

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)**

**στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

***ΔΙΠΛΩΜΑΤΙKH ΕΡΓΑΣΙΑ***

**ΑΘΗΝΑ, ΜΗΝΑΣ ΕΤΟΣ**

***ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)***

***στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ***

***ΔΙΠΛΩΜΑΤΙKH ΕΡΓΑΣΙΑ***

**Επιβλέπων Καθηγητής: Καστανιά Ασαστασία**

**Εξωτερικός Κριτής: Ονοματεπώνυμο**

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ, ΜΗΝΑΣ ΕΤΟΣ**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

**καταλογος εικονων 12**

**καταλογος πινακων 12**

**αακρωνυμια- συντμησεις -αρΚτικολεξα 12**

**ΠΡΟΛΟΓΟΣ 12**

**αντικειμενο και στοχοι της εργασιας 12**

**1.** **Τι ειναι ΤΟ cloud computing 13**

1.1 Χαρακτηριστικά του Cloud Computing 13

1.1.1 Ιστορία και Ορισμός του Cloud Computing 13

1.1.2 Πωλητές και Πάροχοι Υπηρεσιών 13

1.1.3 Service Level Agreements (SLA) 13

1.1.4 Αρχιτεκτονική και services του Cloud 13

1.1.5 Τρόποι Πληρωμής στο Cloud ? 13

1.1.6 Virtualization στο Cloud ? 13

1.2 Πλεονεκτήματα χρήσης του Cloud Computing 13

1.3 Προβλήματα του Cloud Computing 13

1.4 Ασφάλεια και Απειλές στο Cloud 13

**2.** **cloud computing kai e-health 13**

2.1 Περιγραφή του e-Health 13

2.1.1 Ορισμός των e-Health και HIT 13

2.1.2 Συσχετιζόμενα Πρόσωπα με το e-Health 13

2.1.3 Γιατί το HIT είναι διαφορετικό 13

2.1.4 Οφέλη και εμπόδια του κλάδου του e-Health 13

2.2 Το e-Health Cloud 13

2.2.1 Περιγραφή του e-Health Cloud 13

2.2.2 Ασφάλεια στο e-Health Cloud 13

2.2.3 Υπάρχουσες εφαρμογές HIT και e-Health Cloud 13

2.3 Πλεονεκτήματα του Cloud στο e-Health 13

2.4 Προβλήματα του Cloud στο e-Health 13

**3.** **mobile computing και e-health 21**

3.1 Εισαγωγή στo Mobile Cloud Computing 13

3.1.1 Ιστορία και ορισμός Mobile Cloud Computing 13

3.1.2 Είδη του Mobile Cloud Computing 13

3.1.3 Περιγραφή του Mobile Cloud Computing 13

3.2 Mobile Cloud και e-Health 13

3.2.1 Π~~ω~~ώς συνδέονται Mobile Cloud Computing καιe-Health 13

3.2.2 Εφαρμογές και Πλεονεκτήματα mobile e-Health 13

3.3 Πλεονεκτήματα mobile Cloud Computing 13

3.4 Προβλήματα και Λύσεις στο Mobile Cloud Computing 13

3.5 Εφαρμογές mobile, mobile Cloud Computing και e-Health 13

**4.** **quality issues 21**

4.1 Εισαγωγή στα Θέματα Ποιότητας 13

4.2 Θέματα Ποιότητας στο Cloud Computing 13

4.3 Θέματα Ποιότητας στο e-Health 13

4.3.1 Μέτρηση Ποιότητας σε e-Health Συστήματα 13

4.3.2 HIPAA και HITECH 13

4.3.3 Μέτρηση Ποιότητας σε e-Health Cloud 13

4.4 Θέματα Ποιότητας στο Mobile Cloud 13

**5.** **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 21**

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 1: Cloud Computing Overview Modelσελ. 17

Εικόνα 2: Service Models and Managementσελ. 17

Εικόνα 3: e-Health Cloud Servicesσελ. 17

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Σχήμα 1: Υπόδειγμα διαμόρφωσης ράχης βιβλιόδετου τόμου 14

Σχήμα 2: Στοιχεία ανάπτυξης Ανατολής, Βορρά και Δύσης 21

* **ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ**

|  |  |
| --- | --- |
| VPN | Virtual Private Network |
| AWS | Amazon Web Services |
| IT | Information Technology |
| ICT | Information and Communications Technology |
| ΤΠΕ | Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών |
| NIST | National Institute of Standards and Technology |
| SLA | Service Level Agreement |
| QoE | Quality of Experience |
| QoS | Quality of Service |
| SaaS | Software as a Service |
| PaaS | Platform as a Service |
| IaaS | Infrastructure as a Service |
| HaaS | Hardware as a Service |
| Daas | Data center - Database – Desktop as a Service |
| StaaS | Storage as a Service |
| BaaS | Business as a Service |
| FaaS | Framework as a Service |
| OaaS | Organization as a Service |
| XaaS | Everything as a Service |
| API | Application Programming Interface |
| CPU | Central Processing Unit |
| GPU | Graphics Processing Unit |
| HIT | Health Information Technology |
| ITU | International Telecommunication Union |
| WHO | World Health Organization |
| EHR | Electronic Health Record |
| EMR | Electronic Medical Record |
| DICOM | Digital Imaging and Communications in Medicine (format) |
| PACS | Picture Archival and Communication System |
| AHRQ | Agency for Healthcare Research and Quality |
| ICD-10 | International Classification of Diseases tenth revision |
| SNOMED | Systematized NOmenclature of MEDicine |
| MCC | Mobile Cloud Computing |
| DTN | delay tolerant networks |
| PKI | Private Key Infrastructure |
| MAU I | Memory Arithmetic Unit and Interface |
| MABOCCF | Mobile Agent Based Open Cloud Computing Federation |
| MAP | Mobile Agent Plave |
| FCFS | First Come First Served |
|  |  |
| QoBiz | Quality of Business |
| CQoEMS | Central QoE Management System - |
| EP | Environmental Primitive |
| CP | Control Primitive |
| ANN | Artificial Neural Network |
| ARMAX | Auto-Regressive Moving Average with eXogenous inputs |
| QASM | QoS Aware Services Mashup |
| MSC | Mobile Service Clouds |
| FT | Fault-tolerance |

**ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη διπλωματική εργασία του Γούσιου Στέργιου στο πλαίσιο του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στα Πληροφοριακά ~~σ~~Συστήματα του τμήματος Πληροφορικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η εργασία αφορά την ανασκόπηση του τομέα του Cloud Computing ειδικά σε σχέση με τον τομέα του e-Ηealth, με έμφαση στα θέματα της ποιότητας των παρεχομένων υπηρεσιών αλλά και των mobile εφαρμογών και τα προτερήματά~~α~~ (πλεονεκτήματά) τους. Η εργασία εκπονήθηκε στην Αθήνα κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013 υπό την επίβλεψη της κυρίας Αναστασίας Καστανιά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια μου, κυρία Καστανιά, για την ανάθεση της εργασίας και την πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφερε.

**ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν αντικείμενο μελέτης τα συστήματα Cloud, το λεγόμενο e-Health στη σημερινή του μορφή και τα αποτελέσματα της χρήσης του Cloud Computing στο e-Health. Η ανάλυση λαμβάνει υπόψη θέματα όπως τα προβλήματα που λύνει αλλά και αυτά της υιοθέτησης του Cloud στο χώρο της υγείας. Στη συνέχεια δίνεται έμφαση στα θέματα ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (quality of service) αλλά και σε εφαρμογές mobile Cloud, δηλαδή σε φορητές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα και tablets, όπου ειδικά η χρήση του Cloud Computing μπορεί να προσφέρει καινοτόμες υπηρεσίες στον τομέα της υγείας σε σχέση με την παρούσα τεχνολογία.

Για να φανεί η πρακτική σημασία των προαναφερθέντων θεμάτων και για καλύτερη κατανόηση της λειτουργικότητας που μπορεί να προσφέρει η χρήση του Cloud στο e-Health, γίνεται παρουσίαση κάποιων παραδειγμάτων τέτοιων εφαρμογών όπως το Health Vault της Microsoft και των διευκολύνσεων που προσφέρει στη πράξη.

**1.** **ΤΙ ΕΙΝΑΙ CLOUD COMPUTING**

**1. 1 Χαρακτηριστικά του Cloud Computing**

**1.1.1 Ιστορία και Ορισμός του Cloud Computing**

Η ιδέα του διαμοιρασμού υπολογιστικών πόρων, που είναι και η βασική αρχή των υπηρεσιών του Cloud, είχε ήδη ξεκινήσει από τη δεκαετία του 1960, όταν γινόταν λόγος για την αρχή του “time-sharing” και για το π~~ω~~ώς στο μέλλον οι υπολογιστικοί πόροι θα μπορούσαν να γίνουν αγαθό κοινής ωφέλειας, όπως το ηλεκτρικό ρεύμα (John McCarthy). Στη δεκαετία του 1950 μάλιστα, ο καναδός επιστήμονας Herb Grosch είχε προβλέψει πως όλος ο κόσμος θα μπορούσε να λειτουργήσει με τερματικούς σταθμούς υποστηριζόμενους από 15 μεγάλα data senters (μήπως centers ?).

Από τότε, τη δεκαετία του 1990 αναπτύχθηκαν τα Virtual Private Networks (VPNs) και δόθηκε έμφαση στην καλύτερη απόδοση - εκμετάλλευση των υπολογιστικών πόρων. Έτσι, όταν τη δεκαετία του 2000 η εταιρεία Amazon θέλησε να βελτιώσει την αποδοτικότητα - ποσοστό χρήσης των data centers της, δημιούργησε τα Amazon Web Services (AWS) και στη συνέχεια το 2008, το Eucalyptus, την πρώτη δωρεάν πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού για δημιουργία AWS συμβατών ιδιωτικών Clouds. Ακολούθησαν το OpenNebula (ανοιχτού λογισμικού για τη δημιουργία ιδιωτικών και υβριδικών Clouds), λίγο αργότερα το IBM SmartCloud και ακόμα πιο μετά, το Skydrive της Microsoft και το Google Cloud.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το Cloud (αναφέρονται τόσο σε Hardware όσο και σε Software) αποτελούν μια ριζική αλλαγή στον τρόπο που προσφέρονται και καταναλώνονται οι υπηρεσίες IT (Information Technology) για πολλούς λόγους (όπως το ότι δεν ανήκει πλέον το υλικό το οποίο προσφέρει υπηρεσίες στον πελάτη) και έτσι (με αποτέλεσμα) οι ιδιώτες και οι επιχειρήσεις (να) είναι ακόμα διστακτικοί ως προς τη χρήση τους.

Αν και είναι δύσκολο να οριστεί ακριβώς το Cloud Computing, οι περισσότεροι ορισμοί συμφωνούν στα βασικά χαρακτηριστικά που το περιγράφουν. Ακολουθούν δύο ορισμοί, ένας από το National Institute of Standards and Technology (NIST , του Σεπτεμβρίου 2011) και ένας από το paper “Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared” (των Ian Foster, Yong Zhao, Ioan Raicu, Shiyong Lu)

Cloud Computing είναι …

*“Ένα πρότυπο που επιτρέπει βολική, πανταχού πρόσβαση μέσω δικτύου, ανάλογα με τη ζήτηση, σε μια πηγή από παραμετροποιήσιμους υπολογιστικούς πόρους (όπως δίκτυα, servers, χώρους αποθήκευσης, εφαρμογές και υπηρεσίες) που μπορεί γρήγορα να τους παρέχει και να τους απελευθερώνει με ελάχιστες απαιτήσεις διαχείρισης ή επέμβαση του παρόχου υπηρεσιών.” (NIST)*

*“Ένα πρότυπο κατανεμημένων συστημάτων μεγάλης κλίμακας που καθοδηγείται από οικονομίες κλίμακας, στο οποίο μια πηγή από αφηρημένες, εικονικές, δυναμικά επεκτάσιμες, διαχειρίσιμες πλατφόρμες υπολογιστικής ισχύος και αποθήκευσης, αλλά και υπηρεσίες προσφέρονται ανάλογα με τη ζήτηση στους πελάτες μέσω του Ίντερνετ.” (paper)*

Έτσι, όπως φαίνεται και από τους ~~από~~ πιο πάνω ορισμούς, τα πιο βασικά χαρακτηριστικά του Cloud Computing είναι:

* On-demand self-service

(Δηλαδή υπάρχει η δυνατότατα να γίνεται χρήση του Cloud όταν και όσο υπάρχει ανάγκη – αύξηση/μείωση υπολογιστικών πόρων – και η ζήτηση από το χρήστη γίνεται χωρίς συνδρομή ή ανθρώπινη παρέμβαση)

* Ubiquitous network access

(Δηλαδή σχεδόν απεριόριστη πρόσβαση μέσω δικτύου στους διάφορους υπολογιστικούς πόρους /υπηρεσίες και μέσω διαφόρων συσκευών – κιν~~ν~~ητά τηλέφωνα, laptops, PDAs)

* Location independence and homogeneity

(Δηλαδή οι servers μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη του κόσμου αλλά και οι υπηρεσίες που παρέχονται σε χρήστες από διαφορετικά μέρη του κόσμου είναι ίδιες)

* Elastically scalable

(Δηλαδή η διάθεση των πηγών είναι ελαστική, υπάρχει μια μεγάλη πηγή υπολογιστικών πόρων και οι πόροι κατανέμονται από το Cloud, όσο χρειάζεται ο κάθε πελάτης –π.χ. αυξημένη ζήτηση τα Σαββατοκύριακα)

* Measured service

(Δηλαδή κάθε υπηρεσία που χρησιμοποιεί ή αγοράζει ο χρήστης, μετράται –π.χ. σε ώρες ή σε CPU – από χρήστη και πάροχο για να χρεωθεί ανάλογα)

* Resource pooling

(Δηλαδή ανάλογα με τη ζήτηση των πελατών, οι διάφορες φυσικές ή εικονικές πηγές εκχωρούνται δυναμικά εκ νέου στην εκάστοτε εφαρμογή)

**1.1.2 Πωλητές και Πάροχοι Υπηρεσιών**

Οι πωλητές υπηρεσιών (Cloud Vendors) είναι στην ουσία μία εικονική οργάνωση που προσφέρει μόνο τις τελικές υπηρεσίες που λαμβάνει ο χρήστης του Cloud, χωρίς απαραίτητα να έχει δική του υποδομή για υπηρεσίες Cloud. Συγκεντρώνουν τις πηγές έχουν συμφωνήσει να διανέμουν στους πελάτες τους (μέσω των Service Level Agreements – SLAs, που περιγράφονται στη συνέχεια) από διάφορους αρχικούς προμηθευτές υπηρεσιών (Cloud Providers) που μπορεί να είναι διασκορπισμένοι σε διαφορετικά μέρη του κόσμου. Κάθε πάροχος υπηρεσιών μπορεί να είναι και πωλητής, οχι όμως απαραίτητα το αντίθετο.

Αρχικά η χρέωση των πηγών από τον πάροχο στον πωλητή υπηρεσιών θα γίνεται με βάση κάποια καθορισμένη τιμή με βάση την υπολογιστική ισχύ και τον αποθηκευτικό χώρο (δίσκο αλλά και μνήμη) και στη συνέχεια η χρέωση από τον πάροχο στον τελικό χρήστη, γίνεται βάσ~~η~~ει συμφωνίας (με τα Service Level Agreements – SLAs) και με βάση το Quality of Experience –QoE των χρηστών.

Ο όρος ~~το~~ Quality of Experience μοιάζει με τον όρο ~~το~~ Quality of Service-QoS , με τη διαφορά ότι ο πωλητής μπορεί να έχει υψηλό QoS αν καλύπτει τους όρους του συμβολαίου με τον πελάτη, αλλά χαμηλό QoE αν ο πελάτης δεν είναι ευχαριστημένος με τις υπηρεσίες που λαμβάνει. Ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο οι πελάτες χρησιμοποιούν το Cloud , μπορεί να συμφέρει να αλλάξει και ο τρόπος χρέωσης, όμως συχνά οι χρήστες ζητούν η χρέωση να γίνεται ανάλογα με την ώρα που απασχόλησαν κάποιο πόρο.

Οι τέσσερις πιο μεγάλοι Cloud Providers για to 2013 φαίνεται πως είναι οι:

* Salesforce.com (USA)
* Amazon (USA)
* Microsoft (USA)
* Google (USA)

Ενώ ακολουθούν στη συνέχεια και άλλες μεγάλες εταιρείες, όπως οι:

* Oracle (USA)
* SAP (Germany)
* Red hat (USA)
* VMware (USA)
* Rackspace, San Antonio (USA)
* NetSuite, San Mateo (USA)

**1.1.3 Service Level Agreements (SLAs)**

Τα Service Level Agreements (Συμβάσεις Παροχής Υπηρεσιών) είναι ~~ένα~~ μια νομικά δεσμευτική συμφωνία που αφορά την αμοιβαία κατανόηση και αποδοχή υπηρεσιών ανάμεσα σε έναν πελάτη (που αγοράζει –μισθώνει την υπηρεσία) και τον Πάροχο – Πωλητή της υπηρεσίας. Οι πελάτες του Cloud, είτε είναι ιδιώτες είτε επιχειρήσεις, θα πρέπει να δώσουν ιδιαίτερη προσοχή στα SLAs καθώς αναφέρονται σε θέματα όπως υπηρεσίες, προτεραιότητες, ευθύνες, και εγγυήσεις ανάμεσα σε αυτούς και τον Πάροχο –Πωλητή. Συνήθως παρέκκλιση απο το SLA επιφέρει μεγάλα πρόστιμα, τα οποία και καθορίζονται στη ίδια τη συμφωνία .

Παρακάτω αναφέρονται τα πιο σημαντικά θέματα που θα πρέπει να καλύπτει το Service Level Agreement :

* Service delivered

(Περιγράφονται οι ίδιες οι υπηρεσίες, το π~~ω~~ώς θα παρέχονται λεπτομερώς και τα αναμενόμενα χρονικά πλαίσια διατάραξης της παροχής τους)

* Performance

(Η απόδοση του συστήματος μετριέται με την παρακολούθηση και μέτρηση των υπηρεσιών που παρέχονται, ανεξάρτητα με το αν αυτές συνάγουν (?) με τους όρους του SLA)

* Problem management

(Περιγράφεται το π~~ω~~ώς μπορεί να συμβούν απρόβλεπτα ~~η~~ή απροσδόκητα συμβάντα και π~~ω~~ώς αυτά μπορούν να αποφευχθούν ή επιλυθούν)

* Customer duties

(Περιγράφεται η σχέση πελάτη και Πάροχου –Πωλητή και ~~τις~~ οι ευθύνες του πρώτου κατά τη διαδικασία παροχής των υπηρεσιών)

* Security

(Περιγράφονται τα μέτρα ασφάλειας που θα ακολουθηθούν. Από τα πιο σημαντικά μέρη του SLA)

* Disaster recovery

(Περιγράφεται το Disaster recovery Plan – Σχέδιο αποκατάστασης καταστροφών. Μερικές φορές περιλαμβάνεται στο τομέα Security ή Problem management)

* Termination

(Περιγράφονται οι διαδικασίες κατά τη λήξη του συμβολαίου στο τέλος της αρχικά συμφωνημένης περιόδου, ή όταν κάποιος από τους υπογράφοντες παραβιάσει το συμβόλαιο, ή όταν δεν είναι ικανοποιημένος με την απόδοση των υπηρεσιών)

Η Σύμβαση Παροχής Υπηρεσιών εκτός από τη σημασία της για τον εκάστοτε πελάτη, σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες, ~~αλλά~~ έχει και νομικές κυρώσεις και γι αυτό θα πρέπει να είναι αναλυτική . Για παράδειγμα μια εταιρεία που έκανε Σύμβαση με ένα Cloud Vendor που έχει data centers μόνο στην Αμερική, μπορεί να μη θέλει να έχει τα δεδομένα της και σε data centers άλλης χώρας, οπότε ίσως θέλει αντίστοιχη δέσμευση – διασφάλιση στο SLA από τον Cloud Vendor.

**1.1.4 Αρχιτεκτονική και services του Cloud**

Μέχρι τώρα ορίσαμε το Cloud Computing γενικά και είδαμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά του. Για να μελετήσει όμως κανείς το Cloud, πρέπει να καταλάβει καλύτερα και το π~~ω~~ώς λειτουργεί, το π~~ω~~ώς προσφέρει τις υπηρεσίες του, τις κατηγορίες Cloud που υπάρχουν και να κατανοήσει τη γενική αρχιτεκτονική του.

Όπως είδαμε και μέχρι τώρα και όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1, τα βασικά χαρακτηριστικά του Cloud είναι:

* On demand self –service
* Broad (ubiquitous) network access
* Rapid Elasticity
* Measured service
* Resource pooling



**Εικόνα 1: Cloud Computing Overview Model** 1

Οι Υπηρεσίες που παρέχει το Cloud, μπορούν να χωριστούν ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας – πόρου και τον τρόπο που παρέχεται στα ακόλουθα τρία είδη παρεχόμενων υπηρεσιών (Delivery - Service Models ) :

* Software as a Service (SaaS)

Πολλές φορές ονομάζεται και "on-demand software". Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της υπηρεσίας είναι πως παρέχει εύκολη πρόσβαση σε λογισμικό και τα σχετικά με αυτό δεδομένα, μέσω μιας διεπαφής "thin client" όπως είναι ένας web browser. Ο πωλητής- πάροχος "νοικιάζει" στην ουσία λογισμικό στο χρήστη σαν μορφή παροχής υπηρεσιών και ακολουθεί τα Service Level Agreements που υπέγραψε με το χρήστη σχετικά με (τη) διαχείριση των servers, (του) λειτουργικού συστήματος και άλλων εφαρμογών, αποθηκευτικού χώρου, αλλά και την υποδομή δικτύου. Οι χρήστες χρησιμοποιούν εφαρμογές και δεν χρειάζεται - δεν μπορούν να απασχοληθούν με αναβαθμίσεις και αλλαγές στο λογισμικό ή τη διαχείριση των servers, δικτύων, λειτουργικών συστημάτων κ.λπ. .

* Platform as a Service (PaaS)

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της υπηρεσίας είναι πως ο χρήστης διαλέγει όποιο λογισμικό και προγραμματιστικά εργαλεία θέλει (από αυτά που του παρέχονται) και δεν αναλώνεται στη~~ν~~ διαχείριση της πιο κάτω υποδομής. Πιο αναλυτικά, ο χρήστης μπορεί να αναπτύξει οποιουδήποτε είδους εφαρμογή, χρησιμοποιώντας όποια γλώσσα προγραμματισμού, βιβλιοθήκες και λειτουργικό υποστηρίζονται από τον πωλητή – πάροχο, ο οποίος παρέχει την απαραίτητη υποδομή. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να διαχειρίζεται την υποδομή καθ αυτή (όπως τον αποθηκευτικό χώρο, δίκτυα, λειτουργικά συστήματα και λοιπές εφαρμογές), αλλά έχει έλεγχο των ρυθμίσεων των "φιλοξενούμενων" εφαρμογών και έτσι μπορεί για παράδειγμα να φτιάξει και να φιλοξενήσει διαδικτυακές εφαρμογές.

* Infrastructure as a Service (IaaS)

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της υπηρεσίας είναι πως ο χρήστης νοικιάζει κατ ευθείαν όσες πηγές χρειάζεται, (όπως αποθηκευτικό χώρο, υπολογιστική ισχύ και λειτουργικά συστήματα) και γλιτώνει από τη~~ν~~ διαχείριση της υποδομής αλλά και τα έξοδα για αγορά - συντήρηση του αντίστοιχου υλικού που θα χρειαζόταν χωρίς το Cloud. Εδώ η υπηρεσία είναι η διάθεση πηγών. Πιο αναλυτικά, η υπηρεσία αυτή προσφέρει πηγές από την υποδομή του Cloud όπως servers, αποθηκευτικό χώρο, δίκτυα, λειτουργικά και λοιπές εφαρμογές, αλλά και τη δυνατότητα παροχής επιπλέον πηγών στην πορεία της χρήσης τους ( provision processing ). Ο πελάτης δεν διαχειρίζεται την υποδομή του Cloud αλλά έχει έλεγχο του λειτουργικού συστήματος, του αποθηκευτικού χώρου, των εφαρμογών και κάποιο μειωμένο έλεγχο στο δίκτυο. Έτσι, δεν χρειάζεται να αγοράσει servers, λογισμικό, datacenter και εξοπλισμό δικτύου, αλλά νοικιάζει αυτές τις πηγές που χρειάζεται, ανάλογα με τη χρήση που κάνει (pay-as-you-use / pay-as-you-go basis).

Εκτός από τα παραπάνω βασικά είδη υπηρεσιών , διακρίνουμε και τα εξής :

* Hardware as a Service (HaaS)
* Data center - Database – Desktop as a Service (Daas)
* Storage as a Service (StaaS)
* Business as a Service (BaaS)
* Framework as a Service (FaaS)
* Organization as a Service (OaaS)
* Everything as a Service (XaaS)

XaaS = SaaS (Software as a Service), PaaS (Platform as a Service), HaaS (Hardware as a Service), DaaS ([Data center Database, Desktop] as a Service), IaaS (Infrastructure as a Service), BaaS (Business as a Service), FaaS (Framework as a Service), OaaS (Organization as a Service) κ.λ.π. .

Οι αρμοδιότητες του χρήστη και του πωλητή υπηρεσιών φαίνονται και στην Εικόνα 2 που ακολουθεί.



**Εικόνα 2: Service Models and Management 1**

Τέλος μπορούμε να χωρίσουμε τα διάφορα είδη του Cloud ανάλογα με τους χρήστες και τον τρόπο που είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν στις εξής κατηγορίες :

* Private Cloud

Χρησιμοποιείται αποκλειστικά από ένα συγκεκριμένο οργανισμό (ή μια επιχείρηση) και μπορεί να το διαχειρίζεται η ίδια ή κάποιο τρίτο πρόσωπο. Κανείς άλλος πέρα από αυτόν τον οργανισμό δεν μπορεί να κάνει χρήση αυτού του ιδιωτικού Cloud. Τα Service Level Agreements βασίζονται σε αμοιβαία κατανόηση (επιστοσύνη ?) ανάμεσα στον πωλητή - προμηθευτή και τον οργανισμό.

* Public Cloud

Ανήκει σε ένα πάροχο αλλά είναι διαθέσιμο τόσο σε μεγάλους οργανισμούς, όσο και στο κοινό με χρέωση ανάλογα με τη χρήση ( pay-as-you-go basis). Το στοιχείο που το ξεχωρίζει είναι πως έχει πρόσβαση το ευρύ κοινό, άρα και κακόβουλοι χρήστες, οπότε χρειάζεται περισσότερη προσοχή στο περιεχόμενο των δεδομένων που διακινεί κανείς στο δημόσιο (Public) Cloud.

* Community Cloud

Αυτό το είδος Cloud μοιράζεται από μια ομάδα οργανισμών – επιχειρήσεων ή υποστηρίζει μια συγκεκριμένη κοινότητα με κοινά συμφέροντα (π.χ. Cloud οικονομικών ιδρυμάτων ή Health Services Cloud). Μπορεί να το διαχειρίζεται από τους ίδιους τους οργανισμούς ή τρίτα πρόσωπα

* Agency Cloud

Είναι μια μορφή Community Cloud αποκλειστικά για το στρατό ή μια υπηρεσία ή ιδρύματα άμυνας όπως είναι το Defence Information Systems Agency (DISA) Cloud ή το NBC Federal Computing Cloud. Δεν διατίθεται στο κοινό για χρήση, αλλά είναι υπό τον έλεγχο και διαχείριση της ίδιας της υπηρεσίας που το χρησιμοποιεί.

* Hybrid Cloud

Περιλαμβάνει δύο ή παραπάνω από τις παραπάνω κατηγορίες όπως για παράδειγμα όταν ένα Private Cloud ενώνεται με ένα ένα Public Cloud ενός άλλου Cloud Vendor, όπου όμως το πρώτο θα πρέπει να υποστηρίζει υψηλή διαθεσιμότητα υπηρεσιών (που θα μπορούσε να επιτύχει από εξωτερικές πηγές) .

Ακόμα, σενάρια υπάρχουν για τη δημιουργία ενός Government Cloud από την πλευρά των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, με σκοπό την ευρεία χρήση του στις διάφορες δημόσιες υπηρεσίες, αλλά ο χρόνος θα δείξει αν αυτό θα αποτελέσει νέα κατηγορία ή ~~το~~ σε ποια υπάρχουσα κατηγορία αυτό θα ανήκει.

**1.1.5 Τρόποι Τιμολόγησης στο Cloud**

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι – μέθοδοι τιμολόγησης των χρηστών (είτε είναι μεγάλες επιχειρήσεις είτε είναι το ευρύ κοινό) στα διάφορα Cloud συστήματα και συνεχώς προκύπτουν νέοι, καθώς το Cloud Computing ακόμα ωριμάζει. Η τιμολόγηση γίνεται με βάση παράγοντες όπως τον αποθηκευτικό χώρο, υπολογιστική ισχύ, το χρόνο – κύκλοι ρολογιού, μηνιαία μερίδια κίνησης αλλά μπορεί να αναγράφονται επιπλέον όροι ή (συνδυασμοί των από πάνω) στα Service Level Agreements. Οι πιο πολλοί πάροχοι χωρίζουν τις υπηρεσίες που παρέχουν σε τρία είδη,  servers στο Cloud , αποθηκευτικό χώρο – μνήμη στο Cloud και ιστοχώρο – εφαρμογές στο Cloud και η κάθε μία μπορεί να χρεώνεται ξεχωριστά.

Συνήθως συναντάμε τα εξής είδη τιμολόγησης – χρέωσης του χρήστη :

* Ελαστική χρέωση (pay-as-you-use)

Συν~~ι~~ηθίζεται σε μικρές επιχειρήσεις ή σε commercial - scientific clouds. Όταν ο χρήστης πληρώνει ποσό ανάλογα με τη χρήση των πηγών που έκανε και μπορεί η κάθε πηγή – CPU, σκληρός δίσκος – να έχει διαφορετική χρέωση που θα φαίνεται αναλυτικά με βάση τη χρήση της στον λογαριασμό (component-based).

* Χρέωση με σταθερή συνδρομή

Συνηθίζεται σε πιο μεγάλες επιχειρήσεις. Ο πιο απλός τρόπος τιμολόγησης, όπου ο πελάτης χρεώνεται με μία σταθερή μηνιαία συνδρομή (π.χ. ένα VM μπορεί να έχει σταθερό κόστος για κάθε μήνα ανεξάρτητα από την τελική χρήση).

* Ελεύθερη χρέωση

Όταν ένας οργανισμός χρησιμοποιεί το δικό του Cloud και οι πηγές είναι διαθέσιμες δωρεάν στους εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Στις μέρες μας γίνεται λόγος και για μοντέλα συνδυασμού ελαστικής και σταθερής χρέωσης, ~~όπου~~ όπως για παράδειγμα να γίνεται χρέωση ενός servers στο Cloud με βάση την ημέρα ή το μήνα αντί για την ώρα αλλά και μοντέλα με διάφορες εκπτώσεις που σκοπό έχουν να τραβήξουν την προσοχή των πιο μικρών και των πιο μεγάλων επιχειρήσεων αντίστοιχα .

