίδια σύνταξη και δομή, αλλά με την κεφαλή να περιέχει εντολές προς εκτέλεση γραμμένες σε κώδικα.

Η διατύπωση σεναρίων υπό την μορφή των Active Rules και της εισαγωγής κώδικα C# προσέδωσε σημαντικά οφέλη στην οντολογία μας. Αρχικά μας δόθηκε η δυνατότητα να επεξεργαζόμαστε, να εισάγουμε και να διαγράφουμε δυναμικά πληροφορία μέσα στην οντολογία. Επιπρόσθετα, με αυτόν τον τρόπο επιτύχαμε την εμφάνιση των ειδοποιήσεων που αναφέραμε σε πολλά σενάρια μέσω της εκτύπωσης μηνυμάτων στο ειδικό παράθυρο Active Rules Output. Έτσι το τελικό αποτέλεσμα ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, προσομοιώνοντας ρεαλιστικά τον τρόπο λειτουργίας του έξυπνου σπιτιού.

Ο μηχανισμός Active Rules χρησιμοποιήθηκε γενικά για τα σενάρια εκείνα τα οποία περιλαμβάνουν την εμφάνιση ειδοποιήσεων προς τους ενοίκους καθώς και για εκείνες τις περιπτώσεις που κρίθηκε χρήσιμη η εισαγωγή/διαγραφή γνώσης, ενώ στα υπόλοιπα σενάρια προτιμήθηκε η χρήση της SWRL μορφής.

Ένα παράδειγμα κανόνα Active Rule στη συγκεκριμένη οντολογία είναι το εξής:

If an accident occurs-at a room and the accident triggers an alarm then for the accident and the room and the alarm execute <?

```
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", alarm));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} occurs-at {1}.", accident ,
room));
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + alarm + " is activated due
to " + accident + " in " + room + ". Do you wish to call the fire
department?");
```

?>.

Το σενάριο αυτό ορίζει ότι σε περίπτωση που κάποιο ατύχημα (ως ατύχημα ορίζουμε την φωτιά ή την διαρροή αερίου) εκδηλωθεί σε κάποιο δωμάτιο τότε ενεργοποιείται ο σχετικός συναγερμός και ταυτόχρονα οι ένοικοι ειδοποιούνται μέσω μηνύματος στο οποίο εμφανίζονται όλες οι σχετικές πληροφορίες καθώς και η ώρα που αυτό συνέβη. Για να ενεργοποιηθεί αυτό το σενάριο αρκεί, επομένως, να εισάγουμε στην οντολογία πρόταση της μορφής «Fire occurs-at Bedroom.».

Η πρόταση KnowledgeDelete(string.Format("{0} occurs-at {1}.", accident , room)); εισάγεται για να εξασφαλιστεί η αυτόματη διαγραφή της παραπάνω πρότασης έτσι ώστε η ειδοποίηση να εμφανιστεί μόνο μία φορά, κατά την εκδήλωση του φαινομένου.

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την σημασία και τον τρόπο χρήσης των Active Rules παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες.

5.2.3 Απόδοση τιμών σε παραμέτρους

Το τελευταίο τμήμα της οντολογίας περιλαμβάνει την απόδοση τιμών (χαρακτηριστικών - attributes σε όρους οντολογίας) στις παραμέτρους εκείνες της οντολογίας οι οποίες καθορίζουν ανάλογα και τα σενάρια που είναι σε ισχύ κάθε φορά. Επίσης σε αυτό το τμήμα της οντολογίας εισάγεται και διαγράφεται η γνώση που ορίζουν οι Active Rules, τροποποιώντας συχνά τις παραπάνω παραμέτρους. Όπως έχει δηλωθεί και παραπάνω, σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν όλες οι οντότητες της κλάσης parameter (χρόνος, θερμοκρασία, ανίχνευση παρουσίας κλπ.) αλλά κι άλλες όπως π.χ. οι λειτουργίες Sleep και Home Cinema Mode. Για παράδειγμα:

```
Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.  
Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.  
Current-Time has-value equal-to 21.  
Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.  
Security-Mode has-status Off.  
Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.
```

Στο έξυπνο σπίτι, οι τιμές αυτές θα καθορίζονται σύμφωνα με τα δεδομένα που καταγράφονται από τους αισθητήρες του σπιτιού (θερμοκρασίας, ανίχνευσης παρουσίας κλπ.) καθώς κι από τις διάφορες επεμβάσεις του ανθρώπινου παράγοντα στο σύστημα (π.χ. ενεργοποίηση λειτουργίας Security Mode).

5.3 Use cases - Εκτέλεση κι εξαγωγή αποτελεσμάτων

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί ένα από τα διάφορα υποθετικά σενάρια λειτουργίας του έξυπνου σπιτιού και θα αναλυθεί η αλληλεπίδραση του συστήματος με τα διάφορα αντικείμενα του σπιτιού καθώς κι ο τρόπος εξαγωγής αποτελεσμάτων.

1) Αρχική κατάσταση

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε αρχικά τις εξής συνθήκες μέσα στο σπίτι: η ώρα είναι 21:00, η θερμοκρασία του υπνοδωματίου είναι στους 30° C, η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 19° C, και στο σπίτι και πιο συγκεκριμένα στο υπνοδωμάτιο βρίσκεται μόνο ένας ένοικος. Παράλληλα, οι λειτουργίες Security Mode, Home Cinema Mode και Sleep Mode παραμένουν απενεργοποιημένες.

Σε αυτήν επομένως την κατάσταση, λόγω των κανόνων και των συνθηκών που ορίσαμε, διαμορφώνονται αντίστοιχα και οι καταστάσεις των διάφορων οντοτήτων του Smart Home. Προκειμένου να μελετήσουμε αυτά τα αποτελέσματα, ο Fluent Editor διαθέτει διάφορους συλλογιστικούς αλγορίθμους κι εργαλεία εξαγωγής αποτελεσμάτων όπως τον reasoner Hermit, την SPARQL, το Materialized Graph, τον SWRL debugger κ.λ.π. Ωστόσο εμείς θα προτιμήσουμε το Materialized Graph, αφενός γιατί παρουσιάζει πλήρη και σωστά αποτελέσματα (εν αντιθέσει με τον reasoner που στην περίπτωση αυτής της οντολογίας θα εξήγαγε ελλιπή αποτελέσματα λόγω του ότι δεν υποστηρίζει SWRL built-ins) κι αφετέρου γιατί είναι περισσότερο απλή και φιλική για τον άνθρωπο η χρήση και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Επομένως αν ρωτήσουμε για την κατάσταση των οντοτήτων που βρίσκονται στην κρεβατοκάμαρα στο παράθυρο του Materialized Graph θα έχουμε:

```

565
566 Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.
567 Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.
568 Current-Time has-value equal-to 21.
569 Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.
570 Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.
571 Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.
572 Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.
573 Security-Mode has-status Off.
574 Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.
575 Home-Cinema-Living-Room has-status Off.
576 |
577
578

```

Materialized Graph

Who-Or-What has-status and is-located-at Bedroom?

<?> has-status and is-located-at Bedroom.	has-status	is-located-at	is had by	has
Curtain-Bedroom	Closed	Bedroom	Window-Bedroom Bedroom	
Window-Bedroom	Open	Bedroom	Bedroom	Curtain-Bedroom Blinds-Bedroom
Radiator-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom	
Air-Condition-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom	
Blinds-Bedroom	Closed	Bedroom	Window-Bedroom Bedroom	
Ceiling-Light-Bedroom	On	Bedroom	Bedroom	

Εικόνα 17: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την αρχική κατάσταση 1

Από το Materialized Graph βλέπουμε ότι οι καταστάσεις των αντικειμένων είναι όντως σύμφωνες με τα όσα προστάζει ο κανόνας ψύξης 1.2.1.1 (άνοιγμα παραθύρου σε περίπτωση που έξω έχει δροσιά αντί ενεργοποίησης του κλιματιστικού για εξοικονόμηση ενέργειας) και οι κανόνες φωτισμού 2.1 (κλείνουν τα στόρια και οι κουρτίνες το βράδυ) και 2.2 (ενεργοποίηση τεχνητού φωτισμού σε κατειλημμένο δωμάτιο το βράδυ). Θυμίζουμε ότι οι κανόνες παρουσιάζονται αναλυτικά στην ενότητα 5.1.

Παράλληλα παρατηρούμε ότι το Materialized Graph παρουσιάζει για κάθεμια από τις εμφανιζόμενες οντότητες και τις σχέσεις που έχει με τις υπόλοιπες.

2) Κατάσταση 2: Ένας ένοικος κοιμάται

Ας υποθέσουμε τώρα ότι κατά την διάρκεια της παραπάνω κατάστασης ο ένοικος, έστω Paul το όνομα του, αποφασίζει να κοιμηθεί στο υπνοδωμάτιο. Σε αυτήν την περίπτωση, το σύστημα αντιλαμβάνεται, μέσω π.χ. του φορητού αισθητήρα του Paul , ότι αυτός κοιμάται και προβαίνει στην ενεργοποίηση της λειτουργίας Sleep Mode του υπνοδωματίου. Επιπρόσθετα κι επειδή έχουμε ορίσει ως κανόνα υψηλής προτεραιότητας αυτόν του Sleep Mode, αναμένουμε να μεταβληθούν οι καταστάσεις του τεχνητού φωτισμού και των διαδικασιών ψύξης προκειμένου να εξασφαλιστούν οι καταλληλότερες συνθήκες δωματίου για τον ένοικο.

Για να δημιουργήσουμε αυτήν την κατάσταση, αρκεί να προσθέσουμε την πρόταση «Paul sleeps-at Bedroom.» στην οντολογία και να κάνουμε κλικ στο πεδίο Run Active Rules καθώς οι σχετιζόμενοι με το Sleep Mode κανόνες, έχουν διατυπωθεί όπως έχουμε εξηγήσει με Active Rules.

Έχουμε τότε:

```

565
566 Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.
567 Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.
568 Current-Time has-value equal-to 21.
569 Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.
570 Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.
571 Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.
572 Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.
573 Security-Mode has-status Off.
574 Home-Cinema-Living-Room has-status Off.
575 Paul sleeps-at Bedroom.
576
577
578 Sleep-Mode-Bedroom has-status On.

