



**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)  
στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

## ***ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ***

**«Cloud Computing και Ηλεκτρονική Υγεία με έμφαση  
στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και των  
κινητών εφαρμογών»**

**Γούσιος Στέργιος  
M312002**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)**  
**στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Cloud Computing και Ηλεκτρονική Υγεία με έμφαση  
στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και των  
κινητών εφαρμογών»**

**Γούσιος Στέργιος**

**M312002**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Καστανιά Αναστασία**  
**Εξωτερικός Κριτής: Γκρίτζαλης Δημήτριος**  
**Εξωτερικός Κριτής: Μαλεύρης Νικόλαος**

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014**



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<a href="#"><u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u></a>	.....
---------------------------------	-------

<a href="#"><u>SUMMARY</u></a>	.....
--------------------------------	-------

<a href="#"><u>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</u></a>	.....
--	-------

<a href="#"><u>ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ - ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ - ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ</u></a>	.....
---	-------

<a href="#"><u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u></a>	.....
---------------------------------	-------

<a href="#"><u>ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</u></a>	.....
--	-------

<b>1. <a href="#"><u>ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ</u></a></b>	.....
---	-------

1.1 <a href="#"><u>Χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους</u></a>	.....
--	-------

1.1.1 <a href="#"><u>Ιστορία και Ορισμός του Υπολογιστικού Νέφους</u></a>	.....
---	-------

1.1.2 <a href="#"><u>Πωλητές και Πάροχοι Υπηρεσιών</u></a>	.....
--	-------

1.1.3 <a href="#"><u>Συμβάσεις Παροχής Υπηρεσιών</u></a>	.....
--	-------

1.1.4 <a href="#"><u>Αρχιτεκτονική και υπηρεσίες του Υπολογιστικού Νέφους</u></a>	.....
---	-------

1.1.5 <a href="#"><u>Τρόποι Τιμολόγησης στο Υπολογιστικό Νέφος</u></a>	.....
--	-------

1.1.6 <a href="#"><u>Εικονικοποίηση στο Υπολογιστικό Νέφος</u></a>	.....
--	-------

1.2 <a href="#"><u>Πλεονεκτήματα χρήσης του Υπολογιστικού Νέφους</u></a>	.....
--	-------

1.3 <a href="#"><u>Προβλήματα του Υπολογιστικού Νέφους</u></a>	.....
--	-------

1.4 <a href="#"><u>Ασφάλεια και Απειλές στο Υπολογιστικό Νέφος</u></a>	.....
--	-------

<b>2. <a href="#"><u>ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΓΕΙΑ</u></a></b>	
---	--

2.1 <a href="#"><u>Περιγραφή των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a>	.....
--	-------

2.1.1 <a href="#"><u>Ορισμοί της Ηλεκτρονικής Υγείας</u></a>	.....
--	-------

2.1.2 <a href="#"><u>Συσχετιζόμενα Πρόσωπα με τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας</u></a>	.....
---	-------

2.1.3 <a href="#"><u>Γιατί οι Τεχνολογίες Πληροφοριών Υγείας είναι διαφορετικές</u></a>	.....
---	-------

2.1.4 <a href="#"><u>Οφέλη και εμπόδια των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a>	.....
--	-------

2.2	<a href="#"><u>Το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
2.2.1	<a href="#"><u>Περιγραφή του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
2.2.2	<a href="#"><u>Ασφάλεια στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
2.2.3	<a href="#"><u>Εφαρμογές Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
2.3	<a href="#"><u>Πλεονεκτήματα του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
2.4	<a href="#"><u>Προβλήματα του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
3.	<b><a href="#"><u>ΝΕΦΟΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΓΕΙΑ</u></a></b> .....	
3.1	<a href="#"><u>Εισαγωγή στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....	
3.1.1	<a href="#"><u>Ιστορία και ορισμός Νέφους Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....	
3.1.2	<a href="#"><u>Είδη του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....	
3.1.3	<a href="#"><u>Περιγραφή του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....	
3.2	<a href="#"><u>Νέφος Κινητών Υπηρεσιών και Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας</u></a>	
3.2.1	<a href="#"><u>Πώς συνδέονται το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών και οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας</u></a> .....	
3.2.2	<a href="#"><u>Εφαρμογές και Πλεονεκτήματα των Κινητών Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
3.3	<a href="#"><u>Πλεονεκτήματα Νέφους Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....	
3.4	<a href="#"><u>Προβλήματα και Λύσεις στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....	
3.5	<a href="#"><u>Εφαρμογές Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
4.	<b><a href="#"><u>ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ</u></a></b> .....	
4.1	<a href="#"><u>Εισαγωγή στο Υπολογιστικό Νέφος</u></a> .....	
4.2	<a href="#"><u>Θέματα Ποιότητας στο Υπολογιστικό Νέφος</u></a> .....	
4.3	<a href="#"><u>Θέματα Ποιότητας στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
4.3.1	<a href="#"><u>Μέτρηση Ποιότητας σε συστήματα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....	
4.3.2	<a href="#"><u>Συμβολή των HIPAA και HITECH σε θέματα ποιότητας</u></a> .....	

4.3.3	<a href="#"><u>Μέτρηση Ποιότητας στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας</u></a> .....
4.4	<a href="#"><u>Θέματα Ποιότητας στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών</u></a> .....
4.4.1	<a href="#"><u>Νέφος Κινητών Υπηρεσιών με επίγνωση πλαισίου</u></a> .....
4.4.2	<a href="#"><u>Ανεκτικότητα σε σφάλματα και απαιτήσεις διαθεσιμότητας</u></a> .....
4.4.3	<a href="#"><u>Απόδοση και θέματα ποιότητας σε επίπεδο υπηρεσιών</u></a> .....
4.4.4	<a href="#"><u>Ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών</u></a> .....
5.	<a href="#"><u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ</u></a> .....
6.	<a href="#"><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></a> .....

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) και ειδικότερα την εφαρμογή του στον τομέα των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health), δίνοντας έμφαση στα ζητήματα ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών καθώς επίσης και των Κινητών Υπηρεσιών και των πλεονεκτημάτων τους. Η εργασία περιλαμβάνει τέσσερις βασικές ενότητες :

Στην πρώτη ενότητα γίνεται η περιγραφή του Υπολογιστικού Νέφους και των βασικών εννοιών που σχετίζονται με αυτό, η κατανόηση των οποίων είναι απαραίτητη για τις επόμενες ενότητες. Παρατίθενται δύο ορισμοί του Υπολογιστικού Νέφους, το περιεχόμενο όμως της ενότητας επικεντρώνεται στα βασικά χαρακτηριστικά που το περιγράφουν : Παροχή υπηρεσιών κατ απαίτηση (On-demand self-service), Πρόσβαση στο δίκτυο από κάθε συσκευή (Ubiquitous network access), Ανεξαρτησία τοποθεσίας και Ομοιογένεια (Location independence and homogeneity), Δυναμική Επεκτασιμότητα (Elastically scalable), Μέτρηση Παρεχόμενων Υπηρεσιών (Measured service), Συγκέντρωση και Διαμοιρασμός Πόρων (Resource pooling).

Ακολούθως, γίνεται η διάκριση ανάμεσα στον Πωλητή Υπηρεσιών (Cloud Vendor) και στον Πάροχο Υπηρεσιών (Cloud Provider) και περιγραφή των Συμβάσεων Παροχής Υπηρεσιών (Service Level Agreements), με ειδική αναφορά στα βασικά ζητήματα που οι Συμβάσεις αυτές θα πρέπει να καλύπτουν. Ακολούθως γίνεται αναφορά στα Μοντέλα Υπηρεσιών (Λογισμικό ως Υπηρεσία, Πλατφόρμα ως Υπηρεσία, Υποδομή ως Υπηρεσία κ.α.) και κατηγοριοποίηση του Νέφους με βάση τους χρήστες και τον τρόπο σχεδίασής του (Ιδιωτικό, Δημόσιο, Υβριδικό, Νέφος Κοινότητας και Νέφος Οργανισμού).

Στην ενότητα αυτή γίνεται επίσης αναφορά στους τρόπους τιμολόγησης σε συστήματα Νέφους και στην τεχνική της Εικονικοποίησης (Virtualization). Ακόμα, αναλύονται τα πλεονεκτήματα του Υπολογιστικού Νέφους, τα οποία διακρίνονται σε τεχνικά πλεονεκτήματα και πλεονεκτήματα για τους χρήστες, αλλά και τα προβλήματα χρήσης του. Ειδικά το πρόβλημα της ασφάλειας και των απειλών στο Υπολογιστικό Νέφος, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας του, περιγράφεται αναλυτικά σε σχετική υποενότητα, όπου γίνεται αναφορά στις σχετικές με το Νέφος αρχές ασφάλειας (Εμπιστευτικότητα, Ακεραιότητα, Διαθεσιμότητα, Έλεγχος ταυτότητας, Εξουσιοδοτήσεις και Έλεγχοι) και στα πιο σημαντικά προβλήματα ασφάλειας και τις προτεινόμενες λύσεις τους από την Cloud Security Alliance.



Στη δεύτερη ενότητα, αρχικά γίνεται περιγραφή των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας ή αλλιώς των Τεχνολογιών Πληροφοριών (HIT) και στη συνέχεια περιγράφεται το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας. Πιο αναλυτικά, για τις τεχνολογίες Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, παρουσιάζονται δύο από τους πολλούς υπάρχοντες ορισμούς, οι διάφοροι εμπλεκόμενοι φορείς (όπως είναι διεθνείς φορείς, ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα και εργαστήρια, ο ιδιωτικός τομέας κ.α.) και αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους οι τεχνολογίες αυτές διαφέρουν από τους υπόλοιπους κλάδους των IT, όπως και τα πλεονεκτήματα και τα εμπόδια υιοθέτησής τους.

Γίνεται αναφορά στα Ηλεκτρονικά Μητρώα Υγείας (EHRs) και στα οφέλη τους για τους γιατρούς, τους ασθενείς, τις βοηθητικές υπηρεσίες και τη διαχείριση. Τα εμπόδια υιοθέτησης των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας διακρίνονται σε ηθικά, τεχνολογικά, νομικά, εμπόδια λειτουργίας και οικονομικά εμπόδια. Ειδικότερα για το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, γίνεται περιγραφή της αρχιτεκτονικής του, σε σύγκριση με αυτής του απλού Νέφους, αλλά και αναφορά στα θέματα ασφάλειας (όπως και στη μη αποποίηση ευθύνης και στην ιδιωτικότητα στην υγεία), που λόγω της ευαίσθητης φύσης των δεδομένων υγείας θα πρέπει να είναι αυξημένη σε σχέση με το απλό Υπολογιστικό Νέφος.

Επιπλέον, παρουσιάζονται αρκετές εφαρμογές τόσο των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (όπως οι Ηλεκτρονικοί Ιατρικοί Φάκελοι, τα Ηλεκτρονικά Μητρώα Υγείας, τα συστήματα αρχειοθέτησης εικόνων και επικοινωνίας κ.α.), όσο και του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (όπως Ηλεκτρονικά Μητρώα Υγείας και Ιατρικοί Φάκελοι, Συστήματα διαχείρισης και εξάσκησης ιατρικής και Συστήματα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης, βασισμένα σε υπηρεσίες Νέφους) μαζί με τα πλεονεκτήματα που αυτές προσφέρουν.

Στο τέλος της ενότητας, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (όπως Καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών για τους ασθενείς, Μειωμένα κόστη, Υποστήριξη της έρευνας, Διευκόλυνση κλινικών δοκιμών Διαμόρφωση ειδικών ιατρικών φακέλων κ.α.) καθώς επίσης και τα προβλήματα υιοθέτησης και οι δυσκολίες χρήσης (όπως ανάγκη διαθεσιμότητας δεδομένων και υπηρεσιών, αξιοπιστία δεδομένων / υπηρεσιών, ανάγκη για επεκτασιμότητα και ευελιξία, κυριότητα δεδομένων, ασφάλεια, ιδιωτικότητα, εμπιστοσύνη και ζητήματα ευθύνης, οργανωτική αλλαγή κ.α.).

Στην Τρίτη ενότητα αναλύεται το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών και η χρήση του. Αρχικά δίνεται ο (ίσως πιο ακριβής) ορισμός του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και περιγράφεται η γενική αρχή λειτουργίας του, η οποία διαφέρει από του απλού Νέφους, στο ότι οι χρήστες έχουν στην κατοχή τους φορητές συσκευές, με ότι αυτό συνεπάγεται στη μέθοδο διαμοίρασης των πόρων, την ενέργεια της φορητής συσκευής και την ποιότητα επικοινωνίας με τον εξυπηρετητή.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τρία ξεχωριστά είδη Νέφους Κινητών Υπηρεσιών: 1)Το συνηθισμένο μοντέλο, όπου η φορητή συσκευή λειτουργεί ως απλό τερματικό (thin client) και οι εφαρμογές εκτελούνται αποκλειστικά σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή με πολλούς πόρους, 2)Το μοντέλο Νέφους Κινητών Υπηρεσιών διομότιμου δικτύου (peer-to-peer mobile cloud), όπου συνεισφέρουν κοντινές φορητές ή σταθερές συσκευές στους απαιτούμενους πόρους (εκφόρτωση διεργασιών) και 3)Η προσέγγιση των "υποσυννέφων" (cloudlets) όπου μια φορητή συσκευή εκφορτώνει φόρτο εργασίας σε ένα τοπικό "υποσύννεφο" (το οποίο αποτελείται από αρκετούς υπολογιστές πολλαπλών πυρήνων που έχουν σύνδεση σε απομακρυσμένους εξυπηρετητές Νέφους) και μπορεί να βρίσκεται σε κάποια πολυσύχναστη περιοχή.

Έμφαση δίνεται στα θέματα της εξοικονόμησης ενέργειας, της παροχής κινήτρων συνεργασίας για παροχή πόρων σε συστήματα Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και στο πρόβλημα της τιμολόγησης υπηρεσιών. Ακόμα στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σύνδεση του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, παρουσιάζονται οι λόγοι που το Υπολογιστικό Νέφος μπορεί να ωφελήσει τις φορητές εφαρμογές και αυτές με τη σειρά τους τις εφαρμογές ιατρικού περιεχομένου και επιπλέον δίνονται παραδείγματα τέτοιων συστημάτων.

Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών (όπως Προσφέρει κινητικότητα δικτύου, Συνεισφέρει στην φορητότητα δεδομένων και στη διαλειτουργικότητα, Επεκτείνει την διάρκεια ζωής της μπαταρίας των φορητών συσκευών, Βελτιώνει την ικανότητα αποθήκευσης κινητών δεδομένων και την υπολογιστική ισχύ κ.α.). Τα προβλήματα που εμφανίζονται στο Mobile Cloud Computing και πρέπει να αντιμετωπιστούν, διακρίνονται σε Προβλήματα Επικοινωνίας : Χαμηλό Εύρος Ζώνης, Διαθεσιμότητα και Ετερογένεια και σε Προγραμματιστικά Προβλήματα : Εκφόρτωση Επεξεργασίας (η κατάλληλη αντιμετώπισή της), Ασφάλεια, Αποδοτικότητα της πρόσβασης δεδομένων.

Τέλος, παρουσιάζονται πολλές εφαρμογές του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών, όπως : Εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας, Προγραμματιστικές εφαρμογές πλήθους, Διαμοιρασμός διαδικτυακών δεδομένων και δεδομένων θέσης, Εφαρμογές αισθητήρων, Κοινωνική δικτύωση, Εφαρμογές κινητού εμπορίου, Εφαρμογές κινητής μάθησης, και Εφαρμογές αναζήτησης κ.α..

Στην τέταρτη ενότητα, αναλύεται το ζήτημα της ποιότητας των υπηρεσιών στα προαναφερθέντα είδη Υπολογιστικού Νέφους, και το πως αυτή ποσοτικοποιείται με τους κατάλληλους δείκτες ποιότητας. Αρχικά γίνεται η διάκριση ανάμεσα στους όρους της ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality of Service - QoS) και της αντιληπτής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality of Experience - QoE) και παρουσιάζονται οι λόγοι που η αντιληπτή ποιότητα του κάθε χρήστη μιας εφαρμογής μπορεί να διαφέρει.

Στη συνέχεια αναλύονται ζητήματα σχετικά με τους δείκτες ποιότητας, όπως το ζήτημα της δυναμικής επεκτασιμότητας των πόρων, αναφέρονται κάποια πιο συνηθισμένα κριτήρια ποιότητας (που αναγράφονται σε ένα SLA) και τέλος παρουσιάζονται διάφορες τεχνικές μέτρησης ποιότητας σε συστήματα Υπολογιστικού Νέφους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από τον κακό τρόπο παρουσίασης διαδικτυακής πληροφορίας ιατρικού περιεχομένου και γίνεται λόγος για την Ποιότητα Πληροφορίας (Quality of Information - QoI), δηλαδή την ποιότητα σχετικά με την ακρίβεια, τα προβλήματα κατανόησης, αντικειμενικότητας, φήμης, εγκυρότητας – επικαιρότητας, πληρότητας κ.α., που σχετίζονται με τη λήψη της εν λόγω πληροφορίας.

Ακόμα υπογραμμίζεται η ανάγκη δημιουργίας παγκόσμιων προτύπων καθώς και η ανάγκη ελέγχου της ποιότητας των δεδομένων υγείας παγκοσμίως από κάποιον "ηγετικό" οργανισμό υγείας (κάτι που δεν φαίνεται να καλύπτεται από τα υπάρχοντα πρότυπα όπως το HIPAA) και παρουσιάζεται μια μέθοδος μέτρησης ποιότητας ειδικά για συστήματα Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας.

Τέλος, παρουσιάζονται υπηρεσίες Νέφους Κινητών Υπηρεσιών με επίγνωση πλαισίου (όπως την κατάσταση δικτύου, το περιβάλλον της συσκευής και τις προτιμήσεις των χρηστών), εφαρμογές με ανεκτικότητα σε σφάλματα (όπως είναι τα φαινόμενα αποσύνδεσης, της εξάντλησης της ενέργειας της μπαταρίας, της απώλειας σήματος δικτύου κ.α.) και εφαρμογές που στοχεύουν σε σταθερές αποδόσεις σχετικά με το επίπεδο υπηρεσιών που γίνονται αντιληπτές.

## **SUMMARY**

This thesis provides an overview of Cloud Computing (and its applications on e-Health (or Health Information Technologies) systems, as well as Mobile Cloud Computing systems and the quality issues of Cloud Computing. This thesis is organized as follows:

Section 1 presents the basics of Cloud Computing (including two definitions) and its main characteristics. Since defining the concept of Cloud Computing can be tricky, we outline its key features: On-demand self-service, Ubiquitous network access, Location independence and homogeneity, Elastically scalable, Measured service, Resource pooling.

Thereafter, the section clarifies the distinction between Cloud Vendors and Cloud Providers, and describes the Service Level Agreements (SLAs), noting the key issues that a typical SLA should cover. Following is an analysis of the various Cloud characteristics, Service Models (SaaS, PaaS, PaaS etc) and Deployment Models (Private Cloud, Public Cloud etc).

The section also revises Cloud billing systems (such as the elastic charge or pay as you use, fixed charge and free of charge) and the technique of Virtualization which is commonly used in Cloud systems. In order to further point out the possible uses of a Cloud system, this Section describes both the advantages of using Cloud Computing, divided into Technical Advantages and User Advantages, as well as the disadvantages or problems that may occur because of its use.

Security Issues on Cloud systems are discussed in detail, because of their importance and influence, in a subsection of Section 1, where the basic Security Principles for Cloud systems (such as Confidentiality, Integrity, Availability, Authentication, Authorization, Auditing) and some of the most important security problems and their proposed solutions are presented.

Section 2 firstly provides an overview of Health Information Technology or e-Health and then of e-Health Cloud systems. Regarding e-Health technologies, the section provides two definitions of the term and presents the related (to the e-Health) parties, (such as: international institutions, academic and research institutions and laboratories, the private sector etc.) as well as the reasons that e-Health technologies differ from other IT sectors and the benefits and barriers of its adoption.

Moreover Section 2 presents the advantages of e-Health technologies and Electronic Health Records – EHRs, as well as the barriers of adoption of e-Health technologies. Regarding e-Health Cloud systems, the section provides a description of its architecture, compared to that of the (simple) Cloud system, as well as a report on security issues (with emphasis on non-repudiation and privacy), that deserve the outmost attention, due to health data being sensitive.

Furthermore Section 2 presents several applications of both e-Health technologies (such as the Electronic medical records - EMRs, the Electronic health records - EHRs, the Picture archiving and communication systems, etc.), and the e-Health Cloud (such as Cloud-based EMR and EHR Systems, the Cloud-based medical Practice Management, the Cloud-based ePrescription, the Online storage of Data and Images, the Online Backups, the Mobility Solutions etc.) along with the advantages they offer.

Lastly Section 2 describes the advantages of the use of Cloud in e-Health (such as: Better patient care, Reduced cost, Solve the issue of resources scarcity, Better quality, Support research, Support national security, Support strategic planning, Support financial operations, Facilitate clinical trials, Facilitate forming registries) as well as disadvantages and problems encountered while using the Cloud in e-Health (such as: Availability, Data / Service Reliability, Data Management, Scalability, Flexibility, Data ownership, Security - Privacy - Trust and liability issues, Interoperability, Maintainability, Organizational change, Legislations and standards, Usability and end users experiences).

Section 3 firstly provides a definition of Mobile Cloud Computing (MCC) and presents its main principles, focusing on their differences compared to (simple) Cloud Computing (those being that MCC users are using mobile devices, which impact on the method of resource sharing, their energy consumption rate and the quality of communication with the server).

Thereafter, the section divides MCC in three distinctive categories or models that follow: 1) The most common model, where the mobile device act as a thin client and where applications and services are run exclusively on a remote server with ample resources 2) The peer-to-peer mobile cloud model, in which portable or fixed devices contribute to the resources required from a specific user to run an application (using Computation offloading) 3) The “cloudlets” model, where a portable device offloads workload into a local cloudlet (which consists of several multi-core computers that are remotely connected to cloud servers) and may be located in a crowded area.

The chapter outlines the issues regarding energy consumption problems, motivating users into cooperating and providing resources to the Mobile Cloud system and the problem of pricing (of the services) in the Mobile Cloud. What is more, the chapter emphasizes on the connection between Mobile Cloud Computing and e-Health Cloud Computing, presents the reasons that Cloud Computing, can benefit portable applications and in turn medical applications and provides examples of such Mobile e-Health Cloud systems.