**1.1.6 Virtualization στο Cloud**

Το Virtualization ( Εικονικοποίηση ) στο Cloud είναι η ιδέα του διαχωρισμού των διαθέσιμων πηγών ενός server σε πολλαπλές ξεχωριστές εικονικές μηχανές (Virtual Machines – VMs). Επιτρέπει σε εφαρμογές να ταξιδεύουν (application migration) από τον έναν server στον άλλον ενώ ακόμα τρέχουν, χωρίς διακοπή της λειτουργίας και έτσι παρέχει ευέλικτη διαχείριση του φόρτου εργασίας και υψηλή διαθεσιμότητα ακόμα και κατά τη διάρκεια μιας προγραμματισμένης συντήρησης ή μη προγραμματισμένων γεγονότων. Ένας host μπορεί να έχει πολλά Virtual Machines που έχουν πρόσβαση ουσιαστικά στους ίδιους πόρους. Η διαχείριση των VMs και ο διαμοιρασμός των πηγών είναι ευθύνη ενός ενδιάμεσου λογισμικού, (ανάμεσα στις πηγές και τα VMs) του virtual machine manager ή όπως είναι πιο γνωστός, του hypervisor. Ο hypervisor φροντίζει το κάθε λειτουργικό (Virtual Machine) να έχει τις πηγές που του αναλογ~~εί~~ούν και να λειτουργεί χωρίς να διαταράσσεται η λειτουργία των υπολοίπων.

Μερικά θετικά αποτελέσματα που επιφέρει το Virtualization είναι :

* Ενοποίηση server και εφαρμογών - Server and application consolidation

(Μπορούμε να τρέξουμε πολλές εφαρμογές την ίδια στιγμή στον ίδιο server)

* Παραμετροποιησιμότητα - Configurability

(Ικανότητα να διαχειριστούμε διαφορετικά τους πόρους που διαθέτουμε και έτσι να τρέξουμε πιο πολλές και διαφορετικές εφαρμογές)

* Αυξημένη διαθεσιμότητα εφαρμογών - Increased application availability

(Πιο γρήγορη αποκατάσταση βλαβών από απρόσμενες διακοπές, χωρίς διακοπή της λειτουργίας, χάρη στα checkpoints των VMs και application migration)

* Βελτιωμένη απόκριση - Improved Responsiveness

(Αυτοματοποιημένη η παρακολούθηση και η διαχείριση των πηγών που χρησιμοποιούνται και έτσι απλές πηγές μπορούν να αποθηκευτούν προσωρινά και να επαναχρησιμοποιηθούν)

* Αυξημένη αξιοποίηση του συστήματος - increased utilization
* Εξοικονόμηση ενέργειας - energy saving
* Βελτιωμένη ικανότητα συντήρησης - improved maintenance capability
* Ενθυλάκωση - encapsulation

**1. 2 Πλεονεκτήματα χρήσης του Cloud Computing**

Αν και η χρήση του Cloud Computing δεν λύνει απαραίτητα όλα τα προβλήματα για όλες τις επιχειρήσεις κάθε μεγέθους, έχει αναμφίβολα κάποιες θετικές επιπτώσεις για τους χρήστες του σε κάθε περίπτωση. Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε μερικά γενικά πλεονεκτήματα της χρήσης του Cloud, από τεχνικής άποψης (από την πλευρά του συστήματος δηλαδή) και από την πλευρά του χρήστη.

Τεχνικά Πλεονεκτήματα :

* Power Management

Είναι ευκολότερη η διαχείριση ενός εικονικού server από έναν υλικό.

* Scalability

Υπάρχει δυνατότητα επεκτασιμότητας ~~τον~~ των απαιτούμενων πόρων ανά πάσα στιγμή, έτσι ξαφνικές αυξήσεις πόρων (π.χ. υψηλή κίνηση σε ένα ιστοχώρο) μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα, χωρίς επιπλέον εξοπλισμό ή διατάραξη των εργασιών του χρήστη.

* Global and Unlimited Data Storage

Ένας πάροχος μπορεί να διαθέτει πολλά data centers, σε πολλά μέρη του κόσμου και έτσι μια εταιρεία μπορεί να διαλέξει αυτό με το οποίο θα έχει πιο γρήγορη πρόσβαση στις υπηρεσίες. Επιπλέον ο όγκος των δεδομένων που μπορούμε να αποθηκεύσουμε στο Cloud είναι σχεδόν απεριόριστος και δεν χρειάζεται να ανησυχούμε μήπως εξαντληθεί.

* Trouble shooting and Backup (Disaster) Recovery

Οι όποιες αστοχίες υλικού μπορούν να διορθωθούν εύκολα και κρατούνται επιπλέον backups για να υπάρχει δυνατότητα ανάκαμψης, κάτι που υποστηρίζουν και οι πιο πολλοί πάροχοι στις μέρες μας (data recovery).

* Automatic Software Integration

Δεν χρειάζεται επιπλέον προσπάθεια για να προσωποποιηθούν και λειτουργήσουν οι εφαρμογές κάποιου πελάτη στο Cloud ανάλογα με τις προτιμήσεις του. Επίσης υπάρχει δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένων υπηρεσιών και εφαρμογών που θα ταιριάζουν ειδικά ~~τις~~ στις ανάγκες του κάθε πελάτη (π.χ. μια συγκεκριμένη εταιρεία )

* Quick Deployment

Με αυτή την επιλογή (της γρήγορης ανάπτυξης), ένα σύστημα Cloud μπορεί να γίνει πλήρως λειτουργικό μέσα σε λίγα λεπτά, χωρίς να ~~απατούνται~~ απαιτούνται πολλές ρυθμίσεις από τον χρήστη. Ο χρόνος που θα απαιτηθεί διαφέρει, ανάλογα με τις ανάγκες και τις επιλογές της επιχείρησης.

* Efficiency and reliability

Χάρη στα παραπάνω η χρήση του Cloud είναι γενικά πιο αποδοτική αλλά και αξιόπιστη (χάρη στo Backup Recovery) και πλέον συγκρίσιμη με κάποιο ανταγωνιστικό σύστημα στα μάτια των επιχειρήσεων.

Πλεονεκτήματα για τους χρήστες :

* Cost Reduction

Είναι ο κύριος λόγος που οι οργανισμοί μεταφέρονται στο Cloud καθώς τους γλιτώνει από το κόστος της δημιουργίας, διατήρησης και αναβάθμισης της απαραίτητης υποδομής. Έτσι οι εταιρείες μπορούν να δαπανήσουν περισσότερα στο αντικείμενο που πρωτίστως προσφέρουν και ανταγωνίζονται. Πιο αναλυτικά, από οικονομικής άποψης για μια εταιρεία υπάρχουν τα εξής πλεονεκτήματα :

* Μείωση ~~κεφαλιουχικών~~ κεφαλαιουχικών δαπανών

Μείωση ποσού χρημάτων που δαπανάται για αγορά, διαχείριση, συντήρηση και αναβάθμιση σε hardware, software αλλά και για τέλη αδειοδότησης.

* Μείωση δαπανών σε υποδομές τεχνολογικής φύσης

Οι χρήστες έχουν εύκολη πρόσβαση στο Cloud με ελάχιστες δαπάνες εκ των προτέρων, αλλά με χρέωση Pay-as-you-go (εβδομαδιαία, τριμηνιαία, ετήσια ), ανάλογα με τη ζήτηση.

* Επίτευξη οικονομιών κλίμακας

Αύξηση του όγκου παραγωγής και της παραγωγικότητας των υπαλλήλων σε μια εταιρεία, με λιγότερους υπάλληλους. Το κόστος ανά παραγόμενο προϊόν ή έργο πέφτει κατακόρυφα.

* Companies Advantages

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που είναι συνυφασμένα με τη μείωση του κόστους, οι ~~εταιρίες~~ εταιρείες που μεταφέρονται στο Cloud, απολαμβάνουν επίσης και τα παρακάτω :

* Εργατικό δυναμικό από όλο τον κόσμο

Εργαζόμενοι από όλα τα μέρη του κόσμου (και από το σπίτι τους) μπορούν να έχουν πρόσβαση στο Cloud και να δουλέψουν για μια εταιρεία, εφόσον έχουν σύνδεση Internet.

* Μειώνεται η ανάγκη εκπαίδευσης προσωπικού

Απαιτούνται λιγότερα άτομα για να φέρουν σε πέρας μια εργασία στο Cloud και με λιγότερη εκπαίδευση σε θέματα software και hardware.

* Παρακολούθηση των έργων πιο αποτελεσματικά

Έτσι είναι πιο εύκολο για μια εταιρεία να μείνει εντός προϋπολογισμού και να τελειώνει έργα πριν τις προθεσμίες.

* Επιπλέον επιχειρηματική ευελιξία

Μια εταιρεία μπορεί να αλλάξει την κατεύθυνση στην οποία δραστηριοποιείται χωρίς οικονομικά προβλήματα ή χωρίς να το μάθουν άτομα που δεν θέλει.

* Easy Access to Information

Όλοι οι χρήστες του Cloud (εταιρείες και ευρύ κοινό) απολαμβάνουν εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα τους (από τη στιγμή που εγγραφούν στο Cloud) από τη στιγμή που έχουν πρόσβαση στο Internet. Έτσι μπορούν να μετακινούνται (σχεδόν) οπουδήποτε στον κόσμο και να έχουν τα δεδομένα και τις υπηρεσίες τους μαζί τους.

* Environment Advantages

Τέλος, το Cloud είναι οικολογικό. Ο διαμοιρασμός των πηγών όπου και όταν χρειάζεται, στα άτομα που τις χρειάζονται, είναι πολύ πιο οικονομικός από άποψη κατανάλωσης ενέργειας και άνθρακα, ειδικά σε σύγκριση με τα σύγχρονα data centers. Ακόμα και μέσα σε μία μόνο επιχείρηση, το ηλεκτρικό ρεύμα που απαιτείται για τη λειτουργία των servers μειώνεται αρκετά με τη χρήση των Cloud Services.

**1. 3 Προβλήματα του Cloud Computing**

Εκτός από πλεονεκτήματα όμως, το Cloud έχει, στην τωρινή του μορφή και κάποιες αδυναμίες και προβλήματα για τους χρήστες του. Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε τα πιο σημαντικά από αυτά και θα τα ομαδοποιήσουμε εννοιολογικά.

* Data / Vendor Lock-In

Ένα από τα πιο μεγάλα και γνωστά προβλήματα που προκύπτει από τη χρήση των Cloud Services είναι το Vendor Lock-In, δηλαδή η δυσκολία αλλαγής παρόχων υπηρεσιών στο Cloud. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένας πελάτης αποθηκεύσει τα δεδομένα και τα προγράμματά του σε ένα data center ενός παρόχου και υπογράψει SLAs μαζί του, τότε είναι δύσκολο να τα εξάγει (διαγράψει ?) και να τα μεταφέρει σε άλλο πάροχο. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που μερικές εταιρείες δεν υιοθετούν και το Cloud Computing.

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν πρότυπα για τη μορφή των SaaS, PaaS και IaaS διεπαφών και έτσι η μετακίνηση των δεδομένων σε άλλο πάροχο είναι δύσκολο έργο για τους πελάτες.

Έτσι, μένοντας στον ίδιο πάροχο, οι πελάτες θα πρέπει να υποστούν ενδεχόμενες αυξήσεις στις χρεώσεις και το ενδεχόμενο ο πάροχος να σταματήσει τη λειτουργία του.

Συνεργασία και διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων Cloud αναμένεται να γίνει ευκολότερη στο μέλλον καθώς πολλοί οργανισμοί δουλεύουν πάνω στην προτυποποίησή του (όπως Open Cloud Consortium-OCC, Cloud Security Alliance).

* Data Issues
* Deletion of Data – Data Leakage

Στο Cloud, δεδομένα από διαφορετικούς πελάτες αποθηκεύονται στο ίδιο data center, στον ίδιο server, ακόμα και σκληρό δίσκο. Μετά την ολοκλήρωση του συμβολαίου ενός πελάτη με τον πωλητή – πάροχο, ή σε μία αναπάντεχη διακοπή του συμβολαίου, είναι αναμενόμενο ο πελάτης να θέλει να διαγράψει εντελώς τα δεδομένα του από τους servers και του σκληρούς του Cloud. Κάτι τέτοιο όμως είναι πολύ δύσκολο γιατί η ολική διαγραφή των δεδομένων θα σημαίνει την επανειλημμένη επανεγγραφή των disk sectors των σκληρών με τυχαία δεδομένα, ή ακόμα και format στους σκληρούς δίσκους στους διάφορους servers. Κάτι τέτοιο όμως (το format) δεν είναι δυνατό και έτσι πάντα υπάρχει η πιθανότητα ανάκτησης των διαγραμμένων δεδομένων ή στην περίπτωση που δεν έχει γίνει τέλεια επανεγγραφή με άλλα δεδομένα, υπάρχει το ενδεχόμενο της διαρροής δεδομένων.

Οι χρήστες του Cloud θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί στα παραπάνω θέματα (πότε και ~~πως~~ πώς γίνεται διαγραφή δεδομένων) όταν υπογράφουν τα SLAs. Ο φόβος διαρροής δεδομένων σε τρίτους δημιουργεί θέματα εμπιστοσύνης σε πολλές εταιρείες, καθώς επίσης και το ότι δεν (και το φαινόμενο να μην) θέλουν να δώσουν τον έλεγχο των δεδομένων τους σε τρίτους, από φόβο κακόβουλης χρήσης των δεδομένων.

* Data Confidentiality and Auditability

Πολλοί χρήστες του Cloud ανησυχούν πως τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε ένα public Cloud είναι εκτιθεμένα σε πιο πολλές επιθέσεις και πως μπορούσαν να υποκλαπούν από κάποιο τρίτο ώστε τα τεθεί σε κίνδυνο η ακεραιότητά τους.

Έτσι θα μπορούσε να προστεθεί ακόμα ένα επίπεδο ελέγχου των δεδομένων (Audit) που θα παρέχει και παραπάνω ασφάλεια και θα καθησυχάζει τους χρήστες για την ακεραιότητα των δεδομένων τους (εκτός του ήδη υπάρχοντος ελέγχου και της συμμόρφωσης με τους ισχύοντες νομικούς κανονισμούς) .

* Data segregation

Όπως προαναφέρθηκε, δεδομένα από διαφορετικούς πελάτες μπορεί να αποθηκευτούν στο ίδιο data center server και σκληρό δίσκο. Έτσι δημιουργείται άλλο ένα ζήτημα, το ~~πως~~ πώς απομονώνονται ασφαλώς οι χρήστες και διαχωρίζονται η μνήμη και ο αποθηκευτικός τους χώρος, καθώς μια τέτοια αποτυχία θα είχε σαν αποτέλεσμα διαρροή δεδομένων μεταξύ των πελατών του Cloud.

* Availability and Reliability Issues
* Cloud Reliability

Για τις επιχειρήσεις που εξετάζουν το ενδεχόμενο να μεταφερθούν στο Cloud είναι πολύ σημαντικό να αισθάνονται πως το σύστημα στο οποίο θα βασιστούν είναι αξιόπιστο και διαθέσιμο (σχεδόν αν όχι) πάντα.

Οι ποιότητα των υπηρεσιών που απολαμβάνει μια επιχείρηση – πελάτης του Cloud θα είναι όχι μόνο ανεξάρτητη από τις εγκαταστάσεις της ίδιας (εκτός ίσως από τις υποδομές Internet) και εκτός του ελέγχου της, αλλά θα εξαρτάται από την ποιότητα των υπηρεσιών των πωλητών (Cloud Vendors) όπως και από τους παρόχους που τις φιλοξενούν (Cloud Providers). Οι πάροχοι με τις καλύτερες IT υποδομές επί του παρόντος θεωρούνται οι Amazon, Google, Salesforce και Microsoft .

* Cloud and Internet connection

Όπως είδαμε, στο Cloud οι υπηρεσίες διανέμονται στους πελάτες μέσω του Internet. Άρα λοιπόν για την καλή ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, θα πρέπει αντίστοιχα τα δεδομένα και οι υπηρεσίες στο Cloud να έχουν ικανοποιητική ταχύτητα σύνδεσης. Το δημόσιο Internet όμως, βασίζεται στην υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας προώθησης πακέτων (best-effort packet-forwarding service) που είναι μεν κατάλληλη για μετάδοση ριπών (burst transmission) μικρού όγκου δεδομένων, άλλα ίσως να μην είναι αρκετή για μεταφορά δεδομένων μεγάλης κλίμακας και τις σημερινές απαιτήσεις σύνδεσης.

Εκτός από τη~~ν~~ διαθεσιμότητα των υπηρεσιών από πλευράς του παρόχου, ένας πελάτης μπορεί να μην έχει πρόσβαση στα δεδομένα και τις υπηρεσίες του, λόγω δικού του προβλήματος σχετικά με τη σύνδεσή του στο Internet. Ακόμα όμως και χωρίς προβλήματα σύνδεσης, είναι δύσκολο να προβλέψει κανείς την επίδοση των εφαρμογών στο Cloud (κυρίως τον χρόνο ολοκλήρωσης) λόγω των απρόβλεπτων απαιτήσεων σε πηγές, συνθήκες φόρτωσης του δικτύου και του μεγάλου φόρτου εργασίας που μπορεί να έχει να διαχειριστεί.

Πολλές σημερινές εφαρμογές και υπηρεσίες απαιτούν επεκτασιμότητα από πλευράς πόρων δικτύου, που αδυνατούν να καλύψουν υποδομές Cloud βασισμένες στο δημόσιο Internet. Πιθανόν να χρειαστεί να γίνει ανάλογη κράτηση – δέσμευση πηγών δικτύου (από πλευράς παρόχων) για μεταφορά μεγάλων συνόλων δεδομένων σε απομακρυσμένες περιοχές και σε λογικά χρονικά πλαίσια

* Network Demands

Όπως προαναφέρθηκε, για την καλύτερη αξιοποίηση των εφαρμογών και υπηρεσιών του Cloud, ένας πελάτης χρειάζεται και υψηλή ταχύτητα σύνδεσης με το Internet. Όπως όμως μία αργή ταχύτητα σύνδεσης στο Internet μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις υπηρεσίες στο Cloud, έτσι και οι βλάβες δικτύου μπορούν να έχουν αντίστοιχες αρνητικές επιπτώσεις, όπως π.χ. ~~με~~ εκτεταμένες χρονικές καθυστερήσεις. Άρα σε εταιρικό επίπεδο τουλάχιστον, θα πρέπει να υπάρχει και η υποδομή για να υποστηρίξει τις αντίστοιχες ταχύτητες ~~για~~ ωστε να μπορέσει να φέρει σε πέρας μια εταιρεία τις εργασίες της μέσω του Cloud.

* Privacy – Security Issues

Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα του Cloud Computing είναι η διασφάλιση της ασφάλειας του συστήματος αλλά και της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των δεδομένων των χρηστών του. Είναι μάλλον ο κύριος λόγος που επιχειρήσεις διστάζουν να κάνουν χρήση των Cloud Services και συνδέεται άμεσα με το αν αυτά έχουν κερδίσει την εμπιστοσύνη τους. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή του προβλήματος και παρακάτω μια πιο εκτενής ανάλυση.

* Privacy

Σε οποιοδήποτε σύστημα (όχι μόνο στο Cloud), η διασφάλιση των πελατών ή χρηστών πως έχουν τον έλεγχο των δεδομένων τους, καθώς και τον έλεγχο πρόσβασης σε αυτά, είναι σημαντικό θέμα στα μάτια των χρηστών. Στο Cloud όμως είναι και πιο δύσκολο να επιτευχθεί, γιατί οι χρήστες δίνουν τον έλεγχο των δεδομένων τους στον πωλητή υπηρεσιών και έτσι οι πωλητές θα πρέπει να βρουν τρόπους να διατηρήσουν την εμπιστευτικότητα (των δεδομένων ?) των πελατών τους. Οι χρήστες θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί σε θέματα ιδιωτικότητας και ασφάλειας όταν υπογράφουν ένα συμβόλαιο με έναν πωλητή – πάροχο.

Αφού λοιπόν ο ιδιοκτήτης των δεδομένων και ο “φύλακας” των δεδομένων είναι διαφορετικά πρόσωπα, θα πρέπει στα SLAs να αναγράφονται και θέματα ιδιοκτησίας των δεδομένων (data ownership) και χαρακτηρισμού αναλόγου του επιπέδου προστασίας που χρειάζονται (protective mark) τα δεδομένα (π.χ. TOP SECRET, SECRET, CONFIDENTIAL, αν και δεν προτείνεται η αποθήκευση TOP SECRET δεδομένων στο Cloud). Επίσης οι πωλητές – πάροχοι θα πρέπει να διασφαλίζουν τους πελάτες τους πως :

* οι εργαζόμενοι τους έχουν επίγνωση των πράξεών τους σχετικά με την εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα και διαθεσιμότητα των δεδομένων των πελατών και
* τα προσωπικά και εμπιστευτικά δεδομένα των χρηστών (όπως τα διαπιστευτήρια πρόσβασης στο σύστημα) προστατεύονται (π.χ. με κρυπτογράφηση) από τυχόν υποκλοπές.
* Security and Trust

Η ασφάλεια στο Cloud είναι δύσκολο να επιτευχθεί για πολλούς λόγους. Τα πιθανά σενάρια ποικίλλουν από πιθανές επιθέσεις κακόβουλων χρηστών (π.χ. hackers) σε public Clouds μέχρι θέματα διαρροής δεδομένων (data leakage), διαγραφής τους (deletion of data) και διάφορα θέματα ιδιωτικότητας (περιπτώσεις κακής προστασίας των δεδομένων από το σύστημα) . Από τη στιγμή που οι χρήστες αποθηκεύουν τα δεδομένα τους κάπου που δεν έχουν τον έλεγχο της προστασίας τους οι ίδιοι και δεν εγγυάται (διασφαλίζεται ?) απόλυτα η διαγραφή τους σε περίπτωση που χρειαστεί, υπάρχει αίσθηση ανασφάλειας και δυσκολία (διστακτικότητα ?) υιοθέτησης του συστήματος.

Οι πάροχοι υπηρεσιών του Cloud παρέχουν κρυπτογράφηση των δεδομένων και σύστημα ταυτοποίησης για πρόσβαση στα δεδομένα, αλλά το γεγονός ότι τα δεδομένα είναι προσβάσιμα μέσω Internet τα καθιστά πιθανό στόχο τρίτων, καθώς τίποτα στο Internet δεν είναι ποτέ απόλυτα ασφαλές. Έτσι πολλοί πιθανοί χρήστες φοβούνται πως πάντα θα υπάρχει η πιθανότητα υποκλοπής - αλλοίωσης των δεδομένων τους, ειδικά σε μεγάλες επιχειρήσεις όπου υπάρχει και πιο μεγάλο (οικονομικό συνήθως) κίνητρο. Τέλος, πολλές επιχειρήσεις αποφεύγουν τη χρήση των Cloud Services επειδή και ανταγωνιστές τους μπορεί να χρησιμοποιήσουν τον ίδιο πωλητή – πάροχο και μια ευπάθεια του συστήματος ίσως θέσει σε κίνδυνο ολόκληρο το Cloud.

**1. 4 Ασφάλεια και Απειλές στο Cloud**

Η ασφάλεια στο Cloud είναι ένα πολύ μεγάλο και επίκαιρο θέμα και μπορεί να αποτελέσει από μόνο του αντικείμενο εργασίας και μελέτης, οπότε μία πολύ αναλυτική παρουσίαση του θέματος ξεφεύγει από τα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας. Είναι όμως ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα σχετικά με το Cloud και έχει αποτελέσει το θέμα συζήτησης τόσο των σχετικών με την ασφάλεια επιστημόνων, όσο και ατόμων του χώρου των επιχειρήσεων. Έτσι, είναι πλέον ένα κομμάτι του Cloud που το χαρακτηρίζει και δεν θα μπορούσε λείπει μια περαιτέρω ανάλυση πάνω στο ζήτημα αυτό.

Η χρήση του Cloud δεν είναι ούτε εγγενώς ανασφαλ~~έ~~ής, ούτε και ασφαλ~~έ~~ής. Δεν υπάρχει κάποια λύση - πανάκεια που να ταιριάζει σε όλους τους πελάτες και να είναι ασφαλής. Για να μεταφερθεί μια εταιρεία σε ένα Cloud σύστημα, θα πρέπει να βεβαιωθεί για την ασφαλή διαχείριση των δεδομένων της πρώτα (να βρεί έναν πωλήτή – πάροχο που να εμπιστεύεται), αλλά και να καταλάβει τις νομικές της υποχρεώσεις ως προς το σύστημα. Επίσης οι σχετικοί νόμοι και περιορισμοί (π.χ. σε θέματα ιδιωτικότητας ) μπορεί να διαφέρουν αρκετά από χώρα σε χώρα, οπότε η κάθε εταιρεία θα πρέπει να βεβαιωθεί πως οι νόμοι που ισχύουν στον server και τον Cloud Provider είναι προς όφελός της. Τέλος, πριν την μεταφορά στο Cloud, η εταιρεία θα πρέπει να είναι ευχαριστημένη με τα Disaster Recovery/Business Continuity Plans του παρόχου για να διασφαλίσει τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και υπηρεσιών της σε κάθε περίπτωση.

.

Πιο πάνω (στα Προβλήματα του Cloud Computing) είδαμε μερικά θέματα ασφάλειας που μπορεί να προβληματίσουν έναν πιθανό πελάτη ενός Cloud συστήματος. Ας δούμε όμως τώρα από τι εξαρτάται στην πράξη η ασφάλεια σε ένα τέτοιο σύστημα.

Η ασφάλεια στο Cloud σχετίζεται πρωτίστως με :

* Confidentiality (Εμπιστευτικότητα):

Να μην μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα ενός χρήστη του Cloud κάποιος τρίτος, χωρίς την άδεια του χρήστη.

* Integrity (Ακεραιότητα):

Να μην μπορεί να ~~έχει~~ τροποποιήσει τα δεδομένα ενός χρήστη του Cloud κάποιος τρίτος, χωρίς την άδεια του χρήστη.

* Availability (Διαθεσιμότητα):

Πόσο συχνά είναι προσβάσιμα (μέσω Internet) τα δεδομένα και οι εφαρμογές ενός χρήστη του Cloud. (Τι γίνεται αν ο πάροχος κλείσει ;)

Επιπλέον σχετίζεται με :

* Authentication (Έλεγχος ταυτότητας):

Όταν κάποιος έχει πρόσβαση σε δεδομένα και εφαρμογές μέσω του Cloud, να διασφαλίζεται πως είναι αυτός που ισχυρίζεται πως είναι.

* Authorization (Εξουσιοδότηση) :

Να διασφαλίζεται πως ο κάθε χρήστης του Cloud έχει πρόσβαση στα δεδομένα και εφαρμογές που του ~~επιτρέπεται~~ επιτρέπονται από το σύστημα.

* Auditing (Έλεγχος):

Να διασφαλίζεται συνεχώς πως τα περιεχόμενα του Cloud είναι συνεπή.

Για να δούμε στην πράξη το πρόβλημα της ασφάλειας στο Cloud και το πως οι από πάνω βασικές αρχές σχετίζονται με αυτή, ακολουθούν οι πιο σημαντικές απειλές σε Cloud συστήματα κατά την Cloud Security Alliance, με τις επιπτώσεις τους και τους προτεινόμενους τρόπους αντιμετώπισής τους :

* Abuse and Nefarious use of Cloud Computing

Είναι μια περίπτωση κακόβουλης χρήσης του Cloud από κυβερνο -εγκληματίες που προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε πόρους αποφεύγοντας παράλληλα τον εντοπισμό. Αφορά τα Service Models IaaS και PaaS.

Πιο συγκεκριμένα οι hackers χρησιμοποιούν τα λεγόμενα “free trials” των IaaS και PaaS (που μπορεί να κάνει χρήση οποιοσδήποτε δώσει έγκυρο αριθμό πιστωτικής κάρτας) και εκμεταλλεύονται την ανωνυμία στην φόρμα εγγραφής τους, ώστε να χρησιμοποιήσουν τους πόρους τους για παράνομη δραστηριότητα (spam, δημιουργία κακόβουλου κώδικα, φιλοξενία botnet , Trojan, Microsoft Office και Adobe PDF exploits, command and control functions).

Αποτέλεσμα της χρήσης spam σε τέτοιες περιπτώσεις είναι, σαν αντίμετρο, να τεθούν ολόκληρα κομμάτια του IaaS δικτύου σε δημόσια blacklist. Ακόμα υπάρχει ανησυχία πως στο μέλλον μπορούμε να περιμένουμε και κακόβουλη χρήση του Cloud σε ανάλογες περιπτώσεις, όπως CAPTCHA solving farms , password cracking, hosting malicious data, botnet command and control κ.α. .

Αντιμετώπιση :

* Πιο αυστηρές διαδικασίες εγγραφής στο σύστημα και επαλήθευσης
* Καλύτερος έλεγχος για απάτες με πιστωτικές κάρτες.
* Παρακολούθηση της κίνησης ~~δικτυού~~ δικτύου των πελατών .
* Παρακολούθηση των δημόσιων blacklists για τα κομμάτια του δικτύου του Cloud.

* Insecure Interfaces and APIs

Είναι μια περίπτωση εκμετάλλευσης ή κακής χρήσης διεπαφών διαχείρισης του Cloud και APIs από κακόβουλους ή μη χρήστες, που μπορεί να οδηγήσει σε κενά ασφάλειας. Αφορά και τα τρία βασικά Service Models (IaaS, PaaS και SaaS).

Πιο συγκεκριμένα, οι πάροχοι υπηρεσιών προσφέρουν στους χρήστες διεπαφές για τη διαχείριση και παρακολούθηση των πόρων που χρησιμοποιούν αλλά και γενικά APIs για διάφορες εφαρμογές. Επομένως η ασφάλεια και διαθεσιμότητα των υπηρεσιών των πελατών εξαρτάται άμεσα από την ασφάλεια των διεπαφών αυτών. Η σύνδεση και ο έλεγχος ταυτότητας σε τέτοιες διεπαφές στις οποίες οι χρήστες συχνά χρησιμοποιούν και τον ίδιο κωδικό (κοινό κωδικό σε πολλές διεπαφές δηλαδή) θα πρέπει να είναι αυστηροί, καθώς μια αναξιόπιστη διεπαφή (από πλευράς ασφάλειας) μπορεί να εκθέσει τον χρήστη σε προβλήματα σχετικά με εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα, διαθεσιμότητα και θέματα επίρριψης ευθύνης.

Συγκεκριμένα τα προβλήματα μπορεί να είναι ανώνυμη πρόσβαση, επαναχρησιμοποιήσιμοι κωδικοί πρόσβασης, πιστοποίηση ταυτότητας με άδειο κείμενο, (μη εξουσιοδοτημένη) μετάδοση περιεχομένου, ακατάλληλες άδειες εισόδου, περιορισμένη δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής των εισόδων, εξαρτήσεις διεπαφών.

Αντιμετώπιση :

* Καλύτερη ανάλυση του μοντέλου ασφαλείας των διεπαφών των παρόχων υπηρεσιών.
* Διασφάλιση πως εφαρμόζονται ισχυρός έλεγχος ταυτότητας και πρόσβασης αλλά και κρυπτογραφημένη μετάδοση των σε κίνηση πληροφοριών.
* Καλύτερη κατανόηση των εξαρτήσεων των APIs.
* Abuse Malicious Insiders

Πρόκειται για εκ των έσω απειλή, από πλευράς παρόχου, όπου δεν υπάρχει διαφάνεια στον τρόπο λειτουργίας του. Επιπλέον ανάλογα με τον πελάτη το κίνητρο μπορεί να είναι και πιο μεγάλο (ισχυρό ?) και η πιθανότητα εντοπισμού πάντα σταθερή και σχετικά μικρή. Αφορά και τα τρία βασικά Service Models (IaaS, PaaS και SaaS).

Πιο αναλυτικά, ένας πάροχος μπορεί να μην αποκαλύπτει τον τρόπο που παρέχει πρόσβαση, τις διαδικασίες πρόσληψης και ~~την~~ τον έλεγχο που ασκεί στους υπαλλήλους του, κάτι που δημιουργεί θετικό κλίμα στα μάτια των πιθανών insiders(που στην περίπτωση του Cloud μπορεί να είναι από απλός hacker, μέχρι και να ανήκει στο οργανωμένο έγκλημα, εταιρική κατασκοπία, κατασκοπία έθνους). Ένας insider με το κατάλληλο επίπεδο πρόσβασης μπορεί να αποσπάσει εμπιστευτικά δεδομένα, να αποκτήσει πλήρη έλεγχο των Cloud υπηρεσιών ενός πελάτη και έτσι να θίξει το όνομα μιας ~~εταιρίας~~ εταιρείας, να έχει οικονομικές ή επιπτώσεις στην παραγωγικότητα, με πολύ μικρό ρίσκο ανίχνευσης.