```

Active Rules Output

```
[9/13/2015 2:11:48 AM] Sleep-Mode-Bedroom has been activated in Bedroom .
```

Reasoner XML Preview Materialized Graph SPARQL Active Rules Output SWRL Debugger

Εικόνα 18: Fluent Editor - Use Case : Παράθυρο Active Rules κατά την κατάσταση 2

Σε αυτήν την περίπτωση, παρατηρούμε αρχικά ότι το Fluent Editor μας παρουσιάζει πρώτα το παράθυρο Active Rules, στο οποίο εμφανίζεται το μήνυμα-ειδοποίηση που έχουμε ορίσει να αποστέλλεται κατά την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της λειτουργίας. Επίσης και στο τμήμα δήλωσης τιμών παραμέτρων παρατηρούμε ότι έχουν παρουσιαστεί αλλαγές, καθώς έχει διαγραφεί η πρόταση «Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.» κι έχει αντικατασταθεί από την «Sleep-Mode-Bedroom has-status On.». Στο σημείο αυτό αποδεικνύεται επομένως και στην πράξη το όφελος της εισαγωγής C# κώδικα στην οντολογία, προσφέροντας λειτουργίες που δεν θα ήταν αλλιώς εφικτές μέσω της OWL και της SWRL.

Διατυπώνοντας την ίδια ακριβώς ερώτηση με πριν στο Materialized Graph έχουμε αυτή την φορά:

```

565
566 Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.
567 Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.
568 Current-Time has-value equal-to 21.
569 Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.
570 Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.
571 Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.
572 Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.
573 Security-Mode has-status Off.
574 Home-Cinema-Living-Room has-status Off.
575 Paul sleeps-at Bedroom.
576
577
578 Sleep-Mode-Bedroom has-status On.

```

Materialized Graph

Who-Or-What has-status and is-located-at Bedroom?					
<?> has-status and is-located-at Bedroom.	has-status	is-located-at	is had by	has	
Television-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom		
Air-Condition-Bedroom	On	Bedroom	Bedroom		
Window-Bedroom	Closed	Bedroom	Bedroom	Curtain-Bedroom Blinds-Bedroom	
Radiator-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom		
Blinds-Bedroom	Closed	Bedroom	Window-Bedroom Bedroom		
Curtain-Bedroom	Closed	Bedroom	Window-Bedroom Bedroom		
Ceiling-Light-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom		

Reasoner XML Preview Materialized Graph SPARQL Active Rules Output SWRL Debugger

Εικόνα 19: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την κατάσταση 2

Βλέπουμε επομένως ότι οι καταστάσεις του παραθύρου και του τεχνητού φωτισμού έχουν αλλάξει όπως αναμενόταν, ενώ ταυτόχρονα η τηλεόραση του δωματίου έχει απενεργοποιηθεί προκειμένου να υπάρχει η απαραίτητη ησυχία και σκοτάδι για όση ώρα ο ένοικος κοιμάται. Ταυτόχρονα, λόγω του κλεισίματος του παραθύρου, έχει ενεργοποιηθεί ο κλιματισμός προκειμένου να διασφαλιστεί η απαραίτητη ψύξη του δωματίου.

3) Κατάσταση 3: Ώρα αφύπνισης ενοίκου – Απενεργοποίηση Sleep Mode

Σε αυτή την κατάσταση υποθέτουμε ότι ο Paul που κοιμάται έχει ορίσει στο σύστημα μια συγκεκριμένη ώρα αφύπνισης, ας πούμε 03:00. Σε περίπτωση που η ώρα συμπίπτει με αυτήν την προκαθορισμένη ώρα αφύπνισης, το σύστημα απενεργοποιεί αυτόματα την λειτουργία Sleep Mode και οι τιμές όσων παραμέτρων μεταβλήθηκαν από την λειτουργία, επανέρχονται στην αρχική κατάσταση 1 προκειμένου να ξυπνήσει ο Paul.

Για να θέσουμε σε εφαρμογή αυτά τα σενάρια πρέπει να εισάγουμε στην οντολογία την πρόταση «Paul has-wake-up-time equal-to 3.» και να μεταβάλλουμε την τιμή της παραμέτρου Current-Time σε 3. Κάνοντας ξανά κλικ στο πεδίο Run Active Rules ο Fluent Editor παρουσιάζει τώρα:

```

565
566 Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.
567 Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.
568 Current-Time has-value equal-to 3.
569 Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.
570 Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.
571 Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.
572 Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.
573 Security-Mode has-status Off.
574 Home-Cinema-Living-Room has-status Off.
575 Paul has-wake-up-time equal-to 3.
576 Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.

```

Active Rules Output

```
[9/13/2015 3:01:30 AM] Sleep-Mode-Bedroom has been deactivated in Bedroom .
```

Εικόνα 20:Fluent Editor - Use Case : Παράθυρο Active Rules κατά την κατάσταση 3

Βλέπουμε τώρα ότι στο παράθυρο των Active Rules εμφανίζεται το σχετικό μήνυμα ενώ στην οντολογία έχει αφενός μεταβληθεί η κατάσταση του Sleep-Mode-Bedroom από On σε Off καθώς κι έχει διαγραφεί αυτόματα η πρόταση «Paul sleeps-at Bedroom» εφόσον πλέον αυτή δεν ισχύει.

Ακολουθώντας την ίδια πάλι διαδικασία παρουσίασης αποτελεσμάτων στο Materialized Graph, βλέπουμε ότι με την απενεργοποίηση του Sleep Mode οι καταστάσεις των οντοτήτων του υποδοματίου έχουν πράγματι επανέλθει σε αυτές της αρχικής κατάστασης 1.

```

566 Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.
567 Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.
568 Current-Time has-value equal-to 3.
569 Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.
570 Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.
571 Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.
572 Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.
573 Security-Mode has-status Off.
574 Home-Cinema-Living-Room has-status Off.
575 Paul has-wake-up-time equal-to 3.
576 Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.
    
```

Materialized Graph

Who-Or-What has-status and is-located-at Bedroom?

<?> has-status and is-located-at Bedroom.	has-status	is-located-at	is had by	has
Curtain-Bedroom	Closed	Bedroom	Window-Bedroom Bedroom	
Window-Bedroom	Open	Bedroom	Bedroom	Curtain-Bedroom Blinds-Bedroom
Ceiling-Light-Bedroom	On	Bedroom	Bedroom	
Radiator-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom	
Blinds-Bedroom	Closed	Bedroom	Window-Bedroom Bedroom	
Air-Condition-Bedroom	Off	Bedroom	Bedroom	

Reasoner Xml Preview Materialized Graph SPARQL Active Rules Output SWRL Debugger

Εικόνα 21: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την κατάσταση 3

Για την ώρα αφύπνισης ωστόσο, έχουμε προσθέσει επίσης κανόνα σύμφωνα με τον οποίο ενεργοποιείται ο θερμοσίφωνας και η καφετιέρα. Με την διατύπωση της ερώτησης «Who-Or-What is a boiler and-or is a coffeemaker ?» έχουμε επομένως:

```

565
566 Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.
567 Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.
568 Current-Time has-value equal-to 3.
569 Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 1.
570 Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.
571 Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.
572 Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.
573 Security-Mode has-status Off.
574 Home-Cinema-Living-Room has-status Off.
575 Paul has-wake-up-time equal-to 3.
576 Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.
    
```

Materialized Graph

Who-Or-What is a boiler and-or is a coffeemaker ?

<?> is a boiler and-or is a coffeemaker.	has-status	is-located-at	is had by
Boiler	On	Bathroom	Bathroom
Coffee-Maker	On	Kitchen	Kitchen

Reasoner Xml Preview Materialized Graph SPARQL Active Rules Output SWRL Debugger

Εικόνα 22: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την κατάσταση 3: ενεργοποίηση καφετιέρας και θερμοσίφωνα

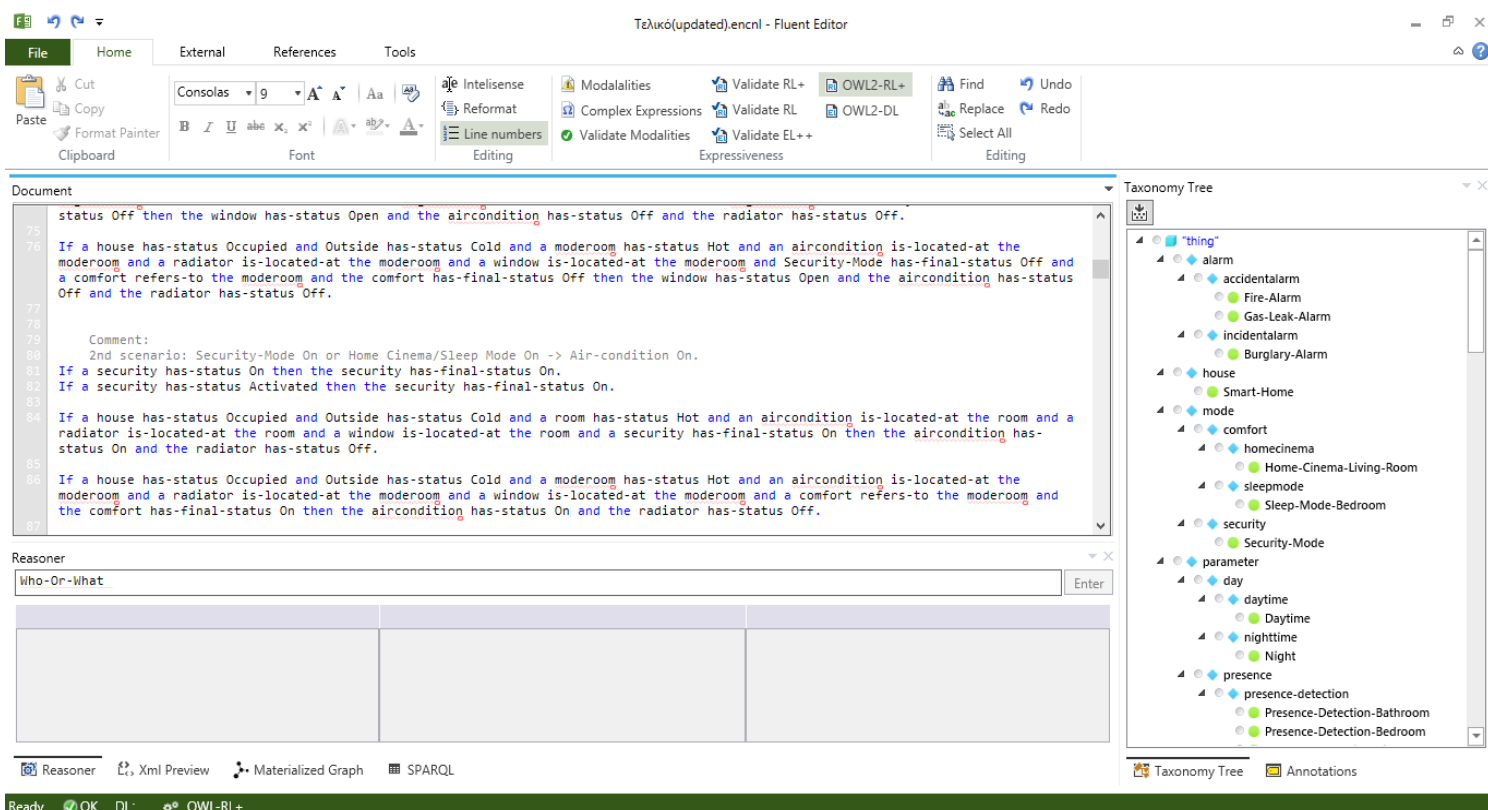
5.4 Εργαλεία σχεδιασμού & μοντελοποίησης της οντολογίας