The Advantages of Mobile Cloud Computing may be summed up as follows: Offering Mobility, Improving Data portability and interoperability, Extending battery lifetime, Improving mobile data storage capacity and processing power, Improving mobile data reliability, Dynamic provisioning, Scalability, Multi-tenancy, Ease of Integration. The disadvantages, problems and difficulties we face in Mobile Cloud Computing can be divided into Communication Problems (such as Low Bandwidth, Availability, Heterogeneity) and Programming Problems (such as Computing Offloading, Security, Enhancing the Efficiency of Data Access).

Finally this chapter includes many examples of MCC applications to for various uses such as: image processing, natural language processing, crowd computing, sharing GPS / Internet data, sensor data applications, social networking, Mobile Commerce, Mobile Learning, Mobile Gaming, Search Services.

Section 4 provides an overview on Quality measurement and Quality Issues regarding the aforementioned Cloud systems ("simple" Cloud systems, e-Health Cloud and Mobile Cloud systems). Firstly, outlines the distinction between the two different quality terms of Quality of service (QoS) and Quality of Experience (QoE), making clear that the quality of the offered services and the end user satisfaction depends not only on the quality of services technically offered by Cloud Providers and Cloud Vendors, but also on non-technical factors such as ease of installation and use, on value for money ratio, customer support etc. .

Furthermore, the section analyzes quality measures issues such as the implications of Elastic Scalability on quality issues and presents some of the most common QoS measures (usually listed in an SLA), as well as various quality measuring techniques for Cloud systems. The chapter also reviews the problems that can arise from poor medical content presentation online, and then introduces the term of Quality of Information (QoI), ie quality concerning the accuracy, interpretation or understanding issues, objectivity, trust and source reputation issues, relevance, validity - timeliness, completeness, accessibility issues, etc., concerning such medical information.

Furthermore, the need to establish global standards and to monitor the quality of health data worldwide by a "leading" health organization is underlined and a quality measuring method, especially for e-Health Cloud systems is reviewed. Finally, the presentation of quality measures on Mobile Cloud systems, focuses mainly on: context aware mobile cloud services ( such as network status , the device environment and user preferences ), Fault-tolerance (FT) mechanisms to deal with disconnection problems phenomena , depletion of battery power , network signal loss etc. and techniques for Supporting performance and addressing mobility issues (uch as traffic congestion, network disconnections and signal attenuation ).

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Cloud Computing Overview Model .....σελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Bollineni Pavan Kumar, Neupane Kumar, 2011)

Εικόνα 2: Service Models and Management .....σελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

[No table of figures entries found.](#)

Εικόνα 4: Relation between QoS and QoE .....σελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Kitanov Stojan, Davcev Danco, Shikoska Ustijana Rechkoska, 2012)

Εικόνα 5:Preliminary Factors Associated with QoI Problems on the wwwσελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Klein Barbara D. Klein, 2002)

Εικόνα 6:Cloud System Modeling .....σελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

Εικόνα 7:Two serially connected M/M/m queues .....σελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

Εικόνα 8:Average Number of users in the waiting queue ....σελ. **Error! Bookmark not defined.**

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)



## **ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ**

VPN	Virtual Private Network
AWS	Amazon Web Services
IT	Information Technology
ICT	Information and Communications Technology
TΠΕ	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
QoI	Quality of Information
FT	Fault-tolerance

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη διπλωματική εργασία του Γούσιου Στέργιου στο πλαίσιο του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στα Πληροφοριακά 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-Health, με έμφαση στα θέματα της ποιότητας των παρεχομένων υπηρεσιών αλλά και των mobile εφαρμογών και τα 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 Υπολογιστικού Νέφους (Cloud), τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας (το λεγόμενο e-Health) στη σημερινή του μορφή και το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών (mobile Cloud). Η ανάλυση επικεντρώνεται σε θέματα όπως τα γενικότερα προβλήματα που λύνει το Cloud, αλλά και αυτά της υιοθέτησης του Cloud στο χώρο της υγείας και στις φορητές συσκευές. Επίσης δίνεται έμφαση στα θέματα ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (quality of service) σε σχέση με το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών (mobile Cloud) και το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health Cloud).

Για να φανεί η πρακτική σημασία των προαναφερθέντων θεμάτων και για καλύτερη κατανόηση της λειτουργικότητας που μπορεί να προσφέρει η χρήση του Υπολογιστικού Νέφους, γίνεται παρουσίαση παραδειγμάτων τέτοιων εφαρμογών και των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν στη πράξη.

# 1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ

## 1.1 Χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους

### 1.1.1 Ιστορία και Ορισμός του Υπολογιστικού Νέφους

Η ιδέα του διαμοιρασμού υπολογιστικών πόρων , που είναι και η βασική αρχή των υπηρεσιών Νέφους (Cloud), είχε ήδη ξεκινήσει από τη δεκαετία του 1960, όταν γινόταν λόγος για την αρχή του χρονοδιαμοιρασμού (time-sharing) και για το πως 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 κέντρα δεδομένων (data centers).

Από τότε, τη δεκαετία του 1990 αναπτύχθηκαν τα Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα (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 κέντρων δεδομένων (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 Νεφών (Clouds). Ακολούθησαν το OpenNebula (ανοιχτού λογισμικού για τη δημιουργία ιδιωτικών και υβριδικών Νεφών), λίγο αργότερα το IBM SmartCloud και ακόμα πιο μετά , το Skydrive της Microsoft και το Google Cloud .

Οι υπηρεσίες Νέφους (αφορούν τόσο το υλικό - Hardware όσο και το λογισμικό - 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 στον πελάτη το υλικό το οποίο προσφέρει τις υπηρεσίες) και έτσι οι ιδιώτες και οι επιχειρήσεις είναι ακόμα διστακτικοί ως προς τη χρήση τους.

Αν και είναι δύσκολο να οριστεί ακριβώς το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing), οι περισσότεροι ορισμοί συμφωνούν στα βασικά χαρακτηριστικά που το περιγράφουν. Ακολουθούν δύο ορισμοί, ένας από το Εθνικό Ίδρυμα Προτύπων και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology -NIST, του Σεπτεμβρίου 2011) και ένας από το επιστημονικό άρθρο “Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared” (των Ian Foster, Yong Zhao, Ioan Raicu, Shiyong Lu - 2008)

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.”- Foster Ian , Zhao Yong, Raicu Ioan, Lu Shiyong (2008)*

Σύμφωνα με τους πιο πολλούς συγγραφείς και όπως φαίνεται και από τους πιο πάνω ορισμούς, βασικότερα χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing) είναι:

- Παροχή υπηρεσιών κατ απαίτηση (On-demand self-service)  
(Δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται χρήση των υπηρεσιών Νέφους όταν και όσο υπάρχει ανάγκη – αύξηση/μείωση υπολογιστικών πόρων – και η ζήτηση από το χρήστη γίνεται χωρίς συνδρομή ή ανθρώπινη παρέμβαση)
- Πρόσβαση στο δίκτυο από κάθε συσκευή (Ubiquitous network access)  
(Δηλαδή σχεδόν απεριόριστη πρόσβαση μέσω δικτύου στους διάφορους υπολογιστικούς πόρους /υπηρεσίες και μέσω διαφόρων συσκευών – κινητά τηλέφωνα, laptops, PDAs)

- Ανεξαρτησία τοποθεσίας και Ομοιογένεια (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)
- Δυναμική Επεκτασιμότητα (Elastically scalable)  
(Δηλαδή η διάθεση των πηγών είναι ελαστική , υπάρχει μια μεγάλη πηγή υπολογιστικών πόρων και οι πόροι κατανέμονται από το Νέφος, όσο χρειάζεται ο κάθε πελάτης –π.χ. αυξημένη ζήτηση τα Σαββατοκύριακα)
- Μέτρηση Παρεχόμενων Υπηρεσιών (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)
- Συγκέντρωση και Διαμοιρασμός Πόρων (Resource pooling)  
(Δηλαδή ανάλογα με τη ζήτηση των πελατών, οι διάφορες φυσικές ή εικονικές πηγές που έχουν συγκεντρωθεί, να 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 των υπηρεσιών Νέφους, χωρίς απαραίτητα να έχει δική του υποδομή για υπηρεσίες Νέφους. Συγκεντρώνουν τις πηγές που έχουν συμφωνήσει να διανέμουν στους πελάτες τους (μέσω των Συμβάσεων Παροχής Υπηρεσιών ή Service Level Agreements – SLAs, που περιγράφονται στη συνέχεια) από διάφορους αρχικούς παρόχους υπηρεσιών (Cloud Providers) που μπορεί να είναι διασκορπισμένοι σε διαφορετικά μέρη του κόσμου. Κάθε πάροχος υπηρεσιών μπορεί να είναι και πωλητής, όχι 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 βάσει συμφωνίας (με τις Συμβάσεις Παροχής Υπηρεσιών – SLAs) και με βάση την αντιληπτή ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality of Experience –QoE) των χρηστών.

Ο όρος της αντιληπτής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality of Experience –QoE) μοιάζει με τον όρο της ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (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 Νέφος, μπορεί να συμφέρει να αλλάξει και ο τρόπος χρέωσης, συχνά όμως οι χρήστες ζητούν η χρέωση να γίνεται ανάλογα με την ώρα που απασχόλησαν κάποιο πόρο.

Οι τέσσερις πιο μεγάλοι Πάροχοι Υπηρεσιών για το 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 Συμβάσεις Παροχής Υπηρεσιών**

Η Σύμβασης Παροχής Υπηρεσιών (Service Level Agreements -SLA) είναι 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 Νέφους, 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 από το SLA επιφέρει μεγάλα πρόστιμα, τα οποία και καθορίζονται στη ίδια τη συμφωνία .



Παρακάτω αναφέρονται τα πιο σημαντικά θέματα που θα πρέπει να καλύπτει ένα SLA (κατά τους Bollineni Pavan Kumar, Neupane Kumar - 2011) :

- Παρεχόμενες Υπηρεσίες (Service delivered)  
(Περιγράφονται οι ίδιες οι υπηρεσίες, το πώς θα παρέχονται λεπτομερώς και τα αναμενόμενα χρονικά πλαίσια διατάραξης της παροχής τους)
- Απόδοση Συστήματος (Performance)  
(Η απόδοση του συστήματος μετριέται με την παρακολούθηση και μέτρηση των υπηρεσιών που παρέχονται, ανεξάρτητα με το αν αυτές ανταποκρίνονται στους όρους του SLA)
- Διαχείριση Προβλημάτων και Εξαιρέσεων (Problem management)  
(Περιγράφεται το πώς μπορεί να συμβούν απρόβλεπτα ή απροσδόκητα συμβάντα και πώς αυτά μπορούν να αποφευχθούν ή επιλυθούν)
- Καθήκοντα Πελατών (Customer duties)  
(Περιγράφεται η σχέση πελάτη και Πάροχου –Πωλητή και οι ευθύνες του πρώτου κατά τη διαδικασία παροχής των υπηρεσιών)
- Ασφάλεια (Security)  
(Περιγράφονται τα μέτρα ασφάλειας που θα ακολουθηθούν. Από τα πιο σημαντικά μέρη του SLA)
- Ανάκαμψη Καταστροφών (Disaster recovery)  
(Περιγράφεται το Σχέδιο ανάκαμψης καταστροφών - Disaster recovery Plan. Μερικές φορές περιλαμβάνεται στο τομέα Security ή Problem management)
- Τερματισμός Συμβολαίου (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)

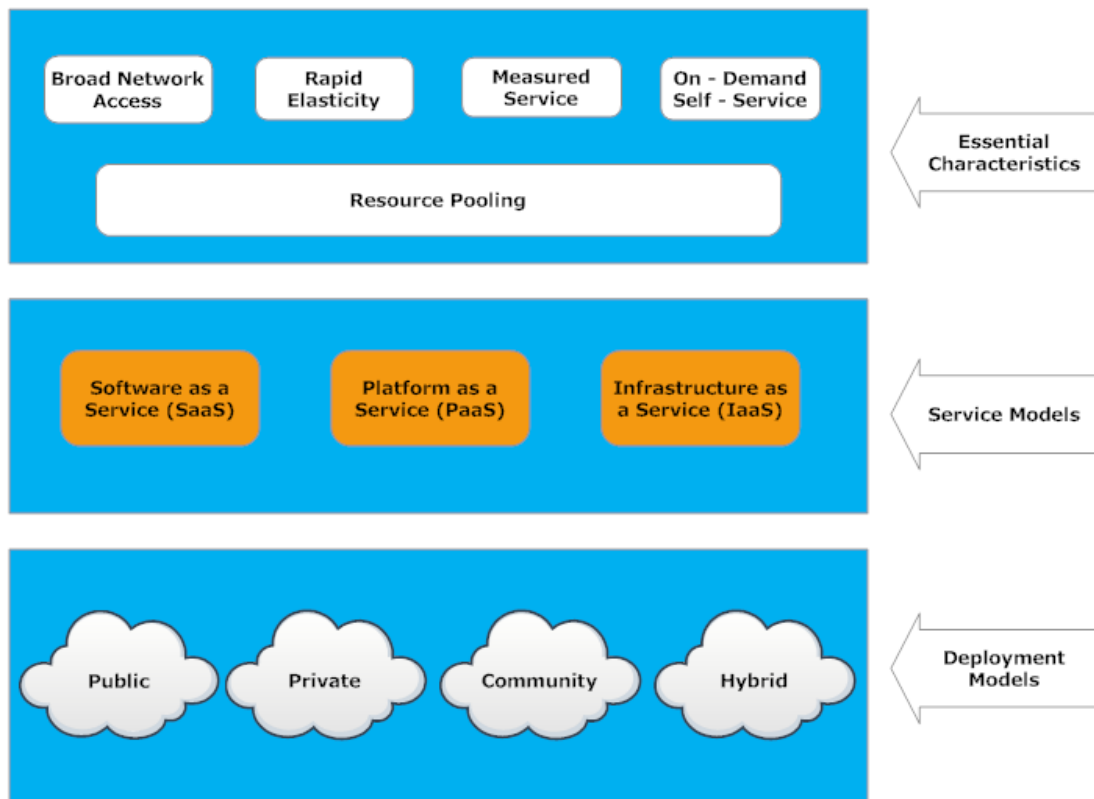
Η Σύμβαση Παροχής Υπηρεσιών εκτός από τη σημασία της για τον εκάστοτε πελάτη, σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες, προβλέπει και νομικές κυρώσεις και γι αυτό θα πρέπει να είναι αναλυτική . Για παράδειγμα μια εταιρεία που έκανε Σύμβαση με ένα πωλητή υπηρεσιών που έχει κέντρα δεδομένων μόνο στην Αμερική,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

#### **1.1.4 Αρχιτεκτονική και υπηρεσίες του Υπολογιστικού Νέφους**

Μέχρι τώρα ορίσαμε το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) γενικά και είδαμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά του. Για να μελετήσει όμως κανείς το Νέφος, πρέπει να καταλάβει καλύτερα και το πώς λειτουργεί, το πώς προσφέρει τις υπηρεσίες του, τις κατηγορίες Νέφους 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:

- Παροχή υπηρεσιών κατ απαίτηση (On demand self –service)
- Πρόσβαση στο δίκτυο από κάθε συσκευή (Ubiquitous network access)
- Δυναμική Επεκτασιμότητα (Rapid Elasticity - Elastically scalable)
- Μέτρηση Παρεχόμενων Υπηρεσιών (Measured service)
- Συγκέντρωση και Διαμοιρασμός Πόρων (Resource pooling)



**Εικόνα 1 : Cloud Computing Overview Model**

**(Προσαρμογή από Bollineni Pavan Kumar, Neupane Kumar, 2011)**

Οι υπηρεσίες που παρέχει το Νέφος, μπορούν να χωριστούν ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας – πόρου και τον τρόπο που παρέχεται σε τρία είδη –επίπεδα υπηρεσιών (Delivery - Service Models). Μία περιγραφή των υπηρεσιών αυτών και των διάφορων ειδών Νέφους, σύμφωνη με την πλειονότητα των ερευνητών και συγγραφέων του θέματος, είναι η εξής :

1. Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service - SaaS)

Πολλές φορές ονομάζεται και "κατ' απαίτηση λογισμικό" (on-demand software). Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της υπηρεσίας είναι πως παρέχει εύκολη πρόσβαση σε λογισμικό και τα σχετικά με αυτό δεδομένα, μέσω μιας "λεπτής διεπαφής πελάτη" (thin client) όπως είναι ένας web browser. Ο πωλητής-πάροχος "νοικιάζει" στην ουσία λογισμικό στο χρήστη σαν μορφή παροχής υπηρεσιών και ακολουθεί τα SLAs που υπέγραψε με το χρήστη σχετικά με τη διαχείριση των εξυπηρετητών (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 εξυπηρετητών, δικτύων, λειτουργικών συστημάτων κ.λπ. .

## 2. Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (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 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.

## 3. Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS)

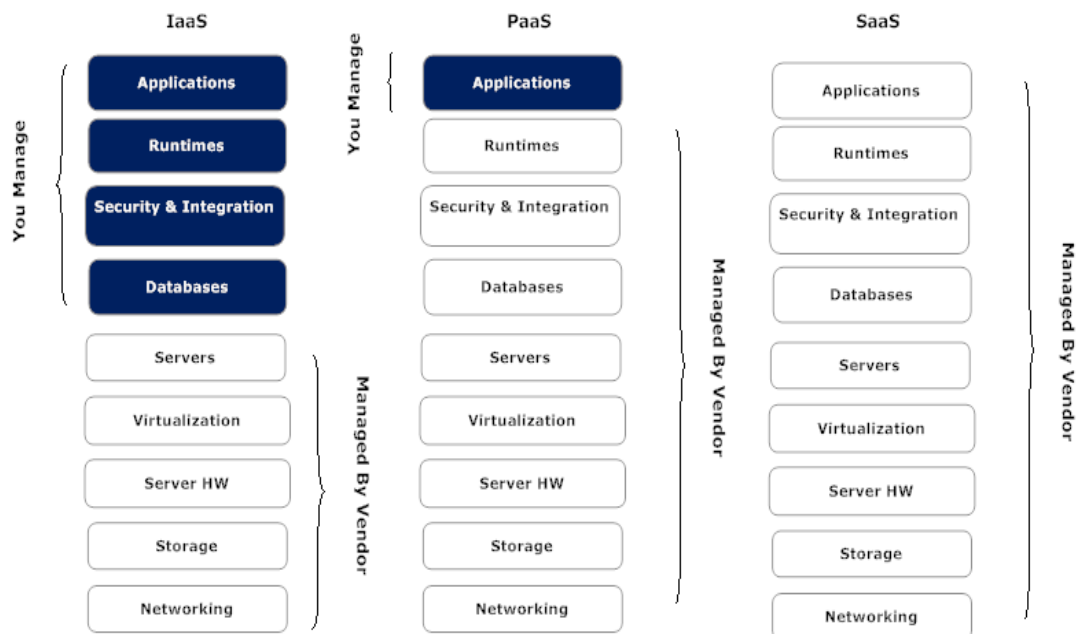
Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της υπηρεσίας είναι πως ο χρήστης νοικιάζει κατ' ευθείαν όσες πηγές χρειάζεται, (όπως αποθηκευτικό χώρο, υπολογιστική ισχύ και λειτουργικά συστήματα) και απαλλάσσεται από τη διαχείριση της υποδομής αλλά και τα έξοδα για αγορά - συντήρηση του αντίστοιχου υλικού που θα χρειαζόταν χωρίς τις υπηρεσίες Νέφους. Εδώ η υπηρεσία είναι η διάθεση πηγών. Πιο αναλυτικά, η υπηρεσία αυτή προσφέρει πηγές από την υποδομή του Νέφους όπως εξυπηρετητές, 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 Νέφους αλλά έχει έλεγχο του λειτουργικού συστήματος, του αποθηκευτικού χώρου, των εφαρμογών και κάποιο μειωμένο έλεγχο στο δίκτυο. Έτσι, δεν χρειάζεται να αγοράσει εξυπηρετητές, λογισμικό, κέντρα δεδομένων 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 :

- Υλικό ως Υπηρεσία (Hardware as a Service - HaaS)
- Βάση Δεδομένων ως Υπηρεσία (Database - Data center - Desktop as a Service - Daas)
- Αποθήκευση ως Υπηρεσία (Storage as a Service - StaaS)
- Επιχείρηση ως Υπηρεσία (Business as a Service - BaaS)
- Πλαίσιο Λογισμικού ως Υπηρεσία (Framework as a Service - FaaS)
- Οργάνωση Επιχειρήσεων ως Υπηρεσία (Organization as a Service - OaaS)
- Τα Πάντα ως Υπηρεσία (Everything as a Service - XaaS)

Δηλαδή το XaaS αποτελείται από 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**

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

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

#### 1. Ιδιωτικό Νέφος (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 Νέφους. Τα SLAs βασίζονται σε αμοιβαία κατανόηση ανάμεσα στον πωλητή - προμηθευτή και τον οργανισμό.

#### 2. Δημόσιο Νέφος (Public Cloud)

Ανήκει σε έναν 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 – κοινόχρηστο Νέφος.

### 3. Νέφος Κοινότητας (Community Cloud)

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

### 4. Νέφος Οργανισμού (Agency Cloud)

Είναι μια μορφή Community Cloud αποκλειστικά για το στρατό ή ένα οργανισμό - υπηρεσία ή ιδρύματα άμυνας όπως είναι ο Αμερικάνικος Οργανισμός Αμυντικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Defence Information Systems Agency - DISA) ή το NBC Federal Computing Cloud. Δεν διατίθεται στο κοινό για χρήση, αλλά είναι υπό τον έλεγχο και διαχείριση του ίδιου του οργανισμού που το χρησιμοποιεί.

### 5. Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud)

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

Ακόμα, γίνεται λόγος για τη δημιουργία κυβερνητικών Νεφών (Government Cloud) κυρίως από την πλευρά των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (π.χ. Υπουργείο Ενέργειας - Department of Energy - DOE), που σκοπό έχουν την ευρεία χρήση τους στις διάφορες δημόσιες υπηρεσίες, αλλά ο χρόνος θα δείξει αν αυτό αποτελέσουν νέα κατηγορία ή θα ανήκουν σε κάποια από τις υπάρχουσες κατηγορίες και σε ποιά.

#### **1.1.5 Τρόποι Τιμολόγησης στο Υπολογιστικό Νέφος**

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι – μέθοδοι τιμολόγησης των χρηστών (είτε είναι μεγάλες επιχειρήσεις είτε είναι το ευρύ κοινό) στα διάφορα συστήματα Νέφους και συνεχώς προκύπτουν νέοι, καθώς το Υπολογιστικό Νέφος 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) στις Συμβάσεις Παροχής Υπηρεσιών (SLAs). Οι πιο πολλοί πάροχοι χωρίζουν τις υπηρεσίες που παρέχουν σε τρεις κατηγορίες : εξυπηρετητές στο Νέφος, αποθηκευτικό χώρο – μνήμη στο Νέφος και ιστοχώρο – εφαρμογές στο Νέφος και η κάθε μία μπορεί να χρεώνεται ξεχωριστά.