Αντιμετώπιση :

* Επιβολή αυστηρής διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού και αξιολόγηση προμηθευτών.
* Καθορισμός απαιτήσεων ανθρώπινου δυναμικού στο πλαίσιο των νομικών συμβάσεων και συμβολαίων.
* Απαίτηση διαφάνειας στη συνολική ασφάλεια πληροφοριών και πρακτικών διαχείρισης, καθώς και αναφορά τυχόν συμμορφώσεων.
* Καθορισμός διαδικασίας κοινοποίησης παραβιάσεων ασφαλείας.
* Shared Technology Issues

Πρόκειται για το πρόβλημα της εκμετάλλευσης διάφορων ευπαθειών, προκειμένου κάποιος να παρέμβει στον διαχωρισμό των δεδομένων και των πόρων των χρηστών του Cloud. Αφορά το Service Model IaaS.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, ο διαμοιρασμός των διαφόρων πόρων του Cloud στα διάφορα VMs, γίνεται με ένα πρόγραμμα – διαμεσολαβητή, τον hypervisor. Όμως οι διάφορες πηγές του Cloud (όπως τα CPU, GPU και τα διαμερίσματα των σκληρών δίσκων και άλλες) δεν σχεδιάστηκαν αρχικά για διαμερισματοποίηση και οι hypervisors έχουν παρουσιάσει ευπάθειες που επέτρεψαν στα VMs να έχουν αυξημένο έλεγχο του συστήματος και των πόρων του. Έτσι κάποιος πελάτης θα μπορούσε να λειτουργήσει εις βάρος των υπολοίπων είτε κάνοντας κακή χρήση – διαμοιρασμό πόρων είτε με μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε δεδομένα.

Αντιμετώπιση :

* Εφαρμογή καλύτερων πρακτικών ασφάλειας κατά την εγκατάσταση / διαμόρφωση.
* Παρακολούθηση του κάθε περιβάλλοντος για μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές ή δραστηριότητα.
* Προώθηση ισχυρού ελέγχου ταυτότητας και πρόσβασης για την

~~Είσοδο~~ είσοδο και τις λειτουργίες του διαχειριστή.

* Αναφορά σε Service Level Agreements θέματα patching και αποκατάστασης ευπαθειών.
* Διεξαγωγή σαρώσεων για ευπάθειες και ελέγχους ρυθμίσεων.
* Data Loss or Leakage

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν θέματα αλλοίωσης, διαγραφής (ή μη) δεδομένων, απώλειας κλειδιών κρυπτογράφησης (στην ουσία ισοδυναμεί με διαγραφή δεδομένων) και θέματα μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε δεδομένα. Έχουν παρατηρηθεί στο Cloud : ανεπαρκή μέτρα ελέγχου ταυτότητας, εξουσιοδότησης και ελέγχου, κακή χρήση κρυπτογράφησης και κλειδιών λογισμικού, προβλήματα δικαιοδοσίας, αναξιόπιστα data center, προβλήματα αποκατάστασης καταστροφής και άλλα. ~~Αφορύν~~ Αφορούν και τα τρία βασικά Service Models (IaaS, PaaS και SaaS).

Αντιμετώπιση :

* Εφαρμογή ισχυρού ελέγχου και πρόσβασης σε APIs.
* Κρυπτογράφηση και προστασία ακεραιότητας των δεδομένων κατά τη μεταφορά τους.
* Ανάλυση της προστασίας δεδομένων τόσο στη φάση του σχεδιασμού, όσο και της εκτέλεσης.
* Εφαρμογή παραγωγής ισχυρού κλειδιού και πρακτικών αποθήκευσης, διαχείρισης και καταστροφής.
* Απαίτηση στο συμβόλαιο με τους παρόχους της διαγραφής των “ανθεκτικών” δεδομένων πριν την απελευθέρωση του χώρου που καταλαμβάνουν.
* Απαίτηση στο συμβόλαιο με τους παρόχους του προσδιορισμού των στρατηγικών διατήρησης αντιγράφων ασφαλείας.
* Account or Service Hijacking

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν μέθοδοι υποκλοπής πιστοποιητικών λογαριασμών που κατά κανόνα οδηγούν στη κακόβουλη ~~χρήσης~~ χρήση των λογαριασμών και των υπηρεσιών τους. Αφορούν και τα τρία βασικά Service Models (IaaS, PaaS και SaaS).

Πιο αναλυτικά τέτοιες μέθοδοι είναι το phishing, η απάτη γενικότερα και η εκμετάλλευση ευπαθειών λογισμικού. Στο Cloud οι επιπτώσεις τέτοιων επιθέσεων είναι μεγαλύτερες, καθώς με τα πιστοποιητικά εισόδου ενός λογαριασμού, ο επιτιθέμενος μπορεί να παρακολουθεί τις δραστηριότητες ή συναλλαγές ενός θύματός του, να τροποποιήσει τα δεδομένα του, να κάνει ανακατευθύνσεις σε μη θεμιτές ιστοσελίδες και να κάνει χρήση του λογαριασμού για να επιτεθεί και σε άλλους λογαριασμούς χρηστών η επιχειρήσεων. Έτσι, η υποκλοπή των πιστοποιητικών ενός λογαριασμού συνδέεται στενά με θέματα εμπιστευτικότητας, ακεραιότητας και διαθεσιμότητας των υπηρεσιών του λογαριασμού αυτού.

Αντιμετώπιση :

* Απαγόρευση διαμοιρασμού πιστοποιητικών λογαριασμών μεταξύ χρηστών αλλά και μεταξύ υπηρεσιών.
* Χρήση ισχυρών τεχνικών ελέγχου ταυτότητας όπως αυτή των δύο παραγόντων, όπου είναι δυνατό.
* Εφαρμογή προληπτικής παρακολούθησης για ανίχνευση μη εξουσιοδοτημένης δραστηριότητας.
* Κατανόηση των πολιτικών ασφάλειας και των SLAs του παρόχου υπηρεσιών.
* Unknown Risk Profile

Σε αυτή την κατηγορία απειλών ανήκουν οι απειλές των οποίων ο χρήστης αναλαμβάνει το ρίσκο, που λόγω της φύσης του Cloud, δεν είναι φανερές εκ πρώτης όψεως. Για παράδειγμα κενά ασφάλειας λόγω μη αναβάθμισης λογισμικού ή κώδικα, κακές πολιτικές ασφάλειας, απόπειρες εισβολής στο σύστημα, καταστατικά από τις εισβολές ή τις απόπειρες ανακατεύθυνσης (και άλλων επιθέσεων) που μπορεί να μην φτάσουν ποτέ στους χρήστες και όμως σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια των δεδομένων και υπηρεσιών τους. Υπάρχουν περιπτώσεις διαρροής δεδομένων στο Cloud, που δεν αναφέρθηκαν σε όλους τους χρήστες και καταβλήθηκαν οι ελάχιστες προσπάθειες ώστε ~~να~~ οι πάροχοι να είναι μόνο σύμφωνοι με το νόμο. Τέτοιες απειλές πάντα μπορεί να προκύπτουν στο Cloud, ειδικά αν οι υποχρεώσεις του παρόχου δεν περιγράφονται επαρκώς στα SLAs. Αφορούν και τα τρία βασικά Service Models (IaaS, PaaS και SaaS).

Αντιμετώπιση :

* Γνωστοποίηση των σχετικών αρχείων καταγραφής (logs) και δεδομένων.
* Μερική ή και πλήρης γνωστοποίηση των στοιχείων της υποδομής (π.χ. patch levels, firewalls κ.α.)
* Παρακολούθηση και ειδοποίηση σε όσες πληροφορίες κρίνεται απαραίτητο.

**2.** **CLOUD COMPUTING ΚΑΙ E-HEALTH**

**2.1 Περιγραφή του e-Health**

**2.1.1 Ορισμός των e-Health και Health IT**

Όπως και για το Cloud Computing, έτσι και για το e-Health υπάρχουν πολλοί ορισμοί, καθώς είναι από τη φύση του ευρέως διαδεδομένο και εξελίσσεται συνεχώς. Αρχικά οι όροι e-Health και Health Informatics ή Health Information Technology (HIT) είχαν διαφορετικές σημασίες και χρήσεις, όμως το 2008 αναγνωρίστηκαν ως συνώνυμοι από την International Telecommunication Union (ITU). Ακολουθούν ένας γενικός ορισμός από τον John Gregory Mitchell και ένας ακόμα από τον World Health Organization (WHO) που περιγράφουν το e-Health ~~είναι~~ :

“*¨Ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ταυτόχρονη χρήση των ηλεκτρονικών επικοινωνιών και της τεχνολογίας πληροφοριών στον τομέα της υγείας. Επίσης είναι η χρήση των ψηφιακών δεδομένων (που μεταδίδονται, αποθηκεύονται και ανακτώνται ηλεκτρονικά) στον τομέα της υγείας, για εκπαιδευτικούς, διοικητικούς και λόγους κλινικής υγείας, τόσο τοπικά, όσο και από απόσταση.* ” - John Gregory Mitchell

“*Η χρήση της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών για την υποστήριξη της υγείας και των σχετικών της τομέων όπως οι υπηρεσίες παροχής υγείας, την παρακολούθηση της κατάστασης υγείας ασθενών, την εκπαίδευση και παροχή βιβλιογραφικών πηγών σε θέματα υγείας και την παροχή ερευνητικών και επιμορφωτικών πηγών σε θέματα υγείας.* ” – WHO

Με τη χρήση του e-Health (ή HIT) οι διάφοροι οργανισμοί υγείας μπορούν να απλουστεύσουν πολλές περίπλοκες και χρονοβόρες διαδικασίες τους και να παρέχουν υπηρεσίες με πιο αποτελεσματικό αλλά και οικονομικό τρόπο. Οι υπηρεσίες του e-Health έχουν εξελιχθεί από την εμφάνισή τους (λίγο πριν το 2000), αλλά συνεχίζουν να εξελίσσονται και σε συνδυασμό και με νέες τεχνολογίες, όπως το Cloud Computing, μπορούν να προσφέρουν νέες δυνατότητες και διευκολύνσεις (π.χ. διαμοιρασμού δεδομένων και οικονομικής φύσης όπως θα δούμε παρακάτω) στον τομέα της υγείας.

**2.1.2 Συσχετιζόμενα Πρόσωπα με το e-Health**

Σε αντίθεση με τον παραδοσιακό τομέα της υγείας, οι πλατφόρμες, εφαρμογές και λοιπές λύσεις του e-Health απαιτούν συνεργασία και συντονισμό αρκετών παραγόντων και προσώπων, των οποίων οι κουλτούρες, πολιτικές, παραδόσεις και στόχοι είναι διαφορετικοί. Ακολουθούν μερικοί τέτοιοι οργανισμοί και άτομα, των οποίων ο ρόλος, οι περιορισμοί και η ευθύνη που θα επιδείξουν, έχουν μεγάλη σημασία για τη λειτουργία του e-Health :

* Οργανισμοί – υπηρεσίες των Ηνωμένων Εθνών και άλλοι διεθνείς φορείς που ασχολούνται με τον τομέα της υγείας.
* Ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα και εργαστήρια.
* Τοπικοί επαγγελματίες στον τομέα της υγείας και οι ενώσεις τους.
* Καταναλωτές, ασθενείς και οι ενώσεις τους.
* Δωρητές.
* Μη κυβερνητικές οργανώσεις.
* Ο ιδιωτικός τομέας, όπως ιδρύματα και βιομηχανίες που σχετίζονται με τομέα της υγείας και οι ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών)
* Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης

**2.1.3 Γιατί το Health IT είναι διαφορετικό**

Το Health IT **(**e-Health) είναι διαφορετικό από τους υπόλοιπους κλάδους των IT καθώς παρουσιάζει κάποιες δυσκολίες λόγω της ιδιαιτερότητας του τομέα της υγείας :

* Είναι βιομηχανία υψηλού κινδύνου

Επειδή η υγεία είναι σημαντικός παράγοντας της καθημερινότητάς μας, έτσι και οι πελάτες του τομέα της υγείας (ασθενείς) δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και επηρεάζονται περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες επιχειρήσεις. Οπότε και τυχόν λάθη που συμβαίνουν έχουν πιο μεγάλο κόστος για όσους βρίσκονται σε αυτόν τον κλάδο. Είναι λοιπόν σημαντικό τα Health IT συστήματα να είναι αξιόπιστα και να εμπνέουν εμπιστοσύνη.

* Έχει μεγάλο βαθμό κανονιστικών και νομικών ρυθμίσεων

Ο κλάδος της υγείας συνήθως νομοθετείται αυστηρά και αναλυτικά από πολλούς φορείς. Ανάλογα με τη χώρα στην οποία αναφερόμαστε αλλάζει και ο υπεύθυνος οργανισμός ή φορέας που ορίζει τις υποχρεώσεις και ευθύνες του κάθε εμπλεκόμενου μέρους.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής για παράδειγμα, υπάρχουν κρατικές και Πολιτειακές ρυθμίσεις που ορίζουν την διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης (ευθύνες και υποχρεώσεις των διάφορων παραγόντων του κλάδου, αλλά και τη φύση, λειτουργικότητα και προστασία των HITσυστημάτων). Επίσης, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής από το 1996 είχαν θεσπίσει την Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA), όπου σε σχετικό κομμάτι της (Administrative Simplification) ορίζει θέματα ιδιωτικότητας και ασφάλειας που πρέπει να εφαρμοστούν στα e-Health συστήματα.

* Έχει πολλά ενδιαφερόμενα μέρη

Στον τομέα της υγείας , η σχετική πληροφορία χρειάζεται συχνά να αλλάζει χέρια (ανάμεσα σε ασθενείς, γιατρούς, νοσοκόμες, νοσοκομεία/κλινικές, διοικητικό προσωπικό, ασφαλιστικές εταιρίες, φαρμακευτικές εταιρίες, κατασκευαστές συσκευών και κυβερνητικούς οργανισμούς ). Για το λόγο αυτό υπάρχουν αρκετά πρότυπα για την ανταλλαγή σχετικών πληροφοριών και δεδομένων υγείας και τα HIT συστήματα θα πρέπει να εναρμονιστούν με τα πρότυπα αυτά.

* Έχει αργό ρυθμό ~~υιοθεσίας~~ υιοθέτησης νέων τεχνολογιών

Ο κλάδος της υγείας είχε πάντα δυσκολίες στην προσαρμογή στις νέες τεχνολογίες, ειδικά μικρές κλινικές και ιατρεία. Η εγκατάσταση ενός καινούργιου IT προϊόντος συνήθως θεωρείται αποδιοργανωτική ως προς τη λειτουργία του ιατρείου καθώς χρειάζεται αρκετή περίοδος εκπαίδευσης - προσαρμογής στο νέο προϊόν.

* Έχει μικρούς και μεγάλους παραλήπτες

Χρήση των HIT κάνουν τόσο γιατροί με μικρά ιατρεία (χωρίς χρόνο και προσωπικό διαθέσιμο για IT), όσο και μεγάλες κλινικές και νοσοκομεία, με διαφορετικές ανάγκες. Επίσης ενώ στους περισσότερους κλάδους του IT, οι μικρές επιχειρήσεις είναι αυτές που επωφελούνται περισσότερο και κάνουν χρήση του, αυτό δεν συμβαίνει απαραίτητα στο HIT.

* Παρουσιάζει σχέσεις μεγάλης διάρκειας

Ενώ σε άλλους κλάδους του IT είναι συχνό φαινόμενο η αλλαγή παρόχων και προϊόντων κατά καιρούς, στο HIT η συχνή αλλαγή συστημάτων δεν είναι εύκολη και αναμένεται κάθε προϊόν που αγοράζεται, πως θα είναι λειτουργικό για αρκετά χρόνια, αν όχι δεκαετία.

**2.1.4 Οφέλη και Εμπόδια του κλάδου του e-Health**

Η χρήση του e-Health στον τομέα της υγείας έχει επιφέρει πολλές αλλαγές και με αυτές και οφέλη. Παρακάτω αναφέρονται τα πιο σημαντικά απο αυτά :

* Η αντικατάσταση του παλιού χειρόγραφου συστήματος από τα ηλεκτρονικά μητρώα υγείας (Electronic Health Records -EHRs), τα οποία θα δούμε και στην επόμενη ενότητα, συνέβαλε στα εξής :
* Λιγότερα λάθη στα μητρώα υγείας των ασθενών.
* Πιο εύκολή και αποδοτική αποθήκευση των δεδομένων υγείας.
* Ευκολότερη και γρηγορότερη επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων υγείας.
* Μείωση κόστους διαχείρισης, περίθαλψης και διαμεσολάβησης.
* Πλεονεκτήματα για τους γιατρούς
* Πιο ευανάγνωστα και ολοκληρωμένα αρχεία ασθενών.
* Ηλεκτρονική και άρα πιο έυκολη και ευανάγνωστη συνταγογράφηση, χωρίς περιθώρια λαθών.
* Πλεονεκτήματα για τους ασθενείς
* Πιο εύκολη ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων με τον ασθενή.
* Συνταγογράφηση φαρμάκων που δεν έρχονται σε σύγκρουση με το ιστορικό (τροφές, αλλεργίες, επεμβάσεις, φάρμακα) του ασθενή.
* Πλεονεκτήματα για τις βοηθητικές υπηρεσίες
* Φαρμακοποιοί, νοσηλευτές και οι πόροι από βοηθητικές υπηρεσίες επικεντρώνονται στην περίθαλψη των ασθενών και δεν αναλώνονται σε γραφειοκρατικά ζητήματα και συνταγές γιατρών.
* Πλεονεκτήματα για τη διαχείρηση
* Πιο γρήγορη μεταφορά των δεδομένων υγείας μέσα σε έναν οργανισμό.
* Μείωση του χρόνου παράδοσης φαρμάκων.
* Συνδυασμός δεδομένων από πολλούς οργανισμούς για έρευνα και παροχή καλύτερων υπηρεσιών.

Υπάρχουν όμως και αρκετά εμπόδια υιοθέτησης του e-Health όπως :

* Ηθικά Εμπόδια

Θα πρέπει τα πληροφοριακά συστήματα και γενικά οι λύσεις HIT να ανταποκρίνονται στους στόχους και στις ανάγκες όλων των επαγγελματιών του κλάδου και όχι να είναι στοχευμένα σε έναν μόνο από αυτούς.

* Τεχνολογικά Εμπόδια

Ειδικά στον τομέα της υγείας, εκτός από την καλύτερη διαχείριση των δεδομένων των χρηστών, έμφαση θα πρέπει να δίνεται και στον τομέα της ασφάλειας (Εμπιστευτικότητα, Ακεραιότητα, Διαθεσιμότητα) και σε θέματα ιδιωτικότητας και πρόσβασης δεδομένων.

* Νομικά Εμπόδια

Τα δικαιώματα των ασθενών στην ιδιωτικότητα των δεδομένων αλλάζουν από χώρα σε χώρα και επιπλέον με το e-Health, υπάρχει συχνή ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων μεταξύ ασθενών και ιατρικών εγκαταστάσεων που πρέπει επίσης να προστατευθεί και νομικά. Τέλος υπάρχουν νόμοι σχεδιασμένοι για να προστατεύουν τους ασθενείς από απάτες και άλλες περιπτώσεις που μερικές φορές μπαίνουν εμπόδιο στην ~~υιοθεσία~~ υιοθέτηση των e-Health συστημάτων από κλινικές και νοσοκομεία.

* Εμπόδια Λειτουργίας

Για την πιο αποτελεσματική διαλειτουργικότητα των e-Health συστημάτων, απαιτείται κάποιο καινούργιο σύστημα με μια εύχρηστη διεπαφή, που να επιτρέπει την εύκολη επικοινωνία ανάμεσα στο καινούργιο e-Health σύστημα και αυτό που αντικαθίσταται. Επίσης για την καλύτερη επικοινωνία διαφορετικών οργανισμών υγείας, πρέπει να υπάρχει μια κοινή (από συμφωνία) ηλεκτρονική “γλώσσα” επικοινωνίας όπως τα ηλεκτρονικά μητρώα υγείας ασθενών ή το μητρώο ασθενών νοσοκομείων.

* Οικονομικά Εμπόδια

Αν και τα e-Health συστήματα έχουν πολλά προτερήματα (πλεονεκτήματα), έχουν και αρκετά μεγάλο κόστος εφαρμογής και υποστήριξης. Έτσι αν και οι νέες τεχνολογίες του HIT εξοικονομούν χρήματα με τη χρήση τους σε σύγκριση με τις παλιές, το αρχικό κόστος υλοποίησης μπορεί να είναι απαγορευτικό.

**2.1 Το e-Health Cloud**

**2.2.1 Περιγραφή του e-Health Cloud**

Αφού κάναμε περιγραφή του Cloud Computing και του e-Health, το επόμενο βήμα είναι να μελετήσουμε και να περιγράψουμε το ~~πως~~ πώς συνδυάζονται αυτές οι δύο τεχνολογίες μαζί.

Ενώ λοιπόν βρισκόμαστε σε μια εποχή που ιδιώτες και επιχειρήσεις έχουν εξοικειωθεί με τις διαδικτυακές εφαρμογές και έχουν απαιτήσεις ως προς την ταχύτητα αλλά και την ασφάλεια που παρέχουν, το Cloud Computing, με τα όσα προβλήματα ασφάλειας αναφέρθηκαν παραπάνω, καλείται να παρέχει λύσεις στον τομέα της υγείας. Κάτι τέτοιο εκ πρώτης άποψης θα σήμαινε ευκολία πρόσβασης στα δεδομένα υγείας και ιατρικό ιστορικό (και άρα καλύτερο επίπεδο παρερχόμενων ιατρικών υπηρεσιών), ωστόσο τα δεδομένα υγείας είναι ευαίσθητα και αμέσως προκύπτουν θέματα ιδιωτικότητας, νομικά αλλά και γεωγραφικά (αφού τα δεδομένα στο Cloud μπορεί να είναι αποθηκευμένα σε διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο).

Οι διάφοροι οργανισμοί υγείας μπορεί να έχουν πολιτικές ασφάλειας για τη διαχείριση των δεδομένων τους τοπικά ή από ένα data center εξωτερικού συνεργάτη, όμως δεν μπορούν να έχουν τέτοιες πολιτικές για τη μεταχείριση των δεδομένων υγείας τους στο Cloud. Έτσι, για να υιοθετηθεί πλήρως το Cloud Computing στον τομέα του e-Health, πρέπει οι πάροχοι υπηρεσιών να κερδίσουν την εμπιστοσύνη τηρώντας ψηφισμένους σχετικούς νόμους και κανονισμούς όπως η αμερικάνικη Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPPA).

Σε τι διαφέρει λοιπόν το e-Health Cloud στη πράξη και τη βασική αρχιτεκτονική του από το Cloud που είδαμε προηγουμένως ; Το e-Health Cloud είναι μια κατηγορία Cloud εξειδικευμένη στην παροχή IT υπηρεσιών που βελτιώνουν την ποιότητα φροντίδας στους ασθενείς ενώ παράλληλα αυξάνουν την επιχειρησιακή αποδοτικότητα του οργανισμού που το χρησιμοποιεί. Επειδή λοιπόν είναι μια εξειδικευμένη κατηγορία Cloud, γι’ αυτό ακριβώς μπορούμε να το αναλύσουμε, εκτός από τα βασικά Delivery - Service Models όλων των Clouds (IaaS, PaaS, SaaS), σε άλλα δύο τμήματα που στόχο έχουν τη καλύτερη λειτουργία του ως προς τις HIT υπηρεσίες. Συγκεκριμένα το e-Health Cloud στοχεύει να παρέχει ένα καλύτερο περιβάλλον για τα δεδομένα υγείας, να παρέχει έτοιμα εργαλεία για ειδικευμένους σχεδιαστές και παρόχους HIT τεχνολογιών και τέλος να παρέχει Cloud-based HIT λύσεις για τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, ασθενείς και άλλα συσχετιζόμενα πρόσωπα, όπως ασφαλιστικές εταιρείες και ερευνητικές εγκαταστάσεις.

Ακολουθεί ενδεικτική περιγραφή της δομής του e-Health Cloud :



**Εικόνα 3:e-health Cloud Services 1**

* Service Based Applications

Εδώ ανήκουν υπηρεσίες σχετικές με το HIT όπως η εθνική ασφάλεια, η επιδημιολογία, τα μητρώα, Web Portals και Picture Archiving and Communication Systems (PACS).

* Gateway

Είναι ένα εργαλείο - πύλη στο e-Health Cloud που μπορεί να εκτελέσει τις εξής λειτουργίες :

* Διαχείριση πρόσβασης στο e-Health Cloud
* Έλεγχο ακεραιότητας, αυθεντικότητας, εμπιστευτικότητας και συμμόρφωσης με τους κανονισμούς ανταλλαγής ιατρικών δεδομένων,

των EHR που προέρχονται από διαφορετικό οργανισμό υγείας

* Συνδυασμός EHR και δημιουργία νέων Cloud-based EHR
* Επιλογή και αφαίρεση ταυτότητας HER, ώστε να διαμοιραστούν στο public Cloud για ερευνητικούς, εκπαιδευτικούς και βιομηχανικούς λόγους.
* Software as a Service

Παρέχει διάφορες εφαρμογές από λογισμικά του Cloud (όπως συστήματα για κλινικές) και έτσι οι χρήστες, όπως οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης ή χρηματοοικονομικοί και ασφαλιστικοί μεσίτες αποκτούν πρόσβαση στις υπηρεσίες software που προσφέρει το Cloud.

* Platform as a Service

Επεκτείνεται η υποδομή του SaaS ~~με μένα~~ με ένα υψηλού επιπέδου ολοκληρωμένο περιβάλλον ικανό για τη σχεδίαση, το χτίσιμο, τη δοκιμή, την ανάπτυξη και την online ενημέρωση, εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης.

* Infrastructure as a Service

Όπως και στο απλό Cloud παρέχει πόρους επεξεργασίας και αποθήκευσης.

Όπως φαίνεται από την περιγραφή και την εικόνα 3, στο e-Health Cloud έχουν προστεθεί οι Service Based Applications και το Gateway σε σύγκριση με το απλό Cloud, και ~~συμβάλουν~~ συμβάλλουν στην καλύτερη λειτουργία των HIT υπηρεσιών.

**2.2.2 Ασφάλεια στο e-Health Cloud**

Η ασφάλεια στο e-Health Cloud είναι ίσως ακόμα πιο δύσκολη να επιτευχθεί απ΄ ότι στο απλό Cloud , καθώς το σύστημα κληρονομεί τα προβλήματα όχι μόνο του Cloud, αλλά και των HIT. Αυτό στην πράξη σημαίνει πως εμπλέκονται τα γνωστά προβλήματα ασφάλειας που αναφέραμε στο Κεφάλαιο 1, αλλά και θέματα προστασίας ευαίσθητων δεδομένων (δεδομένα υγείας ασθενών), τόσο σε επίπεδο ιδιωτικού όσο και δημόσιου ή υβριδικού Cloud. Επίσης στο e-Health Cloud υπάρχει και αυξημένο κίνητρο υποκλοπής δεδομένων και όπως ανέφερε και η Ευρωπαϊκή Commision “*Σε όλες τις χώρες, η εμπιστοσύνη στα e-health* *συστήματα και τους σχετικούς επαγγελματίες έχει αναγνωριστεί ως μία, αν όχι η πιο βασική πρόκληση. Η ιδιωτικότητα αναγνωρίζεται ως ~~το~~ η πιο ευαίσθητη πτυχή των e-health συστημάτων καταγραφής.* ” .

Έτσι για το e-Health Cloud , έμφαση πρέπει να δίνεται σε :

* Confidentiality (Εμπιστευτικότητα)
* Integrity (Ακεραιότητα)
* Availability (Διαθεσιμότητα)
* Authentication (Έλεγχος ταυτότητας)
* Authorization (Εξουσιοδότηση)
* Auditing (Έλεγχος)

Όπως και σε :

* Non-repudiation (Μη αποποίηση ευθύνης)

Βεβαίωση (Διασφάλιση ?) ότι κάποιος δεν μπορεί να αρνηθεί πως έχει στείλει ή λάβει κάποια δεδομένα

* Privacy: (Ιδιωτικότητα στην υγεία)

Βεβαίωση (Διασφάλιση ?) ότι οι ασθενείς διατηρούν το δικαίωμα να ελέγχουν τα δεδομένα υγείας που συλλέγονται για τους ίδιους, τον τρόπο που χρησιμοποιούνται, το άτομο που τα διατηρεί και το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιούνται.

**2.2.3 Υπάρχουσες εφαρμογές HIT και e-Health Cloud**

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μερικά παραδείγματα εφαρμογών του e-Health αλλά και του e-Health Cloud για να φανεί καλύτερα και η επήρειά τους στον κλάδο της υγείας.

Εφαρμογές e-Health :

* Electronic medical record (EMR)

Η πρώτη μορφή ηλεκτρονικών μητρώων υγείας ήταν τα EMR. Στόχος τους, να αντικαταστήσουν το χειρόγραφο σύστημα και να αποθηκεύουν πληροφορίες του ασθενή για χρήση από τους γιατρούς μέσα σε ένα ιατρικό οργανισμό. Τα EMR, εκτός από ~~δα~~ (τα ?) δεδομένα υγείας του ασθενή και τις υπηρεσίες που του προσφέρονται , βοηθούν στην ασφαλέστερη και πιο ολοκληρωμένη επικοινωνία των υπόλοιπων τεχνικών τμημάτων με τα ιατρικά τμήματα των νοσοκομείων και κλινικών.

Δημιουργούνται και διατηρούνται από τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης (γιατροί, νοσοκόμες, προσωπικό νοσοκομείων κλινικών ή εργαστηρίων κ.α.) όταν ένας ασθενής κάνει χρήση των υπηρεσιών υγείας και αντιμετωπίζονται ως προσωπικά (ευαίσθητα) δεδομένα για τα οποία υπάρχουν σαφείς οδηγίες (περιορισμοί ?) για το χειρισμό και την αποθήκευσή τους. Δεν υπάρχει καθιερωμένος επίσημος μορφότυπος για τα EMR , τα οποία όμως, περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες :

* Στοιχεία αναγνώρισης – ταυτοποίησης του ασθενή

Όπως όνομα, διεύθυνση, στοιχεία επικοινωνίας, αριθμός κοινωνικής ασφάλισης, στοιχεία οικογένειας, θρησκεία και άλλα.

* Αλλεργίες και συνήθειες του ασθενή

Συνήθειες που επηρεάζουν την υγεία, όπως κατανάλωση αλκοόλ, καπνού, διατροφή, φυσική άσκηση, σεξουαλικός προσανατολισμός, αλλεργίες, αντιδράσεις σε φάρμακα ή αγωγές και άλλα.

* Μητρώο εμβολιασμών

Ιστορικό των εμβολιασμών που έκανε ο ασθενής ή εξετάσεις που δείχνουν ανοσία σε συγκεκριμένη ασθένεια.

* Ιατρικό ιστορικό

Καταγραφή με χρονολογική σειρά όλων των περιστατικών που αντιμετώπισε ο ασθενής, από μια προγραμματισμένη επίσκεψη στο γιατρό, μέχρι ένα περιστατικό νοσηλείας και μια πολύπλοκη χειρουργική επέμβαση. Σε κάθε περιστατικό πρέπει να αναγράφεται :

* Η βασική ενόχληση – λόγος της επίσκεψης

Τα συμπτώματα, το ιστορικό της ενόχλησης (εάν είχε στο παρελθόν την ίδια ενόχληση και πόσο καιρό υποφέρει ο ασθενής)

* Η προηγούμενη κατάσταση υγείας του ασθενή

Εάν υπήρχαν συμπτώματα κάποιας άλλης ή της ίδιας ασθένειας, πριν την επίσκεψη.