5.4.1 Fluent Editor

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η υλοποίηση της παρούσας οντολογίας και των σεναρίων πραγματοποιήθηκε στο Fluent Editor. Ο Fluent editor αποτελεί έναν συντάκτη οντολογιών ο οποίος δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να κατασκευάσουν και να επεξεργαστούν τις οντολογίες τους σε μια γλώσσα μη βασιζόμενη στην XML σύνταξη κι επομένως πολύ περισσότερο κατανοητή και φιλική για τον άνθρωπο, την Controlled Natural Language (CNL). Ο Fluent Editor συγκεκριμένα επιτρέπει:

- Την εισαγωγή οντολογιών από OWL αρχεία
- Την σύνταξη και μετέπειτα εξαγωγή οντολογιών σε μορφή OWL, SWRL ή RDF
- Την δημιουργία σεναρίων με χρήση αναφορών σε εξωτερικές οντολογίες
- Την ενσωμάτωση άλλων OWL εφαρμογών μέσω της ανοιχτού κώδικα CNL API βιβλιοθήκης

Επιπροσθέτως, ο Fluent Editor διαθέτει ενσωματωμένο reasoner καθώς κι άλλους σημαντικούς μηχανισμούς για τον χρήστη, όπως την δυνατότητα υποβολής ερωτημάτων σε SPARQL, την εισαγωγή κώδικα C#, SWRL built-ins, αυτόματη προεπισκόπηση του κειμένου σε XML μορφή κλπ.



Εικόνα 23: Ο συντάκτης οντολογιών Fluent Editor

5.4.1.1 *Controlled Natural Language – CNL*

Η Ελεγχόμενη Φυσική Γλώσσα ή *Controlled Natural Language* αποτελεί ένα υποσύνολο της φυσικής αγγλικής γλώσσας με καθορισμένη κι αυστηρή σύνταξη, γραμματική και λεξιλόγιο. Οι περιορισμοί αυτοί εφαρμόζονται με στόχο προφανώς την μείωση της ασάφειας και της πολυπλοκότητας με την οποία είναι συνυφασμένη μια οποιαδήποτε φυσική γλώσσα. Τα τελευταία χρόνια, η CNL έχει καθιερωθεί σε πληθώρα πεδίων εφαρμογών ως μια ισχυρή γλώσσα αναπαράστασης γνώσης, η οποία είναι αφενός αναγνώσιμη από τον άνθρωπο κι αφετέρου προσπελάσιμη από τον υπολογιστή. Οποιοδήποτε κείμενο γραμμένο σε CNL μπορεί αυτόματα να μεταφραστεί προς και από την περιγραφική λογική και πιο συγκεκριμένα την βάση της γλώσσας OWL 2 του σημασιολογικού ιστού, δηλαδή την SROIQ.

5.4.1.2 *C#*

Η C# είναι μία ολοκληρωμένη αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού σχεδιασμένη για τη δημιουργία λογισμικού σε .Net Framework. Δημιουργήθηκε το 1999 από την Microsoft με σκοπό να αποτελέσει μία απλή, σύγχρονη αντικειμενοστραφή γλώσσα γενικού σκοπού, συνδυάζοντας χαρακτηριστικά τόσο της C++ όσο και της Java. Η C# απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τον προγραμματισμό μέσω της χρήσης XML και του πρωτοκόλλου SOAP που επιτρέπει την πρόσβαση σε μια μέθοδο ή ένα αντικείμενο, χωρίς να απαιτείται απ' τον προγραμματιστή να γράψει επιπλέον κώδικα για κάθε βήμα.

Ο Fluent Editor προσφέρει την δυνατότητα εισαγωγής προστακτικού κώδικα σε C# μέσω του μηχανισμού Active Rules. Ο κώδικας εμπεριέχεται στο τμήμα της κεφαλής του SWRL κανόνα και εκτελείται κατά την τήρηση των συνθηκών που περιγράφονται στο τμήμα του σώματος του κανόνα. Οι υποστηριζόμενες από τους Active Rules C# συναρτήσεις είναι:

- KnowledgeInsert(string knowledge): Εισαγωγή γνώσης στην οντολογία
- KnowledgeDelete(string knowledge): Διαγραφή γνώσης από την οντολογία
- WriteMessage(string msg) : Εμφάνιση μηνύματος στο παράθυρο Active Rules Output

Κεφάλαιο 6: Σχεδιασμός συστήματος

6.1 Ανάλυση ιδέας

Ως επέκταση της ανάπτυξης της παραπάνω οντολογίας και της διατύπωσης των SWRL, OWL σεναρίων smart home, μελετήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής και ο σχεδιασμός μιας ιστοσελίδας παρουσίασης κι ανταλλαγής τους.

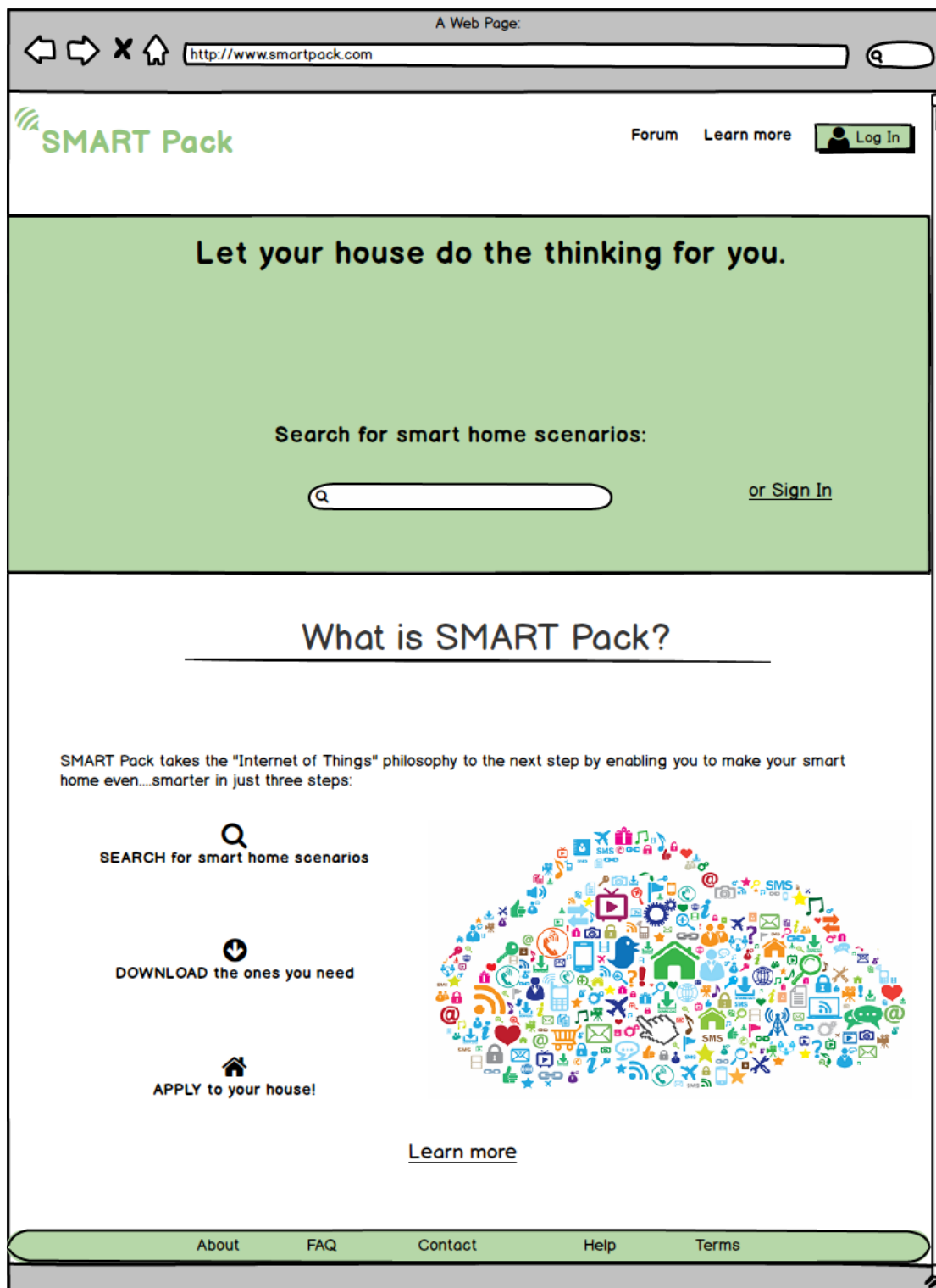
Σκοπός του portal αυτού θα είναι η διακίνηση όλου και περισσότερων σεναρίων έξυπνου σπιτιού που θα βοηθήσουν στην μεγαλύτερη αξιοποίηση των έξυπνων συσκευών και στην αναβάθμιση του προσφερόμενου επιπέδου αυτοματισμού. Ο κυριότερος στόχος, ωστόσο, είναι η παροχή ελευθερίας προς τον χρήστη ο οποίος θα μπορεί πλέον μόνος του και χωρίς να κατέχει ιδιαίτερες γνώσεις πληροφορικής ή προγραμματισμού, να διαμορφώνει ο ίδιος το έξυπνο σπίτι του εύκολα και γρήγορα δίχως να χρειάζεται να απευθυνθεί σε κάποιον ειδικό. Ακόμα, θα μπορεί να εφαρμόζει, πέραν των σεναρίων που αναζητά, και ιδέες που μπορεί να μην είχε ποτέ σκεφτεί ή να μην γνώριζε ότι επέτρεπε το σύστημα του.

Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ενδεικτικά μια ιστοσελίδα, όπου ο κάθε ιδιοκτήτης έξυπνου εξοπλισμού σπιτιού θα μπορεί να εισέρχεται, να βρίσκει το έξυπνο σενάριο αυτοματισμού που τον ενδιαφέρει και να το κατεβάζει δωρεάν προς εφαρμογή στο δικό του σύστημα. Η προτεινόμενη ιστοσελίδα θα διαθέτει επίσης το δικό της φόρουμ όπου οι χρήστες θα μπορούν να συνομιλούν μεταξύ τους, να διατυπώνουν τις ερωτήσεις τους καθώς και να ζητούν περαιτέρω σενάρια που μπορεί να μην υπάρχουν στο σύστημα. Τέλος, ο πιο έμπειρος χρήστης θα έχει την δυνατότητα υποβολής προσωπικά διαμορφωμένων σεναρίων, σε σωστά καθορισμένη ασφαλώς μορφή, τα οποία αφού θα ελέγχονται από τους διαχειριστές ως προς την δομή και την λειτουργικότητα τους, θα προβάλλονται μαζί με τα υπόλοιπα.

6.2 Παρουσίαση Mockup Ιστοσελίδας

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται η μορφή της προτεινόμενης ιστοσελίδας που ορίσαμε. Ο σχεδιασμός wireframes πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Balsamiq Mockups που ως κύριο χαρακτηριστικό έχει την δημιουργία της «ψευδαίσθησης» χειρόγραφης εικόνας.

1. Η αρχική σελίδα του ιστότοπου « SMART Pack» όπου παρουσιάζεται συνοπτικά ο σκοπός του. Ο χρήστης μπορεί, μεταξύ άλλων, να κάνει κλικ στον σύνδεσμο «Learn More» για να ενημερωθεί περισσότερο σχετικά με το περιεχόμενο της ιστοσελίδας, να συνδεθεί στον λογαριασμό του ή να κάνει κατευθείαν αναζήτηση σεναρίων με την χρήση λέξεων-κλειδιών.



Εικόνα 24: Αρχική σελίδα ιστότοπου

2. Σελίδα σύνδεσης σε λογαριασμό κι εγγραφής για νέους χρήστες.

A Web Page: <http://www.smartpack.com/join>

Welcome to **SMART Pack** [Forum](#) [Learn more](#)

Sign in or Sign up for SMART Pack

Already a user?

New user

[About](#) [FAQ](#) [Contact](#) [Help](#) [Terms](#)

Εικόνα 25: Σελίδα εγγραφής/ σύνδεσης χρηστών

3. Αποτελέσματα αναζήτησης. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει φίλτρα στα προς παρουσίαση σενάρια καθώς και να επιλέξει την κατάταξη με την οποία αυτά θα εμφανίζονται. Μπορεί ακόμα να κάνει αναζήτηση κάνοντας κλικ σε μια απ τις δημοφιλέστερες λέξεις-κλειδιά που αναζητώνται από τους χρήστες και παρουσιάζονται στο κάτω μέρος της σελίδας καθώς και να πατήσει στον σύνδεσμο «Submit a scenario» προκειμένου να υποβάλλει ένα καινούριο σενάριο.

The screenshot displays the SMART Pack website interface. At the top, there is a navigation bar with the SMART Pack logo, a search bar, and links for 'Forum' and 'Learn more'. Below this is a green banner with three buttons: 'Most downloaded scenarios', 'Latest scenarios', and 'Submit a scenario'. The main content area is titled 'Add Filters' and contains three sections: 'Application Field' with checkboxes for Security & Surveillance, Temperature & Humidity, Lighting, Audio, Alert Systems, and Entertainment; 'Room' with checkboxes for Bedroom, Living Room, Kitchen, Garden, Children's Room, and Bathroom; and 'Category' with checkboxes for Energy Efficiency and Convenience & Comfort (which is checked). To the right of these filters is a list of scenarios:

Scenario Name	Description	Uploaded on
Above Room Temperature	Description: Air-conditioning and windows scenario.	03/12/2014
Below Room Temperature	Description: Heating and windows scenario.	10/11/2014
User Notification	Description: SMS & e-mails from you house to your smart phone, tablet etc	17/03/2015
Emergency Calls	Description: Immediate calls to police, fire station etc.	25/03/2015
Lighting Control	Description: Lighting scenarios according to luminosity and presence detection	30/09/2014
Anti-theft Control	Description: Alarm and Door Lock scenarios.	30/09/2014

Below the list, there is a 'Go to page' navigation with links 1, 2, 3, and 4. A message reads: 'Can't find what you are looking for? You can always ask for it!'. At the bottom, there is a search bar with suggestions: 'temperature sensor lock smart robot lighting alarm security HVAC humidity thermostat tv radio sms e-mail movement safety camera home-cinema audio i-pod web notification lamp door window code password energy'. The footer contains links for 'About', 'FAQ', 'Contact', 'Help', and 'Terms'.

Εικόνα 26: Σελίδα αποτελεσμάτων αναζήτησης

4. Παρουσίαση σεναρίου όπου κυρίως εμφανίζεται μια σύντομη περιγραφή του κανόνα, η βαθμολογία του, τα σχετικά σχόλια και οι απαιτήσεις του συστήματος. Ο χρήστης κάνοντας κλικ στο κουμπί «DOWNLOAD» μπορεί να κατεβάσει δωρεάν το σενάριο.

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.smartpack.com/scenarios/45921-above-room-temperature>. The page features the SMART Pack logo and navigation links for search, forum, and learning more. The main content area displays the scenario title 'Above Room Temperature', uploaded by User123 on 03/12/2014, with a 5-star rating. The description is 'Air-Conditioning and Windows scenario: "IF Temp>..... THEN"' and system requirements for sensors and controllers are listed. A prominent 'DOWNLOAD' button is highlighted in green. Below the scenario, there is a 'Comments' section with a comment from User953 dated 05/04/2015 saying 'Good job!' and a 'Write a comment' form with a 'Post' button. The footer contains links for About, FAQ, Contact, Help, and Terms.

Εικόνα 27: Παρουσίαση smart home scenario

5. Forum ιστοσελίδας όπου οι χρήστες μπορούν να διατυπώσουν τα αιτήματά τους και να βοηθήσουν άλλους χρήστες.

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.smartpack.com/requests>. The page header includes the SMART Pack Forum logo, a search bar, and links for 'Browse' and 'Learn more'. A green banner below the header reads: "Although SMART Pack hopes to cover every possible need, there may be some cases that we've missed. Feel free to ask us and our community for a specific scenario here!".

The main content area features three tabs: 'Popular requests' (selected), 'Latest requests', and 'Request a scenario'. Below the tabs is a list of five user requests, each with a profile picture, user name, date, title, description, number of answers, and last answer date.

User	Date	Title	Description	Answers	Last answer on
User123	03/12/2014	Children Return Home Notification	Hi guys,I'm new here and I'm looking for...	28	10/04/2015
Matthew56	17/02/2014	Security Mode	I don't know if it's possible to ask for...	10	10/11/2014
JoanBrown	29/08/2014	User priority	Hello,I was wondering whether there is a way for my platform to...	9	03/05/2015
HelenWatson	19/05/2014	Robot Cleaner	I recently bought an auto sweep robot cleaner and I want it to...	7	07/06/2014
Eric436	02/01/2015	Pet detection	Is there a way for me to track my dog anytime by...	3	30/01/2015

Below the list is a 'Browse Scenarios' button and a pagination control: 'Go to page 1 | 2 | 3 | 4'. At the bottom, there is a horizontal list of tags including: temperature, sensor, lock, smart, robot, lighting, alarm, security, HVAC, humidity, thermostat, tv, radio, sms, e-mail, movement, safety, camera, home-cinema, audio, i-pod, web, notification, lamp, door, window, code, password, energy, easy, error, temperature, sensor, lock, smart, robot, lighting, alarm, security, HVAC, humidity, thermostat, tv, radio, sms, e-mail, movement, safety, camera, home-cinema, audio, i-pod, web, notification, lamp, door, window, code, password, energy, easy. The footer contains links for 'About', 'FAQ', 'Contact', 'Help', and 'Terms'.

Εικόνα 28: Forum

6. Σελίδα υποβολής αιτημάτων.

The image shows a web browser window with the address bar containing the URL <http://www.smartpack.com/requests/posting.php?mode=reply&f=85274>. The page header features the SMART Pack logo, a search bar, and links for Forum and Learn more. A green banner below the header reads "Ask other users to help you with a scenario". The main content area includes a "Subject:" label followed by a text input field containing the word "Subject". Below this is a rich text editor toolbar with icons for bold, italic, underline, text color, background color, link, unlink, list, and indent. The text area of the editor contains the placeholder text "Write your request". At the bottom right of the form are two buttons: "View" and "Post". A "Back to Scenarios" button is located at the bottom left of the form area. The footer of the page contains a green bar with links for "About", "FAQ", "Contact", "Help", and "Terms".

Εικόνα 29: Υποβολή αιτήματος

7. Υποβολή/ «Ανέβασμα» σεναρίου από χρήστη. (Τα πεδία με αστερίσκο είναι υποχρεωτικά.)