Συνήθως συναντάμε τα εξής είδη τιμολόγησης – χρέωσης του χρήστη :

- Ελαστική χρέωση (pay-as-you-use)

Συνήθίζεται σε μικρές επιχειρήσεις ή σε εμπορικά – επιστημονικά Νέφη. 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

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

- Ελεύθερη χρέωση

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

Στις μέρες μας γίνεται λόγος και για μοντέλα συνδυασμού ελαστικής και σταθερής χρέωσης, όπως για παράδειγμα να γίνεται χρέωση ενός εξυπηρετητή 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 Εικονικοποίηση στο Υπολογιστικό Νέφος

Η Εικονικοποίηση (Virtualization) στο Νέφος είναι η ιδέα του διαχωρισμού των διαθέσιμων πηγών ενός server σε πολλαπλές ξεχωριστές εικονικές μηχανές (Virtual Machines – VMs). Επιτρέπει σε εφαρμογές να “μεταναστεύουν” (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 εξυπηρετητής μπορεί να έχει πολλές εικονικές μηχανές (VMs) 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 μηνύτορα εικονικής μηχανής (virtual machine manager ή όπως είναι πιο γνωστός, hypervisor). Ο μηνύτορας εικονικής μηχανής φροντίζει το κάθε λειτουργικό (Virtual Machine) να έχει τις πηγές που του αναλογούν και να λειτουργεί χωρίς να διαταράσσεται η λειτουργία των υπολοίπων.

Μερικά θετικά αποτελέσματα που επιφέρει η εικονικοποίηση (κατά τους Foster Ian , Zhao Yong, Raicu Ioan, Lu Shiyong – 2008 ) είναι:

- Ενοποίηση εξυπηρετητή και εφαρμογών (Server and application consolidation)  
(Μπορούμε να τρέξουμε πολλές εφαρμογές την ίδια στιγμή στον ίδιο εξυπηρετητή)
- 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 σημεία ελέγχου των εικονικών μηχανών και στη μετανάστευση των εφαρμογών)
- Βελτιωμένη απόκριση (Improved Responsiveness)  
(Αυτοματοποιείται 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 Υπολογιστικού Νέφους

Αν και η χρήση του Υπολογιστικού Νέφους 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 Νέφους, αφού πρώτα τα διαχωρίσουμε σε πλεονεκτήματα τεχνικής άποψης (από την πλευρά του συστήματος δηλαδή) και στα υπόλοιπα πλεονεκτήματα που απολαμβάνουν οι χρήστες από την πλευρά τους.

Τεχνικά Πλεονεκτήματα:

### 1. Ευκολία διαχείρισης (Power Management)

Είναι ευκολότερη η διαχείριση ενός εικονικού εξυπηρετητή από έναν υλικό.

### 2. Επεκτασιμότητα (Scalability)

Υπάρχει δυνατότητα επεκτασιμότητας των απαιτούμενων πόρων ανά πάσα στιγμή, έτσι μία ξαφνική ζήτηση πόρων (π.χ. υψηλή κίνηση σε ένα ιστοχώρο) μπορεί να αντιμετωπιστεί εύκολα, χωρίς επιπλέον εξοπλισμό ή διατάραξη των εργασιών του χρήστη.

### 3. Απεριόριστη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων παγκοσμίως (Global and Unlimited Data Storage)

Ένας πάροχος μπορεί να διαθέτει πολλά κέντρα δεδομένων, 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 Νέφος είναι σχεδόν απεριόριστος και δεν χρειάζεται να ανησυχούμε μήπως εξαντληθεί.

### 4. Αντιμετώπιση βλαβών, αντίγραφα ασφαλείας και ανάκτηση δεδομένων (Trouble shooting and Backup -Disaster Recovery)

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

#### 5. Αυτόματη ενσωμάτωση λογισμικού (Automatic Software Integration)

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

#### 6. Γρήγορη ανάπτυξη (Quick Deployment)

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

#### 7. Αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία (Efficiency and reliability)

Χάρη στα παραπάνω, η χρήση του Νέφους είναι γενικά πιο αποδοτική αλλά και αξιόπιστη (χάρη στα αντίγραφα ασφαλείας και τη δυνατότητα ανάκαμψης) και συγκρίσιμη με κάποιο ανταγωνιστικό σύστημα στα μάτια των επιχειρήσεων.

Πλεονεκτήματα για τους χρήστες:

##### 1. Μείωση κόστους (Cost Reduction)

Είναι ο κύριος λόγος που οι οργανισμοί μεταφέρονται στο Νέφος, 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 κεφαλαιουχικών δαπανών

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

- Μείωση δαπανών σε υποδομές τεχνολογικής φύσης

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

- 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.

## 2. Επιπλέον πλεονεκτήματα για τις Επιχειρήσεις (Companies Advantages)

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που είναι συνυφασμένα με τη μείωση του κόστους, οι εταιρείες που μεταφέρονται στο Νέφος, 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 στις υπηρεσίες Νέφους και να δουλέψουν για μια εταιρεία, εφόσον έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο (Internet).

- Μειώνεται η ανάγκη εκπαίδευσης προσωπικού

Απαιτούνται λιγότερα άτομα για να φέρουν σε πέρας μια εργασία στο Νέφος και με λιγότερη εκπαίδευση σε θέματα λογισμικού και υλικού.

- 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 τρίτα άτομα που δεν θέλει.

## 3. Ευκολότερη πρόσβαση σε πληροφορίες (Easy Access to Information)

Όλοι οι χρήστες των υπηρεσιών Νέφους (εταιρείες και ευρύ κοινό) απολαμβάνουν εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα τους (από τη στιγμή που θα εγγραφούν) δεδομένου ότι έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Έτσι μπορούν να μετακινούνται (σχεδόν) οπουδήποτε στον κόσμο και να έχουν τα δεδομένα και τις υπηρεσίες τους μαζί τους.

#### 4. Πλεονεκτήματα για το Περιβάλλον (Environment Advantages)

Τέλος το Υπολογιστικό Νέφος 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 κέντρα δεδομένων. Ακόμα και μέσα σε μία μόνο επιχείρηση, το ηλεκτρικό ρεύμα που απαιτείται για τη λειτουργία των εξυπηρετητών μειώνεται αρκετά με τη χρήση των υπηρεσιών Νέφους.

### 1.3 Προβλήματα του Υπολογιστικού Νέφους

Εκτός από πλεονεκτήματα όμως, το Νέφος 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.

#### 1. Κλείδωμα δεδομένων / πωλητή υπηρεσιών (Data / Vendor Lock-In)

Ένα από τα πιο μεγάλα και γνωστά προβλήματα που προκύπτει από τη χρήση των υπηρεσιών Νέφους είναι το “κλείδωμα πωλητή υπηρεσιών” (Vendor Lock-In), δηλαδή η δυσκολία αλλαγής πωλητών και παρόχων υπηρεσιών Νέφους. Πιο συγκεκριμένα όταν ένας πελάτης αποθηκεύσει τα δεδομένα και τα προγράμματά του σε ένα κέντρο δεδομένων ενός παρόχου και υπογράψει SLAs μαζί του, τότε είναι δύσκολο να τα εξάγει και να τα μεταφέρει σε άλλο πάροχο. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που μερικές εταιρείες δεν υιοθετούν και το Υπολογιστικό Νέφος ως πρακτική.

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 α 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.

Η συνεργασία και η διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων υπηρεσιών Νέφους αναμένεται να γίνει ευκολότερη στο μέλλον καθώς πολλοί οργανισμοί δουλεύουν πάνω στην προτυποποίησή του (όπως οι Open Cloud Consortium-OCC και Cloud Security Alliance).

## 2. Προβλήματα δεδομένων (Data Issues)

- Διαγραφή και διαρροή δεδομένων (Deletion of Data – Data Leakage)

Στο Υπολογιστικό Νέφος, δεδομένα από διαφορετικούς πελάτες αποθηκεύονται στο ίδιο κέντρο δεδομένων, στον ίδιο εξυπηρετητή, 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 εξυπηρετητές και του σκληρούς του Νέφους. Κάτι τέτοιο όμως είναι πολύ δύσκολο γιατί η ολική διαγραφή των δεδομένων θα σημαίνει την επανειλημμένη επανεγγραφή των τομέων του δίσκου (disk sectors) των σκληρών με τυχαία δεδομένα, ή ακόμα και διαμόρφωση (format) στους σκληρούς δίσκους στους διάφορους εξυπηρετητές. 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 των υπηρεσιών Νέφους θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί στα παραπάνω θέματα (πότε και πώς γίνεται διαγραφή δεδομένων) όταν υπογράφουν τα SLAs. Ο φόβος διαρροής δεδομένων σε τρίτους δημιουργεί θέματα εμπιστοσύνης σε πολλές εταιρείες, καθώς επίσης και την τάση να αποφεύγουν να δώσουν τον έλεγχο των δεδομένων τους σε τρίτους, από φόβο κακόβουλης χρήσης των δεδομένων.

- Εμπιστευτικότητα δεδομένων και δυνατότητα ελέγχου (Data Confidentiality and Auditability)

Πολλοί χρήστες των υπηρεσιών Νέφους ανησυχούν πως τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε ένα Δημόσιο Νέφος (Public Cloud) είναι εκτεθειμένα σε πιο πολλές επιθέσεις και πως θα 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) .

- Διαχωρισμός δεδομένων (Data segregation)

Όπως προαναφέρθηκε, δεδομένα από διαφορετικούς πελάτες μπορεί να αποθηκευτούν στο ίδιο κέντρο δεδομένων, εξυπηρετητή και σκληρό δίσκο. Έτσι δημιουργείται άλλο ένα ζήτημα, το 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 Νέφους.

### 3. Προβλήματα διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας (Availability and Reliability Issues)

- Διαθεσιμότητα υπηρεσιών Νέφους (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 Νέφους που απολαμβάνει μια επιχείρηση ή πελάτης θα είναι όχι μόνο ανεξάρτητη από τις εγκαταστάσεις της ίδιας (εκτός ίσως από τις υποδομές διαδικτύου) 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 .

- Σύνδεση με το διαδίκτυο και τις υπηρεσίες Νέφους (Cloud and Internet connection)

Όπως είδαμε, στο Υπολογιστικό Νέφος οι υπηρεσίες διανέμονται στους πελάτες μέσω του διαδικτύου. Άρα λοιπόν για την καλή ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, θα πρέπει αντίστοιχα τα δεδομένα και οι υπηρεσίες να προσφέρονται με ικανοποιητική ταχύτητα σύνδεσης. Το δημόσιο διαδίκτυο 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 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 με το διαδίκτυο. Ακόμα όμως και χωρίς προβλήματα σύνδεσης, είναι δύσκολο να προβλέψει κανείς την επίδοση των εφαρμογών στο Νέφος (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 Νέφους βασισμένες στο δημόσιο διαδίκτυο. 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.

- Απαιτήσεις δικτύου (Network Demands)

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



#### 4. Προβλήματα ιδιωτικότητας και ασφάλειας (Privacy – Security Issues)

Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα του Υπολογιστικού Νέφους 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.

- Ιδιωτικότητα (Privacy)

Σε οποιοδήποτε σύστημα, 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 Υπολογιστικό Νέφος 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 χρήση υπηρεσιών Νέφους για την αποθήκευση TOP SECRET δεδομένων). Επίσης οι πωλητές – πάροχοι θα πρέπει να διασφαλίζουν τους πελάτες τους πως :

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

- Ασφάλεια και Εμπιστοσύνη (Security and Trust)

Η ασφάλεια στο Υπολογιστικό Νέφος είναι δύσκολο να επιτευχθεί για πολλούς λόγους. Τα πιθανά σενάρια ποικίλλουν από πιθανές επιθέσεις κακόβουλων χρηστών (π.χ. hackers) σε Δημόσια Νέφη (Public Clouds) μέχρι θέματα διαρροής δεδομένων (data leakage), διαγραφής τους (deletion of data) και διάφορα θέματα ιδιωτικότητας (περιπτώσεις ανεπαρκούς 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 διασφαλίζεται απόλυτα η διαγραφή τους σε περίπτωση που χρειαστεί, υπάρχει αίσθηση ανασφάλειας και 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 του διαδικτύου, τα καθιστά πιθανό στόχο τρίτων, καθώς τίποτα στο διαδίκτυο δεν είναι ποτέ απόλυτα ασφαλές. Έτσι πολλοί υποψήφιοι 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 υπηρεσιών Νέφους επειδή και ανταγωνιστές τους μπορεί να χρησιμοποιήσουν τον ίδιο πωλητή – πάροχο και μια ευπάθεια του συστήματος ίσως θέσει σε κίνδυνο ολόκληρο το Νέφος.

## **1. 4 Ασφάλεια και Απειλές στο Υπολογιστικό Νέφος**

Η ασφάλεια στο Υπολογιστικό Νέφος 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 τις υπηρεσίες Νέφους και έχει αποτελέσει το αντικείμενο συζήτησης τόσο των σχετικών με την ασφάλεια επιστημόνων, όσο και των στελεχών των επιχειρήσεων. Έτσι, είναι πλέον ένα κομμάτι του Νέφους που το χαρακτηρίζει και δεν θα μπορούσε λείπει μια περαιτέρω ανάλυση πάνω στο ζήτημα αυτό.

Η χρήση των υπηρεσιών Νέφους δεν είναι ούτε εγγενώς ανασφαλής, ούτε και ασφαλής. Δεν υπάρχει κάποια λύση - πανάκεια που να ταιριάζει σε όλους τους πελάτες και να είναι ασφαλής. Για να μεταφερθεί μια εταιρεία σε ένα σύστημα υπηρεσιών Νέφους, 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 για τον εξυπηρετητή και τον πάροχο υπηρεσιών (Cloud Provider) είναι προς όφελός της. Τέλος πριν την μεταφορά στο Cloud, η εταιρεία θα πρέπει να είναι ικανοποιημένη με το σχέδιο ανάκαμψης καταστροφών/ συνέχισης δραστηριοτήτων ( Disaster Recovery/Business Continuity Plans) του παρόχου για να διασφαλίσει τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και υπηρεσιών της σε κάθε περίπτωση.

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

Η ασφάλεια στο Cloud σχετίζεται πρωτίστως (σύμφωνα με τους Antonopoulos Nick, Gillam Lee - 2010), με:

- Εμπιστευτικότητα (Confidentiality):  
Να μην μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα ενός χρήστη υπηρεσιών Νέφους, κάποιος τρίτος, χωρίς την άδεια του χρήστη.
- Ακεραιότητα (Integrity):  
Να μην μπορεί να τροποποιήσει τα δεδομένα ενός χρήστη υπηρεσιών Νέφους κάποιος τρίτος, χωρίς την άδεια του χρήστη.
- Διαθεσιμότητα (Availability):  
Πόσο συχνά είναι προσβάσιμα (μέσω διαδικτύου) τα δεδομένα και οι εφαρμογές ενός χρήστη του Cloud. (Τι γίνεται αν ο πάροχος κλείσει ;)

Επιπλέον σχετίζεται με:

- Έλεγχος ταυτότητας (Authentication):  
Όταν κάποιος έχει πρόσβαση σε δεδομένα και εφαρμογές μέσω υπηρεσιών Νέφους, να διασφαλίζεται πως είναι αυτός που ισχυρίζεται πως είναι.
- Εξουσιοδότηση (Authorization):  
Να διασφαλίζεται πως ο κάθε χρήστης υπηρεσιών Νέφους έχει την πρόσβαση στα δεδομένα και εφαρμογές, που του επιτρέπεται από το σύστημα.

- Έλεγχος (Auditing):  
Να διασφαλίζεται συνεχώς πως τα περιεχόμενα του Νέφους είναι συνεπή.

Για να δούμε στην πράξη το πρόβλημα της ασφάλειας στο Cloud και το πώς οι πιο πάνω βασικές αρχές σχετίζονται με αυτή, παρατίθενται οι πιο σημαντικές απειλές σε Cloud συστήματα κατά την Cloud Security Alliance (Top Threats to Cloud Computing 2010), όπως και οι επιπτώσεις τους και οι προτεινόμενοι τρόποι αντιμετώπισής τους :

[1] Κατάχρηση και κακόβουλη χρήση του Υπολογιστικού Νέφους (Abuse and Nefarious use of Cloud Computing)

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

Πιο συγκεκριμένα οι κυβερνο - εγκληματίες χρησιμοποιούν τις περιόδους ελεύθερης δοκιμής (τα λεγόμενα “free trials”) των IaaS και PaaS (που μπορεί να κάνει χρήση οποιοσδήποτε δώσει έναν έγκυρο αριθμό πιστωτικής κάρτας) και εκμεταλλεύονται την ανωνυμία στην φόρμα εγγραφής τους, ώστε να χρησιμοποιήσουν πόρους για παράνομη δραστηριότητα (όπως δημιουργία ανεπιθύμητων ηλεκτρονικών μηνυμάτων, δημιουργία κακόβουλου κώδικα, φιλοξενία Δούρειου Ίππου ή botnet, εκμετάλλευση ευπαθειών του Microsoft Office και του Adobe PDF κ.α. ).

Αποτέλεσμα της χρήσης ανεπιθύμητων ηλεκτρονικών μηνυμάτων (spam) σε τέτοιες περιπτώσεις είναι, σαν αντίμετρο, να τεθούν ολόκληρα κομμάτια του IaaS δικτύου σε δημόσια μαύρη λίστα (blacklist). Ακόμα υπάρχει ανησυχία πως στο μέλλον μπορούμε να περιμένουμε και κακόβουλη χρήση των υπηρεσιών Νέφους σε περιπτώσεις, όπως χρήση του Νέφους για επίλυση θεμάτων CAPTCHA ή παραβίαση κωδικών πρόσβασης, φιλοξενία κακόβουλου περιεχομένου ή φιλοξενία δικτύου χειρισμού και ελέγχου 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 δικτύου των πελατών .
- Παρακολούθηση των δημόσιων μαύρων λιστών για τα κομμάτια του δικτύου του Νέφους.

## [2] Μη ασφαλείς διεπαφές προγραμματιστικών εφαρμογών (Insecure Interfaces and APIs)

Είναι μια περίπτωση εκμετάλλευσης ή κακής χρήσης διεπαφών διαχείρισης των υπηρεσιών Νέφους από κακόβουλους ή μη χρήστες, που μπορεί να οδηγήσει σε κενά ασφάλειας. Αφορά και τα τρία βασικά Μοντέλα Υπηρεσιών (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 (δηλαδή κοινό κωδικό σε πολλές διεπαφές) 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 κενό 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.

## [3] Εκ των έσω απειλή (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 πιο ισχυρό και η πιθανότητα εντοπισμού πάντα σταθερή και σχετικά μικρή. Αφορά και τα τρία βασικά Μοντέλα Υπηρεσιών (IaaS, PaaS και SaaS).

Πιο αναλυτικά, ένας πάροχος μπορεί να μην αποκαλύπτει τον τρόπο που παρέχει πρόσβαση, τις διαδικασίες πρόσληψης και τον έλεγχο που ασκεί στους υπαλλήλους του, κάτι που δημιουργεί θετικό κλίμα στα μάτια των πιθανών εκ των έσω επιτιθέμενων (που στην περίπτωση του Νέφους μπορεί να είναι από απλός κυβερνο - εγκληματίας, μέχρι και άτομο που να ανήκει στο οργανωμένο έγκλημα, σε εταιρική κατασκοπία, κατασκοπία έθνους). Ένας των έσω επιτιθέμενος (insider) με το κατάλληλο επίπεδο πρόσβασης μπορεί να αποσπάσει εμπιστευτικά δεδομένα, να αποκτήσει πλήρη έλεγχο των υπηρεσιών Νέφους ενός πελάτη και έτσι να δυσφημίσει το όνομα μιας εταιρείας, να προκαλέσει οικονομικές επιπτώσεις 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.

#### [4] Προβλήματα λόγω κοινής χρήσης Τεχνολογιών (Shared Technology Issues)

Πρόκειται για το πρόβλημα της εκμετάλλευσης διάφορων ευπαθειών, προκειμένου κάποιος να παρέμβει στο διαχωρισμό των δεδομένων και των πόρων των χρηστών του Νέφους. Αφορά το Μοντέλο Υπηρεσιών IaaS.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, ο διαμοιρασμός των διαφόρων πόρων του Υπολογιστικού Νέφους στα διάφορα VMs, γίνεται με ένα πρόγραμμα – διαμεσολαβητή, τον μηνύτορα εικονικής μηχανής (hypervisor). Όμως οι διάφορες πηγές του Νέφους (όπως τα CPU, GPU και τα διαμερίσματα των σκληρών δίσκων και άλλες) δεν σχεδιάστηκαν αρχικά για διαμερισματοποίηση και οι μηνύτορες εικονικής μηχανής 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 και τις λειτουργίες του διαχειριστή.
- Αναφορά σε SLAs για θέματα τροποποιήσεων (patching) και αποκατάστασης ευπαθειών.
- Διεξαγωγή σαρώσεων για ευπάθειες και ελέγχων των ρυθμίσεων.

#### [5] Απώλεια και διαρροή δεδομένων (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 κέντρα δεδομένων, προβλήματα αποκατάστασης καταστροφής και άλλα. Αφορούν και τα τρία βασικά Μοντέλα Υπηρεσιών (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.

#### [6] Υποκλοπή λογαριασμών (Account or Service Hijacking)

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

Πιο αναλυτικά τέτοιες μέθοδοι είναι το ηλεκτρονικό ψάρεμα (phishing), η απάτη γενικότερα και η εκμετάλλευση ευπαθειών λογισμικού. Στο Νέφος 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, (two-factor authentication) όπου είναι δυνατό.



- Εφαρμογή προληπτικής παρακολούθησης για ανίχνευση μη εξουσιοδοτημένης δραστηριότητας.
- Κατανόηση των πολιτικών ασφάλειας και των SLAs του παρόχου υπηρεσιών.

#### [7] Απρόβλεπτοι κίνδυνοι (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 Υπολογιστικό Νέφος, που δεν αναφέρθηκαν σε όλους τους χρήστες και καταβλήθηκαν οι ελάχιστες προσπάθειες ώστε οι πάροχοι να είναι μόνο σύμφωνοι με το νόμο. Τέτοιες απειλές πάντα μπορεί να προκύπτουν στο Νέφος, ειδικά αν οι υποχρεώσεις του παρόχου δεν περιγράφονται επαρκώς στα SLAs. Αφορούν και τα τρία βασικά Μοντέλα Υπηρεσιών (IaaS, PaaS και SaaS).