* Σύνοψη των παρατηρήσεων του γιατρού μετά την εξέταση

Αναφέρεται σε διαφορετικά όργανα, ζωτικές ενδείξεις, και τη διάγνωση και το σχέδιο θεραπείας του γιατρού.

* Ημερομηνίες και αποτελέσματα ιατρικών ευρημάτων

Όπως αποτελέσματα εξετάσεων εργαστηρίων (εξετάσεις αίματος, ακτινολογικές, παθολογικές εξετάσεις, ακτινογραφίες, αξονικές και μαγνητικές τομογραφίες και βιοψίες) και σχετικές ασθένειες

* Λεπτομέρειες και αφηγήσεις (ιστορικό ?) χειρουργικών επεμβάσεων
* Λεπτομέρειες νοσηλείας

Όπως καθημερινές ενημερώσεις με την πρόοδο του ασθενή ή μεταβολή στην κατάσταση της υγείας του όπως αναφέρθηκε από γιατρούς, νοσοκόμες, βοηθούς και συμβουλευτικές διαγνώσεις από επισκέπτοντες ειδικούς ή οικογενειακούς γιατρούς

* Λεπτομέρειες σχετικά με τις συνταγές και παραπομπές
* Ψηφιοποιημένες εικόνες, όπως από σαρώσεις ακτίνες Χ

Με τη χρήση των EMR προκύπτουν οι εξής δυνατότης και συστήματα :

* Σύστημα διαχείρισης ασθενών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλείσιμο ραντεβού, διαχείριση κρεβατιών ασθενών και εύρεση - παρακολούθηση ασθενών.
* Σύστημα διαχείρισης φαρμακείου που διαχειρίζεται αυτόματα τα φάρμακα και ενημερώνει αυτόματα σε πιθανή επιπλοκή συνταγογραφημένων φαρμάκων για κάποιον ασθενή.
* Σύστημα διαχείρισης εργαστηρίων (όπως ακτινοδιαγνωστικό) που μετά την ολοκλήρωση του κάθε έργου, μπορεί να περνάει (καταχωρίζει ?) τα αποτελέσματα σε ηλεκτρονική μορφή σε μητρώα ασθενών.
* Σύστημα χρέωσης και ασφάλισης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έκδοση λογαριασμών και για την ολοκλήρωση οφειλών ασθενών.
* Σύστημα διαχείρισης προσωπικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση των προγραμμάτων (και ανάθεση σε συγκεκριμένους ασθενείς) γιατρών και άλλων κλινικών ομάδων.

Τα EMR χρησιμοποιήθηκαν από γιατρούς, κυρίως για να κρατήσουν πληροφορία που θα μπορούσε να χρησιμεύει στη διάγνωση και αγωγή – θεραπεία των ασθενών.

* Electronic health records (EHR)

Επειδή όπως είπαμε τα EMR σχεδιάστηκαν αρχικά με στόχο τη διάγνωση και θεραπεία των ασθενών και τη χρήση εντός ενός οργανισμού υγείας, γρήγορα δημιουργήθηκε η ανάγκη ενός ηλεκτρονικού μητρώου ασθενών που θα ξεπερνούσε τα όρια αυτά.

Τα EHR έχουν κυρίως δύο στόχους :

* Να συνδέσουν οργανισμούς υγείας με τον διαμοιρασμό δεδομένων υγείας των ασθενών .
* Να ~~ιδρύσει~~ ιδρύσουν ένα κανάλι επικοινωνίας ανάμεσα σε ασθενείς, γιατρούς, εργαστήρια και παρόχους υγειονομικής περίθαλψης.

Τα EHR έχουν εθνική εμβέλεια και επαυξάνουν τη λειτουργικότητα των EMR, αφού εκτός από δεδομένα για θεραπεία ενός ασθενή σε κάποιο νοσοκομείο, τα EHR μπορούν να διατηρήσουν δεδομένα για την υγεία του από όλους τους οργανισμούς υγείας που επισκέφτηκε και μπορούν να προσπελαστούν και από τον ίδιο τον ασθενή.

* Computerized physician order entry: (Μηχανογραφημένη εισαγωγή εντολών γιατρού)

Είναι μια διαδικασία ψηφιοποίησης και εκχώρησης στο σύστημα, των εντολών και γενικότερων οδηγιών για τη θεραπεία των ασθενών. Αυτές οι εντολές, μεταφέρονται μέσω των EMR στους ιατρικούς εργαζόμενους (στο ιατρικό προσωπικό).

* Telemedicine: (Τηλεϊατρική)

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους γιατρούς να προσφέρουν ~~τις~~ υγειονομική περίθαλψη (υγειονομικές υπηρεσίες) από απόσταση, μέσω προηγμένων ηλεκτρονικών επικοινωνιών. Η θεραπεία περιλαμβάνει απομακρυσμένη εξέταση, αυτοματοποιημένη διαβίβαση και ανάλυση αποτελεσμάτων εξετάσεων και άλλες ιατρικές εφαρμογές.

* Multipurpose smart card: (Έξυπνη κάρτα πολλαπλής χρήσης )

Περιέχει ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για να αποθηκεύει, ανακτά και μεταφέρει τα δεδομένα. Μερικές χώρες ήδη χρησιμοποιούν έξυπνες κάρτες για αποθήκευση μητρώων υγείας ασθενών.

* Picture archiving and communication systems: (Συστήματα αρχειοθέτησης και διαμοιρασμού εικόνων)

Είναι ένα ψηφιακό σύστημα που επιτρέπει σε πολλούς γιατρούς να εξετάζουν ψηφιακές εικόνες ταυτόχρονα, μέσω δικτύου. Στόχος του είναι να αντικαταστήσει το χειροκίνητο σύστημα απεικόνισης που βασίζεται στις ακτινογραφίες, καθώς ξεπερνά το πρόβλημα της απώλειας εικόνων.

Εφαρμογές e-Health Cloud :

* Cloud-based EMR and EHR Systems

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, δεν υπάρχει καθιερωμένη επίσημη μορφή για τα EMR, έτσι υπάρχουν εκατοντάδες συστήματα EMR σήμερα, αρκετά από τα οποία είναι και στο Cloud. Υπάρχουν ηλεκτρονικά μητρώα στο Cloud σήμερα για τις περισσότερες ειδικότητες (Καρδιολογία, Δερματολογία, Ενδοκρινολογία, ΩΡΛ / Ωτορινολαρυγγολογία, Οικογενειακή Ιατρική, Γαστρεντερολογία, Γενική Χειρουργική, Παθολογία, Νευρολογία, Γυναικολογία, Οφθαλμολογία, Ορθοπεδική, Διαχείριση Πόνου, Παιδιατρική, Ποδιατρική, Ψυχιατρική, Πνευμονολογία, Ουρολογία) και το είδος των δεδομένων που αποθηκεύονται τελικά στα EMR διαφέρει σε κάθε ειδικότητα. Πολλά Cloud συστήματα του αντικειμένου έχουν ήδη εύχρηστες διεπαφές και δίνουν τη δυνατότητα ~~να~~ προσαρμογής των πεδίων των μητρώων και έτσι (με τα συστήματα αυτά) γίνεται ακόμα πιο εύκολη η πρόσβαση και η μεταφορά των δεδομένων υγείας

* Cloud-based medical Practice Management (Σύστημα διαχείρισης εξάσκησης Ιατρικής)

Μερικοί οργανισμοί υγείας (όπως μεγάλα νοσοκομεία και ιδιωτικές κλινικές), μπορεί να έχουν εγκαταστάσεις σε πολλές τοποθεσίες. Έτσι, με το λογισμικό Practice Management διασφαλίζεται η καλή επικοινωνία μεταξύ των εγκαταστάσεων αυτών. Ένα τέτοιο σύγχρονο λογισμικό είναι παρεμετροποιήσιμο στις ανάγκες του κάθε οργανισμού και με την καλύτερη χρήση των ανθρώπινων πόρων που προσφέρει, μπορεί να επηρεάσει θετικά τις οικονομικές επιδόσεις του οργανισμού. Στην περίπτωση του Cloud, το πρόγραμμα θα είναι προσβάσιμο με φυλλομετρητή, οπότε υπάρχει και το θέμα της διαθεσιμότητας του Internet.

Τα Cloud-based Practice Management συστήματα συνήθως παρέχουν τις εξής υπηρεσίες :

* Διαχείριση των ραντεβού των ασθενών από το προσωπικό
* Προγραμματισμός ραντεβού με γιατρούς, χειρουργείων και άλλων διαδικασιών για τους ασθενείς
* Εντοπισμός παραπεμπτικών των ασθενών
* Διαχείριση λογαριασμού των χρηστών
* Διαχείριση ασθενών στα διάφορα στάδια από την εισαγωγή τους μέχρι να πάρουν εξιτήριο
* Διαχείριση του προγράμματος των εργαζομένων
* Διαχείριση του ιατρικού υλικού και των υλικών γραφείου
* Διαχείριση επικοινωνίας μέσα στον ίδιο οργανισμό αλλά και με άλλους οργανισμούς υγείας
* Συμμόρφωση με το νομικό πλαίσιο (HIPAA)
* Patient portal
* Patient Portals (Portals για ασθενείς)

Στις μέρες μας όλα τα συστήματα ηλεκτρονικών μητρώων έχουν και τα αντίστοιχα portals, που ουσιαστικά είναι ένα website για τους ασθενείς, όπου μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα υγείας τους (σχεδόν σε όλα τα δεδομένα). Στην ουσία αποτελούν απλώς το μέσο για τη πρόσβαση στη βάση δεδομένων, αλλά το αποτέλεσμα παρουσιάζεται διαφορετικά σε ασθενείς και ιατρούς.

Τα περισσότερα Patient Portals προσφέρουν υπηρεσίες όπως :

* Προγραμματισμός ή τροποποίηση ραντεβού με τον φορέα παροχής υπηρεσιών υγείας
* Εγγραφή και συμπλήρωση έντυπων (όπως και ιατρικό ιστορικό) online κερδίζοντας έτσι χρόνο στην κλινική
* Αποστολή μηνυμάτων ή υποβολή ερωτήσεων σε γιατρούς
* Αίτηση αναπλήρωσης συνταγών φαρμάκων
* Αναθεώρηση στοιχείων χρέωσης και πραγματοποίηση πληρωμών online
* Προβολή επιπλέον εκπαιδευτικών θεμάτων υγείας, σχετικών με την κατάσταση των ασθενών.

Επιπλέον τα Patient Portals ~~έχουν~~ :

* Βοηθούν τον ασθενή να καταλάβει την ασθένεια, διάγνωση και θεραπεία του. Έτσι σε συνδυασμό και με το Internet, ο ασθενής μπορεί να καταλάβει περισσότερα για την κατάστασή του και να βοηθήσει στη διαδικασία της θεραπείας.
* Με βάση τις πληροφορίες για τη κατάστασή τους, οι ασθενείς μπορούν να αναζητήσουν δεύτερη γνώμη για κάποια διάγνωση ή θεραπεία, χωρίς να χρειάζεται να ζητήσουν τα δεδομένα υγείας από τον κύριο πάροχο υγειονομικής περίθαλψης.
* Υπάρχει η δυνατότητα γρήγορης και άμεσης πρόσβασης των δεδομένων υγείας (του κύριου παρόχου υγειονομικής περίθαλψης που έχει το Patient Portal) σε περίπτωση που χρειαστούν σε κάποιες άλλες ιατρικές εγκαταστάσεις.

Τα Patient Portals διατηρούν πληροφορίες και δεδομένα υγείας που παράγονται πρακτικά από τον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης. Οπότε σε σχέση με ένα ιδιωτικό σύστημα του παρόχου, είναι προτιμότερο (εφ όσον τα οικονομικά το επιτρέπουν) να αναθέσει το έργο σε έναν πάροχο υπηρεσιών Cloud (που έχει τις υποδομές για την ανάλογη διαθεσιμότητα και ασφάλεια) και μιας και το portal έχει πρόσβαση σε δεδομένα ανάλογα με σύστημα EMR/Patient Management, να δημιουργήσει τελικά ένα Cloud based EMR σύστημα.

* Cloud-based ePrescription (Cloud-based σύστημα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης)

Ένα σύστημα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης είναι ένα αυτοματοποιημένο ηλεκτρονικό σύστημα στο οποίο οι συνταγές είτε εισάγονται από τούς γιατρούς είτε παράγονται από τα διαθέσιμα δεδομένα στο σύστημα. Στη συνέχεια η συνταγή μπορεί να αποσταλ~~θ~~εί αυτόματα στα φαρμακεία και να συσχετισθεί με τον αντίστοιχο πάροχο υγειονομικής περίθαλψης. Το σύστημα μπορεί να έχει κανόνες για φάρμακα που δεν πρέπει να καταναλωθούν μαζί (ταυτόχρονα) για λόγους υγείας ή σε κάποια συγκεκριμένη αρρώστια ή αλλεργία. Έτσι το σύστημα διασφαλίζει πως οι συνταγές δεν οδηγούν σε αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ασθενή, ~~βάση~~ βάσει και των δεδομένων υγείας του ασθενή που υπάρχουν στο σύστημα.

Τα πλεονεκτήματα χρήσης ενός τέτοιου συστήματος είναι :

* Εξαλείφει τα λάθη λόγω ~~παρερμηνεύσεων~~ (παρερμηνειών) χειρόγραφων συνταγών (όπως και τα τηλεφωνήματα / φαξ που απαιτούνται στην περίπτωση που η συνταγή δεν είναι ευανάγνωστη και έτσι γλιτώνει πολύτιμο χρόνο σε γιατρούς και ιατρικό προσωπικό).
* Μειώνει τις περιπτώσεις κακών αλληλεπιδράσεων φαρμάκων και της χορήγησης ακατάλληλων φαρμάκων για το συνολικό ιστορικό του ασθενή.
* Διευκολύνει την αναπλήρωση φαρμάκων.
* Βελτιώνει τη γενικότερη στάση των ασθενών στην όλη διαδικασία, απλά επειδή είναι πιο εύχρηστα και βολικά.

Ο συνδυασμός των ePrescription συστημάτων με τα Cloud services, εκτός του ότι είναι πιο εύκολα προσιτός στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (σε σχέση με κάποια άλλη τοπική λύση) έχει το προτέρημα πως θα συνεργάζεται και με περισσότερα φαρμακεία. Υπάρχουν Cloud-based ePrescription stand-alone συστήματα, αλλά και αρκετά που ανήκουν σε ολοκληρωμένες σουίτες για e-Health Cloud λύσεις.

* Online storage of Data and Images, Online Backups (Online αντίγραφα ασφαλείας)

Το HIT μπορεί να αξιοποιήσει και τις backup δυνατότητες του Cloud για να αποφύγει ζημιές όπως :

* Απώλεια ή φθορά δεδομένων στο κύριο αποθηκευτικό μέσο, λόγω αστοχίας υλικού ή λογισμικού.
* Επιθέσεις από κακόβουλο και ιομορφικό λογισμικό, ηλεκτρικές διακοπές και υπερτάσεις που μπορεί να προκαλέσουν απώλεια δεδομένων.
* Πυρκαγιές, κλοπές, βανδαλισμούς, πλημμύρες, τυφώνες και άλλες φυσικές καταστροφές
* Διαγραφή δεδομένων από ανθρώπινο λάθος.

Για τους από πάνω λόγους λοιπόν είναι καλύτερα τα αντίγραφα ασφαλείας να είναι απομακρυσμένα από τα πρωτότυπα. Το Cloud Storage είναι μια υπηρεσία που αφού εγκατασταθούν οι αντίστοιχοι backup clients στους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι με τον κύριο αποθηκευτικό χώρο, αντιλαμβάνονται τις αλλαγές που γίνονται σ’ αυτόν (σε τακτά διαστήματα) και στέλνει αντίγραφο της κάθε στιγμής στο Cloud, χωρίς να γίνεται επανεγγραφή/ αντικατάσταση των αντιγράφων. Έτσι ανά πάσα στιγμή υπάρχει πρόσβαση σε όλα τα αντίγραφα και υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς σε όποια προηγούμενη κατάσταση κριθεί αναγκαίο. Επαλήθευση για τη μη απώλεια δεδομένων (κατά την αντιγραφή) μπορεί να γίνει με πολλά εμπορικά εργαλεία και οι περισσότεροι πάροχοι Cloud υπηρεσιών διαθέτουν σύστημα για δικό τους απομακρυσμένο backup (για να είναι καλυμμένοι και νομικά).

Ειδική περίπτωση συστήματος αντιγράφων ασφαλείας στον τομέα της υγείας, είναι και το Picture Archival and Communication System (PACS). Κατά τη διαδικασία ~~χορήγησης~~ παροχής υγειονομικής περίθαλψης δημιουργούνται πολλές πληροφορίες σε μορφή εικόνας (αντί για κείμενο που συνηθίζεται σε άλλους κλάδους), όπως ακτίνες Χ, εικόνες από υπέρηχους, μαστογραφίες, μαγνητικές και αξονικές τομογραφίες κ.α. . Για αυτόν ακριβώς το λόγο και για να εξασφαλίσει ομοιομορφία, το PACS όρισε μια τυποποιημένη μορφή για αποθήκευση και αποστολή εικόνων, την Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM).

Σήμερα υπάρχουν πολλές εμπορικές εκδόσεις PACS, με πολλές μονάδες αποθήκευσης, όπως και Cloud-based εκδόσεις με βάσεις δεδομένων για εικόνες, όπου μπορούν να δημιουργηθούν και να ανακτηθούν (σε φυλλομετρητή) αντίγραφα ασφαλείας από κάθε υπολογιστή ή μέσο αποθήκευσης (μέσω του αντίστοιχου client λογισμικού ).

* Departmental Solutions: Laboratory, Radiology

Εδώ ανήκουν εφαρμογές Cloud ειδικά για ακτινολογικά κέντρα και εργαστήρια, καθώς οι πιο πολλές κλινικές (όχι δηλαδή τα μεγάλα νοσοκομεία) δεν διαθέτουν τέτοια κέντρα και παραπέμπουν τους ασθενείς τους σ’ αυτά. Στόχος των συστημάτων αυτών είναι να αυξήσουν την αποδοτικότητα, να μειώσουν τα κόστη και να βελτιώσουν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Τα ακτινολογικά συστήματα στο Cloud, θυμίζουν PACS συστήματα : με αυτά, οι γιατροί μπορούν να κάνουν αιτήσεις εξετάσεων ασθενών και να επιλέξουν αντίστοιχη χρέωση, στη συνέχεια να ανεβάσουν και να συνδέσουν τις εικόνες με τις εξετάσεις του ασθενή και τέλος να επανεξετάσουν τις εικόνες και να γράψουν αναφορές, όλα μέσω ενός απλού φυλλομετρητή.

* Mobility Solutions

Για επαγγελματίες που εργάζονται και εκτός γραφείου, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές που τρέχουν σε φορητές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, tablets, laptops), πρακτικά σε ότι όποια συσκευή μπορεί να υποστηρίξει φυλλομετρητή και σύνδεση στο Internet.

Ειδικά στον κλάδο της υγείας, παράγονται αρκετές εξειδικευμένες φορητές συσκευές που διευκολύνουν την επικοινωνία με το HIT. Για παράδειγμα υπάρχουν φορητές (δια χειρός) συσκευές που επικοινωνούν μέσω ασύρματης σύνδεσης με συσκευές όπως μετρητές γλυκόζης και αρτηριακής πίεσης για να λάβουν τις μετρήσεις τους. Επίσης υπάρχουν φορητές συσκευές που ταυτοποιούν άμεσα τα βραχιόλια των ασθενών και έξυπνες κάρτες που αποθηκεύουν τα δεδομένα υγείας του ασθενή.

Στον τομέα των φωνητικών φορητών συσκευών :

* Υπάρχουν φορητές συσκευές που μπορούν να καταγράψουν τμήματα ομιλίας και να τα αποθηκεύσουν στο Cloud.
* Υπάρχει η δυνατότητα να υπαγορέψουμε ιατρικές σημειώσεις /emails κ.λπ. σε φορητές συσκευές για να τις ακούσουμε μετά.
* Υπάρχει η δυνατότητα να εκτελέσουμε μια αναζήτηση σε αποθηκευμένες πληροφορίες (όπως σε ένα EMR σύστημα ) με φωνητική εντολή και φράσεις κλειδιά στην αναζήτηση.

Αρκετά από τα παραπάνω συστήματα έχουν μετατραπεί σε Cloud-based , όπου όλα τα δεδομένα βρίσκονται στο data center.

**2.3 Πλεονεκτήματα του Cloud στο e-Health**

Από τα όσα είδαμε ως τώρα, με τη χρήση του Cloud στο health IT, κυρίως παρατηρούμε καλύτερη συνεργασία μεταξύ των διαφόρων κλάδων της υγείας (λόγω των εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης), πιο αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφορίας ανάμεσα στους οργανισμούς υγείας, τη μείωση του κόστους και την αύξηση της αποτελεσματικότητας των οργανισμών υγείας. Πιο αναλυτικά όμως, τα πλεονεκτήματα χρήσης των Cloud Services ειδικά στο e-Health είναι :

* Better patient care (Καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών για τους ασθενείς)

Με το Cloud υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί ένας ενιαίος ιατρικός φάκελος ασθενή που περιέχει δεδομένα από όλες τις συναντήσεις του με όλους τους γιατρούς. Τα αρχεία αυτά θα είναι διαθέσιμα οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, που έτσι θα έχουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του ιστορικού του ασθενή και θα παρέχουν και πιο κατάλληλη θεραπεία.

* Reduced cost: (Μειωμένα κόστη)

Αν εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητες του Cloud, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα οικονομικά συνεργατικό περιβάλλον, που τελικά οι συμμετέχοντες θα πληρώνουν μόνο για την πραγματική αξιοποίηση των πόρων. Κάτι τέτοιο θα ήταν πολύ χρήσιμο για τους μικρούς και μεσαίου μεγέθους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, ~~όπου~~ που μπορούν να χρησιμοποιήσουν εξελιγμένες υποδομές και υπηρεσίες IT (του Cloud) για τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης που προσφέρουν, χωρίς να αντιμετωπίζουν υψηλό αρχικό κόστος και κόστος συντήρησης. Επίσης εξοικονόμηση χρημάτων γίνεται από το διαμοιρασμό των ιατρικών αρχείων των ασθενών, που με το Cloud είναι διαθέσιμα παντού και έτσι δεν υπάρχουν έξοδα για την ανταλλαγή τους.

* Solve the issue of resources scarcity: (Λύνει το πρόβλημα της έλλειψης πόρων)

Υπάρχει η δυνατότητα να ξεπεραστούν ελλείψεις σχετικά τις υποδομές του IT και των επαγγελματιών του τομέα της υγείας. Κάτι τέτοιο είναι πιο σημαντικό σε ορισμένες περιοχές (όπως οι απομακρυσμένες αγροτικές κοινότητες) με έλλειψη σε υπηρεσίες πρωτοβάθμιας υγειονομικής περίθαλψης, όπου το Cloud κάνει δυνατή τη χρήση ιατρικών υπηρεσιών εξ αποστάσεως, αλλά και τη μεταφορά δεδομένων που βοηθούν στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης. Επίσης δίνει την δυνατότητα σε διάφορους ειδικούς υγειονομικής περίθαλψης να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους εξ αποστάσεως, εξοικονομώντας έτσι χρόνο και προσπάθεια και μειώνοντας την ανάγκη να βρίσκονται παντού.

* Better quality: (Καλύτερα αποτελέσματα στους δείκτες ποιότητας)

Οι φορείς υγειονομικής περίθαλψης που έχουν δεδομένα υγείας στο Cloud ~~παρέχουν~~ (ενημερώνουν ?) ενδιαφερόμενους φορείς, όπως το Υπουργείο Υγείας ή την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας με πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των ασθενών και την ποιότητα της παρεχόμενης φροντίδας. Τα δεδομένα μπορούν να δίνονται από τους φορείς υγειονομικής περίθαλψης κατόπιν αιτήσεως, ή να δίνεται και άμεση πρόσβαση στα δεδομένα. Τέτοια δεδομένα, αποθηκευμένα στο Cloud, μπορεί να συγκεντρώνονται και να ελέγχονται σύμφωνα με τους δείκτες ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης, όπως αυτοί που δημοσιεύονται από τον οργανισμό Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ), που είναι αποδεκτοί σε όλο τον κόσμο (και πολλοί φορείς υγείας ήδη τους χρησιμοποιούν ως δείκτες απόδοσης). Ένας άλλος τρόπος για τη συλλογή τέτοιων δεικτών, είναι ο ιδιοκτήτης του Cloud να παρέχει ένα on-line εργαλείο (που θα χρησιμοποιούν χειριστές των οργανισμών υγείας) για να αναφέρει σημαντικά περιστατικά, όπως αναπάντεχα περιστατικά σχετικά με την έκβαση της ασθένειας κάποιου ασθενή ή ανεπιθύμητες αντιδράσεις φαρμάκων.

* Support research: (Υποστήριξη της έρευνας)

Από διάφορα e-Health Cloud θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα για να φιλοξενήσει μια τεράστια αποθήκη με εκατομμύρια περιπτώσεις ασθενών, προσβάσιμη σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε αυτή την πλατφόρμα μπορούμε εύκολα στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουμε μοντέλα εξόρυξης δεδομένων, για εξαγωγή ιατρικών συμπερασμάτων και να πραγματοποιήσουμε ιατρικές έρευνες για την ενίσχυση φαρμάκων, θεραπειών και παρεχόμενων υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης.

* Support national security: (Υποστήριξη της εθνικής ασφάλειας)

Με το e-Health Cloud μπορούμε να παρακολουθήσουμε πιο αποτελεσματικά την εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών ή άλλων επιδημιών. Το Cloud μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα σύστημα συναγερμού για την παρακολούθηση της διάδοσης των επικίνδυνων μολυσματικών ασθενειών, καθώς και για τον προσδιορισμό των περιοχών που έχουν προσβληθεί, τα πρότυπα εξάπλωσης και ενδεχομένως τους λόγους των κρουσμάτων. Ακόμα και αν δεν υπάρξει συντονισμένη προσπάθεια από πολλά Cloud, μπορεί το κάθε ένα να παρακολουθεί ξεχωριστά και να ενημερώνει την αρμόδια αρχή.

* Support strategic planning: (Βοηθάει στο στρατηγικό σχεδιασμό)

Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων στους οργανισμούς υγείας, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα του e-Health Cloud για τον οικονομικό σχεδιασμό και την κατάρτιση προϋπολογισμού στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Επίσης τα δεδομένα αυτά θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην πρόβλεψη ~~των~~ μελλοντικών αναγκών, όπως ~~μελλοντικές~~ ανάγκες για επιπλέον γιατρούς, ιατρικά εργαστήρια και εξοπλισμό, χειρουργεία, κρεβάτια ασθενών και άλλες ιατρικές εγκαταστάσεις.

* Support financial operations: (Υποστήριξη χρηματοοικονομικών πράξεων)

Με το e-Health Cloud δίνεται η δυνατότητα να απλουστευθούν οι οικονομικές δραστηριότητες, καθώς το Cloud μπορεί να ενεργήσει ως μεσολαβητής μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και όσων συναλλάσσονται μαζί τους. Η τιμολόγηση, οι διακανονισμοί, και οι διαδικασίες έγκρισης μπορούν να αυτοματοποιηθούν και να πραγματοποιηθούν πιο γρήγορα ανάμεσα στα δύο μέρη.

* Facilitate clinical trials : (Διευκόλυνση κλινικών δοκιμών:)

Τα δεδομένα που αποθηκεύονται θα μπορούσαν να επιτρέψουν στον ιδιοκτήτη του Cloud να συνεργαστεί με φαρμακευτικές εταιρείες και ιδρύματα ιατρικών ερευνών για κλινικές δοκιμές σε νέα φάρμακα (με την έγκριση και των ασθενών / ιδιοκτητών των δεδομένων). Καθώς τα δεδομένα συλλέγονται κατά συλλογικό τρόπο, είναι εύκολο να ανιχνευθεί η κάποια ειδική περίπτωση ασθενή και να δημιουργηθούν κατάλληλες ομάδες δοκιμών.

* Facilitate forming registries: (Διαμόρφωση ειδικών ιατρικών φακέλων )

Τα δεδομένα υγείας που θα γίνουν διαθέσιμα γι αυτό το σκοπό, θα συμβάλλουν στη δημιουργία εξειδικευμένων ιατρικών φακέλων, για συγκεκριμένους τύπους ασθενών, όπως όσους π.χ. έχουν καρκίνο ή διαβήτη στον ιατρικό φάκελό τους.

**2.4 Προβλήματα του Cloud στο e-Health**

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε τα προβλήματα υιοθέτησης και τις δυσκολίες χρήσης που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση του Cloud στον τομέα των HIT. Κάποια από τα προβλήματα αυτά υπάρχουν σε κάθε IT κλάδο του Cloud και τα έχουμε θίξει και στο Κεφάλαιο 1, ενώ άλλα εμφανίζονται ειδικά στον κλάδο της υγείας. Όλα όμως εμφανίζονται στο Health IT.

* Availability: (Ανάγκη Διαθεσιμότητας δεδομένων και υπηρεσιών)

Υπάρχει αυστηρή απαίτηση για υψηλή διαθεσιμότητα των υπηρεσιών e-health Cloud. Οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, αν τα δεδομένα υγείας δεν είναι διαθέσιμα, συνεχώς χωρίς διακοπές ή υποβάθμιση των επιδόσεων. Δεδομένου ότι οι πόροι του Cloud κατανέμονται μέσω Internet, δεν θα προσφέρουν την καλύτερη διαθεσιμότητα σε σχέση με ιδιόκτητες IT υποδομές. Θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για να αντιμετωπιστούν αστοχίες υλικού ή λογισμικού, βλάβες δικτύου, επιθέσεις ασφάλειας, φυσικές καταστροφές κ.α. Τέλος, οι εγκαταστάσεις, αναβαθμίσεις και διάφορες ρυθμίσεις σε υλικό και λογισμικό θα πρέπει να γίνονται χωρίς διακοπή υπηρεσιών για τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης

* Data/Service Reliability: (Αξιοπιστία δεδομένων / υπηρεσιών)

Η χρήση του Cloud σε σημαντικούς τομείς όπως το e-Health απαιτεί και ανάλογες εγγυήσεις αξιοπιστίας για τις παρεχόμενες υπηρεσίες και τα δεδομένα. Οι υπηρεσίες και τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη σημαντικών αποφάσεων σχετικά με την ατομική η συλλογική υγεία. Δεδομένου ότι οι υπηρεσίες αυτές διανέμονται και μπορεί να προέλθουν από πολλούς παρόχους υπηρεσιών Cloud, η πιθανότητα να υπάρχουν λανθασμένα δεδομένα ή υπηρεσίες αυξάνεται. Τα δεδομένα στο e-Health Cloud πρέπει να είναι συνεπή και χωρίς λάθη, δηλαδή συνεχώς σε έγκυρη κατάσταση, ανεξάρτητα από αστοχίες υλικού, λογισμικού ή βλάβες δικτύου.

* Data Management: (Backup) (Διαχείριση Δεδομένων και αντίγραφα ασφαλείας )

Λόγω του μεγάλου όγκου και της σημασίας των δεδομένων του κλάδου αυτού, θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για αντίγραφα ασφαλείας των αρχείων, που να εξασφαλίζουν ασφαλή και αποδοτική πρόσβαση στα αρχεία ανά πάσα στιγμή, με αξιοπιστία, αλλά και κατάλληλες γλώσσες επερωτήσεων που επιτρέπουν την αποδοτική ανάκτηση και την επεξεργασία των δεδομένων.