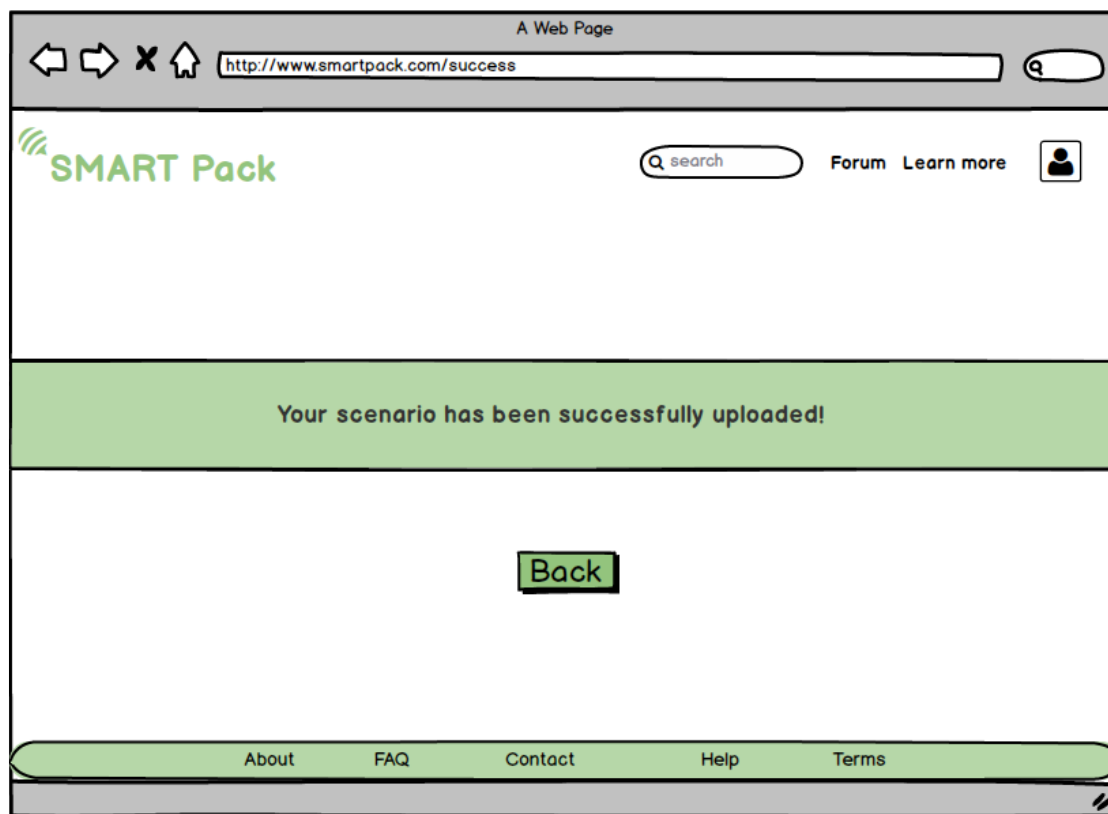
The image shows a web browser window with the URL <http://www.smartpack.com/875293-submit>. The page header features the SMART Pack logo, a search bar, and links for Forum and Learn more. The main heading is "Create a Scenario and share it!". The form consists of seven steps:

- Step 1: Choose an application field *** with a dropdown menu labeled "Field".
- Step 2: Choose the room that this scenario can be applied to** with a dropdown menu labeled "Room".
- Step 3: Choose a category** with a dropdown menu labeled "Category".
- Step 4: Write a clear description of your scenario that will let people know its usage. *** with a text input field containing the placeholder "Write a description".
- Step 5: Write the essential hardware requirements*** with a text input field.
- Step 6: Add tags** with a text input field containing the placeholder "Add some tags".
- Step 7: Choose a file*** with a "File" button.

A callout box next to Step 7 says: "Make sure your file is valid before you click Submit!". At the bottom of the form is a large green "SUBMIT" button. The footer contains links for About, FAQ, Contact, Help, and Terms.

Εικόνα 30: Υποβολή σεναρίου

8. Επιτυχής υποβολή σεναρίου.



Εικόνα 31: Μήνυμα επιτυχής υποβολής σεναρίου

Κεφάλαιο 7: Επίλογος

7.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της γενικότερης εκπόνησης της παρούσας εργασίας καταλήξαμε σε μερικά σημαντικά συμπεράσματα όσον αφορά το έξυπνο σπίτι και τον Σημασιολογικό Ιστό:

Αρχικά και κατά την διάρκεια κυρίως της έρευνας αγοράς στο πεδίο των «Internet of Things» συστημάτων του έξυπνου σπιτιού διαπιστώθηκε ότι οι προσφερόμενες λύσεις τόσο σε επίπεδο υλικού, όσο και σε επίπεδο λογισμικού ήταν πράγματι αναπτυγμένες βασιζόμενες σε αυστηρώς προκαθορισμένα σενάρια και δεν προσέφεραν την δυνατότητα γενίκευσης κι εφαρμογής σε ανάλογες περιπτώσεις χωρίς να έχει προηγηθεί ο αντίστοιχος επαναπρογραμματισμός. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ότι καθένα απ' τα συστήματα οικιακού αυτοματισμού που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 3.2.5.2, υποστηρίζει, περιορισμένο αριθμό πρωτοκόλλων ενώ σε μερικές περιπτώσεις είναι συμβατό μόνο με συσκευές της ίδιας εταιρείας. Το γεγονός αυτό αντιβαίνει προς το σκοπό του έξυπνου διασυνδεδεμένου σπιτιού καθώς τίθενται, όπως είναι επόμενο, ζητήματα μη υποστήριξης ετερογενών συσκευών κι επεκτασιμότητας τα οποία το έξυπνο σπίτι οφείλει να επιλύει. Παράλληλα, από επιχειρηματικής σκοπιάς, το παραπάνω πρόβλημα προκαλεί σύγχυση στον υποψήφιο καταναλωτή ο οποίος καλείται να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός κατά την οποιαδήποτε αγορά εξοπλισμού ούτως ώστε να μην έρθει τελικά αντιμέτωπος με προβλήματα μη συμβατότητας με το υπόλοιπο σύστημά του.

Επιπροσθέτως, καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας αναδείχθηκε η αξία του Σημασιολογικού Ιστού καθώς και τα σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση του στον τομέα του έξυπνου σπιτιού. Μέσω της απόδοσης σημασιολογικής πληροφορίας στα δεδομένα και της έκφρασης τους σε μια ενιαία και τυποποιημένη μορφή ουσιαστικά επιλύεται το πρόβλημα της διαλειτουργικότητας ανάμεσα στις διάφορες εφαρμογές του έξυπνου σπιτιού, αφού πλέον είναι δυνατή η ανταλλαγή κι η επαναχρησιμοποίηση των δεδομένων. Επιπλέον, κι όπως αποδείχθηκε κι απ' την οντολογία και τους κανόνες που αναπτύξαμε, με την χρήση των μηχανισμών συλλογισμού(reasoners) επιτυγχάνεται η εξαγωγή πρόσθετης γνώσης από τα υπάρχοντα δεδομένα, με αποτέλεσμα το σύστημα του έξυπνου σπιτιού να μπορεί να υποστηρίζει υψηλότερου επιπέδου αυτοματισμό.

Τέλος, η χρήση οντολογιών κι ειδικά στην προκειμένη περίπτωση όπου αυτές διατυπώθηκαν σε ελεγχόμενη φυσική γλώσσα, διευκολύνει κι αυξάνει τις προοπτικές εξέλιξης του αυτοματισμού καθώς η πληροφορία είναι διατυπωμένη σε μια μορφή κατανοητή κι εύκολα προσπελάσιμη όχι μόνο από τον υπολογιστή αλλά και τον άνθρωπο.

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Αναφορικά με τις επεκτάσεις που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης, προτείνεται αρχικά ο εμπλουτισμός της παρούσας προσπάθειας με περισσότερα σενάρια και κανόνες ρύθμισης του έξυπνου σπιτιού. Αν κι έχουμε ήδη διαμορφώσει τον βασικό τρόπο λειτουργίας αυτού, οι προοπτικές επέκτασης κι αναβάθμισης της αυτοματοποίησης κι αποδοτικότητας του συστήματος που διαφαίνονται είναι, χάρη στην συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας, απεριόριστες. Συνεπώς, θα πρέπει να διατυπωθούν και τα αντίστοιχα σενάρια λειτουργίας τα οποία θα προσφέρουν στον τελικό καταναλωτή την δυνατότητα να διαμορφώσει ο ίδιος το έξυπνο σπίτι του, όπως ακριβώς εκείνος επιθυμεί.

Ένα ακόμα σημείο το οποίο θα πρέπει επίσης να μελετηθεί είναι η αποδοτική αντιμετώπιση καταστάσεων κατά τις οποίες επιχειρείται ταυτόχρονη εφαρμογή δύο ή και περισσότερων αντικρουόμενων σεναρίων (conflicts). Όπως έχει ήδη ειπωθεί, κατά την συνύπαρξη μεγάλου αριθμού διασυνδεδεμένων συσκευών και κατά συνέπεια σεναρίων προς εφαρμογή, είναι επόμενη η πρόκληση διαφόρων γεγονότων που έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους κι αλληλοαναιρούνται με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος. Ωστόσο, δεν έχει εντοπιστεί κάποια αποδοτική λύση περιβάλλουσας νοημοσύνης η οποία να είναι επαρκώς θεμελιωμένη στην ανάλυση της γνώσης. Στην παρούσα εργασία, προκειμένου να διασφαλιστεί η σωστή εφαρμογή των σεναρίων, καθορίσαμε εμμέσως σειρά προτεραιότητας στους κανόνες, ορίζοντας μεταξύ άλλων ως απαραίτητη προϋπόθεση για την ενεργοποίηση των δευτερευόντων κανόνων την μη επαλήθευση των πρωτευόντων. Φυσικά, στην περίπτωση περίπλοκων συστημάτων οικιακού αυτοματισμού, η μεγάλη λίστα πιθανών σεναρίων καθιστά την παραπάνω λύση μη εφαρμόσιμη κι επομένως η αναζήτηση αποδοτικότερης λύσης είναι απαραίτητη.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η υλοποίηση της ιστοσελίδας αναζήτησης κι εγκατάστασης σεναρίων «Smart Pack» που εισαγάγαμε στο κεφάλαιο 6 καθώς πιστεύουμε ότι θα αποτελούσε σημαντικό βοηθητικό εργαλείο για τον τελικό καταναλωτή που επιθυμεί να ρυθμίσει την λειτουργία του έξυπνου σπιτιού του χωρίς να απαιτούνται από τον ίδιο εξειδικευμένες γνώσεις ή η βοήθεια κάποιου μεσάζοντα.

Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία

- [1] Liyanage C. De Silva, Chamin Morikawa, Iskandar M. Petra : State of the art of smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 25, Pages 1313-1321.
- [2] Dan Ding, Rory A.Cooper, Paul F. Pasquina, Lavinia Fici-Pasquina : Sensor technology for smart homes. *Maturitas* 69, Issue 2, Pages 131-136.
- [3] Marie Chan, Eric Campo, Daniel Esteve, Jean- Yves Fourniols: Smart homes- Current features and future perspectives. *Maturitas* 64, Issue 2, Pages 90-97.
- [4] Yung-Wei Kao, Shyan- Ming Yuan : User-configurable semantic home automation. *Computer Standards & Interfaces* 34, Pages 171- 188.
- [5] Rui Camacho, Paulo Carreira, Inês Lynce, Sílvia Resendes : An ontology-based approach to conflict resolution in Home and Building Automation Systems. *Expert Systems with Applications* 41, Issue 14, Pages 6161-6173.
- [6] George Okeyo, Liming Chen, Hui Wang: Combining ontological and temporal formalisms for composite activity modelling and recognition in smart homes. *Special Issue on Ubiquitous Computing and Future Communication Systems* 39, Pages 29-43.
- [7] Baoan Li, Jianjun Yu: Research and Application on the Smart Home Based on Component Technologies and Internet of Things. *Procedia Engineering* 15, Pages 2087-2092.
- [8] Tom Kirkham, Django Armstrong, Karim Djemame, Ming Jiang : Risk driven Smart Home resource management using cloud services. *Future Generation Computer Systems* 38, Pages 13-22.
- [9] Othmar Kyas : How to Smart Home. Key Concept Press .
- [10] Richard Harper : Inside the Smart Home. Springer.
- [11] Fahad Alahmari, James A. Thom, Liam Magee, Wilson Wong: Evaluating Semantic Browsers for Consuming Linked Data. *Proceedings of the Twenty-Third Australasian Database Conference (ADC 2012), Melbourne, Australia*
- [12] Daniele Miorandi, Sabrina Sicari, Francesco De Pellegrini, Imrich Chlamtac: Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks* 10, Issue 7, Pages 1497-1516.
- [13] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito : The Internet of Things: A survey. *Computer Networks* 54, Issue 15, Pages 2787-2805.
- [14] Jayavardhana Gubbia, Rajkumar Buyyab, Slaven Marusica, Marimuthu Palaniswamia: Internet of Things (IoT) : A vision, architectural elements and future directions. *Future Generation Computer Systems* 29, Issue 7, Pages 1645-1660.

- [15] M. Collotta, G. Pau: Bluetooth for Internet of Things: A fuzzy approach to improve power management in smart homes. Computers & Electrical Engineering 44, Pages 137-152.
- [16] Liming Chen, Chris Nugent, Maurice Mulvenna, Dewar Finlay, Xin Hong: Semantic Smart Homes: Towards Knowledge Rich Assisted Living Environments. Intelligent Patient Management 189, Pages 279-296.
- [17] Juan Ye, Graeme Stevenson , Simon Dobson: A top-level ontology for smart environments. Pervasive and Mobile Computing 7, Issue 3, Pages 359 – 378.
- [18] Sicong Ma, Prina Shah, Jun Che : A Vision for a Better User Experience in a Smart Home. School of Engineering, Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden 2014.
- [19] Christian Reinisch, MarioJ Kofler, Félix Iglesias, Wolfgang Kastner: ThinkHome Energy Efficiency in Future Smart Homes. EURASIP Journal on Embedded Systems 2011.
- [20] <http://www.euclid-project.eu/>
- [21] <http://linkeddatabook.com/editions/1.0/>
- [22] <http://www.w3.org/>
- [23] <http://el.wikipedia.org/>
- [24] <http://okfn.gr/>
- [25] <http://www.computerworld.com/>
- [26] <http://www.businessinsider.com/>
- [27] <http://sensormeasurement.appspot.com/>
- [28] <http://www.cognitum.eu/>
- [29] <http://dior.ics.muni.cz/~makub/owl/>

Παράρτημα

Παράρτημα Α: Οντολογία και σενάρια ρύθμισης λειτουργίας Έξυπνου Σπιτιού

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η οντολογία του Έξυπνου Σπιτιού που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής όπως ακριβώς αυτή διατυπώθηκε στον Fluent Editor.

Title: 'Smart Home Scenarios Ontology'.

Author: 'Efi Kostakou'.

Mary is an adult .
Paul is an owner and is an adult.
Emma is a kid.
John is a kid.
Every adult is a resident.
Every kid is a resident.
Every owner is a resident.

Living-Room is a moderoom.
Bedroom is a moderoom.
Bathroom is a regularroom .
Kitchen is a regularroom .
Every moderoom is a room .
Every regularroom is a room .

Part-1: 'Temperature'.

Every temperature is a parameter.
Every indoortemperature is a temperature.
Every outdoortemperature is a temperature.

Every aircondition is a smartdevice.
Every radiator is a smartdevice.
Every window is a smartdevice .

Radiator-Living-Room is a radiator and is-located-at Living-Room .
Radiator-Bedroom is a radiator and is-located-at Bedroom .
Air-Condition-Living-Room is an aircondition and is-located-at Living-Room .
Air-Condition-Bedroom is an aircondition and is-located-at Bedroom.
Window-Bedroom is a window and is-located-at Bedroom.
Window-Living-Room is a window and is-located-at Living-Room .
Window-Kitchen is a window and is-located-at Kitchen .
Window-Bathroom is a window and is-located-at Bathroom.
Temperature-Living-Room is an indoortemperature and refers-to Living-Room .
Temperature-Bedroom is an indoortemperature and refers-to Bedroom.

Outdoor-Temperature **is an** outdoortemperature .
Presence-Detection-Living-Room **is a** presence-detection **and** refers-to Living-Room .
Presence-Detection-Bedroom **is a** presence-detection **and** refers-to Bedroom .
Presence-Detection-Bathroom **is a** presence-detection **and** refers-to Bathroom .
Presence-Detection-Kitchen **is a** presence-detection **and** refers-to Kitchen.

If a house has **a** room **and the** room has-status Occupied **then the** house has-status Occupied.

If an indoortemperature refers-to **a** room **and the** indoortemperature has-value **greater-than** 25 **then the** room has-status Hot.

If Outdoor-Temperature has-value **greater-than** 25 **then** Outside has-status Hot.

If an indoortemperature refers-to **a** room **and the** indoortemperature has-value **lower-than** 20 **then the** room has-status Cold.

If Outdoor-Temperature has-value **lower-than** 20 **then** Outside has-status Cold.

Comment: Rule no1- Cooling process-If someone is at home and indoor temperature of a room is over 25 degrees and outside temperature is over 20 -> AirCondition Activated.

If a house has-status Occupied **and** Outside has-status Hot **and a** room has-status Hot **and an** aircondition is-located-at **the** room **and a** radiator is-located-at **the** room **and a** window is-located-at **the** room **then the** aircondition has-status On **and the** radiator has-status Off **and the** window has-status Closed .

Comment: Rule no2- Cooling process-If someone is at home and indoor temperature of a room is over 25 degrees and outside temperature is lower than 20

1st scenario: Security-Mode Off & Home-Cinema Off & Sleep Mode Off-> Windows Open
(moderoom is a room when a Home-Cinema or Sleep Mode can be activated-eg Bedroom, Living Room
regularroom is every other room - Bathroom, Kitchen).

If Security-Mode has-status Off **then** Security-Mode has-final-status Off.

If Security-Mode has-status Deactivated **then** Security-Mode has-final-status Off.

If a house has-status Occupied **and** Outside has-status Cold **and a** regularroom has-status Hot **and an** aircondition is-located-at **the** regularroom **and a** radiator is-located-at **the** regularroom **and a** window

is-located-at the regularroom and Security-Mode has-final-status Off then the window has-status Open and the aircondition has-status Off and the radiator has-status Off.

If a house has-status Occupied and Outside has-status Cold and a moderoom has-status Hot and an aircondition is-located-at the moderoom and a radiator is-located-at the moderoom and a window is-located-at the moderoom and Security-Mode has-final-status Off and a comfort refers-to the moderoom and the comfort has-final-status Off then the window has-status Open and the aircondition has-status Off and the radiator has-status Off.

Comment:

2nd scenario: Security-Mode On or Home Cinema/Sleep Mode On -> Air-condition On.

If a security has-status On then the security has-final-status On.

If a security has-status Activated then the security has-final-status On.

If a house has-status Occupied and Outside has-status Cold and a room has-status Hot and an aircondition is-located-at the room and a radiator is-located-at the room and a window is-located-at the room and a security has-final-status On then the aircondition has-status On and the radiator has-status Off.

If a house has-status Occupied and Outside has-status Cold and a moderoom has-status Hot and an aircondition is-located-at the moderoom and a radiator is-located-at the moderoom and a window is-located-at the moderoom and a comfort refers-to the moderoom and the comfort has-final-status On then the aircondition has-status On and the radiator has-status Off.

Comment: Rule no3- Heating Process-If someone is at home and indoor temperature<20 -> Radiator Activated.

If Smart-Home has-status Occupied and a room has-status Cold and a radiator is-located-at the room and an aircondition is-located-at the room and a window is-located-at the room then the radiator has-status On and the aircondition has-status Off and the window has-status Closed.

Comment: Rule no4- If House empty then Heating and Cooling Process stop.

If Smart-Home has-status Empty and a room exists and an aircondition is-located-at the room and a radiator is-located-at the room and a window is-located-at the room then the radiator has-status Off and the aircondition has-status Off and the window has-status Closed.

Part-2: 'Lighting'.

Every light is a smartdevice.

Every ceilinglight is a light .
Outdoor-Lights is an outdoorlight.
Every outdoorlight is a light.

Every curtain is a smartdevice.
Every blinds is a smartdevice .
Every window has a blinds.
Every window has a curtain .
If a window has a curtain and the window is-located-at a room then the curtain is-located-at the room.
If a window has a blinds and the window is-located-at a room then the blinds is-located-at the room.
Window-Bedroom has Blinds-Bedroom and has Curtain-Bedroom.
Curtain-Bedroom is a curtain.
Blinds-Bedroom is a blinds.
Window-Living-Room has Blinds-Living-Room and has Curtain-Living-Room.
Curtain-Living-Room is a curtain.
Blinds-Living-Room is a blinds.