#### Αντιμετώπιση :

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

## **2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΓΕΙΑ**

### **2.1 Περιγραφή των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

#### **2.1.1 Ορισμοί της Ηλεκτρονικής Υγείας**

Όπως και για το Υπολογιστικό Νέφος, έτσι και για τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας (e-Health) υπάρχουν πολλοί ορισμοί, καθώς είναι από τη φύση τους ευρέως διαδεδομένες και εξελίσσονται συνεχώς. Αρχικά οι όροι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας (e-Health) και Τεχνολογίες Πληροφοριών Υγείας (Health Information Technology - HIT) είχαν διαφορετικές σημασίες και χρήσεις, όμως το 2008 αναγνωρίστηκαν ως συνώνυμοι από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union - ITU). Ακολουθούν ένας γενικός ορισμός από τον John Gregory Mitchell (1999) και ένας ακόμα από τον World Health Organization (WHO) που περιγράφουν το e-Health :

*“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 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 Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας (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 Υπολογιστικό Νέφος (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 τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας**

Σε αντίθεση με τον παραδοσιακό τομέα της υγείας, οι πλατφόρμες, εφαρμογές και λοιπές λύσεις των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας 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 HIT:

- 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 οι Τεχνολογίες Πληροφοριών Υγείας είναι διαφορετικές**

Οι Τεχνολογίες Πληροφοριών Υγείας (Health Information Technology - HIT) είναι διαφορετικές από τους υπόλοιπους κλάδους των IT καθώς παρουσιάζει κάποιες δυσκολίες λόγω της ιδιαιτερότητας του τομέα της υγείας :

1. Είναι βιομηχανία υψηλού κινδύνου

Επειδή η υγεία είναι σημαντικός παράγοντας της καθημερινότητας 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 HIT συστήματα να είναι αξιόπιστα και να εμπνέουν εμπιστοσύνη.

2. Έχει μεγάλο βαθμό κανονιστικών και νομικών ρυθμίσεων

Ο κλάδος της υγείας συνήθως νομοθετείται αυστηρά και αναλυτικά από διάφορους 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 τη διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης (ευθύνες και υποχρεώσεις των διάφορων παραγόντων του κλάδου, αλλά και τη φύση, λειτουργικότητα και προστασία των HIT συστημάτων). 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 συστήματα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας.

3. 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.

4. Έχει αργό ρυθμό υιοθέτησης νέων τεχνολογιών

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

5. Έχει «μικρούς» και «μεγάλους» ενδιαφερόμενους

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.

6. 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 των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Η χρήση των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health) στον τομέα της υγείας έχει επιφέρει πολλές αλλαγές και έτσι και οφέλη. Παρακάτω αναφέρονται τα πιο σημαντικά από αυτά (κυρίως κατά τους Bollineni Pavan Kumar, Neupane Kumar - 2011) :

- 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 εύκολη 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 εύκολη 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 διαχείριση
  - 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 των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, 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 τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας, 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 υιοθέτηση των συστημάτων αυτών από κλινικές και νοσοκομεία.

- Εμπόδια Λειτουργίας

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

- Οικονομικά Εμπόδια

Αν και τα συστήματα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας έχουν πολλά προτερήματα 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.

## **2.2 Το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

### **2.2.1 Περιγραφή του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Αφού κάναμε περιγραφή του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing) και των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health), το επόμενο βήμα είναι να μελετήσουμε και να περιγράψουμε το πώς συνδυάζονται αυτές οι δύο τεχνολογίες μαζί.

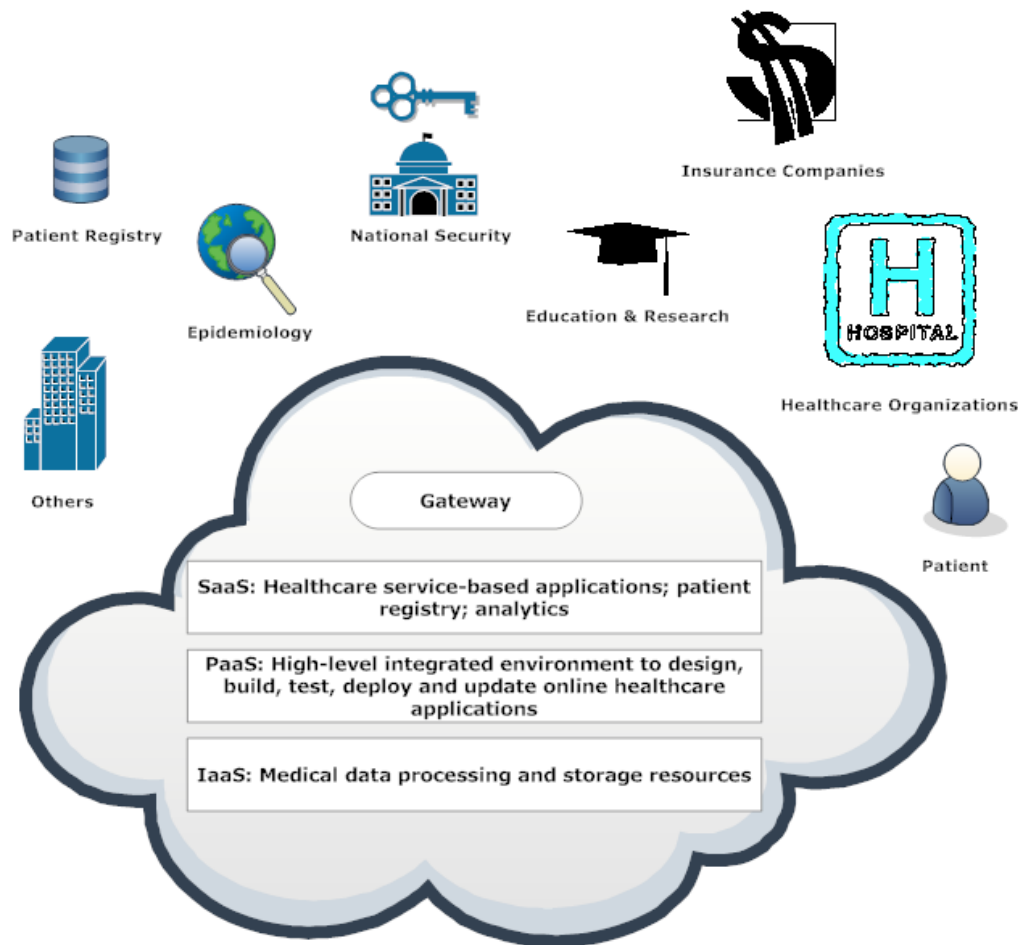
Ενώ λοιπόν βρισκόμαστε σε μια εποχή που ιδιώτες και επιχειρήσεις έχουν εξοικειωθεί με τις διαδικτυακές εφαρμογές και έχουν απαιτήσεις ως προς την ταχύτητα αλλά και την ασφάλεια που παρέχουν, το Υπολογιστικό Νέφος, με τα όσα προβλήματα ασφάλειας αναφέρθηκαν παραπάνω, καλείται να παρέχει λύσεις στον τομέα της υγείας. Κάτι τέτοιο εκ πρώτης όψεως 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 προβλήματα (αφού τα δεδομένα σε Νέφος 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 κέντρο δεδομένων εξωτερικού συνεργάτη, όμως δεν μπορούν να έχουν τέτοιες πολιτικές για τη μεταχείριση των δεδομένων υγείας τους στο Νέφος. Έτσι, για να υιοθετηθεί πλήρως το Υπολογιστικό Νέφος στον τομέα των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, 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 Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health Cloud) στη πράξη και η βασική αρχιτεκτονική του από το Νέφος που είδαμε προηγουμένως ; Το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health Cloud) είναι μια κατηγορία Νέφους 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 Νέφους, γι’ αυτό ακριβώς μπορούμε να το αναλύσουμε, εκτός από τα βασικά Μοντέλα Υπηρεσιών (Service Models ) όλων των Νεφών (IaaS, PaaS, SaaS), σε επιπλέον δύο τμήματα, που στόχο έχουν τη καλύτερη λειτουργία του, ως προς τις HIT υπηρεσίες. Συγκεκριμένα το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας 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 HIT λύσεις, βασισμένες σε υπηρεσίες Νέφους (Cloud-based), για τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, ασθενείς και άλλα συσχετιζόμενα πρόσωπα όπως ασφαλιστικές εταιρείες και ερευνητικές εγκαταστάσεις.

Ακολουθεί ενδεικτική περιγραφή της δομής του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (AbuKhousea Eman, Mohamed Nader, Al-Jaroodi Jameela - 2012) :





Εικόνα 3:e-health Cloud Services

(Προσαρμογή από AbuKhousa Eman, Mohamed Nader, Al-Jaroodi Jameela, 2012)

- Υπηρεσίες και οργανισμοί που βασίζονται σε εφαρμογές υγείας (Service Based Applications)

Εδώ ανήκουν υπηρεσίες σχετικές με το HIT όπως η εθνική ασφάλεια, η επιδημιολογία, τα μητρώα – ιατρικοί φάκελοι ασθενών, διαδικτυακές πύλες (Web Portals) και συστήματα αρχειοθέτησης εικόνων και επικοινωνίας (Picture Archiving and Communication Systems - PACS).

- Πύλη (Gateway)

Είναι ένα εργαλείο - πύλη στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας που μπορεί να εκτελέσει τις εξής λειτουργίες :

- Διαχείριση πρόσβασης στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας
- 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 EHR βασισμένων σε υπηρεσίες Νέφους (Cloud-based)
  - Επιλογή και αφαίρεση ταυτότητας EHR, ώστε να διαμοιραστούν στο Δημόσιο Νέφος (Public Cloud) για ερευνητικούς, εκπαιδευτικούς και βιομηχανικούς λόγους.
- Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service - SaaS)
 

Παρέχει διάφορες εφαρμογές από λογισμικά του Cloud (όπως συστήματα για κλινικές) και έτσι οι χρήστες, όπως οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης ή παρεμβαλλόμενοι χρηματοοικονομικοί και ασφαλιστικοί παράγοντες αποκτούν πρόσβαση στις υπηρεσίες λογισμικού που προσφέρει το Νέφος.
  - Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS)
 

Επεκτείνεται η υποδομή του SaaS με ένα υψηλού επιπέδου ολοκληρωμένο περιβάλλον ικανό για τη σχεδίαση, το χτίσιμο, τη δοκιμή, την ανάπτυξη και την διαδικτυακή (online) ενημέρωση, εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης.
  - Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS)
 

Όπως και στο απλό Νέφος, παρέχει πόρους επεξεργασίας και αποθήκευσης.

Όπως φαίνεται από την περιγραφή και την εικόνα 3, στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας έχουν προστεθεί οι Υπηρεσίες και οργανισμοί που βασίζονται σε εφαρμογές υγείας (Service Based Applications) και η Πύλη (Gateway) σε σύγκριση με το απλό Νέφος, και συμβάλλουν στην καλύτερη λειτουργία των HIT υπηρεσιών.

### **2.2.2 Ασφάλεια στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

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

Έτσι για το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, έμφαση πρέπει να δίνεται σε :

- Εμπιστευτικότητα (Confidentiality)
- Ακεραιότητα (Integrity)
- Διαθεσιμότητα (Availability)
- Έλεγχο ταυτότητας (Authentication)
- Εξουσιοδότηση (Authorization)
- Έλεγχο (Auditing)

Όπως και σε :

- Μη αποποίηση ευθύνης (Non-repudiation)  
Διασφάλιση ότι κάποιος δεν μπορεί να αρνηθεί πως έχει στείλει ή λάβει κάποια δεδομένα
- Ιδιωτικότητα στην υγεία (Privacy)  
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 Εφαρμογές Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μερικά παραδείγματα εφαρμογών Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας αλλά και του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, για να φανεί καλύτερα και η επήρειά τους στον κλάδο της υγείας.

### Εφαρμογές Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health) :

Περιγράφουμε πρώτα κάποιες εφαρμογές HIT που λειτουργούν όχι απαραίτητα με κάποιο σύστημα Νέφους (κυρίως κατά τους Bollineni Pavan Kumar, Neupane Kumar - 2011)

#### 1. Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος (Electronic medical record - EMR)

Η πρώτη μορφή ηλεκτρονικών μητρώων υγείας ήταν οι Ηλεκτρονικοί Ιατρικοί Φάκελοι (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 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 (γιατρούς, 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 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 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 σαρωμένες εικόνες από ακτίνες

X

Με τη χρήση των EMR προκύπτουν οι εξής δυνατότητες 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 καταχωρεί τα αποτελέσματα στους Ηλεκτρονικούς Ιατρικούς Φακέλους των 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 χρησιμοποιούνται από γιατρούς, κυρίως για να κρατήσουν πληροφορίες που θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν στη διάγνωση και αγωγή – θεραπεία των ασθενών.

## 2. Ηλεκτρονικό Μητρώο Υγείας (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 Υγείας (EHR) ασθενών που θα ξεπερνούσε τα όρια αυτά.

Τα EHR έχουν κυρίως δύο στόχους :

- Να συνδέσουν τους διάφορους οργανισμούς υγείας με τον μηχανισμό διαμοιρασμού δεδομένων υγείας των ασθενών.
- Να 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.

## 3. Μηχανογραφημένη εισαγωγή εντολών ιατρού (Computerized physician order entry):

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 στο ιατρικό προσωπικό.

#### 4. Τηλεϊατρική (Telemedicine):

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

#### 5. Έξυπνη κάρτα πολλαπλής χρήσης (Multipurpose smart card):

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

#### 6. Συστήματα αρχειοθέτησης και διαμοιρασμού εικόνων (Picture Archival and Communication Systems - PACS):

Κατά τη διαδικασία παροχής υγειονομικής περίθαλψης δημιουργούνται πολλές πληροφορίες σε μορφή εικόνας (αντί για κείμενο που συνηθίζεται σε άλλους κλάδους), όπως ακτίνες X, εικόνες από υπέρηχους, μαστογραφίες, μαγνητικές και αξονικές τομογραφίες κ.α. Τα PACS είναι ψηφιακά συστήματα που επιτρέπουν 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. Για αυτόν ακριβώς το λόγο και για να εξασφαλίσει ομοιομορφία, το PACS όρισε μια τυποποιημένη μορφή για αποθήκευση και αποστολή εικόνων, την "DICOM" (Digital Imaging and Communications in Medicine ).

#### Εφαρμογές Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (e-Health Cloud):

Ακολουθούν εφαρμογές HIT βασισμένες σε υπηρεσίες Νέφους, κατά τον Soman A.K. (2011) :

1. Ηλεκτρονικά Μητρώα Υγείας και Ιατρικοί Φάκελοι βασισμένοι σε υπηρεσίες Νέφους (Cloud-based EMR and EHR Systems)

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

2. Σύστημα διαχείρισης και εξάσκησης ιατρικής βασισμένο σε υπηρεσίες Νέφους (Cloud-based medical Practice Management)

Μερικοί οργανισμοί υγείας (όπως μεγάλα νοσοκομεία και ιδιωτικές κλινικές), μπορεί να έχουν εγκαταστάσεις σε πολλές τοποθεσίες. Έτσι, με το λογισμικό αυτό (Practice Management) διασφαλίζεται η καλή επικοινωνία μεταξύ των εγκαταστάσεων αυτών. Ένα τέτοιο σύγχρονο λογισμικό, είναι παραμετροποιήσιμο 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 των υπηρεσιών Νέφους, το πρόγραμμα θα είναι προσβάσιμο με φυλλομετρητή, οπότε υπάρχει και το θέμα της διαθεσιμότητας διαδικτύου.

Τα συστήματα αυτά, όταν κάνουν χρήση και των υπηρεσιών Νέφους, 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)
- Διαδικτυακή πύλη ασθενών (Patient portal)

### 3. Διαδικτυακές πύλες ασθενών (Patient Portals)

Στις μέρες μας όλα τα συστήματα Ηλεκτρονικών Μητρώων Υγείας έχουν και τις αντίστοιχες διαδικτυακές πύλες ασθενών (Patient Portals), που ουσιαστικά είναι ένας ιστοχώρος 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.

Οι περισσότερες διαδικτυακές πύλες ασθενών προσφέρουν υπηρεσίες όπως :

- Προγραμματισμός ή τροποποίηση ραντεβού με τον φορέα παροχής υπηρεσιών υγείας
- Εγγραφή και συμπλήρωση έντυπων (όπως και ιατρικό ιστορικό) διαδικτυακά 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 οι διαδικτυακές πύλες ασθενών:

- Βοηθούν τον ασθενή να καταλάβει την ασθένεια, διάγνωση και θεραπεία του. Έτσι σε συνδυασμό και με το διαδίκτυο, 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 τη διαδικτυακή πύλη) σε περίπτωση που χρειαστούν σε κάποιες άλλες ιατρικές εγκαταστάσεις.

Οι Διαδικτυακές πύλες ασθενών διατηρούν πληροφορίες και δεδομένα υγείας που παράγονται πρακτικά από τον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης. Οπότε, για έναν τέτοιο πάροχο, σε αντίθεση με ένα ιδιωτικό σύστημα, είναι προτιμότερο (εφ' όσον τα οικονομικά το επιτρέπουν) να αναθέσει ένα σχετικό έργο σε έναν πάροχο υπηρεσιών Νέφους (που έχει τις υποδομές για την ανάλογη διαθεσιμότητα και ασφάλεια) και μιας και η διαδικτυακή πύλη έχει πρόσβαση σε δεδομένα ανάλογα με σύστημα EHR – διαχείρισης ασθενών, να δημιουργήσει τελικά ένα EMR/ EHR σύστημα βασισμένο σε υπηρεσίες Νέφους.

#### 4. Σύστημα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης βασισμένο σε υπηρεσίες Νέφους (Cloud-based ePrescription)

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 αποσταλεί 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 για λόγους υγείας ή σε κάποια συγκεκριμένη ασθένεια ή αλλεργία. Έτσι το σύστημα διασφαλίζει πως οι συνταγές δεν οδηγούν σε αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ασθενή, βάσει και των δεδομένων υγείας του ασθενή που υπάρχουν στο σύστημα.

Τα πλεονεκτήματα χρήσης ενός τέτοιου συστήματος είναι :

- Εξαλείφει τα λάθη λόγω 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 εύχρηστο και βολικό.

Ο συνδυασμός των συστημάτων ηλεκτρονικής συνταγογράφησης με τις υπηρεσίες Νέφους, εκτός του ότι είναι πιο εύκολα προσιτός στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (σε σχέση με κάποια άλλη τοπική λύση - υλοποίηση), έχει και το πλεονέκτημα πως θα συνεργάζεται και με περισσότερα φαρμακεία. Υπάρχουν αυτοδύναμα (stand-alone) συστήματα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης, αλλά και αρκετά που ανήκουν σε ολοκληρωμένες σουίτες για λύσεις βασισμένες σε Νέφη Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας.

#### 5. Διαδικτυακά αντίγραφα ασφαλείας (Online storage of Data and Images, Online Backups)

Το HIT μπορεί να αξιοποιήσει και τα πρωτερήματα των αντιγράφων ασφαλείας του Υπολογιστικού Νέφους 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. Η “Αποθήκευση στο Νέφος” (Cloud Storage) είναι μια υπηρεσία η οποία, αφού εγκατασταθούν οι αντίστοιχες διεπαφές πελατών αντιγράφων ασφαλείας (backup clients) στους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι με τον κύριο αποθηκευτικό χώρο, αντιλαμβάνεται τις αλλαγές που γίνονται σ’ αυτόν (σε τακτά διαστήματα) και στέλνει αντίγραφο της κάθε στιγμής στο Νέφος, 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 υπηρεσιών Νέφους διαθέτουν σύστημα για δική τους έιτουργεία απομακρυσμένων αντιγράφων ασφαλείας (για να είναι καλυμμένοι και νομικά).

Ειδική περίπτωση συστήματος αντιγράφων ασφαλείας στον τομέα της υγείας, είναι και τα συστήματα αρχειοθέτησης και διαμοιρασμού εικόνων (Picture Archival and Communication Systems - PACS) που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Σήμερα υπάρχουν πολλές εμπορικές εκδόσεις PACS, με πολλές μονάδες αποθήκευσης, όπως και εκδόσεις βασισμένες σε υπηρεσίες Νέφους με βάσεις δεδομένων για εικόνες, όπου μπορούν να δημιουργηθούν και να ανακτηθούν (σε φυλλομετρητή) αντίγραφα ασφαλείας από κάθε υπολογιστή ή μέσω αποθήκευσης (μέσω του αντίστοιχου λογισμικού πελάτη).

#### 6. Εφαρμογές προσαρμοσμένες σε ιατρικά τμήματα (Departmental Solutions: Laboratory, Radiology)

Εδώ ανήκουν εφαρμογές Νέφους 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 Νέφος, 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.

#### 7. Φορητές συσκευές και εφαρμογές κινητικότητας (Mobility Solutions)

Για επαγγελματίες που εργάζονται και εκτός γραφείου, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές που τρέχουν σε φορητές συσκευές (κινητά τηλεφώνά, tablets, laptops), πρακτικά σε όποια συσκευή μπορεί να υποστηρίξει φυλλομετρητή και σύνδεση με το διαδίκτυο.

Ειδικά στον κλάδο της υγείας, παράγονται αρκετές εξειδικευμένες φορητές συσκευές που διευκολύνουν την επικοινωνία με το HIT. Για παράδειγμα υπάρχουν φορητές 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 Νέφος.
- Υπάρχει η δυνατότητα να υπαγορέψουμε ιατρικές σημειώσεις (emails κ.α.) 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 συστήματα βασισμένα σε υπηρεσίες Νέφους, όπου όλα τα δεδομένα βρίσκονται στο κέντρο δεδομένων.

### 2.3 Πλεονεκτήματα του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας

Από τα όσα είδαμε ως τώρα, με τη χρήση των υπηρεσιών Νέφους στις Τεχνολογίες Πληροφοριών Υγείας, 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 υπηρεσιών Νέφους ειδικά στις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας(e-Health) είναι (AbuKhousa Eman, Mohamed Nader, Al-Jaroodi Jameela - 2012) :

1. Καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών για τους ασθενείς (Better patient care):

Με το Υπολογιστικό Νέφος 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.

2. Μειωμένα κόστη (Reduced cost):

Αν εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητες του Υπολογιστικού Νέφους, 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, που μπορούν να χρησιμοποιήσουν εξελιγμένες υποδομές και υπηρεσίες IT 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 τις υπηρεσίες Νέφους είναι διαθέσιμα παντού και έτσι δεν υπάρχουν έξοδα για την ανταλλαγή τους.