* Scalability: (Ανάγκη για Επεκτασιμότητα)

Στον κλάδο του e-Health, όπου αποθηκεύονται εκατομμύρια φάκελοι ασθενών, το Cloud θα πρέπει να παρέχει δυναμικά επεκτάσιμες υπηρεσίες . Η ικανότητα αυτή του Cloud για κλιμάκωση (δηλαδή να αυξάνει τους πόρους που έχει, διατηρώντας αποδεκτή απόδοση) είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για ένα επιτυχές Cloud. Η επεκτασιμότητα ή κλιμάκωση στο Cloud επιτυγχάνεται κυρίως με την αύξηση των IT πόρων, όπως υπολογιστικούς κόμβους, συνδέσεις δικτύου, μονάδων αποθήκευσης και με κατάλληλες επιχειρησιακές και διαχειριστικές εγκαταστάσεις. Επιπλέον, η κλιμάκωση απαιτεί τη διατήρηση ενός αποδεκτού επιπέδου απόδοσης ανεξάρτητα από τον αριθμό και τα επίπεδα φόρτου των υπηρεσιών.

* Flexibility: (Ανάγκη για Ευελιξία)

Οι υποδομές και οι υπηρεσίες του e-Health Cloud θα πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτες για να καλύπτουν τις ανάγκες διαφόρων παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Οι ανάγκες αυτές σχετίζονται με τους χρήστες, τον έλεγχο, τη διαχείριση και την ποιότητα των υπηρεσιών (QoS ). Τέλος το e-Health Cloud θα πρέπει να μπορεί να καλύπτει εύκολα καινούργιες ανάγκες των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, προσθέτοντας νέες υπηρεσίες με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια και κόστος.

* Data ownership: (κυριότητα δεδομένων)

Η κυριότητα των δεδομένων στον κλάδο της υγείας είναι ευαίσθητο θέμα. Το ιστορικό ενός ασθενούς για παράδειγμα, ενώ θα μπορούσε να είναι αποκλειστική ιδιοκτησία του ασθενούς, μπορεί να βρίσκεται αποθηκευμένο σε ένα ή πολλά νοσοκομεία η e-Health Cloud και έτσι να διεκδικήσει την κυριότητα και ένας γιατρός του, ή η ασφαλιστική εταιρεία του ασθενούς ή η διαχείριση του νοσοκομείου. Η δημιουργία αυστηρών πολιτικών και κατευθυντήριων γραμμών που ~~εφιστούν~~ καθορίζουν σαφή όρια ιδιοκτησίας (και για το Cloud), είναι μια σημαντική πρόκληση.

* Security – Privacy – Τrust and liability issues : (Ασφάλεια, Ιδιωτικότητα Εμπιστοσύνη και ζητήματα ευθύνης)

Τα προβλήματα ασφάλειας ιδιωτικότητας και εμπιστοσύνης του Cloud που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1 ισχύουν βεβαίως και στο e-Health Cloud. Αξίζει να σημειώσουμε πως τα δεδομένα υγείας είναι ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα και άρα η προστασία τους από επιθέσεις, υποκλοπή, αλλοίωση, απώλεια (και όλα τα σχετικά ζητήματα που μελετήσαμε) είναι αυτονόητη, όπως επίσης και η προστασία της ιδιωτικότητας των δεδομένων αυτών, τόσο από επιτιθέμενους όσο και από τους ίδιους τους παρόχους υπηρεσιών Cloud. Οι πάροχοι υπηρεσιών Cloud θα πρέπει να κερδίσουν την εμπιστοσύνη των πελατών τους με ορθές πολιτικές ασφάλειας και ελέγχου ταυτότητας, συχνούς ελέγχους στα δεδομένα και πιθανώς πολλές άλλες μεθόδους που διαφέρουν από πελάτη σε πελάτη. Από την ~~προοπτική~~ σκοπιά των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, το e-Health Cloud παρουσιάζει υψηλό νομικό κίνδυνο ~~νομικής~~ σε περιπτώσεις απώλειας ή διαρροής δεδομένων, που μπορεί να προκαλέσει απώλεια φήμης και εμπιστοσύνης των ασθενών.

* Interoperability: (Διαλειτουργικότητα)

Οι διάφορες υπηρεσίες σε ένα e-Health Cloud μπορεί να παρέχονται από πολλούς παρόχους υπηρεσιών Cloud (π.χ. ένας πάροχος μπορεί να παρέχει υπηρεσίες αποθήκευσης και επεξεργασίας υψηλής ανάλυσης ιατρικών εικόνων, ενώ ένας άλλος να παρέχει υπηρεσίες αποθήκευσης ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών και υπηρεσίες εξόρυξης δεδομένων και ανάλυσης). Η διαλειτουργικότητα λοιπόν σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να αφορά α)Τον ορισμό ενός συμφωνημένου πλαισίου (ή χρήση κάποιων πρωτοκόλλων/APIs) που επιτρέπει την εύκολη ενοποίηση των servers και δεδομένων μεταξύ των διαφόρων παρόχων υπηρεσιών Cloud, ή β)Την περίπτωση όπου παρέχονται ολοκληρωμένες e-Health Cloud υπηρεσίες τοπικά, αλλά και εξωτερικά από Cloud. Ένας καλός βαθμός διαλειτουργικότητας μπορεί επίσης να διευκολύνει την μετάβαση (migration) μεταξύ των διαφορετικών διαθέσιμων συστημάτων, κάτι που γίνεται ακόμα πιο εύκολο με ανάλογα πρωτόκολλα και APIs.

* Maintainability: (Δυνατότητα συντήρησης)

Σε αντίθεση με ένα e-Health σύστημα για μεμονωμένους φορείς παροχής υπηρεσιών υγείας, ένα e-Health Cloud σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκατοντάδες παρόχους υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό αυξάνει αρκετά την πολυπλοκότητα συντήρησης του συστήματος σε σύγκριση με ένα ατομικό e-Health σύστημα, κυρίως γιατί (σε αντίθεση με ένα ατομικό σύστημα) πρέπει να εξεταστούν οι διάφορες απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά πολλών φορέων παροχής υπηρεσιών υγείας (πελατών), χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στις παρεχόμενες υπηρεσίες που προβλέπονται για τον κάθε ένα. Για να απλοποιηθούν λοιπόν οι διαδικασίες συντήρησης, όλοι οι πόροι και υπηρεσίες στο e-Health Cloud πρέπει να είναι σχεδιασμένοι για εύκολη και αξιόπιστη συντήρηση.

* Organizational change: ( Οργανωτική Αλλαγή )

Η υιοθέτηση του e-Health Cloud θα απαιτήσει σημαντικές αλλαγές στην κλινική, τις επιχειρηματικές διαδικασίες, τα ~~συναλλασμένα~~ συναλλασσόμενα πρόσωπα καθώς και στα σύνορα της επιχείρησης στον κλάδο της υγείας. Παραδείγματα τέτοιων αλλαγών θα μπορούσε να είναι νέες πολιτικές, διαδικασίες και ροές εργασίας εκτός από τις αναμενόμενες αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονται ορισμένες ιατρικές διαδικασίες και έγγραφα.

* Legislations and standards: (Νομοθεσίες και πρότυπα)

Αν και έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες για τυποποίηση θεμάτων ιδιωτικότητας και ασφάλειας στον τομέα του e-Health Cloud (HIPAA), εξακολουθούν να μην υπάρχουν σαφείς και επαρκείς κατευθυντήριες γραμμές και νομοθεσίες για την κλινική, τεχνική και επιχειρηματική ~~εξάσκηση~~ παροχή της υγειονομικής περίθαλψης ηλεκτρονικά (για την εξάσκηση του HIT δηλαδή). Εδώ περιλαμβάνονται η έλλειψη προτύπων για την ιατρική πληροφορική, οι πολιτικές, η διαλειτουργικότητα, και οι μέθοδοι μετάδοσης στο Cloud e Health. Ως αποτέλεσμα, περισσότερα προβλήματα όπως και τεχνικές, κοινωνικές και ηθικές ανησυχίες μπορεί να προκύψουν λόγω αυτής της έλλειψης τυποποίησης.

Οι σχεδιαστές συστημάτων e-Health Cloud μπορούν να συμφωνήσουν στην υιοθέτηση προτύπων για καλύτερη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων οργανισμών. Παραδείγματα τέτοιων προτύπων είναι η International Classification of Diseases tenth revision (ICD-10) που εκδόθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (και έχει κωδικοποιήσει ασθένειες, ενδείξεις ή μη αναμενόμενα πορίσματα, παράπονα, κοινωνικές συνθήκες και αίτια τραυματισμών ή ασθενειών) ή η Systematized NOmenclature of MEDicine (SNOMED) (σχεδιάστηκε ως λεπτομερής κατηγοριοποίηση κλινικής ιατρικής για την αποθήκευσης και ανάκτηση εγγραφών κλινικής φροντίδας ~~σε ανθρώπινη και κτηνιατρικής~~ ιατρικής και κτηνιατρικής).

* Usability and end users experiences: ( Ευχρηστία και εμπειρία χρηστών)

Το πρόβλημα αυτό αφορά το βαθμό ή επίπεδο υιοθέτησης στο οποίο έχουν εξοικειωθεί οι χρήστες του e-Health Cloud, συμπεριλαμβανομένων των ασθενών, των επαγγελματιών του τομέα της υγείας, καθώς και του διοικητικού και ασφαλιστικού προσωπικού. Η σωστή και επαρκής εκπαίδευση πριν τη χρήση, σε συνδυασμό με συνεχή εκπαίδευση και ασχολία και μετά την χρήση του συστήματος, είναι σημαντικά για την εξοικείωση με το σύστημα.

**3. MOBILE CLOUD COMPUTING ΚΑΙ E-HEALTH**

* **Εισαγωγή στο Mobile Cloud Computing**

**3.1.1 Ιστορία και** **Ορισμός του Mobile Cloud Computing**

Είδαμε πως από το 2007 με 2008 το Cloud computing είχε αρχίσει να γίνεται πραγματικότητα και πως προσέφερε στους πελάτες του εφαρμογές και πόρους ανάλογα με τις ανάγκες και τη ζήτησή τους, μέσω δικτύου και μιας διεπαφής. Το 2009 είχε ήδη αρχίσει να γίνεται λόγος στις IT κοινότητες για το λεγόμενο Mobile Cloud Computing (MCC), για το οποίο υπάρχουν αρκετοί ορισμοί ως έννοια (για την έννοια του οποίου υπάρχουν αρκετοί ορισμοί), ίσως όμως να περιγράφεται καλύτερα από τον Mitchell Shanklin :

*"Το Mobile Cloud Computing είναι ένα είδος Cloud Computing όπου κάποιες από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται στην διαδικασία παροχής υπηρεσιών, είναι φορητές ."*

Η γενική ιδέα της λειτουργίας του Mobile Cloud Computing (MCC) είναι η εξής : Οι χρήστες στέλνουν αιτήσεις στο Cloud μέσω ενός web browser ή μιας εφαρμογής, το σύστημα διαχείρισης πόρων κατανέμει τους ανάλογους πόρους στη συνδεδεμένη συσκευή ενώ πραγματοποιούνται διαδικασίες παρακολούθησης για να εξασφαλιστεί η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών μέχρι να ολοκληρωθεί η σύνδεση.

Σύμφωνα με σχετική έρευνα από την εταιρεία Juniper, η ανάπτυξη ~~λειτουργιών~~ (λειτουργικών) συστημάτων και λογισμικού για Mobile Cloud Computing (MCC) αναμένεται να αυξηθεί κατά 88% ετησίως από το 2009 έως το 2014 και μια τέτοια αύξηση μπορεί να δημιουργήσει 9,5 δις. Δολάρια στις ΗΠΑ το 2014.

Στις μέρες μας, τα κινητά τηλέφωνα θεωρούνται από πολλούς ο εκπρόσωπος τν (των) φορητών συσκευών καθώς συνδέονται στο Internet με τα ασύρματα δίκτυα (των οποίων ~~η~~ οι τεχνολογίες εξελίσσονται διαρκώς) και έτσι προσφέρουν τις υπηρεσίες τους από παντού ενώ μεταφέρονται και πολύ εύκολα. Τα τελευταία χρόνια λοιπόν εμφανίζονται άφθονες εφαρμογές ειδικά για φορητές συσκευές που απευθύνονται σε τομείς όπως την ψυχαγωγία, την υγεία, τις επιχειρήσεις, την κοινωνική δικτύωση, τα ταξίδια και την ενημέρωση. Το πόσο διαδεδομένες είναι οι εφαρμογές αυτές είναι προφανές και από μια περιήγηση στα κινητά κέντρα λήψης εφαρμογών όπως το Ovi suite της Nokia και το iTunes της Apple όπου μπορεί κανείς να βρει και εφαρμογές βασισμένες στο MCC όπως τα Google Gmail, Google Maps και διάφορα συστήματα πλοήγησης για κινητά και συστήματα φωνητικής αναζήτησης.

**3.1.2 Είδη του Mobile Cloud Computing**

Η γενική αρχή λειτουργίας του MCC είναι να εκτελέσουμε κάποια εφαρμογή ή να έχουμε πρόσβαση σε δεδομένα στον server του Mobile Cloud και να λάβουμε τα αποτελέσματα στη φορητή συσκευή. Έτσι εξοικονομούμε χώρο και ενέργεια στη φορητή συσκευή. Όμως, δεν υπάρχει μόνο ένας τετριμμένος (μονοσήμαντος ?) τρόπος υλοποίησης και χρήσης του Mobile Cloud.

Παρατηρούμε 3 διαφορετικά είδη mobile cloud :

1)Συνήθως με τον όρο mobile cloud εννοούμε την εκτέλεση μιας εφαρμογής (π.χ. Google Gmail, υπηρεσίες τοποθεσίας του Facebook, Twitter για κινητά, τα widgets των κινητών για πρόγνωση καιρού) σε έναν απομακρυσμένο server με αρκετούς πόρους (όπως τους Google servers) και η φορητή συσκευή λειτουργεί ως απλό τερματικό (thin client) που βασίζεται και συνδέεται για την εκτέλεση της εφαρμογής με τον απομακρυσμένο server μέσω δικτύου (π.χ. 3G).

2)Μία άλλη προσέγγιση είναι να αποτελέσουν τον πάροχο πόρων άλλες φορητές συσκευές, δημιουργώντας έτσι ένα peer-to-peer mobile cloud. Έτσι χρησιμοποιούνται συλλογικά οι πόροι αλλά και οι αισθητήρες των φορητών αλλά και σταθερών συσκευών της περιοχής και υπάρχει η δυνατότητα εκφόρτωσης διεργασιών στους τοπικά διαθέσιμους πόρους.

3)Τέλος, υπάρχει και η προσέγγιση με το "υποσύννεφο" (cloudlet) που προτάθηκε από τον M. Satyanarayanan, όπου η φορητή συσκευή εκφορτώνει φόρτο εργασίας σε ένα τοπικό "υποσύννεφο" που αποτελείται από αρκετούς υπολογιστές πολλαπλών πυρήνων (στους επεξεργαστές) που έχουν σύνδεση σε απομακρυσμένους cloud servers. Μια καλή λύση για τέτοιους υπολογιστές είναι οι λεγόμενοι Plug Computers, που είναι πιο μικροί υπολογιστές (σε μέγεθος ενός εξωτερικού σκληρού δίσκου), λιγότερο ισχυροί υπολογιστικά, άλλα έχουν την ίδια αρχιτεκτονική με έναν κανονικό υπολογιστή, έχουν μικρότερη κατανάλωση και είναι πιο φθηνοί. Τα "υποσύννεφα" μπορεί να βρίσκονται σε πολυσύχναστες περιοχές όπως καφετέριες, ώστε οι φορητές συσκευές να συνδέονται σε αυτά αντί για τους απομακρυσμένους servers και έτσι να αποφεύγονται τα σχετικά προβλήματα καθυστέρησης και εύρους ζώνης.

**3.1.3 Περιγραφή του Mobile Cloud Computing**

Εκτός από τα διάφορα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση του Mobile Cloud Computing στους χρήστες του (τα οποία περιγράφονται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα), υπάρχουν διάφορα θέματα που συνδέονται με τη χρήση του MCC και με τη φύση του, σχετικά με την κινητικότητα των συσκευών. Σε αυτή την ενότητα γίνεται αναφορά στα θέματα της ενέργειας, τιμολόγησης και στα κίνητρα των χρηστών, τα οποία είναι σημαντικά για την κατανόηση της λειτουργίας του Mobile Cloud Computing και από την πλευρά των χρηστών.

* Λύση στο πρόβλημα της ενέργειας

Οι φορητές συσκευές στις μέρες μας γενικά αναλώνουν μάλλον γρήγορα τις ενεργειακές τους πηγές. Σε αυτό το πρόβλημα συνεισφέρει και η χρήση των διαφόρων αισθητήρων που διαθέτουν. Πολλές εφαρμογές (όπως για κοινωνική δικτύωση) κάνουν χρήση δεδομένων από αισθητήρες (π.χ. GPS) ή απαιτούν εκτεταμένη επεξεργασία από τη συσκευή (όπως εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας, σύνθεσης ομιλίας, φυσικής επεξεργασίας γλώσσας, video games κ.α.) και αυτό εξαντλεί γρήγορα τις μπαταρίες των φορητών συσκευών. Τη λύση, μπορεί να δώσει το MCC, όπου η επεξεργασία μεταφέρεται στο Cloud, με τρόπους που θα δούμε αναλυτικά πιο κάτω.

* Κίνητρα συνεργασίας

Σε πολλές περιπτώσεις στο Mobile Cloud Computing χρειάζεται η συμμετοχή των χρηστών στη διαδικασία παροχής πόρων, είτε προς όφελος άλλων και δικό τους, είτε μόνο άλλων. Γι αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να υπάρχουν τα κατάλληλα κίνητρα συνεργασίας, αλλά και μηχανισμοί αποτροπής εκμετάλλευσης των χρηστών.

Ένας τρόπος παρακίνησης των χρηστών είναι όταν έχουν τον ίδιο σκοπό, τότε το έργο να διαμοιράζεται στις φορητές συσκευές και έτσι να γίνεται πιο γρήγορα και εύκολα (π.χ. αν κάποιος θέλει να μεταφράσει μια επιγραφή ενός εκθέματος σε μουσείο και η συσκευή του μόνη της δεν μπορεί, μπορεί να συνεργαστεί με άλλα τέτοια άτομα για να τρέξει ο κάθε ένας ένα μέρος της εφαρμογής στη συσκευή του).

Ακόμα μπορούν να εφαρμοστούν και οικονομικά κίνητρα όπως για παράδειγμα σε κινητά κατανεμημένα συστήματα βασισμένα σε ευκαιριακά και ανεκτικά σε καθυστέρηση δίκτυα (delay tolerant networks - DTN). Σε αυτή την περίπτωση ένας host από φορητή συσκευή θα προωθεί τα μηνύματα με προτεραιότητα ανάλογα με την τιμή που πληρώνει ο αποστολέας.

Τέλος μπορεί να υπάρξουν κοινωνικά κίνητρα υπό την έννοια πως ακόμα και οι χρήστες που δεν θέλουν να αναλάβουν το ρόλο του host από τη φορητή τους συσκευή, έχουν παραπάνω κίνητρα να το κάνουν για άτομα που ξέρουν, εργάζονται μαζί, ή βρίσκονται στην ίδια ομάδα καθώς και οι ίδιοι κάποια στιγμή πιθανώς να ζητήσουν από τα άτομα αυτά να κάνουν το ίδιο.

* Τιμολόγηση

Η τιμολόγηση στο Mobile Cloud Computing δεν είναι απλό ζήτημα καθώς περιλαμβάνονται πολλοί πάροχοι που ο κάθε ένας έχει διαφορετικό σύστημα διαχείρισης υπηρεσιών και τιμολόγησης. Άρα όταν ένας χρήστης κάνει χρήση υπηρεσιών και του παρόχου υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και του παρόχου υπηρεσιών Cloud, θα πρέπει η χρέωση να διαμοιραστεί ανάμεσα στους δύο και να βρεθεί ένας εύκολος τρόπος να πληρώσει ο χρήστης.

Για παράδειγμα για να παίξει ένα παιχνίδι στο Cloud ένας χρήστης κινητού, εμπλέκονται ο πάροχος υπηρεσιών του παιχνιδιού, ο πάροχος υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και ο πάροχος υπηρεσιών Cloud και άρα ο καθορισμός της τιμής και ο διαμοιρασμός των κερδών θα απαιτεί τη συνεννόηση και των τριών.

**3.2 Mobile Cloud Computing και e-Health**

**3.2.1 Πως συνδέονται Mobile Cloud Computing και e-Health**

Οι φορητές συσκευές από τη φύση τους έχουν πολλούς περιορισμούς λόγω της προτίμησης για μικρότερα μεγέθη, βάρη, μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας κ.α. Αυτοί οι περιορισμοί - προτιμήσεις, επιφέρουν μειωμένη ευελιξία στην ανάπτυξη του λογισμικού (και του υλικού) για τις συσκευές αυτές, κάτι που μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση του Cloud Computing, καθώς έτσι οι απαιτητικές σε πόρους διεργασίες μπορούν να εκτελούνται σε άλλα υπολογιστικά συστήματα και το τελικό μόνο αποτέλεσμα να στέλνεται και να εμφανίζεται στη συσκευή. Με αυτό τον τρόπο, το Mobile Cloud Computing μπορεί να είναι ένας πολύ αποδοτικός και αποτελεσματικός τρόπος ανάπτυξης εφαρμογών για τον τομέα της υγείας. Οι χρήστες τέτοιων συστημάτων (ασθενείς) θα επωφεληθούν από το διαμοιρασμό των πηγών και των εφαρμογών και έτσι θα μπορούν εύκολα να τρέξουν τις αντίστοιχες ιατρικές εφαρμογές από το τις διάφορες φορητές συσκευές τους, χωρίς να επιβαρυνθούν με το αντίστοιχο οικονομικό βάρος των πηγών λογισμικού και υλικού (που θα χρειαζόταν για τις εφαρμογές αυτές).

Ο στόχος της εφαρμογής MCC σε ιατρικές εφαρμογές είναι να ελαχιστοποιήσει τους περιορισμούς της παραδοσιακής ιατρικής περίθαλψης (π.χ., μικρή αποθηκευτική ικανότητα, ασφάλεια. ιδιωτικότητα και τα ~~ιατρικών~~ ιατρικά σφάλματα), όπως άλλωστε και το e-Health, αλλά επιπλέον με την mobile υγειονομική περίθαλψη (m-υγειονομική περίθαλψη), ~~παρέχει~~ παρέχεται στους χρήστες κινητών πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες (π.χ., ιατρικό φάκελο ασθενών ) εύκολα και γρήγορα παντού.

**3.2.2 Εφαρμογές και Πλεονεκτήματα Mobile e-Health**

Μερικά παραδείγματα χρήσης του MCC στην υγειονομική περίθαλψη είναι :

* Ολοκληρωμένες υπηρεσίες παρακολούθησης υγείας που επιτρέπουν στους ασθενείς να παρακολουθούνται ανά πάσα στιγμή και οπουδήποτε μέσω ασύρματων ευρυζωνικών επικοινωνιών.
* Ευφυές σύστημα διαχείρισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, που μπορεί να διαχειριστεί και να συντονίσει αποτελεσματικά και έγκαιρα τα οχήματα έκτακτης ανάγκης κατά τη λήψη κλήσεων από ατυχήματα ή περιστατικά.
* Διάφορες φορητές συσκευές μέτρησης δεικτών υγείας, που μπορούν να ανιχνεύουν τον καρδιακό παλμό, την αρτηριακή πίεση και τα επίπεδα αλκοόλ και είναι ικανές να ειδοποιήσουν το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης έκτακτης ανάγκης.
* Ευρεία πρόσβαση στις πληροφορίες της υγειονομικής περίθαλψης, επιτρέποντας έτσι σε ασθενείς ή παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να έχουν πρόσβαση σε ιατρικές πληροφορίες και δεδομένα υγείας (νέα ή και από το παρελθόν ).
* Διάφορους τρόπους πληρωμής των εξόδων της υγειονομικής περίθαλψης και άλλων συναφή εξόδων.

Ακολουθεί πιο αναλυτική περιγραφή μερικών εφαρμογών mobile cloud Computing και e-Health :

* Οι M. Somasundaram , S.Gitanjali ,T.C.Govardhani , G. Lakshmi Priya και R. Sivakumar προτείνουν μια εφαρμογή τύπου Hospital Management System (HMS) που στόχο έχει να ~~θέσει~~ κάνει διαθέσιμα τους ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους, τα αρχεία εικόνας (όπως σαρωμένες εικόνες, υπέρηχους, ακτίνες Χ, μαγνητικές και αξονικές τομογραφίες κ.α. σε DICOM και JPEG2000 μορφότυπο) και ιατρικές συνταγές, σε κινητά τηλέφωνα που λειτουργούν με λειτουργικό Android.

Τα αρχεία και οι ηλεκτρονικοί ιατρικοί φάκελοι των ασθενών είναι αποθηκευμένα στο Cloud (απ' όπου και γίνεται και η διαχείρισή τους) και μεταφέρονται στην κινητή συσκευή για προβολή από τον χρήστη. Στην ουσία τα δεδομένα αυτά (που βρίσκονται στο Cloud) ανανεώνονται και υφίστανται επεξεργασία από το προσωπικό των νοσοκομείων και τους γιατρούς.

Η εφαρμογή είναι φθηνή στη χρήση της (καθώς οι συσκευές Android είναι σχετικά φθηνές και στην αγορά), η χρήση της εξοικονομεί πολύ χρόνο και είναι εύχρηστη ακόμα και για τους ηλικιωμένους ή κατοίκους απομακρυσμένων περιοχών. (σε σύγκριση με την επίσκεψη στο νοσοκομείο, για το ίδιο αποτέλεσμα). Επίσης οι ασθενείς έχοντας τα ιατρικά δεδομένα τους μπορούν να ~~επισπευτούν~~ (επισκεφθούν ?)και άλλους γιατρούς. Βέβαια, θα πρέπει να καθιερωθούν τα αντίστοιχα πρότυπα υγειονομικής περίθαλψης (HL7και HIPAA).

* Οι C. Doukas, T. Pliakas, και I. Maglogiannis, προτείνουν το @HealthCloud, μία πρότυπη υλοποίηση mobile healthcare συστήματος διαχείρισης πληροφοριών, βασισμένη στο cloud computing και σε ένα mobile client που λειτουργεί σε Android (OS) και χρησιμοποιεί το Amazon's S3 Cloud Storage Service για να διαχειριστεί τους ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους των ασθενών. Προσφέρει τις εξής υπηρεσίες :
* Συνεχή σύνδεση με το cloud, που επιτρέπει στους χρήστες να ανακτούν, τροποποιoύν και να ανεβάσουν ιατρικό περιεχόμενο (π.χ. ιατρικές εικόνες, ιατρικούς φάκελους ασθενών και βιοσήματα) χρησιμοποιώντας web services και μια σειρά από διαθέσιμα APIs.
* Σύστημα διαχείρισης ιατρικών φακέλων ασθενών που εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των ασθενών, τα σχετικά βιοσήματα και τα περιεχόμενα εικόνας μέσω της διεπαφής της εφαρμογής.
* Υποστήριξη εικονικής προβολής που επιτρέπει στους χρήστες φορητών συσκευών να αποκωδικοποιήσουν μεγάλα αρχεία εικόνας σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης με διαφορετική διαθεσιμότητα και ποιότητα δικτύου.
* Έχει υλοποιηθεί στην Ταϊβάν ένα σύστημα διαχείρισης τηλεϊατρικής από το σπίτι για την παρακολούθηση των συμμετεχόντων, ιδίως για τους ασθενείς με υπέρταση και διαβήτη. Το σύστημα παρακολουθεί 300 συμμετέχοντες και αποθηκεύει δεδομένα για αρτηριακή πίεση και σάκχαρο - δεδομένα των μετρήσεων στο Cloud. Όταν ένας συμμετέχων πραγματοποιεί μέτρηση της γλυκόζης στο αίμα ή της πιέσεως μέσω του ειδικού εξοπλισμού, ο εξοπλισμός μπορεί να στείλει τις μετρούμενες παραμέτρους του συστήματος αυτόματα, ή ο ίδιος ο συμμετέχων μπορεί να τις στείλει με SMS μέσω κινητής συσκευής. Στη συνέχεια, οι υπηρεσίες του cloud θα συγκεντρώσουν και θα αναλύσουν τις πληροφορίες σχετικά με το συμμετέχοντα και θα επιστρέψουν τα αποτελέσματα.

Η ανάπτυξη της κινητής υγειονομικής περίθαλψης παρέχει σαφώς τεράστια βοήθεια για τους συμμετέχοντες. Ωστόσο, οι πληροφορίες που πρέπει να συλλέγονται και η διαχείριση που σχετίζονται με την προσωπική υγεία, είναι ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα. Δύο μέθοδοι που προτάθηκαν για τη βελτίωση του επιπέδου ασφάλειας, είναι η χρήση ενός peer-to-peer μοντέλου για να συνασπιστούν τα clouds και η χρήση του επιπέδου Secutiy-as-a-Service στο Cloud, όπου θα υπάρχει μια επιπλέον οντότητα υπεύθυνη για το θέμα της ασφάλειας (Secirity Vendor) και οι πάροχοι φορητών εφαρμογών υγείας θα απαλλάσσονται από το θέμα της ασφάλειας.

**3.3 Πλεονεκτήματα Mobile Cloud Computing**

Όταν το Cloud Computing συνδυαστεί με τη χρήση φορητών συσκευών, τότε τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προκύψουν είναι πολλά :

* Offering Mobility

Οι φορητοί κόμβοι ενός δικτύου Mobile Cloud Computing, μπορούν να πραγματοποιήσουν σύνδεση με άλλους φορητούς, ακόμα και σταθερούς κόμβους σε ενσύρματο δίκτυο, μέσω του Mobile Support Station (MSS), κατά τη διάρκεια της μετακίνησης τους.

* Improving Data portability and interoperability

Το mobile Cloud θα εξυπηρετεί πολλές διαφορετικές συσκευές και ~~μάρκες~~ (λειτουργικά ?) όπως Android, BlackBerry και iPhone, οι οποίες όμως θα έχουν διαφορετικούς αισθητήρες και αναλόγως θα αποθηκεύουν και διαφορετικά δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες. Άρα αφού το mobile Cloud θα πρέπει να επικοινωνεί εκτός από τις διάφορες φορητές συσκευές και με servers μεγάλης κλίμακας και PCs, θα πρέπει να είναι συμβατό με πολλές διαφορετικές συσκευές και λειτουργικά. Παράδειγμα κακής συμβατότητας λογισμικού ήταν η αναβάθμιση των γνωστών iTunes στα Palm Pre smartphones, που απενεργοποίησαν την δυνατότητα του κινητού τα συγχρονίζει τα πολυμέσα του με τα iTunes.

Τα ανοιχτά πρότυπα για το cloud computing θα μπορούσαν να είναι η λύση σε τέτοια προβλήματα, καθώς θα ενσωμάτωναν πολλούς cloud providers για τη δημιουργία μίας ενιαίας διεπαφής. Μία πιθανή λύση για το mobile cloud είναι το Mobile Agent Based Open Cloud Computing Federation (MABOCCF), όπου κώδικας και δεδομένα μεταφέρονται από τη μία συσκευή στην άλλη, μέσω mobile agents. Όταν ο χρήστης ενθυλακώνει κώδικα σε έναν mobile agent θα πρέπει να υπάρχει πληροφορία στην κεφαλή της δομής των δεδομένων που να περιλαμβάνει στοιχεία όπως αν ο αποστολέας είναι ή όχι mobile agent, τους πόρους που απαιτούνται για το συγκεκριμένο task, κώδικα για τον mobile agent και τον κώδικα της εφαρμογής. Ο κάθε mobile agent εκτελείται σε μια εικονική μηχανή που ονομάζεται Mobile Agent Plave (MAP), και οι mobile agents μπορούν να μετακινούνται μεταξύ MAPs, ακόμα και να επικοινωνούν και να διαπραγματεύονται μεταξύ τους, παρέχοντας φορητότητα ανάμεσα σε ετερογενείς παρόχους υπηρεσιών cloud computing.