Window-Kitchen has Blinds-Kitchen and has Curtain-Kitchen.
Curtain-Kitchen is a curtain.
Blinds-Kitchen is a blinds.
Window-Bathroom has Blinds-Bathroom and has Curtain-Bathroom.
Curtain-Bathroom is a curtain.
Blinds-Bathroom is a blinds.

Ceiling-Light-Bedroom is a ceilinglight and is-located-at Bedroom .
Ceiling-Light-Living-Room is a ceilinglight and is-located-at Living-Room.
Ceiling-Light-Bathroom is a ceilinglight and is-located-at Bathroom.
Ceiling-Light-Kitchen is a ceilinglight and is-located-at Kitchen .

Current-Time is a time-parameter.
Every time-parameter is a parameter.
Current-Time has-value (some time-24-hours value) .
Every value-of time-24-hours is something (greater-than 0 as-well-as lower-or-equal-to 24).

Every day is a parameter.
Every nighttime is a day.
Every daytime is a day.
Night is a nighttime.
Daytime is a daytime.

If Current-Time has-value equal-to the value (1) and the value (1) is lower-than 8 then Night has-value equal-to 1.

If Current-Time has-value equal-to the value (1) and the value (1) is greater-than 16 then Night has-value equal-to 1.

If Current-Time has-value equal-to the value (1) and the value (1) is greater-or-equal-to 8 and the value (1) is lower-or-equal-to 16 then Daytime has-value equal-to 1.

Comment: Rule no1: If daytime and no Home Cinema Mode & Sleep Mode activated-> blinds and curtains open.

If a daytime has-value equal-to 1 and a blinds exists and the blinds is-located-at a room and a curtain is-located-at the room and a ceilinglight is-located-at the room and a comfort refers-to the room and the comfort has-final-status Off then the blinds has-status Open and the curtain has-status Open and the ceilinglight has-status Off.

If a daytime has-value equal-to 1 and a blinds exists and the blinds is-located-at a regularroom and a curtain is-located-at the regularroom and a light is-located-at the regularroom then the blinds has-status Open and the curtain has-status Open and the light has-status Off.

Comment: Rule no2: If night-> blinds and curtains close.

If a presence-detection refers-to a room and the presence-detection has-value equal-to 1 then the room has-status Occupied.

If a nighttime has-value equal-to 1 and a room exists and a blinds is-located-at the room and a curtain is-located-at the room then the blinds has-status Closed and the curtain has-status Closed.

Comment: If night and Home Cinema & Sleep Mode Off and a room Occupied-> Lights On
If night and room Empty -> Lights Off.

If a comfort has-status Off then the comfort has-final-status Off.
If a comfort has-status Deactivated then the comfort has-final-status Off.
If a comfort has-status On then the comfort has-final-status On.
If a comfort has-status Activated then the comfort has-final-status On.

If a nighttime has-value equal-to 1 and a moderoom has-status Occupied and a comfort refers-to the moderoom and the comfort has-final-status Off and a ceilinglight is-located-at the moderoom then the ceilinglight has-status On.

If a nighttime has-value equal-to 1 and a regularroom has-status Occupied and a light is-located-at the regularroom then the light has-status On.

If a nighttime has-value equal-to 1 and a room has-status Empty and a ceilinglight is-located-at the room then the ceilinglight has-status Off.

Comment:Rule no3: If night -> outdoor lights 'On'/ If day-> outdoor lights 'Off'.

If a nighttime has-value equal-to 1 and an outdoorlight exists then the outdoorlight has-status On.

If a daytime has-value equal-to 1 and an outdoorlight exists then the outdoorlight has-status Off.

Part-3: 'Security'.

Every door is a smartdevice.

Every interior is a door.

Door-Living-Room is an interior and is-located-at Living-Room .

Door-Bedroom is an interior and is-located-at Bedroom.

Every exterior is a door.

Front-Door is an exterior and is-located-at Living-Room .

Every exterior has a buzzer.

Every buzzer is a smartdevice .

Front-Door has Buzzer-Front-Door.

Buzzer-Front-Door is a buzzer.

Comment: Rule no1 - Exterior doors remain locked; unless one of the following exceptions applies.

Comment: Rule no2 - 1)Exterior doors unlock automatically upon the arrival of an adult

(eg: "Paul approaches Front-Door.")

2) Exterior doors lock automatically once closed

(eg:"Paul closes Front-Door.") .

If an adult approaches an exterior and Security-Mode has-final-status Off then for the adult and the exterior execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Locked.", exterior));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Unlocked.",
exterior));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} approaches {1}.", adult,
exterior));
?>.
```

If a resident closes an exterior and Security-Mode has-final-status Off then for the exterior and the resident execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Unlocked.",
exterior));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Locked.", exterior));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} closes {1}.", resident,
exterior));
```

?>.

Comment: If a kid enters or leaves the house then the owner is informed (eg: "Emma enters Smart-Home." , "John leaves Smart-Home.").

If a kid enters Smart-Home then for the kid execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} enters Smart-Home .", kid));
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + kid + " enters the house.
");
```

?>.

If a kid leaves Smart-Home then for the kid execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} leaves Smart-Home .", kid));
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + kid + " leaves the house.
");
```

?>.

Comment:- Fire/Gas Leak case:

- 1) The alarm goes off /
- 2) Notification message /

In order for the rule to be put in practice, copy paste the following sentence and click the "Run Active Rules" button from the "Tools" tab :

eg "Fire occurs-at Bedroom." "Gas-Leak occurs-at Kitchen." .

Every accidentalalarm is an alarm.
Every accident is a special-event.
Fire is an accident that triggers Fire-Alarm .
Gas-Leak is an accident that triggers Gas-Leak-Alarm .
Gas-Leak is an accident.
Fire-Alarm is an accidentalalarm.
Gas-Leak-Alarm is an accidentalalarm.

If an accident occurs-at a room and the accident triggers an alarm then for the accident and the room and the alarm execute <?

```
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", alarm));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} occurs-at {1}.", accident ,
room));
```

```
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + alarm + " is activated due to " + accident + " in " + room + ". Do you wish to call the fire department?");
```

?>.

Comment: If the alarm is Deactivated then -> Notification Message

In order for the rule to be put in practice, delete "(Name of Alarm) has-status On" , copy paste the following sentence and click the "Run Active Rules" button from the "Tools" tab :

```
"(Name of Alarm) has-status Deactivated." .
```

If an accidentalarm has-status Deactivated then for the accidentalarm execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Deactivated.", accidentalarm));  
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + accidentalarm + " has been deactivated. ");
```

?>.

Comment: Rule no4- Door beeps when open (eg "Front-Door is Open.").

If an exterior has-status Unlocked and Security-Mode has-status Off and the exterior has a buzzer then the buzzer has-status On.

If an exterior has-status Locked and the exterior has a buzzer then the buzzer has-status Off.

Comment: Rule no5 - In case of empty house, system asks for permission for Security Mode activation .

Smart-Home is a house.

Bedroom is-located-at Smart-Home .

Living-Room is-located-at Smart-Home .

If a presence refers-to a room and the room is-located-at a house then the presence is-located-at the house .

If X is-located-at Y then Y has X.

Every presence-detection is a presence.

Every presence is a parameter.

If Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 0 and Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0 and Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0 and Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0 then Smart-Home has-status Empty .

If a house has-status Empty and a security has-status Off and an owner exists then for the house and the owner and the security execute <?

```
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + owner + " , "+ house + " is empty. Do you wish to turn "+ security+ " On? ");
```

?>.

Comment: Rule No6- Security Mode Activation.

Security-Mode **is a** security.
Security-Mode has Burglary-Alarm .
Every security **is a** mode.
Burglary **is an** incident **that** triggers Burglary-Alarm .
Burglary-Alarm **is an** incidentalalarm.
Every incidentalalarm **is an** alarm.
Every incident **is a** special-event .

Comment: If Security Mode activated-> every exterior door and window closes

(Delete "Security-Mode has-status Off." and copy paste "Security-Mode has-status Activated.") .

If a security has-status Activated and a window exists then for the security and the window execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Open.", window));  
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Closed.", window));  
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Activated.",  
security));  
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", security));
```

?>.

If a security has-status Activated and an exterior exists and the security has an incidentalalarm then for the security and the exterior and the incidentalalarm execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Unlocked.",  
exterior));  
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Locked.", exterior));  
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Off.", security));  
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Activated.",  
security));  
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", security));  
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Off.",  
incidentalalarm));  
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + security + " has been  
activated. ");
```

?>.

Comment: Alarm Activation.

Comment: If a window opens or an exterior door is unlocked while security mode is on -> burglary.

If Burglary-Alarm has-status Off then Burglary-Alarm has-final-status Off.

If Security-Mode has-status On and Burglary-Alarm has-final-status Off and a window exists and the window has-status Open and the window is-located-at a room then Burglary occurs-at the room.

If Security-Mode has-status On and Burglary-Alarm has-final-status Off and an exterior exists and the exterior has-status Unlocked and the exterior is-located-at a room then Burglary occurs-at the room.

Comment: If burglary-> alarm has status On and notification.

If an incident occurs-at a room and the incident triggers an alarm and an exterior has-status Unlocked then for the incident and the alarm and the room and the exterior execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Off.", alarm));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", alarm));
WriteMessage "[" + DateTime.Now + "]" + alarm + " has been
triggered due to possible " +incident+ " in " + room + " through " +
exterior + " . Do you wish to call the police department?");
```

?>.

If an incident occurs-at a room and the incident triggers an alarm and a window has-status Open then for the incident and the alarm and the room and the window execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Off.", alarm));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", alarm));
WriteMessage "[" + DateTime.Now + "]" + alarm + " has been
triggered due to possible " +incident+ " in " + room + " through " +
window + " . Do you wish to call the police department?");
```

?>.

Comment: In case of an empty room, the door that communicates with the other rooms locks in order to "trap" the intruder and provide safety to the residents.

If a presence refers-to a room and the presence has-value equal-to 0 then the room has-status Empty.

If an incident occurs-at a room and the room has-status Empty and an interior is-located-at the room then for the incident and the room and the interior execute <?