3. Λύση το πρόβλημα της έλλειψης πόρων (Solve the issue of resources scarcity):

Υπάρχει η δυνατότητα να ξεπεραστούν ελλείψεις σχετικά τις υποδομές του ΙΤ 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 Υπολογιστικό Νέφος 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.

4. Καλύτερα αποτελέσματα στους δείκτες ποιότητας (Better quality):

Οι φορείς υγειονομικής περίθαλψης που έχουν δεδομένα υγείας στο Υπολογιστικό Νέφος παρέχουν σε ενδιαφερόμενους φορείς, όπως το Υπουργείο Υγείας ή την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των ασθενών και την ποιότητα της παρεχόμενης φροντίδας. Τα δεδομένα αυτά, μπορούν να δίνονται από τους φορείς υγειονομικής περίθαλψης κατόπιν αιτήσεως, ή να δίνεται και άμεση πρόσβαση στα δεδομένα. Τέτοια δεδομένα, αποθηκευμένα στο Υπολογιστικό Νέφος, μπορεί να συγκεντρώνονται και να ελέγχονται σύμφωνα με τους δείκτες ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης, όπως αυτοί που δημοσιεύονται από τον Οργανισμό για Έρευνα Υγειονομικής περίθαλψης και Δεικτών Ποιότητας (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 πωλητής υπηρεσιών Νέφους να παρέχει ένα διαδικτυακό 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.

5. Υποστήριξη της έρευνας (Support research):

Από διάφορα Νέφη Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα για να φιλοξενήσει μια τεράστια αποθήκη με εκατομμύρια περιπτώσεις ασθενών, προσβάσιμη σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε αυτή τη 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.

6. Υποστήριξη της εθνικής ασφάλειας (Support national security):

Με το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας μπορούμε να παρακολουθήσουμε πιο αποτελεσματικά την εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών ή άλλων επιδημιών. Το Υπολογιστικό Νέφος 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 τέτοια Νέφη, μπορεί το κάθε ένα να παρακολουθεί ξεχωριστά και να ενημερώνει την αρμόδια αρχή.

7. Υποστήριξη στρατηγικού σχεδιασμού (Support strategic planning):

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

8. Υποστήριξη χρηματοοικονομικών πράξεων (Support financial operations):

Με το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας δίνεται η δυνατότητα να απλουστευθούν οι οικονομικές δραστηριότητες, καθώς το Υπολογιστικό Νέφος 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.



9. Διευκόλυνση κλινικών δοκιμών (Facilitate clinical trials) :

Τα δεδομένα που αποθηκεύονται θα μπορούσαν να επιτρέψουν στον ιδιοκτήτη του Υπολογιστικού Νέφους 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 κάποια ειδική περίπτωση ασθενή και να δημιουργηθούν κατάλληλες ομάδες δοκιμών.

10. Διαμόρφωση ειδικών ιατρικών φακέλων (Facilitate forming registries):

Τα δεδομένα υγείας που θα γίνουν διαθέσιμα για 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 Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε τα προβλήματα υιοθέτησης και τις δυσκολίες χρήσης που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση του Υπολογιστικού Νέφους στον τομέα των HIT (κατά τους AbuKhoua Eman, Mohamed Nader, Al-Jaroodi Jameela - 2012). Κάποια από τα προβλήματα αυτά υπάρχουν σε κάθε IT κλάδο Νέφους και τα έχουμε θίξει και στην Ενότητα 1, ενώ άλλα εμφανίζονται ειδικά στον κλάδο της υγείας. Όλα όμως εμφανίζονται στις Τεχνολογίες Πληροφοριών Υγείας (HIT).

1. Ανάγκη διαθεσιμότητας δεδομένων και υπηρεσιών (Availability):

Υπάρχει αυστηρή απαίτηση για υψηλή διαθεσιμότητα των υπηρεσιών Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας. 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 Υπολογιστικού Νέφους κατανέμονται μέσω διαδικτύου, 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.

2. Αξιοπιστία δεδομένων / υπηρεσιών (Data/Service Reliability):

Η χρήση του Υπολογιστικού Νέφους σε σημαντικούς τομείς όπως οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας 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 ή συλλογική υγεία. Δεδομένου ότι οι υπηρεσίες αυτές διανέμονται και μπορεί να προέλθουν από πολλούς παρόχους υπηρεσιών Νέφους, η πιθανότητα να υπάρχουν λανθασμένα δεδομένα ή υπηρεσίες αυξάνεται. Τα δεδομένα στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας πρέπει να είναι συνεπή και χωρίς λάθη, δηλαδή συνεχώς σε έγκυρη κατάσταση, ανεξάρτητα από αστοχίες υλικού, λογισμικού, ή βλάβες δικτύου.

3. Διαχείριση δεδομένων και αντίγραφα ασφαλείας (Data Management -Backup):

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.

4. Ανάγκη για επεκτασιμότητα (Scalability):

Στον κλάδο των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, όπου αποθηκεύονται εκατομμύρια φάκελοι ασθενών, το Υπολογιστικό Νέφος θα πρέπει να παρέχει δυναμικά επεκτάσιμες υπηρεσίες. Η ικανότητα αυτή για κλιμάκωση (δηλαδή να αυξάνει τους πόρους που έχει, διατηρώντας αποδεκτή απόδοση) είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για ένα επιτυχές Νέφος. Η επεκτασιμότητα ή κλιμάκωση στο Υπολογιστικό Νέφος επιτυγχάνεται κυρίως με την αύξηση των ΙΤ πόρων, όπως υπολογιστικών κόμβων, συνδέσεων 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.

5. Ανάγκη για ευελιξία (Flexibility):

Οι υποδομές και οι υπηρεσίες του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας θα πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτες ώστε 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 Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας θα πρέπει να μπορεί να καλύπτει εύκολα καινούργιες ανάγκες των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, προσθέτοντας νέες υπηρεσίες με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια και κόστος.

6. Κυριότητα δεδομένων (Data ownership):

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 ή Νέφη Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας και έτσι να διεκδικήσει την κυριότητά του και ένας γιατρός, ή η ασφαλιστική εταιρεία του ασθενούς ή η διαχείριση του νοσοκομείου. Η δημιουργία αυστηρών πολιτικών και κατευθυντήριων γραμμών που καθορίζουν σαφή όρια ιδιοκτησίας (και για το Νέφος), είναι μια σημαντική πρόκληση.

7. Ασφάλεια, ιδιωτικότητα, εμπιστοσύνη και ζητήματα ευθύνης (Security – Privacy – Trust and liability issues) :

Τα προβλήματα ασφάλειας ιδιωτικότητας και εμπιστοσύνης του Υπολογιστικού Νέφους που αναφέρθηκαν στην Ενότητα 1 ισχύουν βεβαίως και στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας. Αξίζει να σημειώσουμε πως τα δεδομένα υγείας ανήκουν στην κατηγορία των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων 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 Νέφους. Οι πάροχοι υπηρεσιών Νέφους 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 σκοπιά των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, το Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας παρουσιάζει υψηλό νομικό κίνδυνο σε περιπτώσεις απώλειας ή διαρροής δεδομένων, που μπορεί να προκαλέσει απώλεια φήμης και εμπιστοσύνης των ασθενών.

#### 8. Διαλειτουργικότητα (Interoperability):

Οι διάφορες υπηρεσίες σε ένα Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας μπορεί να παρέχονται από πολλούς παρόχους υπηρεσιών Νέφους (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 εξυπηρετητών και δεδομένων μεταξύ των διαφόρων παρόχων υπηρεσιών Νέφους, ή β) Την περίπτωση όπου παρέχονται ολοκληρωμένες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας Νέφους τοπικά, αλλά και εξωτερικά από Νέφος. 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.

#### 9. Δυνατότητα συντήρησης (Maintainability):

Σε αντίθεση με ένα σύστημα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας για μεμονωμένους φορείς παροχής υπηρεσιών υγείας, ένα σύστημα Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκατοντάδες παρόχους υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό αυξάνει αρκετά την πολυπλοκότητα συντήρησης του συστήματος σε σύγκριση με ένα ατομικό σύστημα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, 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 έναν. Για να απλοποιηθούν λοιπόν οι διαδικασίες συντήρησης, όλοι οι πόροι και υπηρεσίες στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας πρέπει να είναι σχεδιασμένοι για εύκολη και αξιόπιστη συντήρηση.

#### 10. Οργανωτική αλλαγή (Organizational change):

Η υιοθέτηση του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας θα απαιτήσει σημαντικές αλλαγές στην κλινική, τις επιχειρηματικές διαδικασίες, τα συναλλασόμενα 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 διεκπεραιώνονται ορισμένες ιατρικές διαδικασίες και έγγραφα.

#### 11. Νομοθεσίες και πρότυπα (Legislations and standards):

Αν και έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες για τυποποίηση θεμάτων ιδιωτικότητας και ασφάλειας στον τομέα του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας (από HIPAA), εξακολουθούν να μην υπάρχουν σαφείς και επαρκείς κατευθυντήριες γραμμές και νομοθεσίες για την κλινική, τεχνική και επιχειρηματική 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 Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας. Ως αποτέλεσμα, περισσότερα προβλήματα όπως και τεχνικές, κοινωνικές και ηθικές ανησυχίες μπορεί να προκύψουν λόγω αυτής της έλλειψης τυποποίησης.

Οι σχεδιαστές συστημάτων Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας 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 αποθήκευση και ανάκτηση εγγραφών κλινικής φροντίδας ιατρικής και κτηνιατρικής).

#### 12. Ευχρηστία και εμπειρία χρηστών (Usability and end users experiences):

Το πρόβλημα αυτό αφορά το βαθμό ή επίπεδο υιοθέτησης στο οποίο έχουν εξοικειωθεί οι χρήστες του Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, 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 τη συνεχή εκπαίδευση και ενασχόληση και μετά την χρήση του συστήματος, είναι σημαντικοί παράγοντες για την εξοικείωση με το σύστημα.

### 3. ΝΕΦΟΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΓΕΙΑ

#### 3.1 Εισαγωγή στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών

##### 3.1.1 Ιστορία και Ορισμός του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών

Είδαμε πως από το 2007 με 2008 το Υπολογιστικό Νέφος (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 Νέφος Κινητών Υπηρεσιών (Mobile Cloud Computing - MCC), για το οποίο υπάρχουν αρκετοί ορισμοί, ίσως όμως η έννοιά του να περιγράφεται καλύτερα από τον Mitchell Shanklin :

*"To 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 MCC είναι η εξής : Οι χρήστες στέλνουν αιτήσεις στο Υπολογιστικό Νέφος μέσω ενός φυλλομετρητή ιστοσελίδων(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 λειτουργικών συστημάτων και λογισμικού για MCC αναμένεται να αυξηθεί κατά 88% ετησίως από το 2009 έως το 2014 και μια τέτοια αύξηση αντιστοιχεί σε 9,5 δις. δολάρια στις ΗΠΑ το 2014.

Στις μέρες μας, τα κινητά τηλέφωνα θεωρούνται από πολλούς ο εκπρόσωπος των φορητών συσκευών, καθώς συνδέονται στο διαδίκτυο με τα ασύρματα δίκτυα (των οποίων 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 γίνεται φανερό και από μια απλή περιήγηση στα κινητά κέντρα λήψης εφαρμογών όπως το Oni 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 Νέφους Κινητών Υπηρεσιών**

Η γενική αρχή λειτουργίας του MCC είναι να εκτελέσουμε κάποια εφαρμογή ή να έχουμε πρόσβαση σε δεδομένα στον εξυπηρετητή του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και να λάβουμε τα αποτελέσματα στη φορητή συσκευή. Έτσι εξοικονομούμε χώρο και ενέργεια στη φορητή συσκευή. Όμως, δεν υπάρχει μόνο ένας μονοσήμαντος τρόπος υλοποίησης και χρήσης του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών.

Παρατηρούμε 3 διαφορετικά είδη Νέφους Κινητών Υπηρεσιών (σύμφωνα και με τους Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny -2013) :

1)Συνήθως με τον όρο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών 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 εξυπηρετητή με αρκετούς πόρους (όπως τους Google servers) και η φορητή συσκευή λειτουργεί ως απλό τερματικό - πελάτης (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 Νέφος Κινητών Υπηρεσιών διομότιμου δικτύου (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 εξυπηρετητές Νέφους (cloud servers). Μια καλή λύση για τέτοιους υπολογιστές είναι οι λεγόμενοι PlugComputers, 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 φθινοί. Τα "υποσύννεφα" μπορεί να βρίσκονται σε πολυσύχναστες περιοχές, όπως καφετέριες, ώστε οι φορητές συσκευές να συνδέονται σε αυτά αντί για τους απομακρυσμένους εξυπηρετητές και έτσι να αποφεύγονται τα σχετικά προβλήματα καθυστέρησης και εύρους ζώνης.

### **3.1.3 Περιγραφή του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών**

Εκτός από τα διάφορα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση του MCC 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, της τιμολόγησης και στα κίνητρα των χρηστών, τα οποία είναι σημαντικά για την κατανόηση της λειτουργίας του MCC 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 Υπολογιστικό Νέφος, με τρόπους που θα δούμε αναλυτικά πιο κάτω.

- Κίνητρα συνεργασίας

Σε πολλές περιπτώσεις στο MCC 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 καταναμημένα συστήματα βασισμένα σε ευκαιριακά και ανεκτικά σε καθυστέρηση δίκτυα (delay tolerant networks - DTN). Σε αυτή την περίπτωση ένας ξενιστής (host) από φορητή συσκευή θα προωθεί τα μηνύματα με προτεραιότητα ανάλογη 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 ξενιστή από τη φορητή τους συσκευή, έχουν παραπάνω κίνητρα να το κάνουν για άτομα που γνωρίζουν, 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 MCC 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 Νέφους, 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 Νέφος ένας χρήστης κινητού, εμπλέκονται ο πάροχος υπηρεσιών του παιχνιδιού, ο πάροχος υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και ο πάροχος υπηρεσιών Νέφους και άρα, ο καθορισμός της τιμής και ο διαμοιρασμός των κερδών θα απαιτεί τη συνεννόηση και των τριών.

## **3.2 Νέφος Κινητών Υπηρεσιών και Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας**

### **3.2.1 Πώς συνδέονται το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών και οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας**

Οι φορητές συσκευές από τη φύση τους έχουν πολλούς περιορισμούς λόγω της προτίμησης για μικρότερα μεγέθη και 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 Υπολογιστικού Νέφους, 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. Καθ' αυτό τον τρόπο, το MCC 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 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 ιατρικά σφάλματα, κάτι που στοχεύουν άλλωστε και οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας, αλλά επιπλέον με τη κινητή υγειονομική περίθαλψη (m-υγειονομική περίθαλψη) παρέχεται στους χρήστες κινητών πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες (π.χ. ιατρικό φάκελο ασθενών), εύκολα και γρήγορα παντού.

### 3.2.2 Εφαρμογές και Πλεονεκτήματα των Κινητών Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας

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.
- Ευφύες 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 το επίπεδο 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).
- Διάφοροι τρόποι πληρωμής των εξόδων της υγειονομικής περίθαλψης και άλλων συναφών εξόδων.

Ακολουθεί πιο αναλυτική περιγραφή μερικών εφαρμογών Νέφους Κινητών Υπηρεσιών στον τομέα των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας :

1. Οι M. Somasundaram, S.Gitanjali, T.C.Govardhani, G. Lakshmi Priya και R. Sivakumar (2011) προτείνουν μια εφαρμογή “Συστήματος διαχείρισης Νοσοκομείου” (Hospital Management System - HMS) που στόχο έχει να κάνει διαθέσιμα τους ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους, τα αρχεία εικόνας (όπως σαρωμένες εικόνες, υπέρηχους, ακτίνες X, 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 Υπολογιστικό Νέφος (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 Νέφος) 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 επισκεφθούν και άλλους γιατρούς. Βέβαια, θα πρέπει να καθιερωθούν τα αντίστοιχα πρότυπα υγειονομικής περίθαλψης (HL7 και HIPAA).

2. Οι C. Doukas, T. Pliakas, και I. Maglogiannis (2010), προτείνουν το @HealthCloud, μία πρότυπη υλοποίηση, ενός συστήματος Κινητών Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας και διαχείρισης πληροφοριών, που θα λειτουργεί σε έναν κινητό πελάτη (mobile client) με λειτουργικό σύστημα Android 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 Υπολογιστικό Νέφος που επιτρέπει στους χρήστες να ανακτούν, τροποποιούν και να ανεβάσουν ιατρικό περιεχόμενο (π.χ., ιατρικές εικόνες, ιατρικούς φακέλους ασθενών και βιοσήματα) χρησιμοποιώντας διαδικτυακές υπηρεσίες (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 εικόνες μέσω της διεπαφής της εφαρμογής.
- Υποστήριξη εικονικής προβολής, που επιτρέπει στους χρήστες φορητών συσκευών να αποκωδικοποιήσουν μεγάλα αρχεία εικόνες σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης με διαφορετική διαθεσιμότητα και ποιότητα δικτύου.

3. 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 από τις μετρήσεις, στο Νέφος. Όταν ένας συμμετέχων πραγματοποιεί μέτρηση της γλυκόζης στο αίμα ή της πίεσεως 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 σύντομο μήνυμα (SMS) μέσω κινητής συσκευής. Στη συνέχεια, οι υπηρεσίες Νέφους θα συγκεντρώσουν και θα αναλύσουν τις πληροφορίες σχετικά με το συμμετέχοντα και θα επιστρέψουν τα αποτελέσματα (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).

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 (Hoang D. B., Chen L. - 2011) η χρήση ενός μοντέλου διομότιμου δικτύου (peer-to-peer) για να συνασπιστούν τα Υπολογιστικά Νέφη και (Nkosi M.T., Mekuria F. - 2010) η χρήση του επιπέδου Μοντέλου Υπηρεσιών Ασφάλεια ως Υπηρεσία (Security as a Service) στο Νέφος, όπου θα υπάρχει μια επιπλέον οντότητα υπεύθυνη για το θέμα της ασφάλειας (Security Vendor) και οι πάροχοι φορητών εφαρμογών υγείας θα απαλλάσσονται από το θέμα της ασφάλειας.

### **3.3 Πλεονεκτήματα του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών**

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

#### **1. Προσφέρει κινητικότητα δικτύου (Offering Mobility)**

Οι φορητοί κόμβοι ενός δικτύου MCC, μπορούν να πραγματοποιήσουν σύνδεση με άλλους φορητούς, ακόμα και σταθερούς κόμβους σε ενσύρματο δίκτυο, μέσω του σταθμού κινητής υποστήριξης (Mobile Support Station -MSS), κατά τη διάρκεια της μετακίνησής τους (Qi Han , Gani Abdullah - 2012).

## 2. Συνεισφέρει στην φορητότητα δεδομένων και στη διαλειτουργικότητα (Improving Data portability and interoperability)

Το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών θα εξυπηρετεί πολλές διαφορετικές συσκευές, λειτουργικά ή εταιρείες, όπως Android, BlackBerry, and iPhone, οι οποίες όμως θα έχουν διαφορετικούς αισθητήρες και συνεπώς θα αποθηκεύουν και διαφορετικά δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες. Άρα, αφού το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών θα πρέπει να επικοινωνεί εκτός από τις διάφορες φορητές συσκευές και με servers μεγάλης κλίμακας και προσωπικούς υπολογιστές, 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 τη δυνατότητα του κινητού να 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 παρόχους υπηρεσιών Νέφους για τη δημιουργία μίας ενιαίας διεπαφής. Μία πιθανή λύση για το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών είναι ο “Οργανισμός Ανοιχτού Υπολογιστικού Νέφους Βασισμένος σε Κινητούς Πράκτορες” (Mobile Agent Based Open Cloud Computing Federation - MABOCCF) των Zhang Z. και Zhang X. (2009), όπου κώδικας και δεδομένα μεταφέρονται από τη μία συσκευή στην άλλη, μέσω κινητών πρακτόρων (mobile agents). Όταν ο χρήστης ενθυλακώνει κώδικα σε έναν κινητό πράκτορα θα πρέπει να υπάρχει πληροφορία στην κεφαλή της δομής των δεδομένων που να περιλαμβάνει στοιχεία όπως το αν ο αποστολέας είναι ή όχι κινητός πράκτορας, τους πόρους που απαιτούνται για τη συγκεκριμένο διεργασία, κώδικα για τον κινητό πράκτορα και τον κώδικα της εφαρμογής. Ο κάθε κινητός πράκτορας εκτελείται σε μια εικονική μηχανή που ονομάζεται “Mobile Agent Plave” (MAP) και οι κινητοί πράκτορες μπορούν να μετακινούνται μεταξύ MAPs, ακόμα και να επικοινωνούν και να διαπραγματεύονται μεταξύ τους και έτσι παρέχουν φορητότητα και διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε ετερογενείς παρόχους υπηρεσιών Υπολογιστικού Νέφους.

## 3. Επεκτείνει την διάρκεια ζωής της μπαταρίας των φορητών συσκευών (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 τις κινητές εφαρμογές. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να μετρήσουμε την κατανάλωση ενέργειας των φορητών συσκευών, τόσο μέσω του υλικού (π.χ. με εργαλεία όπως το PowerScope κ.α.), όσο και από το λογισμικό (π.χ. βλέποντας τα επίπεδα της μπαταρίας όπως κάνει το PowerSpy στα Windows), το ζήτημα όμως είναι πώς θα μειώσουμε την κατανάλωση αυτή (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

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 εξυπηρετητές και άλλα μηχανήματα που διαθέτουν τους απαιτούμενους πόρους, κάτι που είναι αρκετά βολικό με το Υπολογιστικό Νέφος και μειώνει τον χρόνο εκτέλεσης των εφαρμογών αλλά και την ενεργειακή κατανάλωση (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011). Επίσης, η χρήση του MAUI (memory arithmetic unit and interface) που εκτελεί κάποια μέρη των εργασιών των φορητών παιχνιδιών σε εξυπηρετητές Νέφους, είναι πολύ αποδοτική στην εξοικονόμηση ενέργειας, όπως θα δούμε και παρακάτω.

#### 4. Βελτιώνει την ικανότητα αποθήκευσης κινητών δεδομένων και την υπολογιστική ισχύ (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 Υπολογιστικό Νέφος αμέσως μόλις τις τραβήξουν και να έχουν πρόσβαση από κάθε συσκευή), το Flickr, το ShoZu και το Facebook. Τέλος, το MCC υποστηρίζει υπηρεσίες αποθήκευσης δεδομένων (data warehousing) και συγχρονισμού πολλαπλών εγγράφων online και έτσι ενισχύει τις δυνατότητες του χρήστη μιας απλής φορητής συσκευής κατά πολύ (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).