* Extending battery lifetime

Επειδή μία φορητή συσκευή λειτουργεί με περιορισμένη ενέργεια που περιέχεται στην μπαταρία της, η ενέργεια αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά θέματα, για το Mobile Computing. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να μετρήσουμε την κατανάλωση ενέργειας των φορητών συσκευών, τόσο μέσω του hardware (π.χ. με εργαλεία όπως το PowerScope κ.α.), όσο και από το software (π.χ. βλέποντας τα επίπεδα της μπαταρίας όπως κάνει το PowerSpy στα Windows), το ζήτημα όμως είναι πώς θα μειώσουμε την κατανάλωση αυτή.

Έχουν προταθεί λύσεις βελτίωσης της απόδοσης της επεξεργαστικής ισχύος και της διαχείρισης του δίσκου και της οθόνης, όμως οι λύσεις αυτές απαιτούν αλλαγές στη δομή των φορητών συσκευών και άρα μεγαλύτερο κόστος.

Από τις πιο διαδεδομένες λύσεις είναι η εκφόρτωση μέρους της επεξεργασίας (Computation offloading) από τις φορητές συσκευές που πρακτικά είναι περιορισμένης υπολογιστικής ικανότητας σε servers και άλλα μηχανήματα που διαθέτουν τους απαιτούμενους πόρους, κάτι που είναι αρκετά βολικό με το Cloud και μειώνει το χρόνο εκτέλεσης των εφαρμογών αλλά και την ενεργειακή κατανάλωση. Επίσης η χρήση του MAUI (memory arithmetic unit and interface) που εκτελεί κάποια μέρη των εργασιών των φορητών παιχνιδιών σε servers στο Cloud είναι πολύ αποδοτική στην εξοικονόμηση ενέργειας.

* Improving mobile data storage capacity and processing power

Οι φορητές συσκευές έχουν επίσης περιορισμένη αποθηκευτική δυνατότητα, κάτι που μπορεί να αλλάξει το MCC, όπου μπορεί να αποθηκευτεί τεράστιος όγκος δεδομένων μέσω ασύρματου δικτύου. Παραδείγματα είναι το Amazon Simple Storage Service (Amazon S3), το Image Exchange (όπου οι χρήστες μπορούν να ανεβάζουν φωτογραφίες στο Cloud αμέσως μόλις τις τραβήξουν και να έχουν πρόσβαση από κάθε συσκευή), το . Flickr , το ShoZu και το Facebook. Τέλος ~~με~~ το MCC υποστηρίζει υπηρεσίες data warehousing και συγχρονισμού πολλαπλών εγγράφων online και έτσι ενισχύει τις δυνατότητες του χρήστη μιας απλής φορητής συσκευής κατά πολύ.

* Improving mobile data reliability

Αποθηκεύοντας δεδομένα και εκτελώντας εφαρμογές από στο Cloud βελτιώνουμε πρακτικά την αξιοπιστία των φορητών συσκευών, καθώς για τα δεδομένα και τις εφαρμογές κρατούνται αντίγραφα ασφαλείας σε αρκετούς υπολογιστές. Έτσι μειώνεται η πιθανότητα απώλειας δεδομένων από τις φορητές συσκευές, και μπορούμε να προστατέψουμε και τα πνευματικά δικαιώματα ψηφιακού περιεχομένου από κατάχρηση και μη εξουσιοδοτημένη διανομή (π.χ. βίντεο και μουσική).

* Επίσης από την φύση του, το Mobile Cloud προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα

στους χρήστες φορητών συσκευών :

* Dynamic provisioning

(Δυναμική παροχή πόρων ανάλογα με τη ζήτηση)

* Scalability

(Επεκτασιμότητα)

* Multi-tenancy

(Πολυ–Μίσθωση, δηλαδή ικανότητα συνεργασίας παρόχων και διαμοιρασμού των πηγών τους, για παροχή καλύτερων υπηρεσιών)

* Ease of Integration

(Ευκολία Ενσωμάτωσης υπηρεσιών από διαφορετικούς παρόχους)

**3.4 Προβλήματα και Λύσεις στο Mobile Cloud Computing**

Εκτός από πλεονεκτήματα, το Mobile Cloud Computing αντιμετωπίζει και αρκετά προβλήματα, κυρίως λόγω της ενσωμάτωσης των πεδίων του Mobile Computing και του Cloud Computing (θέματα διαθεσιμότητας και διαλειτουργικότητας) και τεχνικά θέματα (ασφάλειας και δεδομένων)

A. Issues in Mobile Communication Side (Θέματα Επικοινωνίας)

* Low Bandwidth:

Το εύρος ζώνης είναι ένα από τα πιο μεγάλα προβλήματα για το Mobile Cloud Computing, καθώς οι ασύρματοι πόροι για τα ασύρματα δίκτυα είναι πολύ πιο λίγοι σε σχέση με τα παραδοσιακά ενσύρματα δίκτυα.

Μία λύση (σύμφωνα με τους X. Jin και Y. K. Kwok ) για το θέμα αυτό είναι ο διαμοιρασμός του περιορισμένου εύρους ζώνης, συνεργατικά μεταξύ των χρηστών φορητών συσκευών που βρίσκονται στην ίδια περιοχή (π.χ. χώρο εργασίας, σταθμό, γήπεδο) και έχουν πρόσβαση στο ίδιο περιεχόμενο (π.χ. για το διαμοιρασμό ενός αρχείου βίντεο, μπορεί ένας χρήστης να είναι υπεύθυνος για τον ήχο και άλλος για εικόνες, άλλος για υπότιτλους..). Αυτή η λύση όμως εφαρμόζεται μόνο όταν οι χρήστες ενδιαφέρονται για το ίδιο περιεχόμενο και δεν διανέμει το περιεχόμενο ανάλογα με τη συνεισφορά του κάθε χρήστη.

Μία ακόμα καλύτερη λύση (σύμφωνα με τους E. Jung, Y. Wang, I. Prilepov, F. Maker, X. Liu και V. Akella) είναι να καταγράφονται τα χαρακτηριστικά των χρηστών (π.χ. ισχύς σήματος, μπαταρία κ.α.) ανά τακτά χρονικά διαστήματα και οι χρήστες να αποφασίζουν πότε και πόσο (ποιο) μέρος του εύρους ζώνης τους θα αφιερώσουν (π.χ. 10% του περιεχομένου) για να βοηθήσουν έναν άλλο χρήστη να κατεβάσει περιεχόμενο. Το σύστημα υπολογισμού και αποθήκευσης των χαρακτηριστικών των χρηστών θα βρίσκεται στο Cloud και προσφέρει μια πιο εξισορροπημένη σχέση οφελών και ενεργειακών δαπανών

* Availability:

Η διαθεσιμότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών είναι ακόμα πιο σημαντικό και περίπλοκο θέμα στο Mobile Cloud Computing από το Cloud Computing με ενσύρματα δίκτυα. Εδώ οι χρήστες μπορεί να μην μπορούν να συνδεθούν με το Mobile Cloud και για λόγους όπως συμφόρηση κίνησης στο ασύρματο δίκτυο, αστοχίες δικτύου ή έλλειψη σήματος.

Μία λύση (σύμφωνα με τους G. Huerta-Canepa και D. Lee) είναι όταν κάποιος χρήστης έχει πρόβλημα σύνδεσης, να εκτελούμε έναν μηχανισμό αναζήτησης των προβληματικών χρηστών από έναν σταθερό – διαθέσιμο χρήστη και στη συνέχεια ο πάροχος υπηρεσιών για τον χρήστη με το πρόβλημα να γίνεται ένας από τους κοντινούς διαθέσιμους χρήστες, δημιουργώντας έτσι κατά περίπτωση ασύρματα δίκτυα (ad hoc networks). Η λύση αυτή δεν λαμβάνει υπόψη της θέματα κινητικότητας, ικανότητας των φορητών συσκευών και ιδιοτικότητας των γειτονικών συσκευών.

Μία ακόμα καλύτερη λύση (από τους L. Zhang, X. Ding, Z. Wan, M. Gu και X. Y. Li) είναι να επιλέγονται οι γειτονικοί χρήστες που θα λειτουργήσουν ως πάροχοι, με βάση την απόστασή τους από τον χρήστη με το πρόβλημα όπως και να γίνει χρήση κλειδιών κρυπτογράφησης για την προστασία του προσωπικού περιεχομένου, του καναλιού επικοινωνίας και του ελέγχου πρόσβασης.

* Heterogeneity:

Από τη φύση του, το Mobile Cloud Computing χρησιμοποιείται σε αρκετά ετερογενή δίκτυα λόγω της ασύρματης επικοινωνίας που περιλαμβάνεται. Διαφορετικοί φορητοί κόμβοι του δικτύου έχουν πρόσβαση στο Mobile Cloud, μέσω διαφορετικών τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης (όπως WCDMA, GPRS, WiMAX, CDMA2000 και WLAN), των οποίων η σύνδεση θα πρέπει να εξασφαλιστεί, προσφέροντας παράλληλα τις γνωστές υπηρεσίες του Mobile Cloud Computing (συνδεσιμότητα ανά πάσα στιγμή, επεκτασιμότητα ανάλογα με τη ζήτηση του ασύρματου δικτύου και ενεργειακή απόδοση φορητών συσκευών).

Για να λαμβάνουν οι χρήστες του Mobile Cloud Computing ποιότητα σύνδεσης ανάλογη με τις απαιτήσεις και τις εφαρμογές που εκτελούν, έχει προταθεί ένα μοντέλο που εφαρμόζει την τεχνική της ~~Ευφυής~~ Ευφυούς Πρόσβασης σε Ασύρματα Δίκτυα (Intelligent Radio Network Access - IRNA) στο Mobile Cloud. Το IRNA είναι στην πράξη ένα μοντέλο που επιλύει θέματα δυναμικής και ετερογένειας κάποιων διαθέσιμων δικτύων και για την εφαρμογή του στο MCC προτάθηκε μια αρχιτεκτονική διαχείρισης περιεχομένου (context management architecture -CMA) από τους A. Klein, C. Mannweiler, J. Schneider και D. Hans.

B. Issues in Computing Side

* Computing Offloading:- Εκφόρτωση Επεξεργασίας

Η εκφόρτωση μέρους της επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα στις φορητές συσκευές είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Mobile Cloud Computing και συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης και του χρόνου διάρκειας της ζωής της μπαταρίας των συσκευών. Υπάρχουν όμως αρκετά προβλήματα με την αποδοτική και δυναμική εκφόρτωση υπό αλλαγές περιβάλλοντος.

* Offloading in the static environment:

Πειράματα έδειξαν πως η εκφόρτωση δεν είναι πάντα ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για εξοικονόμηση ενέργειας. Η εκφόρτωση κώδικα μικρού μεγέθους (περίπου κάτω από 250KB) για μεταγλώττιση ή η μεταφορά ενός μεγάλου πίνακα για υπολογισμούς (π.χ. 500 Χ 500) μπορεί να καταναλώσει περισσότερη ενέργεια (από ότι αν γίνει τοπικά). Ακόμα οι διαφορετικές τεχνολογίες ασύρματης σύνδεσης καταναλώνουν και διαφορετικά ποσά ενέργειας και υποστηρίζουν διαφορετικούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων. Άρα, είναι σημαντικό ζήτημα για τις φορητές συσκευές να καθορίσουν καθοριστεί αν και ποιο μέρος του κώδικα χρειάζεται να εκφορτωθεί για να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση.

Μία λύση στο πρόβλημα είναι να διαμερίζουμε τα προγράμματα ανάλογα με μια εκτίμηση ενεργειακής κατανάλωσης (επικοινωνίας και επεξεργασίας) πριν την εκτέλεσή του (τους ?). Η βέλτιστη διαμέριση για την εκφόρτωση υπολογίζεται με βάση την αναλογία κόστους επικοινωνίας (που εξαρτάται από το μέγεθος των μεταδιδόμενων δεδομένων και το εύρος ζώνης) και επεξεργασίας (που εξαρτάται από το χρόνο επεξεργασίας).

Το πρόβλημα εδώ είναι πως οι απαιτήσεις από πλευράς επικοινωνίας και χρόνου επεξεργασίας μπορεί να μεταβληθούν από εκτέλεση σε εκτέλεση και άρα οι αποφάσεις για τη διαμέριση του προγράμματος λαμβάνονται δυναμικά. Ωστόσο, οι πιο πολλές μέθοδοι αποφαίνονται για (υποστηρίζουν) τον διαμερισμό του προγράμματος (με βάση τα παραπάνω) πριν την εκτέλεσή του, με αποτέλεσμα μη αποτελεσματική απόδοση στην εκφόρτωση. Για το λόγο αυτό έχει προταθεί και μια μέθοδος που υπολογίζει ένα χρονικό όριο μέσω online στατιστικών και αν η εκτέλεση του κώδικα δεν έχει ολοκληρωθεί ως αυτό το όριο, τότε εκφορτώνεται στον server. Η μέθοδος αυτή των C. Xian, Y. H. Lu και Z. Li, δεν χρειάζεται να υπολογίζει τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης και εξοικονομεί έως και 17% περισσότερη ενέργεια.

* Offloading in the Dynamic Environment:

Η εκφόρτωση εκτός από τα παραπάνω θέματα μπορεί να γίνεται και σε δυναμικές συνθήκες δικτύου όπως είναι η αλλαγή κατάστασης σύνδεσης και εύρους ζώνης. Οι αλλαγές περιβάλλοντος αυτές μπορούν να προκαλέσουν επιπλέον προβλήματα, για παράδειγμα τα μεταδιδόμενα δεδομένα να μην φτάσουν στον προορισμό τους (τον server) ή τα δεδομένα που εκτελούνται στον server να χαθούν όταν επιστρέφουν στον αρχικό αποστολέα τους.

Υπάρχουν αρκετές προσεγγίσεις και γι αυτές τις περιπτώσεις, εδώ όμως θα αναλύσουμε μία μόνο, αλλά από τις πιο πολλά υποσχόμενες μεθόδους. Η μέθοδος MAUI (memory arithmetic unit and interface) των E. Cuervo, A. Balasubramanian, Dae-ki Cho, A. Wolman, S. Saroiu, R. Chandra και P. Bahl διαμερίζει δυναμικά μια εφαρμογή κατά την εκτέλεση και μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη :

Πρώτα δημιουργεί δύο εκδόσεις της εφαρμογής, μία για εκτέλεση τοπικά στη φορητή συσκευή και μία για απομακρυσμένη εκτέλεση στο Cloud. Το MAUI είναι σχεδιασμένο να δημιουργεί και να εκτελεί κώδικα ακόμα και στην αρχιτεκτονική των smatphones που συνήθως είναι διαφορετική από τη συνηθισμένη αρχιτεκτονική των desktop and (και των) servers. Χαρακτηρίζεται λοιπόν από φορητότητα κώδικα.

Στη συνέχεια αναγνωρίζει ποια μέρη (συναρτήσεις) της εφαρμογής μπορούν να εξαχθούν με ασφάλεια και δεν σχετίζονται με διεργασίες της συσκευής (όπως κώδικας που σχετίζεται με τη διεπαφή χρήστη της εφαρμογής, ή με αλληλεπίδραση με συσκευές εισόδου εξόδου με τη φορητή συσκευή ή που να επηρεάζει κάποιο στοιχείο με την επανεκτέλεσή του) και αποθηκεύει την αντίστοιχη κατάσταση της μεθόδου.

Τέλος, το MAUI χαρακτηρίζει κάθε συνάρτηση της εφαρμογής και καθορίζει το κόστος της επικοινωνίας σειριακά, ~~της~~ ανάλογα με την κατάσταση που δόθηκε στο προηγούμενο βήμα. Έτσι συνδυάζει το κόστος επικοινωνίας, το κόστος ενεργειακής κατανάλωσης της φορητής συσκευής και τις συνθήκες δικτύου (εύρος ζώνης και καθυστέρηση) κατά το χρόνο εκτέλεσης για να συντάξει μια έκφραση γραμμικού προγραμματισμού. Χάρη στη σειριακή κατάταξη των συναρτήσεων, ο διαμερισμός της εφαρμογής στο MAUI είναι ιδιαίτερα δυναμικός και μπορεί να μεγιστοποιήσει την εξοικονόμηση ενέργειας από εκφόρτωση ενώ ελαχιστοποιεί τις αλλαγές που απαιτούνται στον κώδικα.

* Security:

Όπως και στο απλό Cloud, έτσι και στο Mobile Cloud η ασφάλεια και τα θέματα διαχείρισης δεδομένων είναι από τα πιο σημαντικά ζητήματα. Χωρίζουμε λοιπόν γενικώς τα θέματα ασφάλειας σε αυτές τις κατηγορίες και προτείνουμε κάποιες λύσεις.

* Security for Mobile Users:

* Security for mobile applications:

Οι φορητές συσκευές είναι και αυτές ευάλωτες σε επιθέσεις κακόβουλου και ιομορφικού λογισμικού. Όμως, λόγω των περιορισμένων υλικών δυνατοτήτων τους (επεξεργαστική ισχύς, μνήμη) η προστασία τους με αντίστοιχα λογισμικά αντιμετώπισης κακόβουλου λογισμικού (antivirus) είναι πιο δύσκολη σε σύγκριση με πιο ισχυρά μηχανήματα (όπως ένα PC). Γι αυτό το λόγο έχει προταθεί η μεταφορά της διαδικασίας ανίχνευσης στο Cloud.

Στην ουσία μπορούμε να επεκτείνουμε ένα ήδη υπάρχον antivirus σύστημα σε Cloud, ώστε να προστατεύει και φορητές συσκευές. Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από μία διεργασία - πράκτορα~~ς~~ που είναι ελαφριά (σε απαιτήσεις) και ρόλος της είναι να επιθεωρεί τη δραστηριότητα των αρχείων στη φορητή συσκευή. Εάν βρεθεί κάποιο αρχείο άγνωστης ταυτότητας και δεν ανήκει σε αρχεία που έχουν ελεγχθεί προηγουμένως, τότε το στέλνει στην υπηρεσία δικτύου του Cloud για έλεγχο. Μία υπηρεσία δικτύου που πραγματοποιεί τον έλεγχο των αρχείων και καθορίζει αν αυτά είναι κακόβουλα.

Με αυτό τον τρόπο μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα πολλά διαφορετικά λογισμικά αντιμετώπισης κακόβουλου λογισμικού παράλληλα σε εικονικά περιβάλλοντα, με την προϋπόθεση πως τα υποστηρίζει και η διεργασία - πράκτορας.

* Privacy:

Οι φορητές συσκευές στις μέρες μας, όπως τα GPS και τα κινητά τηλέφωνα, χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο υπηρεσίες με βάση την τοποθεσία του χρήστη (location based services - LBS), κάτι όμως που αποτελεί προσωπικό δεδομένο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναντίον των χρηστών.

Για το λόγο αυτό έχει προταθεί (από τους H. Zhangwei και X. Mingjun) ο λεγόμενος εξυπηρετητής αξιόπιστης τοποθεσίας (Location trusted server -LTS), ο οποίος διαμεσολαβεί στην επικοινωνία της φορητής συσκευής και του server των υπηρεσιών LBS, καθώς όταν λαμβάνει την τοποθεσία ενός χρήστη, την αποθηκεύει σε μία "κρυμμένη περιοχή" και στέλνει αυτή την πληροφορία στον LBS server. Έχει προταθεί η "κρυμμένη περιοχή" να αποθηκεύεται στις ίδιες τις φορητές συσκευές για να είναι ακόμα πιο δύσκολο να αποκαλυφθεί η τοποθεσία ή τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών.

* Securing Data on Clouds:

Παρόλο που η αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων στο Cloud, έχει ωφελήσει τους προγραμματιστές και τους χρήστες του Mobile Cloud αρκετά, ~~έχουν~~ έχει όμως και ως αποτέλεσμα να προκύψουν θέματα ακεραιότητας, ελέγχου ταυτότητας και ψηφιακών δεδομένων.

* Integrity:

Η ακεραιότητα των δεδομένων ήταν πάντα ένα σημαντικό θέμα για τους χρήστες του Cloud. Στο Mobile Cloud όμως, έπρεπε να βρεθεί ένας μηχανισμός διασφάλισής της, που να μην έχει πολλές απαιτήσεις από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας στη φορητή συσκευή. Η λύση δόθηκε από το μοντέλο των W. Itani, A. Kayssi, και A. Chehab, όπου στα αρχεία αποδίδεται πρώτα ένας κωδικός αναγνώρισης μηνύματος τοπικά στη φορητή συσκευή πριν την αποστολή του στο Cloud και στη συνέχεια άλλος ένας από μια έμπιστη τρίτη οντότητα (trusted crypto coprocessor -TCC). Οπότε για τον έλεγχο της ακεραιότητας του αρχείου, από την πλευρά της φορητής συσκευής το μόνο που απαιτείται είναι η σύγκριση των κωδικών για την αναγνώριση του αρχείου και η πραγματική σύγκριση των αρχείων και επαλήθευση της ακεραιότητας γίνεται από την έμπιστη τρίτη οντότητα.

* Authentication:

Ο έλεγχος ταυτότητας είναι αρκετά σημαντικό θέμα για τις φορητές συσκευές, καθώς εκτός από το ενδεχόμενο κλοπής τους (όπου τότε ο ληστής πιθανώς να είχε πρόσβαση και στο περιεχόμενο στο Cloud εκτός αν κάποιος τον εμποδίσει), οι φορητές συσκευές συνήθως φιλοξενούν εφαρμογές που έχουν πρόσβαση σε προσωπικά ή και ευαίσθητα δεδομένα (όπως εφαρμογές e-Health). Για τον πιο ολοκληρωμένο έλεγχο ταυτότητας στο MCC, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο της έμμεσης αυθεντικοποίησης (implicit authentication) και την πλατφόρμα TrustCube.

Η έμμεση αυθεντικοποίηση είναι μια μέθοδος αυθεντικοποίησης του χρήστη φορητής συσκευής με βάση κάποια πληροφορία που ξέρουμε για εκείνον από την ίδια τη συσκευή και τις συνήθειές του, αντί για το συνηθισμένο τρόπο, με κωδικό πρόσβασης. Για παράδειγμα μπορούμε να αυθεντικοποιήσουμε τον χρήστη με βάση τις κλήσεις ή τα μηνύματα (SMS) που στέλνει ή λαμβάνει (αν πρόκειται για κινητό τηλέφωνο), τις ιστοσελίδες που επισκέπτεται ή την τοποθεσία του.

Το TrustCube είναι μια πλατφόρμα ελέγχου ταυτότητας για το Cloud με διάφορες πολιτικές αυθεντικοποίησης (στην προκειμένη περίπτωση περιλαμβάνει και τις παραπάνω πολιτικές έμμεσης αυθεντικοποίησης). Όταν στέλνεται ένα αίτημα πρόσβασης στον server, αυτό επανακατευθύνεται στο Integrated Authenticated (IA) Service του TrustCube, ο οποίος ανακτά την πολιτική πρόσβασης του αιτήματος, εξάγει την πληροφορία που χρειάζεται για την αυθεντικοποίηση (από το αίτημα) και στέλνει νέο αίτημα για έλεγχο ταυτότητας μέσω του trusted network connect (TNC) πρωτοκόλλου στον Integrated Authenticated (IA) Server του TrustCube. Το αποτέλεσμα της αυθεντικοποίησης αποστέλλεται από την υπηρεσία στον web server, ανάλογα με την απάντηση που θα ληφθεί από τον (IA) Server.

* Digital rights management:

Ένα πρόβλημα που συναντάται και στο MCC είναι η παράνομη διανομή αδόμητου ψηφιακού περιεχομένου (όπως videoς, εικόνας, ήχου και ηλεκτρονικών βιβλίων).

Για το λόγο αυτό, οι P. Zou, C. Wang, Z. Liu και D. Bao προτείνουν το Phosphor, ένα σύστημα διαχείρισης ψηφιακών δικαιωμάτων (digital rights management - DRM) για MCC που λειτουργεί με την κάρτα SIM των κινητών τηλεφώνων. Συγκεκριμένα, η SIM κάρτα που χρησιμοποιεί το Phosphor περιέχει ένα πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιείται για να αποκρυπτογραφήσει τα δεδομένα που λαμβάνει το κινητό (στέλνονται πλέον κρυπτογραφημένα) μέσω του πρωτοκόλλου RTP από το Mobile Cloud.

Το πρόβλημα της λύσης αυτής είναι πως δουλεύει μόνο μέσω της SIM σε κινητά τηλέφωνα και όχι για άλλες φορητές συσκευές όπως Laptops που μπορεί να χρησιμοποιήσει WIFI για να έχει πρόσβαση στο ίδιο περιεχόμενο.

* Enhancing the Efficiency of Data Access:

Με την αύξηση της δημοτικότητας και των παρεχόμενων υπηρεσιών του Cloud, αυξάνεται και η ζήτηση για πρόσβαση στις διάφορες πηγές και δεδομένα (εικόνες, έγγραφα και λοιπά αρχεία) που βρίσκονται αποθηκευμένα στο Cloud. Επιπλέον, το πρόβλημα διαχείρισης των διαθέσιμων πόρων (δηλαδή η αποθήκευση, πρόσβαση και χρήση των πόρων) διογκώνεται στις φορητές συσκευές λόγω χαμηλού εύρους ζώνης, κινητικότητας και περιορισμένων πόρων των συσκευών.

Μία από τις προσεγγίσεις για το πρόβλημα αυτό είναι η χρήση των λεγόμενων υποσύννεφων τσέπης (Pocket Cloudlet). Το Pocket Cloudlet αποθηκεύει σε μόνιμη, μη-πτητική μνήμη (non-volatile memory) της φορητής συσκευής (δηλαδή σε μνήμη που δεν διαγράφεται ακόμα και χωρίς ρεύμα, όπως είναι η flash μνήμη) ένα μέρος ή και ολόκληρες υπηρεσίες του και έτσι αυξάνει την ταχύτητα πρόσβασης στα δεδομένα, βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση και μειώνει το χρόνο αναμονής. Με τη λύση αυτή ωφελούνται τόσο οι χρήστες (οι οποίοι μπορούν να διαλέξουν τον όγκο των δεδομένων που θα αποθηκευτεί στη συσκευή), όσο και οι πάροχοι υπηρεσιών, καθώς μειώνεται η συμφόρηση στο δίκτυο, όμως απαιτείται η (σχετικά ακριβή) μνήμη στη φορητή συσκευή και δεν είναι αποδοτική λύση για πολλές υπηρεσίες στο Cloud αφού ένα μέρος τους μόνο αποθηκεύεται τοπικά .

**3.5 Εφαρμογές Mobile, Mobile Cloud Computing και e-Health**

Το Mobile Cloud Computing έχει πολλές εφαρμογές, μερικές από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω :

* image processing

Εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας, που μπορεί να είναι χρήσιμες στην περίπτωση ενός ταξιδιώτη σε χώρα που δεν γνωρίζει τη γλώσσα και θέλει τη μετάφραση μίας πινακίδας από το δρόμο ή θέλει περιγραφή ενός εκθέματος μουσείου. Έτσι, φωτογραφίζει την πινακίδα ή το έκθεμα και στη συνέχεια, μέσω οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (optical character recognition - OCR) εξάγονται οι λέξεις και μεταφράζονται σε γνωστή γλώσσα. Επίσης, αντί της σύνδεσης σε απομακρυσμένο server μέσω Internet (δηλαδή πρακτικά με χρήση του ακριβού roaming), ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα κατά περίπτωση ασύρματο (ad hoc) δίκτυο με άλλους χρήστες της εφαρμογής από φορητή συσκευή που βρίσκονται κοντά και έτσι, το mobile cloud θα μπορεί να εξάγει το κείμενο και να το μεταφράσει στα αγγλικά.

* natural language processing

Εφαρμογές μετάφρασης γλώσσας χρήσιμες πχ σε ταξιδιώτες, εφαρμογές παραγωγής ομιλίας από κείμενο (Text-to-speech), όταν ένας χρήστης φορητής συσκευής προτιμάει να του διαβάζει η συσκευή του ένα κείμενο, ειδικά στην περίπτωση ατόμων με προβλήματα όρασης.

* crowd computing

Η επεξεργασία και συνένωση πολλών εικόνων και βίντεο από πολλές φορητές συσκευές ώστε να δημιουργηθεί ένα ενιαίο αρχείο που θα καλύπτει το γεγονός που μας ενδιαφέρει από πιο πολλές πλευρές και οπτικές. Δύο σενάρια χρήσης :

* Χαμένο παιδί

Αν χαθεί ένα άτομο (παιδί) κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος πχ σε μια παρέλαση, ένας αστυνομικός μπορεί να σε όλα τα κινητά τηλέφωνα σε μία λογική ακτίνα (πχ 2 μίλια) και να ζητήσει στους χρήστες να ανεβάσουν τις φωτογραφίες που τράβηξαν από το γεγονός στην τελευταία ώρα σε έναν server που έχει πρόσβαση μόνο η Αστυνομία. Έτσι ο αστυνομικός, μαζί με τα συγγενικά πρόσωπα/γονείς του χαμένου ατόμου - παιδιού, μπορεί να ψάξει στις φωτογραφίες αυτές μέσω μιας εφαρμογής στο κινητό του και αφού το αναγνωρίσουν σε μερικές φωτογραφίες (που γνωρίζουν περίπου την ώρα που τραβήχτηκαν), να ξανασμίξουν μαζί του.

* Αντιμετώπιση καταστροφής

Σε περίπτωση μιας φυσικής καταστροφής πολύ μεγάλης κλίμακας, όπως π.χ. ένας σεισμός 9.1 ρίχτερ, οι συνθήκες που θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε είναι περιορισμένο ανθρώπινο δυναμικό, έλλειψη μεταφορικών μέσων, προβλήματα στην επικοινωνία τόσο σε τηλεφωνία όσο και στην υποδομή του Internet και οι προηγούμενοι (διαθέσιμοι) δορυφορικοί χάρτες (google maps, Google Earth) ή γενικά οι χάρτες πλοήγησης και απεικόνισης των κτηρίων θα είναι παρωχημένοι (ελάχιστα κατατοπιστικοί ?), αφού αυτοκινητόδρομοι, γέφυρες, μνημεία και κτήρια θα έχουν τώρα καταρρεύσει. Οι ομάδες αντιμετώπισης καταστροφών θα έχουν ένα πολύ δύσκολο έργο. Για να μπορέσουν να φέρουν εις πέρας αποτελεσματικά αποστολές αναζήτησης και διάσωσης, θα πρέπει να συλλεχθούν νέα δεδομένα από τα κτήρια και τους δρόμους των πόλεων. Αυτό μπορεί να γίνει με χρήση φωτογραφικών μηχανών και φακών GigaPan (πολύ υψηλής ανάλυσης) από τις ομάδες αυτές, ώστε να μπορεί να γίνει ανάλυση μεγάλης περιοχής με λίγες φωτογραφίες και με τη βοήθεια των πολιτών που μπορούν να τραβήξουν φωτογραφίες με τα κινητά τους και στη συνέχεια να τις συλλέξουν σε ένα ενιαίο server για να τις συνθέσουν και να δημιουργηθεί μία ενιαία πανοραμική εικόνα. Έτσι οι ομάδες αντιμετώπισης καταστροφών θα έχουν πιο πλήρη και συνολική εικόνα της κατάστασης της πόλης τώρα που θα έχουν ακριβείς χάρτες.