```
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Locked.", interior));
WriteMessage "[" + DateTime.Now + "]" + interior + " has been
locked due to possible " +incident+ " in " + room + " . Do you wish to
unlock the door?");
```


?>.

Comment: Alarm deactivation- Unlock interior door.

If an alarm has-status Deactivated and an interior has-status Locked then for the alarm and the interior execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Locked.", interior));
```

?>.

Comment: Alarm deactivation- If window open-> close.

If an incidentalarm has-status Deactivated and a window has-status Open then for the incidentalarm and the window execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Open.", window));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Closed.", window));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Deactivated.",
incidentalarm));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Off.",
incidentalarm));
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + incidentalarm + " has been
deactivated. ");
```

?>.

Comment: Alarm deactivation- If an exterior door is unlocked-> locked.

If an incidentalarm has-status Deactivated and an exterior has-status Unlocked then for the incidentalarm and the exterior execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Unlocked.",
exterior));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Locked.", exterior));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Deactivated.",
incidentalarm));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Off.",
incidentalarm));
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + incidentalarm + " has been
deactivated. ");
```

?>.

Comment: Security-Mode deactivation: Notification and windows do not remain closed.

If a security has-status Deactivated and the security has an incidentalarm then for the security and the incidentalarm execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Deactivated.",
security));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Off.", security));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Off.",
incidentalarm));
```

```
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + security + " has been deactivated. ");
```

```
?>.
```

If a security has-status Deactivated and a window exists then for the security and the window execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Deactivated.", security));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Closed.", window));
```

```
?>.
```

Part-4: 'Other'.

Comment: Home Cinema Mode.

Every television is a smartdevice.

Television-Living-Room is a television that is-located-at Living-Room .

Television-Bedroom is a television that is-located-at Bedroom.

Every comfort is a mode.

Home-Cinema-Living-Room is an homecinema that refers-to Living-Room .

Every homecinema is a comfort.

Comment: If a Home Cinema/ Sleep Mode is activated -> Notification Message, blinds,curtain, windows of the room close (if open) and ceiling light off (if on).

If a comfort has-status Activated and the comfort refers-to a room then for the comfort and the room execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Off.", comfort));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Activated.", comfort));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status On.", comfort));
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + comfort + " has been activated in " + room+ " . ");
```

```
?>.
```

If a comfort has-final-status On and the comfort refers-to a room and a ceilinglight is-located-at the room and a blinds is-located-at the room and a curtain is-located-at the room and a window is-located-at the room then the ceilinglight has-status Off and the blinds has-status Closed and the curtain has-status Closed and the window has-status Closed.

Comment: If Home Cinema is On then television of the room On.

If a homecinema has-final-status On and the homecinema refers-to a room and a television is-located-at the room then the television has-status On.

Comment: If Home Cinema/Sleep mode off -> Notification Message.

If a comfort has-status Deactivated and the comfort refers-to a room then for the comfort and the room execute <?

```
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + comfort + " has been
deactivated in " + room+ " . ");
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status On.", comfort));
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Deactivated.",
comfort));
KnowledgeInsert(string.Format("{0} has-status Off.", comfort));
?>.
```

Comment: Sleep Mode: If a resident sleeps at a room -> Sleep Mode On, television Off, Notification Message and everything mentioned on the Home Cinema section above

If it is time for the resident to wake up -> Sleep Mode Off.

Sleep-Mode-Bedroom is a sleepmode that refers-to Bedroom.

Every sleepmode is a comfort.

If a sleepmode has-final-status On and the sleepmode refers-to a room and a television is-located-at the room then the television has-status Off.

If a resident sleeps-at a room and a sleepmode refers-to the room and the sleepmode has-status Off then the sleepmode has-status Activated.

If a resident has-wake-up-time equal-to the value (1) and Current-Time has-value equal-to the value (2) and the value (1) is equal-to the value (2) and the resident sleeps-at a room and a sleepmode refers-to the room and the sleepmode has-final-status On then the sleepmode has-status Deactivated .

If a resident sleeps-at a room and a sleepmode refers-to the room and the sleepmode has-status Deactivated then for the resident and the room and the sleepmode execute <?

```
KnowledgeDelete(string.Format("{0} sleeps-at {1}.", resident,
room));
?>.
```

Comment: When a resident wakes up-> boiler is on/

When an adult wakes up-> coffee maker is also on.

Every boiler is a smartdevice .

Every coffeemaker is a smartdevice .

Boiler is a boiler and is-located-at Bathroom .

Coffee-Maker is a coffeemaker and is-located-at Kitchen .

If a resident has-wake-up-time equal-to the value (1) and Current-Time has-value equal-to the value (2) and the value (1) is equal-to the value (2) and a boiler exists then the boiler has-status On.

If an adult has-wake-up-time equal-to the value (1) and Current-Time has-value equal-to the value (2) and the value (1) is equal-to the value (2) and a coffeemaker exists then the coffeemaker has-status On.

Comment: When a resident enters the Bathroom-> relaxing music On.

Music-Player-Bathroom is a music-player and is-located-at Bathroom .
Every music-player is a smartdevice .
If Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 1 then Music-Player-Bathroom has-status On.
If Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0 then Music-Player-Bathroom has-status Off.

Comment: When a resident takes a bath-> Heated Towel Rails On.

Every heated-towel-rail is a smartdevice .
Heated-Towel-Rails is a heated-towel-rail and is-located-at Bathroom.
If a resident takes-a-bath-at Bathroom then Heated-Towel-Rails has-status On.

Comment: If a trash can has-status Full -> notification.

Every trashcan is a smartdevice.
Trash-Can-Bathroom is a trashcan and is-located-at Bathroom .
Trash-Can-Kitchen is a trashcan and is-located-at Kitchen .
If a trashcan has-status Full and the trashcan is-located-at a room then for the trashcan and the room execute <?

```
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + trashcan + " in " + room +  
" is full and must be emptied.");  
KnowledgeDelete(string.Format("{0} has-status Full.", trashcan));  
>.
```

Comment: If house empty -> Vacuum Cleaner Robot activated.

Vacuum-Cleaning-Robot is a vacuum-cleaning-robot.
Every vacuum-cleaning-robot is a smartdevice .
If Smart-Home has-status Empty then Vacuum-Cleaning-Robot has-status Activated .
If Smart-Home has-status Occupied then Vacuum-Cleaning-Robot has-status Deactivated.

Comment: If house empty and a smart device has status on then notification.

If Smart-Home has-status Empty and a smartdevice has-status On then for the smartdevice execute <?

```
WriteMessage("[ " + DateTime.Now + " ] " + smartdevice + " is on. Do  
you want to turn it off?");  
?>.
```

```
Temperature-Bedroom has-value equal-to 30.  
Temperature-Living-Room has-value equal-to 30.  
Outdoor-Temperature has-value equal-to 19.  
Current-Time has-value equal-to 21.  
Presence-Detection-Bedroom has-value equal-to 0.  
Presence-Detection-Living-Room has-value equal-to 0.  
Presence-Detection-Bathroom has-value equal-to 0.  
Presence-Detection-Kitchen has-value equal-to 0.  
Security-Mode has-status Off.  
Paul has-wake-up-time equal-to 22.  
Sleep-Mode-Bedroom has-status Off.  
Home-Cinema-Living-Room has-status Off.  
Front-Door has-status Locked.
```

Παράρτημα Β: Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Internet of Things	36
Εικόνα 2: Έξυπνη πόλη	39
Εικόνα 3: Smart factory	42
Εικόνα 4: Έξυπνο σπίτι και Internet of Things.....	43
Εικόνα 5: Εξέλιξη πωλήσεων έξυπνων IoT συσκευών ανά τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο	44
Εικόνα 6: Σχηματική παρουσίαση Web 1.0, Web 2.0 και Σημασιολογικού Ιστού	53
Εικόνα 7: RDF- RDFS γράφος	59
Εικόνα 8: Τα επίπεδα του Σημασιολογικού ιστού	62
Εικόνα 9: Ανάπτυξη Cloud Συνδεδεμένων Δεδομένων 2007-2014	64
Εικόνα 10: Ο περιηγητής Marbles εμφανίζει δεδομένα για τον Tim Berners-Lee. Οι χρωματιστές κουκίδες δηλώνουν την διαφορετικές πηγές δεδομένων από τις οποίες προήλθαν τα δεδομένα.....	70
Εικόνα 11: Παρουσίαση αποτελεσμάτων στη Swoogle για την οντολογία "Animal"	72
Εικόνα 12: Παράδειγμα Rich Snippet της Google	73
Εικόνα 13: Παράδειγμα δήλωσης υποκλάσεων.....	81
Εικόνα 14 : Παράδειγμα δήλωσης στιγμιότυπων	81
Εικόνα 15: Taxonomy tree: Παρουσίαση δεδομένων του OWL αρχείου	82
Εικόνα 16: CNL διάγραμμα οντολογίας: τα άσπρα πεδία παριστάνουν τις κλάσεις ενώ τα πράσινα τα στιγμιότυπα της οντολογίας	83
Εικόνα 17: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την αρχική κατάσταση 1	87
Εικόνα 18: Fluent Editor - Use Case : Παράθυρο Active Rules κατά την κατάσταση 2	88
Εικόνα 19: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την κατάσταση 2	89
Εικόνα 20: Fluent Editor - Use Case : Παράθυρο Active Rules κατά την κατάσταση 3	90
Εικόνα 21: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την κατάσταση 3	91
Εικόνα 22: Fluent Editor - Use Case: Εξαγωγή αποτελεσμάτων Materialized Graph κατά την κατάσταση 3: ενεργοποίηση καφετιέρας και θερμοσίφωνα.....	91
Εικόνα 23: Ο συντάκτης οντολογιών Fluent Editor	92
Εικόνα 24: Αρχική σελίδα ιστότοπου	96
Εικόνα 25: Σελίδα εγγραφής/ σύνδεσης χρηστών	97
Εικόνα 26: Σελίδα αποτελεσμάτων αναζήτησης	98
Εικόνα 27: Παρουσίαση smart home scenario	99
Εικόνα 28: Forum	100
Εικόνα 29: Υποβολή αιτήματος.....	101
Εικόνα 30: Υποβολή σεναρίου	102
Εικόνα 31: Μήνυμα επιτυχής υποβολής σεναρίου	103