5. Συνεισφέρει στην αξιοπιστία των κινητών δεδομένων (Improving mobile data reliability)

Αποθηκεύοντας δεδομένα και εκτελώντας εφαρμογές στο Υπολογιστικό Νέφος 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 προστατεύσουμε και τα πνευματικά δικαιώματα ψηφιακού περιεχομένου από κατάχρηση και μη εξουσιοδοτημένη διανομή, όπως βίντεο και μουσική (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).

6. Επίσης από την φύση του, το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα στους χρήστες φορητών συσκευών (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011) :

- Δυναμική παροχή πόρων ανάλογα με τη ζήτηση (Dynamic provisioning)
- Επεκτασιμότητα (Scalability)
- Πολυ – Μίσθωση (Multi-tenancy), δηλαδή ικανότητα συνεργασίας παρόχων και διαμοιρασμού των πηγών τους, για παροχή καλύτερων υπηρεσιών
- Ευκολία Ενσωμάτωσης υπηρεσιών από διαφορετικούς παρόχους (Ease of Integration)

### **3.4 Προβλήματα και Λύσεις στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών**

Εκτός από πλεονεκτήματα, το MCC αντιμετωπίζει και αρκετά προβλήματα, κυρίως λόγω της ενσωμάτωσης των πεδίων του προγραμματισμού σε φορητές συσκευές και σε περιβάλλον Υπολογιστικού Νέφους (θέματα διαθεσιμότητας και διαλειτουργικότητας) και άλλα τεχνικά θέματα (ασφάλειας και δεδομένων) .

#### **A. Θέματα Επικοινωνίας (Issues in Mobile Communication Side)**

1. Χαμηλό Εύρος Ζώνης (Low Bandwidth):

Το εύρος ζώνης είναι ένα από τα πιο μεγάλα προβλήματα για το MCC 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 (2010) 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 την συνεισφορά του κάθε χρήστη.

Μία ακόμα καλύτερη λύση (σύμφωνα με τους E. Jung, Y. Wang, I. Prilepon, F. Maker, X. Liu, και V. Akella – 2010) 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 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 Νέφος και προσφέρει μια πιο εξισορροπημένη σχέση οφελών και ενεργειακών δαπανών

## 2. Διαθεσιμότητα (Availability):

Η διαθεσιμότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών είναι ακόμα πιο σημαντικό και περίπλοκο θέμα στο MCC από ότι στο Υπολογιστικό Νέφος με ενσύρματα δίκτυα. Εδώ οι χρήστες μπορεί να μην μπορούν να συνδεθούν με το Νέφος Κινητών Υπηρεσιών 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 - 2010) είναι όταν κάποιος χρήστης έχει πρόβλημα σύνδεσης, να εκτελείται ένας μηχανισμός αναζήτησης των προβληματικών χρηστών από έναν σταθερό – διαθέσιμο χρήστη και στη συνέχεια, 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 ιδιωτικότητας των γειτονικών συσκευών.

Μία ακόμα καλύτερη λύση (από τους L. Zhang, X. Ding, Z. Wan, M. Gu, και X. Y. Li – 2010) είναι να επιλέγονται οι γειτονικοί χρήστες που θα λειτουργήσουν ως πάροχοι, με βάση την απόστασή τους από τον χρήστη με το πρόβλημα όπως και η χρήση κλειδιών κρυπτογράφησης για την προστασία του προσωπικού περιεχομένου, του καναλιού επικοινωνίας και του ελέγχου πρόσβασης.

### 3. Ετερογένεια (Heterogeneity):

Από τη φύση του, το MCC χρησιμοποιείται σε αρκετά ετερογενή δίκτυα λόγω της ασύρματης επικοινωνίας που περιλαμβάνεται. Διαφορετικοί φορητοί κόμβοι του δικτύου έχουν πρόσβαση στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών, 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 MCC (συνδεσιμότητα ανά πάσα στιγμή, επεκτασιμότητα ανάλογα με τη ζήτηση του ασύρματου δικτύου και ενεργειακή απόδοση φορητών συσκευών).

Για να λαμβάνουν οι χρήστες του MCC ποιότητα σύνδεσης ανάλογη με τις απαιτήσεις και τις εφαρμογές που εκτελούν, έχει προταθεί ένα μοντέλο που εφαρμόζει την τεχνική της Ευφυούς Πρόσβασης σε Ασύρματα Δίκτυα (Intelligent Radio Network Access - IRNA) στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών. 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 (2010).

## B. Προγραμματιστικά Προβλήματα (Issues in Computing Side)

### 1. Εκφόρτωση Επεξεργασίας (Computing Offloading):

Η εκφόρτωση μέρους της επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα στις φορητές συσκευές είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του MCC 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.

#### a) Εκφόρτωση σε στατικό περιβάλλον (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 x 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 καθοριστεί αν και ποιο μέρος του κώδικα χρειάζεται να εκφορτωθεί για να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).

Μία λύση στο πρόβλημα είναι να διαμερίζουμε τα προγράμματα ανάλογα με μια εκτίμηση ενεργειακής κατανάλωσης (επικοινωνίας και επεξεργασίας) πριν την εκτέλεσή 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 τον διαμερισμό του προγράμματος λαμβάνονται δυναμικά. Ωστόσο, οι πιο πολλές μέθοδοι αποφασίζουν για 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 (2007), δεν χρειάζεται να υπολογίζει τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης και εξοικονομεί έως και 17% περισσότερη ενέργεια.

b) Εκφόρτωση σε δυναμικό περιβάλλον (Offloading in the Dynamic Environment):

Η εκφόρτωση 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 ή τα δεδομένα που εκτελούνται στον server να χαθούν κατά την επιστροφή τους στον αρχικό αποστολέα τους (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).

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 (2010), 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 Νέφος. Το MAUI είναι σχεδιασμένο να δημιουργεί και να εκτελεί κώδικα ακόμα και στην αρχιτεκτονική των smartphones που συνήθως είναι διαφορετική από τη συνηθισμένη αρχιτεκτονική των επιτραπέζιων υπολογιστών (desktop) και των εξυπηρετητών. 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 την 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, 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. Χάρη στην 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.

## 2. Ασφάλεια (Security):

Όπως και στο απλό Υπολογιστικό Νέφος, έτσι και στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών η ασφάλεια και τα θέματα διαχείρισης δεδομένων είναι από τα πιο σημαντικά ζητήματα. Χωρίζουμε λοιπόν γενικώς τα θέματα ασφάλειας στις κατωτέρω κατηγορίες και προτείνουμε κάποιες λύσεις.

- a) Ασφάλεια για τους χρήστες φορητών συσκευών (Security for Mobile Users):

- a1) Ασφάλεια για τις εφαρμογές των φορητών συσκευών (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, antimalware) είναι πιο δύσκολη σε σύγκριση με πιο ισχυρά μηχανήματα (όπως ένα PC). Γι αυτό το λόγο έχει προταθεί η μεταφορά της διαδικασίας ανίχνευσης Υπολογιστικό Νέφος.

Στην ουσία μπορούμε να επεκτείνουμε ένα ήδη υπάρχον λογισμικό αντιμετώπισης κακόβουλου λογισμικού στο Υπολογιστικό Νέφος, ώστε να προστατεύει και φορητές συσκευές. Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από μία διεργασία - πράκτορα 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 Νέφος για έλεγχο. Επίσης το σύστημα αποτελείται από 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 (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).

- a2) Ιδιωτικότητα (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 -2010) ο λεγόμενος εξυπηρετητής αξιόπιστης τοποθεσίας (Location trusted server -LTS), ο οποίος διαμεσολαβεί στην επικοινωνία της φορητής συσκευής και του εξυπηρετητή των υπηρεσιών LBS, καθώς όταν λαμβάνει την τοποθεσία ενός χρήστη, την αποθηκεύει σε μία "κρυμμένη περιοχή" και στέλνει αυτή την πληροφορία στον LBS εξυπηρετητή. 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.

b) Ασφάλεια Δεδομένων στο Νέφος (Securing Data on Clouds):

Παρόλο που η αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων στο Υπολογιστικό Νέφος έχει ωφελήσει τους προγραμματιστές και τους χρήστες του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών αρκετά, έχει όμως και ως αποτέλεσμα να προκύψουν θέματα ακεραιότητας, ελέγχου ταυτότητας και ψηφιακών δεδομένων.

- b1) Ακεραιότητα (Integrity):

Η ακεραιότητα των δεδομένων ήταν πάντα ένα σημαντικό θέμα για τους χρήστες του Υπολογιστικού Νέφους. Στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών 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 (2010), όπου στα αρχεία αποδίδεται πρώτα ένας κωδικός αναγνώρισης μηνύματος τοπικά στη φορητή συσκευή πριν την αποστολή του στο Υπολογιστικό Νέφος 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, ενώ η πραγματική σύγκριση των αρχείων και επαλήθευση της ακεραιότητας γίνεται από την έμπιστη τρίτη οντότητα.

- b2) Έλεγχος Ταυτότητας (Authentication):

Ο έλεγχος ταυτότητας είναι αρκετά σημαντικό θέμα για τις φορητές συσκευές, καθώς εκτός από το ενδεχόμενο κλοπής τους (όπου τότε ο δράστης πιθανώς να είχε αποκτήσει πρόσβαση και στο περιεχόμενο του Νέφους, εκτός αν κάποιος τον εμποδίσει), οι φορητές συσκευές συνήθως φιλοξενούν εφαρμογές που έχουν πρόσβαση σε προσωπικά ή και ευαίσθητα δεδομένα (όπως εφαρμογές Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας). 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. Η τεχνική αυτή προτείνεται από τους Jakobsson M., Shi E., Golle P., Chow R. (2009), όπως και τους Chow R., Jakobsson M., Masuoka R., Molina J., Niu Y., Shi E., Song Z. (2010) για χρήση σε Mobile και e-Health Cloud.

Το TrustCube είναι μια πλατφόρμα ελέγχου ταυτότητας για το Υπολογιστικό Νέφος με διάφορες πολιτικές αυθεντικοποίησης (στην προκειμένη περίπτωση περιλαμβάνει και τις παραπάνω πολιτικές έμμεσης αυθεντικοποίησης). Όταν στέλνεται ένα αίτημα πρόσβασης στον εξυπηρετητή, 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) εξυπηρετητή του TrustCube. Το αποτέλεσμα της αυθεντικοποίησης αποστέλλεται από την υπηρεσία στον εξυπηρετητή δικτύου, ανάλογα με την απάντηση που θα ληφθεί από τον (IA) Server (Song Z., Molina J., Lee S., Kotani S., Masuoka R. - 2009).

- b3) Διαχείριση Ψηφιακών Δικαιωμάτων (Digital rights management):

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

Για το λόγο αυτό, οι P. Zou, C. Wang, Z. Liu και D. Bao (2012) 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 Νέφος Κινητών Υπηρεσιών.

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



### 3. Αποδοτικότητα της πρόσβασης δεδομένων (Enhancing the Efficiency of Data Access):

Με την αύξηση της δημοτικότητας και των παρεχόμενων υπηρεσιών του Υπολογιστικού Νέφους, αυξάνεται και η ζήτηση για πρόσβαση στις διάφορες πηγές και δεδομένα (εικόνες, έγγραφα και λοιπά αρχεία) που βρίσκονται αποθηκευμένα στο Νέφος. 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) των Koukoumidis E., Lymberopoulos D., Strauss K., Liu J. και Burger D. (2011). 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 Νέφος αφού ένα μέρος τους μόνο αποθηκεύεται τοπικά.

### **3.5 Εφαρμογές Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Το MCC έχει πολλές εφαρμογές, μερικές από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω :

#### 1. Εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας (image processing)

Εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας 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 του γλώσσα. Επίσης, αντί της σύνδεσης σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή μέσω διαδικτύου (δηλαδή πρακτικά με χρήση της ακριβής περιαγωγής - 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 Νέφος Κινητών Υπηρεσιών θα μπορεί να εξάγει το κείμενο και να το μεταφράσει στα αγγλικά (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

## 2. Εφαρμογές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (natural language processing)

Εφαρμογές μετάφρασης γλώσσας χρήσιμες π.χ. σε ταξιδιώτες, εφαρμογές παραγωγής ομιλίας από κείμενο (Text-to-speech), όταν ένας χρήστης φορητής συσκευής προτιμάει να του διαβάσει η συσκευή του ένα κείμενο, ειδικά στην περίπτωση ατόμων με προβλήματα όρασης (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

## 3. Προγραμματιστικές εφαρμογές πλήθους (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 (Satyanarayanan Mahadev - 2011). Δύο σενάρια χρήσης :

- a) Χαμένο παιδί

Αν χαθεί ένα άτομο (π.χ. παιδί) κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος (π.χ. σε μια παρέλαση), ένας αστυνομικός μπορεί να ειδοποιήσει όλα τα κινητά τηλέφωνα σε μία λογική ακτίνα (π.χ. 2 μίλια) και να ζητήσει από τους χρήστες να ανεβάσουν τις φωτογραφίες που τράβηξαν από το γεγονός στην τελευταία ώρα σε έναν εξυπηρετητή 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.

#### b) Αντιμετώπιση καταστροφής

Σε περίπτωση μιας φυσικής καταστροφής πολύ μεγάλης κλίμακας, όπως ένας σεισμός 9.1 ρίχτερ, θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε συνθήκες όπως περιορισμένο ανθρώπινο δυναμικό, έλλειψη μεταφορικών μέσων, προβλήματα στην επικοινωνία τόσο σε τηλεφωνία όσο και στην υποδομή του Internet, καθώς και το ότι δορυφορικοί χάρτες (google maps, Google Earth) ή γενικά οι χάρτες πλοήγησης και απεικόνισης των χτιρίων που ίσχυαν προηγουμένως, θα είναι πλέον 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 πολύ υψηλής ανάλυσης(π.χ. GigaPan) 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 έναν ενιαίο εξυπηρετητή 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 με τα πιο πάνω ακριβή και επίκαιρα στοιχεία.

#### 4. Διαμοιρασμός διαδικτυακών δεδομένων και δεδομένων θέσης (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 πιθανολογείται πως μπορεί να φτάσει το 40% (σε πολυσύχναστα μέρη όπως pubs, εστιατόρια ή γήπεδα), όπως και σε περιπτώσεις λήψης peer-to-peer αρχείων (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

#### 5. Εφαρμογές αισθητήρων (sensor data applications)

Αρκετές φορητές συσκευές στις μέρες μας (κυρίως κινητά τηλέφωνα) περιέχουν αισθητήρες, όπως GPS, μετρητές ταχύτητας και επιτάχυνσης, αισθητήρες φωτός, μικρόφωνο, θερμομέτρο, ρολόι και πυξίδα. Μετρήσεις από τέτοιους αισθητήρες μπορούν να χρονομετρηθούν, να καταγραφούν και να χρησιμοποιηθούν για εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, όπως "υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας των κόμβων σε ένα μίλι από τη θέση μου" και "ποια είναι η κατανομή των ταχυτήτων των κόμβων μέσα σε μισό μίλι από τον επόμενο αυτοκινητόδρομο στην τρέχουσα πορεία μου ". Άλλες σχετικές εφαρμογές μπορεί να είναι ενημέρωση για την κίνηση στους δρόμους, χάρτες που απεικονίζουν πληροφορίες από αισθητήρες και παρακολούθηση διαθεσιμότητας δικτύου (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

#### 6. Κοινωνική δικτύωση (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 (Li H., Hua X-S. - 2010) 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 Νέφους και ενός αυτόματου ιστολογίου (blog). Οι χρήστες (π.χ. ταξιδιώτες) απολαμβάνουν διάφορες υπηρεσίες Νέφους, όπως είναι η καθοδήγηση ταξιδίου, η προβολή χαρτών, η καταγραφή διαδρομής και η αποθήκευση εικόνων και βίντεο.

#### 7. Εφαρμογές κινητού εμπορίου (Mobile Commerce)

Το κινητό εμπόριο (m-commerce) είναι ένα επιχειρηματικό μοντέλο για το εμπόριο, χρησιμοποιώντας κινητές συσκευές. Οι εφαρμογές m-commerce γενικά προσφέρουν ορισμένες λειτουργίες που υποστηρίζουν 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 περιβάλλον Υπολογιστικού Νέφους, για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα.

Έχει προταθεί μια 3G πλατφόρμα ηλεκτρονικού εμπορίου με βάση το Υπολογιστικό Νέφος (Yang X., Pan T., Shen J. - 2010) 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 ιδιωτικού κλειδιού (private key infrastructure -PKI) που χρησιμοποιεί σύστημα κρυπτογράφησης για έλεγχο πρόσβασης και προστατεύει την ιδιωτικότητα των χρηστών σχετικά με τα εξαγόμενα δεδομένα.

#### 8. Εφαρμογές κινητής μάθησης (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 Υπολογιστικού Νέφους στο m-learning μπορούν να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί καθώς με τον αποθηκευτικό χώρο και την επεξεργαστική ισχύ του Νέφους, οι εφαρμογές παρέχουν στους διδασκόμενους πολύ πλουσιότερες υπηρεσίες σχετικά με τον όγκο δεδομένων, την ταχύτητα επεξεργασίας και τη διάρκεια ζωής των συσκευών.

Συνδυάζοντας την κινητή μάθηση και το Υπολογιστικό Νέφος 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 μάθημα και μπορούν να απαντήσουν στις ερωτήσεις των μαθητών εγκαίρως (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).

## 9. Εφαρμογές κινητών παιχνιδιών (Mobile Gaming)

Το Κινητό παιχνίδι (m- game) είναι μια αγορά που πιθανό 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 εξυπηρετητή Νέφους 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 αυτό έχει προταθεί το MAUI (memory arithmetic unit and interface), από τους Cuervo E., Balasubramanian A., Cho Dae-ki, Wolman A., Saroiu S., Chandra R., Bahl P. (2010), ένα σύστημα που επιτρέπει την εκφόρτωση κώδικα φορητών συσκευών με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας σε Νέφος. Επίσης, ένας αριθμός πειραμάτων διεξήχθησαν 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 Υπολογιστικό Νέφος (Wang S. , Dey S. – 2011), 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 επεξεργασίας.

## 10. Εφαρμογές αναζήτησης (Search Services)

Το cloud μπορεί να γίνει αποτελεσματικό εργαλείο για υπηρεσίες αναζήτησης :

a) Αναζήτηση με χρήση λέξεων κλειδιά (Keyword-based Searching)

Έχει προταθεί ένα έξυπνο μοντέλο αναζήτησης (στους εξυπηρετητές Νέφους) από φορητές συσκευές με χρήση σημασιολογίας, από τους Pendyala V. S., Holliday J. (2010). 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 (Lagerspetz E., Lindholm T., Tarkoma S. 2010), που βρίσκει τα δεδομένα ενός χρήστη, τα μεταδεδομένα και σχετικές πληροφορίες, μέσω τοπικής αναζήτησης και στη συνέχεια εφαρμόζει τεχνικές συγχρονισμού.

b) Αναζήτηση μέσω αναγνώρισης φωνής (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 μοντέλο μικτών υπηρεσιών (mashup) AT&T ομιλίας που χρησιμοποιεί διαδικτυακές υπηρεσίες (web services) και το Υπολογιστικό Νέφος για να καλύψει τη ζήτηση σε υπηρεσίες ομιλίας των πελατών. Το μοντέλο αυτό βελτιστοποιεί την μετάδοση δεδομένων σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, μειώνει την καθυστέρηση και είναι εύκολο για ενσωμάτωση με άλλες υπηρεσίες (Fabbrizio G. D., Okken T. , Wilpon J. G. - 2009).

c) Αναζήτηση με βάση επικολήσεις (Tag-based Searching)

Έχει προταθεί (Gu Cai-Dong, Lu Kan, Wu Jian-Ping, Fu Ying-li, Li Jing-xiang, Xiao Chang-shui, Si Mao-xin, Liu Zhao-bin - 2011) μία τεχνική αναζήτησης φωτογραφιών με βάση οντολογικές και σημασιολογικές ετικέτες. Οι χρήστες κινητών τηλεφώνων μπορούν να αναζητούν τις εικόνες μόνο από παραμέτρους (οντότητες) που επικολλούνται (tagged) στις εικόνες πριν τις ανεβάσουν στο Υπολογιστικό Νέφος. Το Νέφος χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την επεξεργασία των εικόνων για συσκευές με περιορισμένους πόρους. Αν και η τρέχουσα υπηρεσία έχει σχεδιαστεί για Ιδιωτικό Νέφος, στο μέλλον αναμένεται να επεκταθεί και για την αναζήτηση εικόνων σε δημόσιο.

d) Αναζήτηση πολυμέσων (multimedia search)

Στις μέρες μας οι φορητές συσκευές αποθηκεύουν πολλές μορφές πολυμέσων όπως βίντεο, φωτογραφίες και μουσική. Μπορούμε να επιταχύνουμε τις εφαρμογές αναζήτησης ή άλλες εφαρμογές με χρήση του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών. Για παράδειγμα η εφαρμογή Shazam ηχογραφεί ένα τραγούδι για να το αναγνωρίσει (τίτλο, καλλιτέχνη και άλλες πληροφορίες) από μία κεντρική βάση δεδομένων, κάτι που θα μπορούσε να επιταχυνθεί με τη βοήθεια κοντινών φορητών συσκευών – κινητών τηλεφώνων (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

e) Άλλες αναζητήσεις (Other searching services)

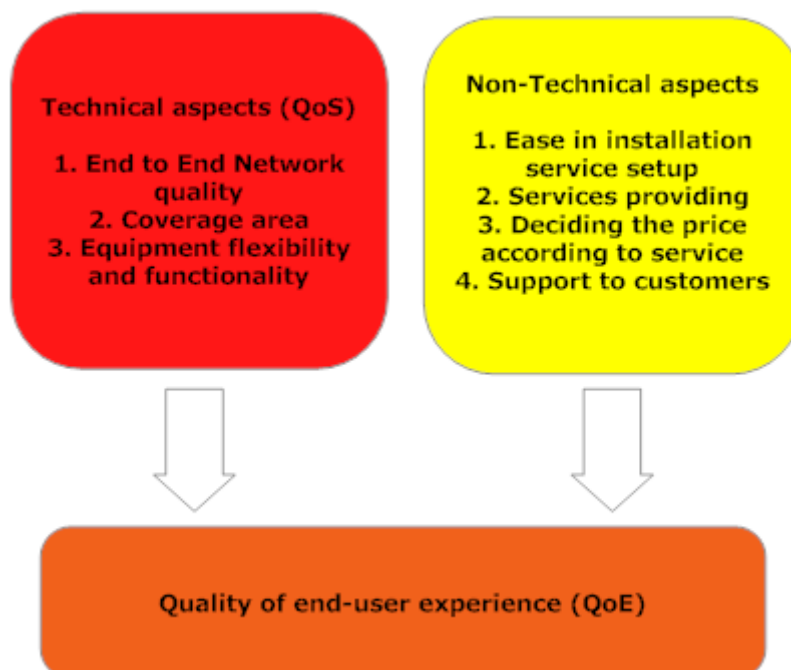
Τέλος, υπάρχουν συνεργατικές εφαρμογές Νέφους Κινητών Υπηρεσιών για ανίχνευση κίνησης στα φανάρια για άτομα με πρόβλημα στην όραση, ένα πρότυπο Cloud για την παρακολούθηση διάφορων σημείων ενός σπιτιού μέσω φορητής συσκευής, και έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες που ενσωματώνουν τις υπάρχουσες υπηρεσίες (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 (Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping - 2011).