* sharing GPS/ Internet data

Είναι πιο αποδοτικός ο διαμοιρασμός δεδομένων μεταξύ φορητών συσκευών που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση, μέσω LAN ή peer-to-peer δικτύου. Υπάρχουν παραδείγματα εξοικονόμησης έως και 11% σε ενέργεια από GPS (σε ομάδα 17 πεζοπόρων στον Αρκτικό κύκλο με χρήση Bluetooth), κάτι που εικάζεται πως μπορεί να φτάσει το 40% (σε πολυσύχναστα μέρη όπως pubs, εστιατόρια ή γήπεδα), όπως και σε περιπτώσεις λήψης peer-to-peer αρχείων.

* sensor data applications

Αρκετές φορητές συσκευές στις μέρες μας (κυρίως κινητά τηλέφωνα) περιέχουν αισθητήρες, όπως GPS, μετρητές ταχύτητας και επιτάχυνσης, αισθητήρες φωτός, μικρόφωνο, θερμόμετρο, ρολόι και πυξίδα. Μετρήσεις από τέτοιους αισθητήρες μπορούν να χρονομετρηθούν, να καταγραφούν και να χρησιμοποιηθούν για εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, όπως "υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας τον κόμβων σε ένα μίλι από τη θέση μου" και "ποια είναι είναι η κατανομή των ταχυτήτων των κόμβων μέσα σε μισό μίλι από τον επόμενο αυτοκινητόδρομο στην τρέχουσα πορεία μου". Άλλες σχετικές εφαρμογές είναι αναφορά κίνησης στους δρόμους, χάρτες που απεικονίζουν πληροφορίες από αισθητήρες και παρακολούθηση διαθεσιμότητας δικτύου.

* social networking

Το cloud έχει γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο που βοηθάει τους χρήστες κινητών τηλεφώνων να μοιράζονται φωτογραφίες και βίντεο αλλά και να επισημάνουν φίλους τους σε δημοφιλή κοινωνικά δίκτυα όπως το Twitter και το Facebook. Το MeLog είναι μια εφαρμογή MCC που επιτρέπει στους χρήστες να μοιραστούν τις εμπειρίες τους σε πραγματικό χρόνο (π.χ. σε ταξίδια, ψώνια, και άλλα γεγονότα) μέσω του Cloud και ενός αυτόματου blogging. Οι χρήστες (π.χ. ταξιδιώτες) απολαμβάνουν διάφορες υπηρεσίες Cloud, όπως είναι η καθοδήγηση ταξιδίου, η προβολή χαρτών, η καταγραφή διαδρομής και η αποθήκευση εικόνων και βίντεο.

* Mobile Commerce

Το κινητό εμπόριο (m-commerce) είναι ένα επιχειρηματικό μοντέλο για το εμπόριο, χρησιμοποιώντας κινητές συσκευές. Οι εφαρμογές mcommerce γενικά εκπληρώνουν ορισμένες εργασίες που απαιτούν την κινητικότητα (π.χ., συναλλαγές μέσω κινητού και πληρωμές, μηνύματα, έκδοση εισιτηρίων μέσω κινητών ) και μπορούν να ταξινομηθούν σε μερικές κατηγορίες όπως των οικονομικών, της διαφήμισης και των αγορών. Οι εφαρμογές m-commerce έχουν να αντιμετωπίσουν διάφορες προκλήσεις (όπως χαμηλό εύρος ζώνης δικτύου, υψηλή πολυπλοκότητα ρυθμίσεων των κινητών συσκευών και ασφάλεια). Γι αυτό το λόγο ενσωματώθηκαν στο Cloud Computing περιβάλλον, για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα.

Έχει προταθεί μια 3G πλατφόρμα ηλεκτρονικού εμπορίου με βάση το cloud computing που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα και των δύο (3G δικτύων και Cloud Computing) για να αυξήσει την ταχύτητα επεξεργασίας δεδομένων και να βελτιώσει το επίπεδο ασφάλειας που βασίζεται σε υποδομή δημοσίου κλειδιού (private key infrastructure -PKI) που χρησιμοποιεί σύστημα κρυπτογράφησης για έλεγχο πρόσβασης και προστατεύει την ιδιωτικότητα των χρηστών σχετικά με τα εξαγόμενα δεδομένα.

* Mobile Learning

Η κινητή μάθηση (m-learning) έχει σχεδιαστεί με βάση την ηλεκτρονική μάθηση (e-learning) και την κινητικότητα. Ωστόσο, οι παραδοσιακές m-learning εφαρμογές έχουν περιορισμούς σχετικά με το υψηλό κόστος των συσκευών δικτύου, το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης του δικτύου, καθώς και περιορισμένους εκπαιδευτικούς πόρους. Με την εισαγωγή του Cloud στο m-learning μπορούν να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί καθώς με τον αποθηκευτικό χώρο και την επεξεργαστική ισχύ του Cloud, οι εφαρμογές παρέχουν στους διδασκόμενους πολύ πλουσιότερες υπηρεσίες σχετικά με τον όγκο δεδομένων, την ταχύτητα επεξεργασίας, και τη διάρκεια ζωής της συσκευών.

Συνδυάζοντας το m-learning και το Cloud Computing μπορεί να βελτιωθεί και η ποιότητα της επικοινωνίας μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών, καθώς μέσα από μια ιστοσελίδα βασισμένη στο Google Apps Engine, οι μαθητές επικοινωνούν με τους καθηγητές τους ανά πάσα στιγμή. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να λάβουν πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο των γνώσεων του μαθητή σε κάποιο μαθήμα και μπορούν να απαντήσουν στις ερωτήσεις των μαθητών εγκαίρως.

* Mobile Gaming

Το Κινητό παιχνίδι (m- game) είναι μια αγορά που πιθανόν να παράξει έσοδα για παρόχους υπηρεσιών. Το m- game μπορεί να εκφορτώσει πλήρως τη μηχανή του παιχνιδιού που απαιτεί αρκετούς υπολογιστικούς πόρους (π.χ. γραφικές παραστάσεις) στον Cloud server και οι παίκτες να αλληλεπιδρούν μόνο με τη διεπαφή οθόνης στις συσκευές τους.

Η εκφόρτωση (κώδικα πολυμέσων σε αυτή την περίπτωση) μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια για τις κινητές συσκευές, αυξάνοντας έτσι την ώρα απασχόλησης με το παιχνίδι σε φορητές συσκευές. Στον τομέα αυτόν έχει προταθεί το MAUI (memory arithmetic unit and interface), ένα σύστημα που επιτρέπει την εκφόρτωση κώδικα φορητών συσκευών με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας σε Cloud. Επίσης, ένας αριθμός πειραμάτων διεξήχθηκαν για να αξιολογήσουν την ενέργεια που χρησιμοποιείται για εφαρμογές παιχνιδιών με το δίκτυο 3G και WiFi δίκτυο. Έχει βρεθεί πως είναι πιο αποδοτικό το MAUI να διαμερίζει τον κώδικα της εφαρμογής σε κομμάτια και να εκφορτώνει μόνο κάποια από αυτά, ανάλογα με το κόστος επικοινωνίας του δικτύου και επεξεργασίας στη φορητή συσκευή για να μεγιστοποιηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας.

Επίσης έχει προταθεί ένα νέο m-game στο Cloud, που χρησιμοποιεί μια τεχνική που προσαρμόζει τις παραμέτρους και την απόδοση του παιχνιδιού δυναμικά, ανάλογα με τους περιορισμούς επικοινωνίας και τις απαιτήσεις των παικτών. Η τεχνική αυτή βασίζεται κυρίως στην ιδέα πως αφού δεν χρειάζονται όλα τα αντικείμενα στη λίστα των αντικειμένων που εμφανίζονται στο παιχνίδι, μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των εικονιζόμενων αντικειμένων. Ο στόχος δηλαδή είναι να μεγιστοποιήσουμε την εμπειρία του χρήστη, δεδομένου του κόστους επικοινωνίας και ~~το~~ επεξεργασίας.

* Search Services

Το cloud μπορεί να γίνει αποτελεσματικό εργαλείο για υπηρεσίες αναζήτησης :

* Keyword-based Searching

Έχει προταθεί ένα έξυπνο μοντέλο αναζήτησης (στους servers ενός Cloud) από φορητές συσκευές με χρήση σημασιολογίας. Το μοντέλο αυτό μπορεί να αναλύσει το νόημα μιας λέξης, φράσης, ή μιας σύνθετης πολυ–φράσης και να παράξει γρήγορα τα αποτελέσματα της αναζήτησης. Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί το σύστημα αναζήτησης Dessy που βρίσκει τα δεδομένα ενός χρήστη, τα μεταδεδομένα και σχετικές πληροφορίες, μέσω τοπικής αναζήτησης και στη συνέχεια εφαρμόζει τεχνικές συγχρονισμού.

* Voice-based Searching

Έχει προταθεί μία υπηρεσία αναζήτησης μέσω αναγνώρισης φωνής, στην οποία οι χρήστες φορητών συσκευών απλώς μιλούν στο μικρόφωνο της συσκευής τους αντί να δακτυλογραφούν σε πληκτρολόγια ή οθόνες αφής. Ακόμα στον τομέα αυτόν έχει αναπτυχθεί και το AT&T mashup μοντέλο ομιλίας που χρησιμοποιεί web services και το Cloud Computing για να καλύψει τη ζήτηση σε υπηρεσίες ομιλίας των πελατών. Το μοντέλο αυτό βελτιστοποιεί τη μετάδοση δεδομένων σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, μειώνει την καθυστέρηση, και είναι ευέλικτο στην ενσωμάτωση με άλλες υπηρεσίες.

* Tag-based Searching:

Εχει προταθεί μία τεχνική αναζήτησης φωτογραφιών με βάση οντολογικές και σημασιολογικές ετικέτες. Οι χρήστες κινητών τηλεφώνων μπορούν να αναζητούν τις εικόνες μόνο από παραμέτρους (οντότητες) που καλούνται (tagged) στις εικόνες πριν τις ανεβάσουν στο Cloud. Το Cloud χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την επεξεργασία των εικόνων για συσκευές με περιορισμένους πόρους. Αν και η τρέχουσα υπηρεσία έχει σχεδιαστεί για ιδιωτικό Cloud, στο μέλλον αναμένεται να επεκταθεί και για την αναζήτηση εικόνων σε δημόσιο.

* multimedia search

Στις μέρες μας οι φορητές συσκευές αποθηκεύουν πολλές μορφές πολυμέσων όπως videos, φωτογραφίες και μουσική. Μπορούμε να επιταχύνουμε τις εφαρμογές αναζήτησης ή άλλες εφαρμογές με χρήση του Mobile Cloud. Για παράδειγμα η εφαρμογή Shazam ηχογραφεί ένα τραγούδι για να το αναγνωρίσει (όνομα, καλλιτέχνη και άλλες πληροφορίες) από μία κεντρική βάση δεδομένων, κάτι που θα μπορούσε να επιταχυνθεί με τη βοήθεια κοντινών φορητών συσκευών – κινητών τηλεφώνων.

* Other searching services

Τέλος, υπάρχουν συνεργατικές εφαρμογές Mobile Cloud για ανίχνευση κίνησης στα φανάρια για άτομα με πρόβλημα στην όραση, ένα πρότυπο Cloud για να παρακολούθηση διάφορων σημείων ενός σπιτιού μέσω φορητής συσκευής και έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες που ενσωματώνουν τις υπάρχουσες υπηρεσίες (π.χ., BitTorrent, και Mobile Social Network) στα clouds . Έτσι, μπορούμε να αναγνωρίσουμε ότι το MCC είναι πιθανώς μια επικρατούσα τάση της τεχνολογίας με πολλές εφαρμογές στο κοντινό μέλλον.

**4. QUALITY ISSUES**

**4.1 Εισαγωγή στα Θέματα Ποιότητας**

Όπως έχουμε προαναφέρει, ο όρος quality of service (QoS) αναφέρεται στην ποιότητα των υπηρεσιών του πωλητή ή του παρόχου από πλευράς του επιπέδου των υπηρεσιών που προσφέρονται (υπολογιστικοί πόροι, εφαρμογές), ενώ ο όρος Quality of Experience (QoE) αναφέρεται στην ποιότητα των υπηρεσιών και την ικανοποίηση που λαμβάνει τελικά ο χρήστης. Είναι προφανές πως υπάρχει κενό ανάμεσα στις προσφερόμενες υπηρεσίες και υποδομές του Cloud Provider και στο τελικό αποτέλεσμα των αντίστοιχων υπηρεσιών που φτάνουν στα μάτια των χρηστών. Τους λόγους που συμβαίνει αυτό, καθώς και μεθόδους γεφύρωσης αυτού του χάσματος, θα μελετήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο.

Η μέτρηση της ποιότητας μιας εφαρμογής (είτε είναι web application, είτε e-Health application, είτε Cloud application, είτε Mobile Cloud application), είτε αναφερόμαστε στην ποιότητα από την πλευρά των Cloud Providers και Cloud Vendors, είτε των χρηστών, είναι δύσκολο εγχείρημα, καθώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Η ποιότητα μιας παρεχόμενης εφαρμογής μπορεί να είναι υποκειμενικό ζήτημα καθώς αλλάζει στα μάτια κάθε διαφορετικού χρήστη και κάθε διαφορετικής χρήσης. Ένα Cloud σύστημα μπορεί να το χρησιμοποιούν πολλοί χρήστες και για διαφορετικούς λόγους / εφαρμογές. Άρα θα έχουν και διαφορετικές απαιτήσεις (π.χ. σε υπολογιστικούς πόρους, ή πόρους δικτύου) από το σύστημα αυτό και παρέκκλιση από το επίπεδο των ζητούμενων υπηρεσιών θα έχει και διαφορετικές επιπτώσεις στο έργο του κάθε χρήστη, ακόμα και αν κάποιοι εκτελούν την ίδια εφαρμογή. Αντιθέτως, η ποιότητα της εφαρμογής μπορεί να είναι και αντικειμενικό ζήτημα, καθώς μπορούμε να ορίσουμε συγκεκριμένες μετρικές – δείκτες ποιότητας ειδικά για την εφαρμογή αυτή και το περιβάλλον της, που να περιγράφουν το βαθμό της ποιότητας (όπως ο χρόνος απόκρισης, η διαθεσιμότητα, η ασφάλεια κ.α.).

Οι πάροχοι υπηρεσιών ενός Cloud συστήματος προκειμένου να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στις απαιτήσεις ποιότητας (QoS) των εφαρμογών του Cloud, είναι υποχρεωμένοι να εφαρμόζουν πολιτικές υπερ – τροφοδότησης (over-provisioning), κάτι που γενικώς οδηγεί σε σοβαρή σπατάλη των διαθέσιμων πόρων. Ομοίως, οι πωλητές υπηρεσιών αλλά και οι τελικοί χρήστες επιθυμούν να αποφύγουν αυτό το επιπρόσθετο κόστος αυτής της υπερ – τροφοδοτικής πολιτικής και να πληρώνουν μόνο ανάλογα με τη χρήση που κάνουν, χωρίς να χρειάζεται να κάνουν κράτηση πόρων στατικά εκ των προτέρων. Κατά συνέπεια η κοινότητα των Cloud συστημάτων αναζητά επειγόντως ~~για~~ ευέλικτες και έξυπνες λύσεις διαχείρισης, για την πιο αποδοτική χρήση του Cloud. Ο απώτερος στόχος του κάθε έξυπνου συστήματος διαχείρισης (Cloud συστημάτων) θα πρέπει να είναι η παροχή υπηρεσιών σε ικανοποιητικό επίπεδο ποιότητας, κάτι που δημιουργεί την ανάγκη χρήσης (ή και της καθιέρωσης) της έννοιας του Quality of Experience (QoE).

**4.2 Θέματα Ποιότητας στο Cloud Computing**

Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε το πρόβλημα μέτρησης της ποιότητας σε Cloud συστήματα και θα παρουσιάσουμε μερικές μεθόδους αντιμετώπισης του προβλήματος, για την καλύτερη κατανόησή του.

**1**

Το θέμα της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών ( Quality of Service - QoS) αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας ενός πωλητή υπηρεσιών Cloud, καθώς η αποτυχία παροχής του ζητούμενου επιπέδου υπηρεσιών, μπορεί να αμαυρώσει τη φήμη του , να μειώσει τα έσοδα και τελικά να καταστρέψει την επιχειρηματική του λειτουργία. Επιπλέον, τόσο οι λειτουργικές παράμετροι (όπως ο μέγιστος αποδεκτός χρόνος απόκρισης, ο συντελεστής απόδοσης, το ποσοστό σφάλματος κ.α. ) όσο και οι μη λειτουργικές (όπως η αμεσότητα, η επεκτασιμότητα, η διαθεσιμότητα κ.α.) που συνήθως αναφέρονται στα SLA, έχουν μεταβλητή (σχετική ?) έννοια και σημασία που εξαρτάται από τις περιστάσεις και έτσι η διαχείρισή τους καθίσταται δύσκολη. Επίσης όλες αυτές οι παράμετροι έχουν διαφορετικό αντίκτυπο στην ποιότητα της κάθε εμπλεκόμενης οντότητας με το Cloud (Cloud Provider, Cloud Vendor, τελικός χρήστης).

Εκτός από την εκτίμηση των ικανοτήτων ενός Cloud συστήματος για τη διασφάλιση ενός συγκεκριμένου επίπεδου απόδοσης του συστήματός (με την παροχή εγγυήσεων QoS), είναι επίσης σημαντική και η κατανόηση των προσδοκιών, των εμπειριών και της ικανοποίησης όλων των εμπλεκόμενων οντοτήτων. Επομένως είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός μοντέλου που να εστιάζει ουσιαστικά στην ποιότητα που γίνεται αντιληπτή (δηλαδή στο Quality of Experience – QoE ) από τις εμπλεκόμενες οντότητες. Το μοντέλο αυτό θα πρέπει να εξετάσει και την επιχειρηματική προοπτική (π.χ. το κόστος προκειμένου να επιτευχτεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο αντίληψης) που περιλαμβάνεται στον όρο Quality of Business (QoBiz). Κατά συνέπεια, η διαχείριση των Cloud συστημάτων γίνεται πολυδιάστατο πρόβλημα, λαμβάνοντας υπόψη QoS, QoE και QoBiz θέματα.

Όπως έχουμε ήδη προαναφέρει, το Cloud πρέπει να είναι δυναμικά επεκτάσιμο ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε πελάτη (π.χ. μιας επιχείρησης). Για να αποκτήσει όμως αυτή την ικανότητα το Cloud, προϋποθέτει την δημιουργία αλγορίθμων στους εξής τομείς :

A. Elastic Scalability

Πρώτο βήμα για την (δυναμική) επεκτασιμότητα είναι η ανακάλυψη και η κατάλληλη παρακολούθηση των πόρων. Οι παραδοσιακές τεχνικές παρακολούθησης περιορίζονται σε τοπικά και ομοιογενή αντικείμενα (είτε ξεχωριστά μηχανήματα είτε clusters) και δεν ενδείκνυνται για το Cloud. Υπάρχουν όμως αρκετοί ξένοι (τρίτοι) συλλέκτες στατιστικών στοιχείων για Cloud (όπως τα Rackspace Cloud Monitoring, Nimsoft Monitor, Monitis, Opnet, copperegg RevealCloud) που παρέχουν τέτοιες υπηρεσίες, με τη χρήση των οποίων μπορεί να υπάρξει ενημέρωση για κάποιο αναπάντεχο γεγονός και έτσι, γρηγορότερη αποκατάσταση του προβλήματος. Αφού αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της παρακολούθησης των πόρων (που στην περίπτωση του Cloud περιλαμβάνουν και τους εικονικούς πόρους όπως εικονικά δίκτυα και εφαρμογές), σειρά έχει ο καθορισμός των απαιτήσεων σε QOE από τον Cloud Provider, Cloud Vendor και τους τελικούς χρήστες.

B. QoE Assessment for Cloud Services

Όπως προαναφέρθηκε, ο καθορισμός των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η ποιότητα σε ένα Cloud σύστημα είναι δύσκολο εγχείρημα, καθώς οι παράγοντες αυτοί είναι διαφορετικοί για κάθε οντότητα που σχετίζεται με το σύστημα αυτό (για τον ~~παροχή~~ πάροχο υπηρεσιών, τον πωλητή υπηρεσιών και τον τελικό χρήστη). Παραδοσιακά, τα κριτήρια ποιότητας QOS που αναφέρονται σε ένα SLA είναι ο χρόνος απόκρισης, η καθυστέρηση, η ρυθμαπόδοση, η διαθεσιμότητα κ.α., τα οποία όμως περιγράφουν την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχεται από τον Cloud Provider (τον πάροχο υπηρεσιών που έχει τις υποδομές), στον Cloud Vendor (που προσφέρει τις τελικές υπηρεσίες στον χρήστη). Ωστόσο, η τελική ποιότητα QOE που απολαμβάνει ο χρήστης του Cloud συστήματος, είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτής της ποιότητας QOS, της ποιότητας υπηρεσιών(QOS) που τελικά παρέχει ο πωλητής και της ποιότητας υπηρεσιών (QOS) του Internet.

C. QoE Management & Control

Το πρόγραμμα που είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των πόρων (resource manager) θα πρέπει να έχει ακριβείς και ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση των πόρων σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Επιπλέον, για να γίνει ανακατανομή των διαθέσιμων πόρων σε πραγματικό χρόνο (και να καλυφθούν οι απαιτήσεις σχετικά με το QoE), θα πρέπει να γίνει χρήση ενός λογισμικού Cloud client που θα εκτελείται στους χρήστες ή θα είναι διαμεσολαβητής (middleware), το οποίο θα παίρνει ακριβείς αποφάσεις για την περισσότερη ή λιγότερη ζήτηση των πόρων. Οι αποφάσεις αυτές πρέπει να λαμβάνονται προκαταβολικά της χρήσης εικονικών πόρων για να αντισταθμίσουν "χαμένο" χρόνο όπως αυτόν της προετοιμασίας - ρύθμισης των εικονικών πόρων για χρήση.

Τα σημερινά εργαλεία διαχείρισης Cloud συστημάτων (όπως τα vCloud Director, Abiquo, DynamicOps, Gale Technologies, Platform Computing) μοιράζουν τους πόρους του κάθε Cloud συστήματος στα διάφορα virtual machines, δημιουργώντας πρώτα "δεξαμενές" πόρων και στη συνέχεια, με βάση προκαθορισμένους κανόνες και πολιτικές, μοιράζουν τους πόρους (υπολογιστική ισχύ, μνήμη, αποθηκευτικό χώρο κ.α.). Επίσης, οι πολιτικές κατανομής πόρων είναι στατικές και εκτελούνται μόνο κατά τη διάρκεια της φάσης προετοιμασίας των virtual machines. Τέλος, δεν υπάρχουν ευρέως αποδεκτά πρότυπα ή υλοποιήσεις ανοικτού κώδικα για εφαρμογές διαχείρησης Cloud συστημάτων.

Οι Emmanouil Kafetzakis, Harilaos Koumaras, Michail Alexandros Kourtis και Vaios Koumaras από το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών Δημόκριτος, προτείνουν ένα πολυδιάστατο πλαίσιο για τη μέτρηση της ποιότητας (QOE) στο PaaS και SaaS επίπεδο των υπηρεσιών. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται ένα αφαιρετικό μοντέλο με πολλά επίπεδα, όπου μία συγκεκριμένη μονάδα διαχειρίζεται το IaaS επίπεδο υπηρεσιών με στόχο τη βελτιστοποίηση των PaaS και SaaS επιπέδων. Ο λόγος που επιλέχθηκε το IaaS επίπεδο για την επιβολή της διαχείρισης είναι πως είναι το πιο ευέλικτο, παρέχει έλεγχο του hypervisor των λειτουργικών συστημάτων, του αποθηκευτικού χώρου και των υποδομών δικτύου, ενώ αντίθετα τα PaaS και SaaS επίπεδα παρέχουν έλεγχο μόνο στις ρυθμίσεις του host λειτουργικού (όχι virtualization) και στις εφαρμογές του χρήστη, αντίστοιχα. Οι αποφάσεις για τη βελτιστοποίηση της τελικής παρεχόμενης ποιότητας (QOE) λαμβάνονται με βάση τόσο το QoS του PaaS επιπέδου, όσο και το QoE του επιπέδου και αφορούν την ποιότητα που απολαμβάνει ο τελικός χρήστης, συμπεριλαμβάνοντας το QoBiz.

Η κύρια ιδέα είναι να υπάρχει κεντρική μονάδα διαχείρισης (Central QoE Management System - CQoEMS) η οποία να παρακολουθεί διαρκώς όλα τα services σε κάθε virtual machine, μέσω ανάλογων προγραμμάτων - πρακτόρων (agents), τόσο κατά το στάδιο προετοιμασίας, όσο και στο χρόνο εκτέλεσης.

Η μονάδα διαχείρισης CQoEMS θα παρέχει μεθόδους εξόρυξης δεδομένων και ανάλυσης και θα οργανώνει τους φυσικούς κόμβους σε clusters, όπου θα αναθέτει τον αντίστοιχο φόρτο εργασίας με χρονικά και οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Οι agents προτείνεται να τοποθετηθούν στην υποδομή του Cloud και όχι στην πλευρά του τελικού χρήστη καθώς τότε μπορεί να υπάρξουν λάθος ενδείξεις (π.χ. που μπορεί να οφείλονται σε αστοχίες δικτύου). Έτσι οι agents μπορούν να :

* Αξιολογήσουν το QoE που αναμένουν να βιώσουν οι τελικοί χρήστες
* Εντοπίσουν υποβαθμίσεις ποιότητας που προκαλούνται καθαρά εσωτερικά από το Cloud Computing (π.χ. έλλειψη διαθέσιμων πόρων)
* Εξαλείψουν τις ψευδείς αναφορές για υποβαθμίσεις ποιότητας που προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες (συνήθως πρόβλημα στο δίκτυο ανάμεσα στον χρήστη και το Cloud)

Στην περίπτωση που και πάλι υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στην αναμενόμενη ποιότητα από τους agents και την πραγματική, θα πρέπει να καταφύγουμε στην τοποθέτηση ανιχνευτών στο Cloud από τη πλευρά του χρήστη.

Προτείνεται λοιπόν το πλαίσιο QoE4CLOUD που περιλαμβάνει θέματα ποιότητας από 4 τομείς και τα ενοποιεί (γι αυτό και ονομάζεται multidimensional) :

1)System/ Hardware QOS

2)Network QOS

3)Application QOS

4)Business QOS

Το τελικό αποτέλεσμα για το QOE του χρήστη και η απόφαση για το αν τελικά θα χρησιμοποιήσει το Cloud σύστημα, εξαρτώνται από το πρώτο κριτήριο έως το τέταρτο, με φθίνουσα συνεισφορά .Οι σχέσεις ανάμεσα σε Cloud Provider και Cloud Vendor πρέπει να εκφράζονται σε τεχνικές/επιχειρηματικές συμφωνίες με βάση το QOE του χρήστη.

**2**

Στο Cloud Computing, το επίπεδο υπηρεσιών Software-as-a service (SaaS) υποστηρίζει τη λειτουργία επιμέρους υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις QoS, όπως για παράδειγμα, σε χρόνο απόκρισης, ρυθμαπόδοση, διαθεσιμότητα, ασφάλεια κ.α. .

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε αυτά τα κριτήρια που επηρεάζουν την ποιότητα, καθώς το QoS φαίνεται πως είναι “ευαίσθητο” σε δύο κατηγορίες αρχέτυπων, τα “αρχέτυπα περιβάλλοντος” (Environmental Primitive -EP) και τα “αρχέτυπα έλεγχου” (Control Primitive -CP).

Τα CP (αρχέτυπα έλεγχου) μπορεί να είναι είτε software, είτε hardware και μπορεί να τα διαχειριστεί ο Cloud Provider για την καλύτερη διαχείριση της προσφερόμενης ποιότητας. Τα software CPs περιλαμβάνουν πολιτικές και ρυθμίσεις λογισμικού, όπως ο αριθμός των διαθέσιμων threads και ο χρόνος ζωής τους, ο αριθμός διαθέσιμων των συνδέσεων στη Βάση Δεδομένων και πολιτικές ασφάλειας και εξισορρόπησης φόρτου κ.α. . Τα hardware CPs περιλαμβάνουν υπολογιστικούς πόρους, όπως η υπολογιστική ισχύς, η μνήμη και το εύρος ζώνης. Τα αρχέτυπα αυτά αφορούν το Platform-as-a Service (PaaS) και Infrastructure-as-a Service (IaaS) επίπεδο, αλλά συνήθως οι έρευνες για θέματα ποιότητας επικεντρώνονται σε σενάρια για CPs (και όχι –EP) σχετικά με το hardware και στο Iaas επίπεδο.

Τα EP (αρχέτυπα περιβάλλοντος) σχετίζονται με δυναμικά σενάρια που επηρεάζουν το QoS, αλλά δεν μπορεί να διαχειριστεί ο Cloud Provider ή να ελέγξει τη συμπεριφορά τους. Εδώ περιλαμβάνονται προβλήματα απεριόριστου φόρτου εργασίας ή προβλήματα μη προβλέψιμων ορίων από ληφθέντα δεδομένα κ.α. Γενικά στα αρχέτυπα περιβάλλοντος εντάσσονται σενάρια τα οποία δεν μπορεί να προβλέψει ή να ελέγξει τη συμπεριφορά τους (αλλιώς θεωρούνται CPs).

Με τον όρο “ευαισθησία” του QoS, αναφερόμαστε στις παρακάτω ερωτήσεις :

* Ποια αρχέτυπα (EP, CP) συσχετίζονται με το QoS ?
* Πότε τα αρχέτυπα αυτά επηρεάζουν το QoS ?
* Πώς τα αρχέτυπα αυτά επηρεάζουν την πιθανή παροχή υπηρεσιών (QoS) ?

Πιο αναλυτικά, η μελέτη του QoS στα θέματα που σχετίζονται με την “ευαισθησία” στο δυναμικό εκ φύσεως Cloud, τίθενται τα παρακάτω σημαντικές προκλήσεις :

* QoS granularity: (βαθμός ανάλυσης)

Μία cloud-based εφαρμογή μπορεί να αποτελείται από πολλές διαφορετικές υπηρεσίες, κάθε μία με τις δικές της απαιτήσεις σε QoS . Οι υπάρχουσες εφαρμογές τείνουν να εστιάζουν στη μέση τιμή και να συναθροίζουν το QoS ολόκληρης της εφαρμογής. Τέτοια επιφανειακή ανάλυση όμως χαρακτηρίζεται από περιορισμένη ευαισθησία στις αλλαγές σε QoS των επιμέρους υπηρεσιών και των αρχέτυπων. Γι αυτό το λόγο χρειάζεται περισσότερη ανάλυση σε βάθος για πιο ακριβή και αποτελεσματική προσαρμογή αλλά και στην αντιμετώπιση θεμάτων παρεμβάσεων QoS.

* QoS interferences: (παρεμβάσεις στο QoS)

Υπάρχει περίπτωση, πολλές υπηρεσίες (και αντίστοιχα οι σχετικοί παράγοντες με το QoS τους) να είναι ευαίσθητες στο ίδιο αρχέτυπο και έτσι να δημιουργούνται παρεμβάσεις στο QoS. Παρέμβαση θεωρούμε το γεγονός όταν (το φαινόμενο όπου η) διακύμανση των αρχέτυπων επηρεάζει τις σχετικές υπηρεσίες και με τη σειρά τους και τα αντίστοιχα QoS τους.

Για παράδειγμα, όταν αυξηθεί ο φόρτος εργασίας μιας υπηρεσίας, αυτή θα ζητήσει περισσότερα νήματα (threads) για να επεξεργάζεται περισσότερα αιτήματα ταυτόχρονα. Όμως αυτή η ζήτηση σε threads μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις υπόλοιπες υπηρεσίες που τρέχουν στο ίδιο Virtual Machine, καθώς η διεργασία καταναλώνει διαμοιραζόμενους υπολογιστικούς πόρους.