## 4. ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ

### 4.1 Εισαγωγή στα Θέματα Ποιότητας

Όπως έχουμε προαναφέρει, ο όρος της ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (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 της αντιληπτή ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality of Experience –QoE) αναφέρεται στην ποιότητα των υπηρεσιών και την ικανοποίηση που αντιλαμβάνεται τελικά ο χρήστης. Είναι προφανές πως υπάρχει κενό ανάμεσα στις προσφερόμενες υπηρεσίες και υποδομές του παρόχου υπηρεσιών και στο τελικό αποτέλεσμα των αντίστοιχων υπηρεσιών που γίνονται αντιληπτές από τους χρήστες (όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4 που ακολουθεί). Τους λόγους που συμβαίνει αυτό, καθώς και κάποιες μεθόδους γεφύρωσης αυτού του χάσματος, θα μελετήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο.



Εικόνα 4 : Relation between QoS and QoE

(Προσαρμογή από Kitanov Stojan, Davcev Danco, Shikoska Ustijana Rechkoska, 2012)

Η μέτρηση της ποιότητας μιας εφαρμογής (είτε είναι διαδικτυακή, είτε εφαρμογή υπηρεσιών υγείας, είτε εφαρμογή Υπολογιστικού Νέφους, είτε εφαρμογή Νέφους Κινητών Υπηρεσιών), είτε αναφερόμαστε στην ποιότητα από την πλευρά των πωλητών και παρόχων υπηρεσιών Νέφους, 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 σύστημα Υπολογιστικού Νέφους 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 τυχόν παρέκκλιση από το επίπεδο των ζητούμενων υπηρεσιών θα έχει και διαφορετικές επιπτώσεις στο έργο του κάθε χρήστη, ακόμα και αν οι χρήστες εκτελούν την ίδια εφαρμογή. Όμως, η ποιότητα της εφαρμογής μπορεί να είναι και αντικειμενικό ζήτημα, καθώς μπορούμε να ορίσουμε συγκεκριμένους δείκτες μέτρησης ποιότητας ειδικά για την εφαρμογή αυτή και το περιβάλλον της, που να περιγράφουν το βαθμό της ποιότητας (όπως το χρόνο απόκρισης, τη διαθεσιμότητα, την ασφάλεια κ.α.).

Οι πάροχοι υπηρεσιών Νέφους προκειμένου να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στις απαιτήσεις ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (QoS) των εφαρμογών Νέφους, 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 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. Κατα συνέπεια η κοινότητα των συστημάτων Υπολογιστικού Νέφους ζητά επείγοντως ευέλικτες και έξυπνες λύσεις διαχείρισης, για την πιο αποδοτική χρήση του Νέφους. Ο απώτερος στόχος του κάθε έξυπνου συστήματος διαχείρισης (συστημάτων Υπολογιστικού Νέφους) θα πρέπει να είναι η παροχή υπηρεσιών σε ικανοποιητικό επίπεδο ποιότητας, κάτι που δημιουργεί την ανάγκη χρήσης (ή και της καθιέρωσης) της έννοιας της αντιληπτής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality of Experience – QoE).

## 4.2 Θέματα Ποιότητας στο Υπολογιστικό Νέφος

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

### Το πρόβλημα των παραμέτρων μέτρησης ποιότητας :

Το θέμα της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (QoS) αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας ενός πωλητή υπηρεσιών Νέφους, 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 υποκειμενική αξία 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 Υπολογιστικό Νέφος (πωλητής υπηρεσιών, πάροχος υπηρεσιών, τελικός χρήστης).

Εκτός από την εκτίμηση των ικανοτήτων ενός συστήματος Υπολογιστικού Νέφους για τη διασφάλιση ενός συγκεκριμένου επιπέδου απόδοσης του συστήματός (με την παροχή εγγυήσεων QoS), είναι επίσης σημαντική και η κατανόηση των προσδοκιών, 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 QoE) από τις εμπλεκόμενες οντότητες. Το μοντέλο αυτό θα πρέπει να εξετάσει και την επιχειρηματική προοπτική (π.χ. το κόστος προκειμένου να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο αντιληπτής ποιότητας) που περιλαμβάνεται στον όρο “ποιότητα επιχειρηματικής δραστηριότητας” (Quality of Business -QoBiz). Κατά συνέπεια, η διαχείριση των συστημάτων Νέφους γίνεται πολυδιάστατο πρόβλημα, λαμβάνοντας υπόψη QoS, QoE και QoBiz θέματα.

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

#### A. Δυναμική Επεκτασιμότητα (Elastic Scalability)

Πρώτο βήμα για τη (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 σε συστάδα) και δεν ενδείκνυνται για το Υπολογιστικό Νέφος. Υπάρχουν όμως αρκετοί ξένοι (τρίτοι) συλλέκτες στατιστικών στοιχείων για το Υπολογιστικό Νέφος (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 Νέφους περιλαμβάνουν και τους εικονικούς πόρους όπως εικονικά δίκτυα και εφαρμογές), σειρά έχει ο καθορισμός των απαιτήσεων σε QoE από τον πάροχο υπηρεσιών, πωλητή υπηρεσιών Νέφους και τους τελικούς χρήστες.

#### B. Εκτίμηση αντιληπτής ποιότητας σε υπηρεσίες Νέφους (QoE Assessment for Cloud Services)

Όπως προαναφέρθηκε, ο καθορισμός των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η ποιότητα σε ένα σύστημα Υπολογιστικού Νέφους είναι δύσκολο εγχείρημα, καθώς οι παράγοντες αυτοί είναι διαφορετικοί για κάθε οντότητα που σχετίζεται με το σύστημα αυτό (για τον 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 πάροχο υπηρεσιών που έχει τις υποδομές στον πωλητή υπηρεσιών, που (προσφέρει τις τελικές υπηρεσίες στο χρήστη). Ωστόσο, η τελική ποιότητα QoE που απολαμβάνει ο χρήστης του συστήματος Υπολογιστικού Νέφους, είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτής της ποιότητας QoS, της ποιότητας υπηρεσιών (QoS) που τελικά παρέχει ο πωλητής και της ποιότητας υπηρεσιών (QoS) του διαδικτύου.

### C. Διαχείριση και έλεγχος επιπέδων αντιληπτής ποιότητας (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 πελάτη στο Νέφος 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 συστημάτων Υπολογιστικού Νέφους (όπως τα vCloud Director, Abiquo, DynamicOps, Gale Technologies, Platform Computing) μοιράζουν τους πόρους του κάθε συστήματος Νέφους στις διάφορες εικονικές μηχανές, 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 εικονικών μηχανών. Τέλος, δεν υπάρχουν ευρέως αποδεκτά πρότυπα ή υλοποιήσεις ανοικτού κώδικα για εφαρμογές διαχείρισης συστημάτων Υπολογιστικού Νέφους.

Οι Emmanouil Kafetzakis, Harilaos Koumaras, Michail Alexandros Kourtis και Vaios Koumaras (2010) από το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών Δημόκριτος, προτείνουν ένα πολυδιάστατο πλαίσιο για τη μέτρηση της αντιληπτής 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 άσκηση της διαχείρισης είναι πως είναι το πιο ευέλικτο, παρέχει έλεγχο του μηνύτορα εικονικής μηχανής (hypervisor) των λειτουργικών συστημάτων, του αποθηκευτικού χώρου και των υποδομών δικτύου, ενώ αντίθετα τα PaaS και SaaS επίπεδα, παρέχουν έλεγχο μόνο στις ρυθμίσεις του ξενιστή (host) λειτουργικού (όχι σε επίπεδο εικονικοποίησης) 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 του SaaS 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 όλες τις υπηρεσίες σε κάθε εικονική μηχανή, 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 συστάδες (clusters), όπου θα αναθέτει τον αντίστοιχο φόρτο εργασίας με χρονικά και οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Οι πράκτορες (agents) προτείνεται να τοποθετηθούν στην υποδομή του Νέφους 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 πράκτορες μπορούν να :

- Αξιολογήσουν το QoE που αναμένουν να βιώσουν οι τελικοί χρήστες
- Εντοπίσουν υποβαθμίσεις ποιότητας που προκαλούνται καθαρά εσωτερικά από το Υπολογιστικό Νέφος (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 Νέφος)

Στην περίπτωση που και πάλι υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στην αναμενόμενη ποιότητα από τους πράκτορες και την πραγματική, θα πρέπει να καταφύγουμε στην τοποθέτηση ανιχνευτών στο Νέφος 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) QoS Συστήματος/ Υλικού
- 2) QoS Δικτύου
- 3) QoS Εφαρμογών
- 4) QoS Επιχείρησης

Το τελικό αποτέλεσμα για το QoE του χρήστη και η απόφαση για το αν τελικά θα χρησιμοποιήσει το σύστημα Υπολογιστικού Νέφους, εξαρτώνται από το πρώτο κριτήριο έως το τέταρτο, με φθίνουσα συνεισφορά .Οι σχέσεις ανάμεσα σε πάροχο και πωλητή υπηρεσιών πρέπει να εκφράζονται σε τεχνικές/επιχειρηματικές συμφωνίες με βάση το QoE του χρήστη.

#### Παράμετροι σχετικές με το περιβάλλον :

Στο Υπολογιστικό Νέφος, το Μοντέλο Υπηρεσιών Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS) υποστηρίζει τη λειτουργία επιμέρους υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις QoS, όπως για παράδειγμα, σε χρόνο απόκρισης, ρυθμαπόδοση, διαθεσιμότητα, ασφάλεια κ.α. .

Σύμφωνα με τους Chen Tao και Bahsoon Rami (2013), 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 λογισμικού(software), είτε υλικού(hardware) και μπορεί να τα διαχειριστεί ο πάροχος υπηρεσιών Νέφους για την καλύτερη διαχείριση της προσφερόμενης ποιότητας. Τα CPs λογισμικού περιλαμβάνουν πολιτικές και ρυθμίσεις λογισμικού, όπως ο αριθμός των διαθέσιμων νημάτων(threads) και ο χρόνος ζωής τους, ο αριθμός των διαθέσιμων συνδέσεων στη Βάση Δεδομένων και πολιτικές ασφάλειας και εξισορρόπησης φόρτου κ.α. . Τα CPs υλικού περιλαμβάνουν υπολογιστικούς πόρους, όπως η υπολογιστική ισχύς, η μνήμη και το εύρος ζώνης. Τα αρχέτυπα αυτά αφορούν τα επίπεδα Πλατφόρμα ως Υπηρεσία(PaaS) και Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS), αλλά συνήθως οι έρευνες για θέματα ποιότητας επικεντρώνονται σε σενάρια για CPs (και όχι –EP) σχετικά με το υλικό και στο IaaS επίπεδο.

Τα EP (αρχέτυπα περιβάλλοντος) σχετίζονται με δυναμικά σενάρια που επηρεάζουν το QoS, αλλά δεν μπορεί να τα διαχειριστεί ο πάροχος υπηρεσιών Νέφους 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 ο Cloud Provider δεν μπορεί να προβλέψει ή να ελέγξει τη συμπεριφορά τους (αλλιώς θεωρούνται CPs).

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

- 1) Ποια αρχέτυπα (EP, CP) συσχετίζονται με το QoS ;
- 2) Πότε τα αρχέτυπα αυτά επηρεάζουν το QoS ;
- 3) Πώς τα αρχέτυπα αυτά επηρεάζουν την πιθανή παροχή υπηρεσιών (QoS) ;

Πιο αναλυτικά, στα QoS θέματα που σχετίζονται με την “ευαισθησία” στο δυναμικό εκ φύσεως Υπολογιστικό Νέφος, τίθενται οι παρακάτω σημαντικές προκλήσεις :

- Βαθμός ανάλυσης του QoS (QoS granularity) :



Μία εφαρμογή βασισμένη σε υπηρεσίες Νέφους 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 και πιο αποτελεσματική προσαρμογή όπως και αντιμετώπιση των θεμάτων παρεμβάσεων (συγκρουόμενων) QoS.

➤ Παρεμβάσεις στο QoS (QoS interferences):

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 φαινόμενο όταν 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 νήματα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις υπόλοιπες υπηρεσίες που τρέχουν στην ίδια εικονική μηχανή, καθώς η διεργασία καταναλώνει διαμοιραζόμενους υπολογιστικούς πόρους.

➤ Δυναμική του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud dynamics):

Οι εφαρμογές βασισμένες σε υπηρεσίες Νέφους τείνουν να είναι δυναμικές στη φύση τους, καθώς η σύνθεσή 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 Primitives). Ως αποτέλεσμα, το QoS μοντέλο για τα σχετικά με τις υπηρεσίες αρχέτυπα, θα αλλάζει και αυτό.

Οι Tao Chen και Rami Bahsoon (2013), 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 πότε, το πώς και το ποια αρχέτυπα συσχετίζονται με το QoS, κατά το χρόνο εκτέλεσης. Το μοντέλο αυτό μπορεί να προβλέπει την επιτευχθείσα ποιότητα (QoS), δοθέντος ενός συνόλου αρχέτυπων και μπορεί να βοηθήσει προσαρμοζόμενα συστήματα στον προσδιορισμό των επαρκών πόρων CPs ώστε να επιτύχουν ορισμένους 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 ποια αρχέτυπα συσχετίζονται με το QoS και την ανανέωση του πίνακα. Στη συνέχεια εφαρμόζονται τεχνικές μηχανικής μάθησης και παράγονται δυο εναλλακτικά μοντέλα, το ένα με χρήση “Τεχνικού Νευρωνικού Δικτύου” (Artificial Neural Network - ANN) και το άλλο με ένα “Αυτοπαλινδρομικό μοντέλο, κινητού μέσου όρου, με εξωγενείς εισόδους” (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).

#### Δείκτες ποιότητας σε υπηρεσίες που δημιουργεί ο χρήστης :

Οι Yee Ming Chen και Yi Jen Peng (2012) προτείνουν μία τεχνική εξασφάλισης ποιότητας κατά τη δημιουργία μικτών υπηρεσιών Νέφους (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 Υπολογιστικού Νέφους από τον χρήστη για τη δημιουργία και την προσαρμογή μιας νέας υπηρεσίας.

Η ποιότητα (QoS) των υπηρεσιών που δημιουργούνται εξασφαλίζεται κατά την 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 μιας διεπαφής προγραμματιστικής εφαρμογής (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 “Μοντέλο μικτών υπηρεσιών Νέφους, ενήμερο ως προς τους δείκτες ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών” (QoS Aware Services Mashup - QASM) μοντέλο που πετυχαίνει ακριβώς αυτές τις εγγυήσεις όπως και εξισορρόπηση φορτίου στις υπηρεσίες του περιβάλλοντος Υπολογιστικού Νέφους.

## **4.3 Θέματα Ποιότητας στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

### **4.3.1 Μέτρηση ποιότητας σε συστήματα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Ήδη από τη δεκαετία του 2000 σημειώνεται αύξηση στη χρήση του Internet ως μέσο πληροφόρησης για θέματα υγείας (περίπου 86% των 168 εκατομμυρίων ενήλικων Αμερικανών που είχαν πρόσβαση στο διαδίκτυο). Από τότε έχουν εισέλθει πολλοί οργανισμοί και επιχειρήσεις από τον κλάδο της υγείας στο διαδίκτυο 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 διαδίκτυο, σχετική με την υγεία, πολλές περιπτώσεις απάτης (και παραβίασης ιδιωτικότητας), δυνητικά επικίνδυνες συμβουλές από διάφορες αναξιόπιστες πηγές για την υγεία ασθενών και άρα υπάρχει το ενδεχόμενο να τεθεί η υγεία των πολιτών (π.χ. αναγνωστών ιστολογίων, ιατρικών sites) 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 (Risk A, Dzenowagis J. - 2001) :

- 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
- Πιθανώς κακό περιεχόμενο (εναλλακτική ιατρική - παραϊατρική)

Άρα λοιπόν βλέπουμε πως ειδικά στον τομέα της υγείας, έχει ιδιαίτερη σημασία η ποιότητα της πληροφορίας (Information Quality) που λαμβάνεται από το διαδίκτυο και τις σχετικές εφαρμογές Νέφους. Ο όρος της Ποιότητας Πληροφορίας (Information Quality – Quality of Information - QoI), αναφέρεται στα διάφορα προβλήματα ακρίβειας, κατανόησης, αντικειμενικότητας, φήμης, σχετικότητας, εγκυρότητας – επικαιρότητας, πληρότητας, προσιτότητας κ.α., που σχετίζονται με τη λήψη της εν λόγω πληροφορίας.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την Klein Barbara D., σε σχετική έρευνα που έγινε σε 132 χρήστες του διαδικτύου (όχι αποκλειστικά σε επισκέπτες ιστοσελίδων του κλάδου της υγείας), διαπιστώθηκε πως ενώ υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την Ποιότητα της Πληροφορίας (QoI) που λαμβάνουν οι χρήστες από κάποια ιστοσελίδα, οι ίδιοι δύσκολα ξεχωρίζουν τους παράγοντες αυτούς μεταξύ τους και δεν διακρίνουν τα προβλήματα περιεχομένου της πληροφορίας από τα τεχνικά προβλήματα (κακός χρόνος απόκρισης, αδυναμία πρόσβασης στην πληροφορία). Τα προβλήματα που αναφέρονται πιο συχνά, φαίνονται στην Εικόνα 5, παρακάτω :



**Εικόνα 5 : Preliminary Factors Associated with QoI Problems on the www**  
(Προσαρμογή από Klein Barbara D. Klein, 2002)

Στις μέρες μας, έχουν γίνει πολλές απόπειρες προτυποποίησης της ποιότητας και θέσπισης κανόνων δεοντολογίας (ως προς το περιεχόμενο και τις μεθόδους ιατρικής) για τα δεδομένα υγείας στο διαδίκτυο, οι πιο σημαντικές είναι οι ακόλουθες:

- 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 Marketing

Σε σχετική έρευνα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO), 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 αυτούς, απλώς τους περιγράφουν διαφορετικά. Όσοι ιστοχώροι επιθυμούν, μπορούν να υποβληθούν σε έλεγχο από κάποιο οργανισμό προτυποποίησης και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα στη σελίδα τους.

- Πιστοποίηση τρίτου άτομου

Γίνεται με πληρωμή σε κάποια εξουσιοδοτημένη εταιρεία, η οποία εξασφαλίζει την επαναλαμβανόμενη 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 διάφορων 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 τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας 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 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 Συμβολή των HIPAA και HITECH σε θέματα ποιότητας**

Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενη ενότητα, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής έχει θεσπιστεί ο Νόμος περί Φορητότητας και Ευθύνης της Ασφάλισης Υγείας (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 ο “Νόμος περί οικονομικής και κλινικής υγείας μέσω Τεχνολογιών Πληροφοριών Υγείας” (Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act – HITECH), το οποίο 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 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 συστημάτων Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας.

#### **4.3.3 Μέτρηση ποιότητας στο Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας**

Όπως αναφέρθηκε, η επεκτασιμότητα είναι σημαντικό χαρακτηριστικό για τα συστήματα Υπολογιστικού Νέφους, ειδικά όταν πρέπει να τηρηθούν κάποιες προδιαγραφές σχετικά με την ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών.

Συγκεκριμένα για τα συστήματα Νέφους Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, οι Jordi Vilaplana, Francesc Solsona, Francesc Abella, Rosa Filgueira και Josep Rius (2013) 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 Υπολογιστικό Νέφος, στις εξής τρεις περιπτώσεις :

- Όταν ο αριθμός των εξυπηρετητών είναι πολύ μεγάλος (αυτό αφορά συστήματα Νέφους 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 κέντρα δεδομένων του Υπολογιστικού Νέφους πρέπει να παρέχουν την αναμενόμενη QoS σε ευρέως μεταβαλλόμενα φορτία, (λόγω της δυναμικής φύσης του Νέφους), οπότε οι περίοδοι αιχμής φόρτου δεν μοντελοποιούνται ικανοποιητικά με τα συστήματα ουρών.