* Cloud dynamics: (δυναμική του Cloud)

Οι cloud-based εφαρμογές τείνουν να είναι δυναμικές στη φύση τους, καθώς η σύνθεση τους και οι τρόποι ανάπτυξης - εκτέλεσής τους μπορούν να αλλάζουν δυναμικά κατά το χρόνο εκτέλεσης, με τις αλλαγές των απαιτήσεων και του περιβάλλοντός τους. Τέτοιες αλλαγές μπορούν να εισάγουν νέα αρχέτυπα ή να καταργήσουν σταδιακά τα υπάρχοντα αρχέτυπα και να επηρεάζουν τη ζήτηση σε CP (Control Primitive). Ως αποτέλεσμα, το QoS μοντέλο για τα σχετικά με τις υπηρεσίες αρχέτυπα, θα αλλάζει και αυτό.

Οι Tao Chen και Rami Bahsoon προτείνουν ένα αυτο–προσαρμοζόμενο μοντέλο υπολογισμού του QoS για κάθε υπηρεσία (μίας εφαρμογής), που λαμβάνει υπόψη του παράγοντες ευαισθησίας. Η προσέγγιση αυτή προσαρμόζεται στους παράγοντες ευαισθησίας του QoS, καθώς καθορίζει το ποια το πότε και το πως τα (το πότε, το πώς και το ποια) αρχέτυπα συσχετίζονται με το QoS, κατά το χρόνο εκτέλεσης. Το μοντέλο αυτό μπορεί να προβλέπει την ~~επιτευχθέντα~~ (επιτυγχανόμενη ?) ποιότητα (QoS) δοθέντος ενός συνόλου αρχέτυπων και μπορεί να βοηθήσει προσαρμοζόμενα συστήματα στον προσδιορισμό των επαρκών πόρων CPs ώστε να επιτύχουν ορισμένους (συγκεκριμένους ?) στόχους ποιότητας (QoS).

Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιείται ένας πίνακας αρχέτυπων όπου φαίνεται η σχέση κάθε αρχέτυπου με το QoS, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα παρεμβολής. Γίνεται χρήση του μέτρου της συμμετρικής αβεβαιότητας για τον δυναμικό προσδιορισμό του πότε και ποιά αρχέτυπα συσχετίζονται με το QoS και την ανανέωση του πίνακα. Στη συνέχεια εφαρμόζονται τεχνικές μηχανικής μάθησης και παράγονται δυο εναλλακτικά μοντέλα το ένα με Artificial Neural Network (ANN) και το άλλο με Auto-Regressive Moving Average with eXogenous inputs (ARMAX), για τον υπολογισμό του τρόπου που τα αρχέτυπα συσχετίζονται με το QoS (οι δύο τεχνικές αυτές θεωρούνται ανώτερες από μοντέλα κλειστής μορφής όπως τα δίκτυα ουρών).

**3**

Οι Yee Ming Chen και Yi Jen Peng προτείνουν μία τεχνική εξασφάλισης ποιότητας κατά τη δημιουργία mashup Cloud services, με χρήση ενός ευρετικού αλγόριθμου. Ο όρος mashup προέρχεται από τον κλάδο της μουσικής, όταν αναμιγνύονται δείγματα μουσικής από δύο ή περισσότερα τραγούδια, για να παραχθεί ένα νέο κομμάτι. Στην προκειμένη περίπτωση ο όρος αναφέρεται στη δυναμική επιλογή και τον συνδυασμό υπηρεσιών και πόρων του Cloud από τον χρήστη για τη δημιουργία και την προσαρμογή μιας νέας υπηρεσίας.

Η ποιότητα (QoS) των υπηρεσιών που δημιουργούνται εξασφαλίζεται κατά τη συνένωση των επί μέρους υπηρεσιών, καθώς τότε (κατά την συνένωση) ελέγχονται οι περιορισμοί και οι απαιτήσεις ποιότητας (των χρηστών) και επιλέγονται οι υπηρεσίες που ταιριάζουν, με τις ελάχιστες απαιτήσεις σε πόρους. Το λογισμικό δρομολόγησης και συνένωσης των υπηρεσιών μπορεί να ρυθμιστεί από τον χρήστη μέσω ενός API.

Για το πρόβλημα της επιλογής των υπηρεσιών για τη συνένωση με βάση τα κριτήρια ποιότητας (QoS), γίνεται χρήση ενός ευρετικού αλγόριθμου (ο οποίος είναι πιο γρήγορος από αλγόριθμους γραμμικού προγραμματισμού) και προτείνεται το QoS Aware Services Mashup (QASM) μοντέλο που πετυχαίνει ακριβώς αυτές τις εγγυήσεις, όπως και εξισορρόπηση φορτίου στις υπηρεσίες του Cloud περιβάλλοντος.

**4.3 Θέματα Ποιότητας στο e-Health**

**4.3.1 Μέτρηση ποιότητας σε e-Health Συστήματα**

Ήδη από τη δεκαετία του 2000 αυξάνεται η χρήση του Internet ως μέσο πληροφόρησης για θέματα υγείας ~~βρισκόταν σε αύξηση~~ (περίπου 86% των 168 εκατομμύριων ενήλικων Αμερικανών που είχαν πρόσβαση στο διαδίκτυο). Από τότε έχουν εισέλθει πολλοί οργανισμοί και επιχειρήσεις από τον κλάδο της υγείας στο Internet και στις HIT υπηρεσίες για να μειώσουν τα κόστη και να προσφέρουν καλύτερο επίπεδο υπηρεσιών.

Στις μέρες μας, αρκετές έρευνες δείχνουν την ύπαρξη πληροφορίας αμφιβόλου ποιότητας στο Internet, σχετική με την υγεία, πολλές περιπτώσεις απάτης (και παραβίασης ιδιωτικότητας), δυνητικά επικίνδυνους ισχυρισμούς για την υγεία ασθενών (από αναξιόπιστες πηγές) και άρα το ενδεχόμενο να τεθεί η υγεία των αναγνωστών σε κίνδυνο.

Ακόμα και όταν η ποιότητα των δεδομένων είναι ικανοποιητική, αυτά μπορούν να προκαλέσουν αθέλητα κακό ή προβλήματα στους πολίτες για τους εξής λόγους :

* Προβλήματα κατανόησης λόγω μετάφρασης από άλλη γλώσσα
* Δυσκολία ερμηνείας επιστημονικών θεμάτων
* Πρόσβαση στο περιεχόμενο από ακατάλληλο ακροατήριο
* Προβλήματα διαθεσιμότητας ορισμένων προϊόντων ή υπηρεσιών σε διάφορα μέρη του κόσμου
* Μεροληπτική πηγή ή στρέβλωση της πληροφορίας της αρχικής πηγής
* Το ίδιο το περιεχόμενο ( εναλλακτική ιατρική - παραϊατρική )

Στις μέρες μας, έχουν γίνει πολλές απόπειρες προτυποποίησης της ποιότητας και των ηθικών προδιαγραφών (προδιαγραφών ηθικής/δεοντολογίας ?) για τα δεδομένα υγείας στο Internet, οι πιο σημαντικές ίσως είναι :

1.eHealth Code of Ethics

2.Health Internet Ethics (Hi-Ethics)

3.URAC Health Web Site Accreditation Program

4.MedPICS Certification and Rating of Trustworthy and Assessed Health Information on the Net (MedCERTAIN)

5.TNO Quality Medical Information and Communication (QMIC)

6.HON (Health On the Net) Code

7.EC (European Community) Quality Criteria for Health-related Websites

8.Organizing Medical Networked Information (OMNI)

9.DISCERN

10.American Medical Association (AMA): Guidelines for Medical and Health Information Sites on the Internet: Principles Governing AMA Web Sites

11.British Healthcare Internet Association (BHIA): Quality Standards for Medical Publishing on the Web

12.The Health Summit Working Group-Criteria for Assessing the Quality of Health Information on the Internet: IQ Tool (HSWG IQ Tool)

13.The International Federation of Pharmaceutical Manufacturers Associations (IFPMA) Code of Marketin

Σε σχετική έρευνα του World Health Organization, οι παραπάνω πρωτοβουλίες προτυποποίησης έθεσαν κάποια βασικά κριτήρια, όπως η ειλικρίνεια, η ιδιωτικότητα, η εμπιστευτικότητα, η ακρίβεια, η εγκυρότητα (χρονικά), η προέλευση, η συναίνεση, η δημοσιοποίηση και η λογοδοσία για το κάθε υπό εξέταση σύστημα. Ακόμα υπάρχουν τρεις βασικοί μηχανισμοί αξιολόγησης :

* Κώδικες δεοντολογίας/ ηθικής

Όλες οι πρωτοβουλίες προτυποποίησης ασχολούνται με αυτό, απλώς το περιγράφουν διαφορετικά. Όσοι Ιστοχώροι επιθυμούν, μπορούν να υποβληθούν σε έλεγχο από κάποιο οργανισμό προτυποποίησης και να αναγράψουν τα αποτελέσματα στη σελίδα τους.

* Πιστοποίηση τρίτου ατόμου

Γίνεται με πληρωμή σε κάποια εξουσιοδοτημένη εταιρεία που επαληθεύει την τήρηση ενός συνόλου προτύπων

* Αξιολόγηση με εργαλεία

Γίνεται συνήθως με προκαθορισμένο ερωτηματολόγιο στο οποίο υπολογίζεται το αποτέλεσμα του εξεταζόμενου ιστοχώρου. Συνήθως προορίζεται για χρήση από τους πολίτες για να αξιολογήσουν οι ίδιοι την ποιότητα του ιστοχώρου.

Τελικά όμως, η εφαρμογή των διαφόρων προτύπων ποιότητας επιβαρύνει και κουράζει τους πολίτες και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και δεδομένων υγείας. Εν τέλει, η ποιότητα των δεδομένων υγείας που σχετίζονται με το e-Health είναι ιδιαίτερα σημαντικό θέμα (καθώς λόγω της προσβασιμότητάς τους, μπορούν να επηρεάσουν μεγάλο αριθμό ατόμων) και θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα σε εθνικό ή παγκόσμιο επίπεδο. Η δημιουργία κρατικών μηχανισμών θα διευκολύνει το έργο των πολιτών να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της ποιότητας των δεδομένων υγείας, ενώ η δημιουργία παγκόσμιων προτύπων θα βοηθήσει να μορφωθούν εκπαιδευτούν και χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου. Για το λόγο αυτό υπάρχει ανάγκη για έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων υγείας παγκοσμίως από κάποιον "ηγετικό" οργανισμό υγείας.

**4.3.2 HIPAA και HITECH**

Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής έχει θεσπιστεί ο (νόμος) Health Insurance Portability and Accountability Act – HIPAA, με σκοπό την καθιέρωση προτύπων για την προστασία των δεδομένων και υπηρεσιών υγείας (στους διάφορους οργανισμούς υγείας που δημιουργούν αποθηκεύουν και μεταδίδουν δεδομένα υγείας ηλεκτρονικής μορφής). Αργότερα, ως μέρος ενός “πακέτου μέτρων” (American Recovery and Reinvestment Act –ARRA 2009), δημιουργήθηκε το Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act – HITECH, το οποίο επιφέρει (καθιερώνει ?) πρόσθετα πρότυπα συμμόρφωσης στους οργανισμούς υγείας και απαιτεί την εφαρμογή μέτρων για ουσιαστική χρήση μηχανισμών εμπιστευτικότητας, ακεραιότητας και διαθεσιμότητας των υπό προστασία δεδομένων.

Τόσο το HIPAA όσο και το HITECH όμως, δεν επιφέρουν (επιβάλλουν)ουσιαστικά μέτρα στο κομμάτι της ποιότητας των δεδομένων. Συμμόρφωση με τους κανονισμούς για τη μορφή των δεδομένων του HIPAA συνεπάγεται πως ο μορφότυπος, το μήκος και η σειρά σε κάποια συναλλαγή δεδομένων θα είναι συνεπή, πράγμα που σημαίνει και την καλή και εύκολη επικοινωνία των δύο μερών. Όμως, δεν διασφαλίζεται πως τα δεδομένα είναι σωστά (ακριβή) ή κατανοήσιμα. Έτσι, ακόμα δεν υπάρχει κάποιο νομικό πλαίσιο που να περιορίζει το περιεχόμενο των διάφορων ιστοχώρων στον κλάδο της υγείας ή το περιεχόμενο των διάφορων e-Helth Cloud συστημάτων.

**4.3.3 Μέτρηση ποιότητας στο e-Health Cloud**

Όπως αναφέρθηκε, η επεκτασιμότητα είναι σημαντικό χαρακτηριστικό για τα Cloud συστήματα, ειδικά όταν πρέπει να τηρηθούν κάποιες προδιαγραφές σχετικά με το quality of service.

Συγκεκριμένα για τα e-Health Cloud συστήματα, οι Jordi Vilaplana, Francesc Solsona, Francesc Abella, Rosa Filgueira και Josep Rius πρότειναν ένα τρόπο μέτρησης του QOS με βάση το χρόνο αναμονής (για τις υπηρεσίες που μπορεί να χρησιμοποιηθεί) για να δοθούν εγγυήσεις ποιότητας στους χρήστες.

Για τη μέτρηση της επίδοσης της παρεχόμενης ποιότητας συχνά απαιτείται ο υπολογισμός του χρόνου απόκρισης του συστήματος, της πιθανότητας αποκλεισμού μιας διεργασίας, της πιθανότητας άμεσης εξυπηρέτησης, και του υπολογισμού του μέσου αριθμού των εργασιών στο σύστημα, τα οποία μπορούν να υπολογιστούν με χρήση της θεωρίας ουρών αναμονής εργασιών.

Η θεωρία των ουρών δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην ανάλυση ποιότητας στο Cloud Computing, στις εξής τρεις περιπτώσεις :

* Όταν ο αριθμός των servers είναι πολύ μεγάλος (αυτό αφορά συστήματα Cloud που απαρτίζονται από εκατοντάδες χιλιάδες κόμβους)
* Όταν η κατανομή των χρόνων εξυπηρέτησης δεν είναι γνωστή και δεν ακολουθεί κατανομές πιθανότητας “βολικές για μελέτη”, όπως η εκθετική κατανομή .
* Όταν η ένταση της κίνησης ποικίλλει σε εξαιρετικά ευρύ φάσμα. Τα Cloud centres πρέπει να παρέχουν την αναμενόμενη QoS σε ευρέως μεταβαλλόμενα φορτία, (λόγω της δυναμικής φύσης του Cloud), άρα οι περίοδοι αιχμής φόρτου, δεν μοντελοποιούνται καλά (ικανοποιητικά) με τα συστήματα ουρών.

Για τους σκοπούς της μέτρησης ποιότητας, χρησιμοποιήθηκε το OpenStack, που είναι εργαλείο ανοιχτού λογισμικού που παρέχει ένα μαζικά επεκτάσιμο πλαίσιο για δημιουργία ιδιωτικών και δημόσιων Clouds. Το OpenStack όμως ξεπερνάει τη λειτουργικότητα απλών hypervisors (όπως τα VirtualBox, Xen και VMware ), καθώς προφέρει εργαλεία για τη δυναμική διαχείριση των virtual machines (και άλλων υπολογιστικών πόρων) και έτσι μπορεί να εγγυηθεί καλύτερο QoS σε περιόδους αιχμής ~~της κυκλοφορίας~~, όταν ο ρυθμός άφιξης των αιτήσεων (requests) που πρέπει να εξυπηρετηθούν αυξάνει. Έτσι διασφαλίζεται πως ο αριθμός των virtual machines στο Cloud μπορεί να αυξηθεί όταν οι συνθήκες το απαιτήσουν κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές που παρουσιάζουν μεταβλητότητα στη χρήση τους.

Πιο αναλυτικά, η μοντελοποίηση έγινε για ένα ιδιωτικό Cloud ενός οργανισμού υγείας/ιδρύματος και στόχευε σε SaaS υπηρεσίες που προσφερόντουσαν στα μέλη του οργανισμού, τους ιατρούς και τους ασθενείς. Μοντελοποιείται η περίπτωση όπου ο πάροχος υπηρεσιών εκτελεί αιτήματα υπηρεσιών (service requests) από έναν πελάτη με δεδομένα QoS και χρέωση από το SLA. Οι αιτήσεις που έρχονται στο σύστημα μέσω του web, περνάνε πρώτα από έναν scheduler και στη συνέχεια με First Come First Served (FCFS) τρόπο στέλνονται στους servers, των οποίων την ευθύνη διαχείρισης (μαζί και με τα virtual machines) έχει το OpenStack.

Υπάρχουν τρία είδη servers :

* Primary servers:

Αυτοί οι servers κάνουν την περισσότερη επεξεργασία, πρακτικά είναι virtual machines που τρέχουν multithreading applications.

* Specific Servers:

Virtual machines που κάνουν συγκεκριμένο έργο όπως διαχείριση ~~του~~ της επικοινωνίας με το web, με τη Βάση δεδομένων και των (τους) Servers

* Control Server:

Virtual machine που διαχειρίζεται την κατάσταση ολόκληρου του συστήματος, δημιουργεί και καταστρέφει virtual machines δυναμικά.

Η βασική αρχή του μοντέλου λοιπόν είναι η εξής:

Προτείνεται η χρήση δυο ουρών (queues), η μία πριν από τους Primary servers και η άλλη μετά από τους Specific Servers και πριν από τη Βάση Δεδομένων, όπου οι αιτήσεις των χρηστών εισέρχονται στο σύστημα από την πρώτη ουρά και στη συνέχεια εισέρχονται στη δεύτερη ουρά με πιθανότητα d (γιατί μπορεί κάποιο αίτημα να μην θέλει πρόσβαση στη βάση, οπότε τότε θα έχει 1 – d πιθανότητα το αίτημα να φύγει από το σύστημα χωρίς να περάσει από την δεύτερη ουρά). Με αυτό τον τρόπο μοντελοποιείται ένα σύστημα όπου κάθε χρήστης απαιτεί μια υπολογιστική διαδικασία και υπάρχει πιθανότητα d να ζητήσει και πρόσβαση στη Βάση Δεδομένων.

Οι ουρές είναι τύπου M/M/m , όπου m ο αριθμός των servers, οι αφίξεις εκφράζονται με κατανομή Poisson και ο χρόνος εξυπηρέτησης είναι εκθετικά κατανεμημένος. Σε αυτή την περίπτωση η σειριακή σύνδεση των δύο ουρών (χωρίς κύκλους) είναι ανεξάρτητη μεταξύ τους και έτσι οι δύο ουρές μπορούν να αναλυθούν ξεχωριστά (σχηματίζουν ένα ανοιχτό δίκτυο Jackson).

Όπως είπαμε το QOS εδώ μετριέται με βάση το χρόνο αναμονής W, ο οποίος υπολογίστηκε W= Nw ∕ λ , όπου λ η μέση άφιξη αιτήσεων και Nw = [ p0 (m ρ)m /m!] [ρ / (1- ρ)2] , όπου pi η πιθανότητα το σύστημα να έχει ακριβώς i λύσεις και ρ είναι ο βαθμός χρήσης δηλαδή ρ = λ / m μ , όπου μ είναι ο ρυθμός εξυπηρέτησης ανά server.

Τέλος, υπολογίζοντας ένα Wmin και ένα Wmax με βάση τις παρατηρήσεις στο χρόνο που χρειαζόταν σε χρήστες να γράφουυν στο πληκτρολόγιο, υπολογίστηκε πως

Wmin = 150ms και Wmax = 750ms. Άρα τελικά αν ο μέσος χρόνος αναμονής του συστήματος είναι πάνω από Wmax ( 750ms), το σύστημα θα πρέπει να δημιουργήσει νέα virtual machines μέχρι το W να επιστρέψει στο όριο του Wmax και αντίστοιχα να απελευθερώσει πόρους στην περίπτωση που πέσει κάτω από το Wmin (150ms).

**4.4 Θέματα Ποιότητας στο Mobile Cloud**

Στο κεφάλαιο αυτό θα επικεντρωθούμε στα Mobile Cloud συστήματα και θα μελετήσουμε εφαρμογές “ context-aware ” με το περιβάλλον των φορητών συσκευών καθώς και τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος της ποιότητας.

1.Context-aware mobile cloud services:

Είναι σημαντικό για τον πάροχο υπηρεσιών Mobile Cloud να κρατάει τους χρήστες του ικανοποιημένους, παρακολουθώντας τις προτιμήσεις τους και παρέχοντας ανάλογες υπηρεσίες σε κάθε χρήστη ξεχωριστά .Έχει δοθεί αρκετό βάρος σε έρευνα που προσπαθεί να αξιοποιήσει τις τοπικές συνθήκες των χρηστών (όπως την κατάσταση δικτύου, το περιβάλλον της συσκευής και τις προτιμήσεις των χρηστών) για να βελτιώσει το quality of service (QoS).

Οι F. A. Samimi, P. K. Mckinley και S. M. Sadjadi προτείνουν ένα μοντέλο, το οποίο ονομάζουν MSC (Mobile Service Clouds), που αποτελεί επέκταση του γενικότερου μοντέλου των Service Clouds. Σ' αυτό το μοντέλο, όταν ένας πελάτης χρησιμοποιεί μία Cloud υπηρεσία, το αντίστοιχο αίτημα του χρήστη πηγαίνει πρώτα σε μια πύλη (gateway) υπηρεσιών, η οποία διαλέγει τον προτιμότερο proxy που πληροί τις απαιτήσεις (π.χ. τη μικρότερη διαδρομή ή τον μικρότερο χρόνο μετάβασης και επιστροφής) και στέλνει το αποτέλεσμα στον χρήστη. Σε περίπτωση διακοπής σύνδεσης, οι MSCs θα καθιερώσουν άλλους παροδικούς proxies για τις φορητές συσκευές, ώστε να παρακολουθούν την ροή την υπηρεσιών με εφαρμογή δυναμικής αναδιαμόρφωσης, με τις ελάχιστες δυνατές διακοπές. Τα πλεονεκτήματα αυτού του μοντέλου είναι πως αντιμετωπίζει το θέμα των διακοπών σύνδεσης και μπορεί να διατηρήσει το QoS σε αποδεκτά επίπεδα.

Οι H. H. La και S. D. Kim προτείνουν ένα μοντέλο που παρέχει φορητές υπηρεσίες με επίγνωση των περιστάσεων (context-aware) βασισμένο σε έναν αλγόριθμο που επιλέγει έναν προσαρμογέα καταστάσεων (adapter). Οι διάφορες περιστάσεις – καταστάσεις στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να είναι το περιβάλλον της φορητής συσκευής, οι διάφορες προτιμήσεις των χρηστών και διάφορες άλλες περιστασιακές μεταβλητές. Ο αλγόριθμος αρχικά καθορίζει τα διάφορα κενά που μπορούν να συμβούν στις δεδομένες περιστάσεις (όπου ως κενό ορίζεται ~~ως~~ το αποτέλεσμα αλλαγών στις περιστάσεις). Στη συνέχεια ο αλγόριθμος καθορίζει τις αιτίες των προαναφερθέντων κενών, από τις κλήσεις των υπηρεσιών, αποθηκεύει τις καταστάσεις τους και καθορίζει έναν προσαρμογέα (adapter) για κάθε κατάσταση. Η σχέση ανάμεσα στην αιτία ενός κενού και του αντίστοιχου προσαρμογέα είναι προκαθορισμένη, οπότε εφαρμόζεται αμέσως η αντίστοιχη διορθωτική κίνηση. Αυτή όμως η τακτική υστερεί σε ευελιξία (καθώς τα άιτια, οι προσαρμογείς και τα κενά είναι προκαθορισμένα στο μοντέλο).

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, οι Panagiotis Papakos, Licia Capra, και David S. Rosenblum, προτείνουν τη χρήση ενός λογισμικού – διαμεσολαβητή (middleware), το VOLARE, ενσωματωμένο στη φορητή συσκευή, που παρακολουθεί τους πόρους και τις περιστάσεις της φορητής συσκευής και έτσι ρυθμίζει δυναμικά τις πιθανές απαιτήσεις των χρηστών.

Όταν ένας χρήστης εκκινεί μία εφαρμογή στη φορητή του συσκευή που απαιτεί κάποια cloud υπηρεσία, το αίτημα αυτό μεταφέρεται στο λειτουργικό σύστημα της φορητής συσκευής πριν σταλεί στη μονάδα αιτημάτων των υπηρεσιών (Service Request Module). Ακόμα, υπάρχουν δύο μονάδες υπεύθυνες για την παρακολούθηση και τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις περιστάσεις και το QoS (Context Monitoring Module και QoS Monitoring Module αντίστοιχα). Επίσης υπάρχει μία μονάδα προσαρμογής (Adaptation Module), που δέχεται τα αιτήματα από τις παραπάνω μονάδες (Service Request, Context Monitoring και QoS Monitoring Module) και αφού τα επεξεργαστεί μπορεί να προσφέρει κατάλληλα αιτήματα, σχετικά με τις περιστάσεις και τα δεδομένα των πόρων της υπηρεσίας αυτής.

Τέλος η μονάδα παρακολούθησης της ποιότητας (QoS Monitoring Module ) πραγματοποιεί τακτικούς ελέγχους και έτσι αν τα επίπεδα του QoS μιας υπηρεσίας είναι χαμηλότερα από το αποδεκτό όριο, θα ειδοποιηθεί η μονάδα αιτημάτων των υπηρεσιών (Service Request Module), ώστε να ανακαλυφθεί μια νέα υπηρεσία που να ικανοποιεί τις νέες απαιτήσεις. Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι πως μπορεί να αναγνωρίζει αυτόματα αλλαγές στις περιστάσεις (contexts) στη φορητή συσκευή μέσω από τις διάφορες ειδικευμένες μονάδες (που προαναφέρθηκαν) και έτσι μπορεί να προσφέρει μια αποτελεσματική διαχείριση των αιτημάτων των υπηρεσιών κατά τον χρόνο εκτέλεσης.

2.Fault-tolerance (FT) for meeting availability requirements

Η ανεκτικότητα σε σφάλματα είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα στο mobile cloud, ίσως σημαντικότερο από ένα από Cloud σύστημα, λόγω της φορητής φύσης των συσκευών, επειδή η κινητικότητα είναι εκ φύσεως επικίνδυνη. Συχνά παρουσιάζονται φαινόμενα αποσύνδεσης λόγω της κινητικότητας των χρηστών, εξάντλησης της ενέργειας της μπαταρίας, απώλειας σήματος δικτύου, αστοχιών υλικού κ.α.

Το Hadoop ανακάμπτει από μια αποτυχία μιας εργασίας με την επανεκτέλεσή της και τον πλεονασμό (Redundancy). Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση αποτυχίας ενός κόμβου, η εργασία αναπαράγεται σε άλλο κόμβο που θεωρείται σταθερός. Η ανάκαμψη είναι πιο αποτελεσματική όταν ο αριθμός των κόμβων είναι μεγαλύτερος.

Οι N. Palmer, R. Kemp, T. Kielmann και H. Bal προτείνουν το Ibis, ένα εργαλείο grid computing που επιτρέπει στους χρήστες φορητών συσκευών να ενσωματώσουν τις φορητές συσκευές τους στο grid περιβάλλον με την ανάλογη υπολογιστική δύναμη. Εδώ η ανεκτικότητα σε σφάλματα επιτυγχάνεται από το μοντέλο παρακολούθησης πόρων του Ibis, το ‘JEL’ που σημαίνει ‘Join, Elect, Leave’που προσφέρει προσαρμοστικότητα στο όλο μοντέλο, καθώς :

* Ενημερώνει το μοντέλο όταν ένας νέος κόμβος συνδέεται με το κατανεμημένο σύστημα και έτσι το προετοιμάζει για την κλιμάκωση (Join λειτουργία)
* Εκλέγει έναν κόμβο στο ρόλο του “συντονιστή” (Elect λειτουργία)
* Ενημερώνει το μοντέλο για την αποσύνδεση ενός κόμβου (είτε είναι από επιλογή είτε από σφάλμα) και ενεργοποιεί μια Elect λειτουργία (Leave λειτουργία)

3. Supporting performance at service level

Για τη βελτίωση της εκλαμβανόμενης ποιότητας υπηρεσιών και εμπειρίας των χρηστών, που μπορεί να μειώνεται λόγω αποσύνδεσης, έχουν προταθεί οι μέθοδοι της προσωρινής αποθήκευσης (caching) και προανάκλησης (prefetching). Με αυτή την προσέγγιση, αυξάνεται ο χρόνος απόκρισης και επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να συνεχίσει την εργασία του για ένα χρονικό διάστημα, ενώ είναι αποσυνδεδεμένος.

Οι K. Elbashir και R. Deters προτείνουν το CRISP, ένα SOAP cache που μπορεί να ενσωματωθεί στη μεριά της εφαρμογής του πελάτη (client side) ή να αναπτυχθεί ως ξεχωριστός proxy.

Οι X. Liu και R. Deters προτείνουν μια τεχνική dual caching, όπου λειτουργούν caches τόσο στον client όσο και στον server και αποθηκεύονται ζευγάρια αιτήσεων και απαντήσεων. Με τη μέθοδο αυτή, ακόμα και αν η επιβάρυνση της αποθήκευσης των ζευγαριών αυτών είναι σημαντική σε βάθος χρόνου, η αύξηση απόδοσης είναι αρκετά σημαντική.

4.Quality of Service

Στο MCC, οι χρήστες των υπηρεσιών πρέπει να έχουν πρόσβαση στους cloud servers όταν θέλουν να κάνουν χρήση μιας εφαρμογής ή κάποιων πόρων. Ωστόσο, μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα όπως συμφόρηση λόγω περιορισμένου εύρους ζώνης του ασύρματου δικτύου, αποσύνδεση από το δίκτυο, ή εξασθένιση σήματος λόγω της κινητικότητας των χρηστών φορητών συσκευών.

Οι B. G. Chun, S. Ihm, P. Maniatis,M. Naik, και A. Patti προτείνουν το CloneCloud, μια προσέγγιση που βελτιώνει την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών (κυρίως την ταχύτητα εκτέλεσης των εφαρμογών) στις φορητές συσκευές, με τη χρήση αντιγράφων – κλώνων του συνόλου των δεδομένων και εφαρμογών, σε κοντινούς υπολογιστές ή data centers . Έτσι, μέρος της εκτέλεσης της εφαρμογής θα γίνεται σε έναν από τους πολλούς δυνατούς κλώνους (που θα φαίνονται σαν πιο ισχυρές φορητές συσκευές) και το τελικό αποτέλεσμα θα ενσωματώνεται στη φορητή συσκευή.

Όπως έχουμε προαναφέρει, ο M. Satyanarayanan έχει προτείνει το μοντέλο των υποσυννέφων (Cloudlets) ως μέθοδο εκφόρτωσης φόρτου εργασίας τοπικά. Με τη μέθοδο αυτή, μπορεί να γίνεται χρήση των Cloudlets, όταν υπάρχει κάποιο διαθέσιμο κοντά και να καλυφθούν οι ανάγκες για ανταποκρίσεις με μικρή καθυστέρηση σε πραγματικό χρόνο ή πρόσβασης στο cloudlet με υψηλό εύρος ζώνης. Οι M. Satyanarayanan, P. Bahl, R. Caceres και N. Davies έχουν αναπτύξει μια αρχιτεκτονική για την εκτέλεση λογισμικού μέσω ενός virtual machine σε ένα κοντινό cloudlet και ενός ασύρματου LAN. Έτσι αντιμετωπίζονται τα γνωστά προβλήματα του MCC, της καθυστέρησης του WAN και του χαμηλού εύρους ζώνης. Υπάρχουν βέβαια και κάποια ζητήματα με αυτή την αρχιτεκτονική όπως το πώς ακριβώς θα γίνει ο διαμοιρασμός του υπολογιστικού φόρτου, αποθηκευτικού χώρου και της ικανότητας δικτύωσης, όπως και θέματα χρέωσης, ασφάλειας κ.α. .

**5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**