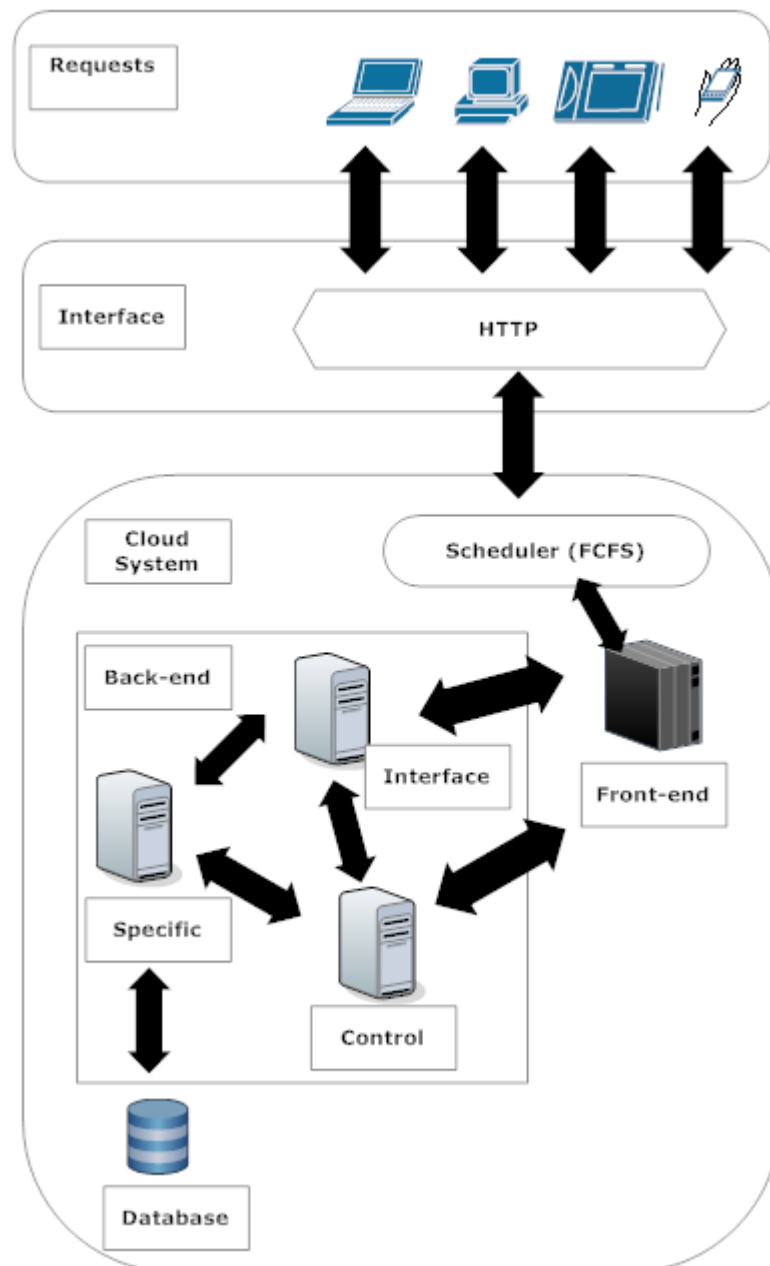
Για τους σκοπούς της μέτρησης ποιότητας, χρησιμοποιήθηκε το OpenStack, που είναι εργαλείο ανοιχτού λογισμικού που παρέχει ένα μαζικά επεκτάσιμο πλαίσιο για δημιουργία ιδιωτικών και δημόσιων Νεφών. Το OpenStack όμως ξεπερνάει τη λειτουργικότητα απλών μηνύτορων εικονικής μηχανής (όπως τα VirtualBox, Xen και VMware), καθώς προσφέρει εργαλεία για τη δυναμική διαχείριση των εικονικών μηχανών (και άλλων υπολογιστικών πόρων) και έτσι μπορεί να εγγυηθεί καλύτερο QoS σε περιόδους αιχμής, όταν ο ρυθμός άφιξης των αιτήσεων (requests) που πρέπει να εξυπηρετηθούν αυξάνει. Έτσι διασφαλίζεται πως ο αριθμός των εικονικών μηχανών στο Υπολογιστικό Νέφος 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 Νέφος 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 το QoS και τη χρέωση από το SLA. Οι αιτήσεις που έρχονται στο σύστημα μέσω του διαδικτύου, περνάνε πρώτα από έναν χρονοπρογραμματιστή (scheduler) και στη συνέχεια στέλνονται στους εξυπηρετητές με σειρά προτεραιότητας (First Come First Served - FCFS), των οποίων την ευθύνη διαχείρισης (μαζί και με τις εικονικές μηχανές) έχει το OpenStack.

Υπάρχουν τρία είδη εξυπηρετητών :

- Πρωτεύοντες εξυπηρετητές (Primary servers):  
Αυτοί οι servers κάνουν την περισσότερη επεξεργασία, πρακτικά είναι virtual machines που τρέχουν multithreading applications.
- Ειδικοί εξυπηρετητές (Specific Servers):  
Εικονικές μηχανές που κάνουν κάποιο συγκεκριμένο έργο όπως η διαχείριση της επικοινωνίας με το διαδίκτυο, με τη Βάση Δεδομένων και τους εξυπηρετητές
- Εξυπηρετητής ελέγχου (Control Server):  
Εικονική μηχανή που διαχειρίζεται την κατάσταση ολόκληρου του συστήματος, δημιουργεί και καταστρέφει εικονικές μηχανές δυναμικά

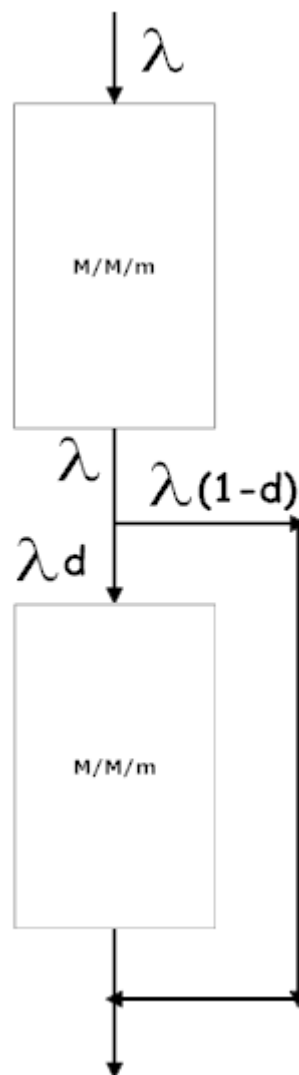


**Εικόνα 6 : Cloud System Modeling**

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

Η βασική αρχή του μοντέλου, λοιπόν, είναι η εξής:

Προτείνεται η χρήση δυο ουρών (queues) (η μία πριν από τους πρωτεύοντες εξυπηρετητές (Primary servers) και η άλλη μετά από τους ειδικούς εξυπηρετητές (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.



Εικόνα 7: Two serially connected M/M/m queues

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

Οι ουρές είναι τύπου M/M/m, όπου m ο αριθμός των εξυπηρετητών, οι αφίξεις εκφράζονται με κατανομή Poisson και ο χρόνος εξυπηρέτησης είναι εκθετικά κατανομημένος. 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 μετريέται με βάση το χρόνο αναμονής W, ο οποίος υπολογίστηκε  $W = N_w / \lambda$ , όπου λ η μέση άφιξη αιτήσεων και  $N_w = [\rho_0 (m \rho)^m / m!] [\rho / (1 - \rho)^2]$ , όπου  $\rho_i$  η πιθανότητα το σύστημα να έχει ακριβώς i λύσεις και ρ είναι ο βαθμός χρήσης δηλαδή  $\rho = \lambda / (m \mu)$ , όπου μ είναι ο ρυθμός εξυπηρέτησης ανά server.

$$N_w = \frac{\rho_0 (m \rho)^m}{m!} \frac{\rho}{(1 - \rho)^2}$$

Εικόνα 8 : Average Number of users in the waiting queue ( $N_w$ )

(Προσαρμογή από Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep, 2013)

Τέλος υπολογίζοντας ένα  $W_{\min}$  και ένα  $W_{\max}$  με βάση τις παρατηρήσεις στο χρόνο που χρειαζόταν σε χρήστες να γράφουν στο πληκτρολόγιο, υπολογίστηκε πως  $W_{\min} = 150\text{ms}$  και  $W_{\max} = 750\text{ms}$ . Άρα τελικά αν ο μέσος χρόνος αναμονής του συστήματος είναι πάνω από  $W_{\max}$  (750ms), το σύστημα θα πρέπει να δημιουργήσει νέες εικονικές μηχανές μέχρι το W να επιστρέψει στο όριο του  $W_{\max}$  και αντίστοιχα να απελευθερώσει πόρους στην περίπτωση που πέσει κάτω από το  $W_{\min}$  (150ms).

#### 4.4 Θέματα Ποιότητας στο Νέφος Κινητών Υπηρεσιών

Στο κεφάλαιο αυτό θα επικεντρωθούμε στα συστήματα Νέφους Κινητών Υπηρεσιών και θα μελετήσουμε εφαρμογές με “επίγνωση πλαισίου” (context-aware) και περιστάσεων του περιβάλλοντος των φορητών συσκευών καθώς και τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος της ποιότητας.

#### 4.4.1 Νέφος Κινητών Υπηρεσιών με επίγνωση πλαισίου

Είναι σημαντικό για τον πάροχο Νέφους Κινητών Υπηρεσιών 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 βελτιωθεί η ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών (QoS).

Οι F. A. Samimi, P. K. McKinley και S. M. Sadjadi (2006) προτείνουν ένα μοντέλο, το οποίο ονομάζουν MSC (Mobile Service Clouds), που αποτελεί επέκταση του γενικότερου μοντέλου των υπηρεσιών Νεφών (Service Clouds). Σε αυτό το μοντέλο, όταν ένας πελάτης χρησιμοποιεί μία υπηρεσία Νέφους, το αντίστοιχο αίτημα του χρήστη πηγαίνει πρώτα σε μια πύλη (gateway) υπηρεσιών, η οποία διαλέγει τον προτιμότερο διαμεσολαβητή (proxy) που πληροί τις απαιτήσεις (π.χ. τη μικρότερη διαδρομή ή το μικρότερο χρόνο μετάβασης και επιστροφής) και στέλνει το αποτέλεσμα στον χρήστη. Σε περίπτωση διακοπής σύνδεσης, οι MSCs θα καθιερώσουν άλλους παροδικούς διαμεσολαβητές για τις φορητές συσκευές, ώστε να παρακολουθούν την ροή των υπηρεσιών με εφαρμογή δυναμικής αναδιαμόρφωσης (dynamic reconfiguration), 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 (2010) προτείνουν ένα μοντέλο που παρέχει φορητές υπηρεσίες με επίγνωση πλαισίου (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 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 αίτια, οι προσαρμογείς και τα κενά είναι προκαθορισμένα στο μοντέλο).

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, οι Panagiotis Papakos, Licia Capra, και David S. Rosenblum (2010), 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 η μονάδα παρακολούθησης περιεχομένου (Context Monitoring Module) και η μονάδα παρακολούθησης της ποιότητας (QoS Monitoring Module). Επίσης υπάρχει μία μονάδα προσαρμογής (Adaptation Module), που δέχεται τα αιτήματα από τις παραπάνω μονάδες 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 - πλαίσια (contexts) στη φορητή συσκευή μέσα από τις διάφορες ειδικευμένες μονάδες (που προαναφέρθηκαν) και έτσι μπορεί να προσφέρει μια αποτελεσματική διαχείριση των αιτημάτων των υπηρεσιών κατά τον χρόνο εκτέλεσης.

#### **4.4.2 Ανεκτικότητα σε σφάλματα και απαιτήσεις διαθεσιμότητας**

Η ανεκτικότητα σε σφάλματα είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα στο mobile cloud, ίσως σημαντικότερο από ότι σε ένα απλό Cloud σύστημα, λόγω της φορητής φύσης των συσκευών, επειδή η κινητικότητα είναι εκ φύσεως επικίνδυνη. Συχνά παρουσιάζονται φαινόμενα αποσύνδεσης λόγω της κινητικότητας των χρηστών, της εξάντλησης της ενέργειας της μπαταρίας, της 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 (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny - 2013).

Οι N. Palmer, R. Kemp, T. Kielmann και H. Bal (2009) προτείνουν το Ibis, ένα εργαλείο αρχιτεκτονικής υπολογιστικού πλέγματος (grid computing) που επιτρέπει στους χρήστες φορητών συσκευών να ενσωματώσουν τις φορητές συσκευές τους στο περιβάλλον πλέγματος 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)

#### **4.4.3 Απόδοση και θέματα ποιότητας σε επίπεδο υπηρεσιών**

Για τη βελτίωση της ποιότητας υπηρεσιών που γίνεται αντιληπτή και της 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 (Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny -2013).

Οι K. Elbashir και R. Deters (2005) προτείνουν το “CRISP”, που λειτουργεί ως προσωρινή μνήμη (cache), κάνει χρήση του SOAP και μπορεί να ενσωματωθεί στη μεριά της εφαρμογής του πελάτη (client side) ή να αναπτυχθεί ως ξεχωριστός διαμεσολαβητής (proxy).

Οι X. Liu και R. Deters (2007) προτείνουν μια τεχνική διπλής προσωρινής αποθήκευσης (dual caching), όπου λειτουργούν προσωρινές μνήμες τόσο στην πλευρά του πελάτη όσο και στον εξυπηρετητή 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.

#### **4.4.4 Ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών**

Στο MCC, οι χρήστες των υπηρεσιών πρέπει να έχουν πρόσβαση στους εξυπηρετητές Νέφους 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 (2011) 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 δεδομένων και εφαρμογών, σε κοντινούς υπολογιστές ή κέντρα δεδομένων. 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 υποσυννέφων, όταν υπάρχει κάποιο διαθέσιμο κοντά και να καλυφθούν οι ανάγκες για ανταποκρίσεις με μικρή καθυστέρηση σε πραγματικό χρόνο ή πρόσβασης στο υποσύννεφο με υψηλό εύρος ζώνης. Οι M. Satyanarayanan, P. Bahl, R. Caceres και N. Davies (2009) έχουν αναπτύξει μια αρχιτεκτονική για την εκτέλεση λογισμικού μέσω μια εικονικής μηχανής σε ένα κοντινό υποσύννεφο 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, του αποθηκευτικού χώρου και της ικανότητας δικτύωσης, όπως και θέματα χρέωσης, ασφάλειας κ.α. .

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Έχοντας μελετήσει την αρχιτεκτονική, τα χαρακτηριστικά και τις αρχές λειτουργίας του Υπολογιστικού Νέφους παρατηρούμε ότι οι υπηρεσίες Νέφους αποτελούν μία οικονομική λύση για μια επιχείρηση ή οργανισμό (π.χ. μας απαλλάσσει από τα κόστη εγκατάστασης και συντήρησης υλικού και λογισμικού), με αρκετά κενά και προβλήματα ασφάλειας, αλλά και με πολλά πλεονεκτήματα για τους χρήστες και που εξελίσσεται ραγδαία στις μέρες μας.

Μελετώντας επίσης τις ιδιαιτερότητες των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας παρατηρούμε πως η ηλεκτρονική υγεία έχει πολλά να ωφεληθεί με τη χρήση των υπηρεσιών Νέφους, κυρίως λόγω της δυνατότητας πρόσβασης δεδομένων από παντού. Έτσι οι ασθενείς, οι ιατροί, τα κέντρα υγείας και τα ιατρικά εργαστήρια μπορούν να έχουν πρόσβαση στα ιατρικά δεδομένα ανά πάσα στιγμή και να συνεργαστούν πολύ πιο εύκολα και άμεσα (με τα κατάλληλα συστήματα και εφαρμογές που μελετήσαμε) όπως επίσης και να προσφέρουν υπηρεσίες υγείας υψηλότερου επιπέδου.

Αναλύοντας τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες του Νέφους Κινητών Υπηρεσιών, είδαμε πως αυτό μπορεί να συνεισφέρει σε επεξεργαστική ισχύ και λοιπούς πόρους στους χρήστες φορητών συσκευών (όπως συμβαίνει με τη χρήση του σε διομότιμα ή κατά περίπτωση ασύρματα δίκτυα). Έτσι μπορεί να συνεισφέρει και σε φορητές συσκευές και εφαρμογές ιατρικού περιεχομένου, όπως φορητές συσκευές ασθενών που κάνουν μέτρηση δεικτών υγείας και τις ανεβάζουν στο Υπολογιστικό Νέφος, από όπου θα έχουν πρόσβαση ιατροί, συγγενείς ή εφαρμογές που ενημερώνουν ανάλογα σε περίπτωση ατυχήματος.

Με τη μελέτη των θεμάτων και των δεικτών ποιότητας, έγινε ξεκάθαρη η σημασία και η διαφορά των όρων της ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (QoS) και της αντιληπτής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών (QoE), όπως και ο λόγος που είναι προτιμότερος ο δεύτερος όρος. Επίσης είδαμε τα πιο συνηθισμένα, “αντικειμενικά” και ευρέως αποδεκτά κριτήρια – δείκτες ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών και μελετήσαμε τους δείκτες ποιότητας στο Υπολογιστικό Νέφος, Νέφος Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας και Νέφος Κινητών Υπηρεσιών. Έτσι, κάνοντας χρήση των δεικτών (και των τεχνικών που αναφέρθηκαν, μπορούμε να φροντίσουμε ώστε οι εφαρμογές Νέφους που θα δημιουργήσουμε στο μέλλον, να μην πέφτουν κάτω από κάποια επίπεδα ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών και αντιληπτής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών.

Το Υπολογιστικό Νέφος στις μέρες μας εξελίσσεται αλλά και υιοθετείται ραγδαία. Κατά την εκτίμηση του γράφοντος, οι εφαρμογές Νέφους θα υιοθετηθούν στον τομέα της υγείας και των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Υγείας, σε χώρες όπου τα οικονομικά και οι υπόλοιπες συνθήκες (π.χ. το επίπεδο μόρφωσης, αποδοχή πολιτών) το επιτρέψουν και θα επιφέρουν πολλά θετικά αποτελέσματα για τους πολίτες.

Επίσης, εκτιμάται πως θα δημιουργηθούν αρκετά Κυβερνητικά Υπολογιστικά Νέφη (Government Clouds) για υπηρεσίες “επιπέδου Υπουργείων” που θα προσφέρουν μεγάλη διαλειτουργικότητα και θα καταπολεμήσουν δραστικά το πρόβλημα της γραφειοκρατίας, με προϋπόθεση πάλι την οικονομική στήριξη και ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στην κάθε χώρα, αλλά και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων ασφάλειας και τη δημιουργία αισθήματος εμπιστοσύνης στο ευρύ κοινό για το Υπολογιστικό Νέφος.

Τέλος, κατά την εκτίμηση του γράφοντος, αναμένεται να συνεχιστεί για πολύ καιρό η συζήτηση για τα θέματα απειλών και ασφάλειας στο Υπολογιστικό Νέφος, μιας και είναι από τις κύριες αιτίες αποτροπής της υιοθέτησής του και αποτελεί τροχοπέδη στην επίλυση πολλών σημαντικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει το Υπολογιστικό Νέφος. Ίσως στο μέλλον να καθιερωθεί στα τρία βασικά Μοντέλα Υπηρεσιών του Νέφους και το επίπεδο της Ασφάλειας ως Υπηρεσία (Security as a Service) και να υπάρχει κάποια ενεργή ομάδα επιστημόνων ασφάλειας υπεύθυνη για κάθε Υπολογιστικό Νέφος που να το παρακολουθεί ανά πάσα στιγμή. Έτσι, δεν θα νοείται παροχή υπηρεσιών άλλου επιπέδου χωρίς επίβλεψη από κάποιον επόπτη ασφάλειας που θα βρίσκεται σε επιφυλακή για ύποπτη δραστηριότητα στο δίκτυο ή σε κάποια εφαρμογή.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AbuKhoua Eman, Mohamed Nader, Al-Jaroodi Jameela (2012) , "e-Health Cloud: Opportunities and Challenges" , Future Internet ,pp 5-11, 14-18
2. Antonopoulos Nick, Gillam Lee (2010), "Cloud Computing Principles, Systems and Applications"
3. Bollineni Pavan Kumar, Neupane Kumar (2011), "Implication for adopting cloud computing in e-Health", LAP LAMBERT Academic Publishing, pp 19-26
4. Chen Tao, Bahsoon Rami (2013), "Self-Adaptive and Sensitivity-Aware QoS Modeling for the Cloud", SEAMS '13: Proceedings of the 8th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems, pp 1-4
5. Chen Yee Ming, Peng Yi Jen (2012), "A QoS aware services mashup model for cloud computing applications", Journal of Industrial Engineering & Management Dec2012, pp 3-6
6. Chow R., Jakobsson M., Masuoka R., Molina J., Niu Y., Shi E., Song Z. (2010), "Authentication in the clouds: a framework and its application to mobile users", ACM Conference on Computer and Communications Security (CCSW '10): Proceedings of the 2010 ACM workshop on Cloud computing security workshop, pp 1-2
7. Chun B. G., Ihm S., Maniatis P., NaikM., Patti A. (2011), "CloneCloud: elastic execution between mobile device and cloud", EuroSys '11: Proceedings of the sixth conference on Computer systems, pp 301 -314
8. Cloud Security Alliance (2010), "Top Threats to Cloud Computing" ( <https://cloudsecurityalliance.org/topthreats/csathreats.v1.0.pdf> ), pp8-14
9. Cuervo E., Balasubramanian A., Cho Dae-ki, Wolman A., Saroiu S., Chandra R., Bahl P. (2010) "MAUI: Making Smartphones Last Longer with Code offload", MobiSys '10 : Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services, pp 49-62
10. Dinh Hoang T., Lee Chonho, Niyato Dusit, Wang Ping (2011), "A Survey of Mobile Cloud Computing: Architecture, Applications, and Approaches", Wiley Online Library (Wireless Communications and Mobile Computing), pp 6-27,29-30
11. Doukas Charalampos, Pliakas Thomas, Maglogiannis I. (2010), "Mobile Healthcare Information Management utilizing Cloud Computing and Android OS", Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE
12. Elbashir K., Deters R. (2005), "Transparent caching for nomadic WS clients", ICWS '05: Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services, pp177-184
13. Fabbizio G. D., Okken T. , Wilpon J. G. (2009), "A speech mashup framework for multimodal mobile services", International Conference on Multimodal Interfaces and the workshop on Machine Learning for Multimodal Interaction (ICMI-MLMI '09 ): Proceedings of the 2009 international conference on Multimodal interfaces, pp. 71-78
14. Fernando Niroshinie, Loke Seng W., Rahayu Wenny (2013), "Mobile cloud computing: A survey", Future Generation Computer Systems (January 2013), pp 2-4,14,19

15. Foster Ian , Zhao Yong, Raicu Ioan, Lu Shiyong (2008), "Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared " , Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE '08, pp 1,5-6
16. Gu Cai-Dong, Lu Kan, Wu Jian-Ping, Fu Ying-li, Li Jing-xiang, Xiao Chang-shui, Si Mao-xin, Liu Zhao-bin, (2011) "The Investigation of Cloud-Computing-based Image Mining Mechanism in Mobile Communication WEB on Android," in Proceedings of the 9th International Conference on Grid and Cooperative Computing (GCC), pp. 408
17. Hoang D. B., Chen L. (2011), "Mobile Cloud for Assistive Healthcare (MoCAsH)," in Proceedings of the 2010 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference (APSCC), pp. 325
18. Huerta-Canepa G., Lee D. (2010), "A virtual cloud computing provider for mobile devices", MobiSys '10: Proceedings of the 1st ACM Workshop on Mobile Cloud Computing & Services: Social Networks and Beyond
19. International Telecommunication Union (ITU), Cloud Security ( <http://www.itu.int/en/Pages/default.aspx> )
20. Itani W., Kayssi A. , Chehab A. (2010), "Energy-efficient incremental integrity for securing storage in mobile cloud computing", 2010 International Conference on Energy Aware Computing (ICEAC)
21. Jakobsson M., Shi E., Golle P., Chow R. (2009), "Implicit Authentication for Mobile Devices", HotSec'09 Proceedings of the 4th USENIX conference on Hot topics in security, pp1-3
22. Jin Xin, Kwok Yu-Kwong (2010), "Cloud Assisted P2P Media Streaming for Bandwidth Constrained Mobile Subscribers", 2010 IEEE 16th International Conference Parallel and Distributed Systems (ICPADS '10)
23. Jung E., Wang Y., Prilepov I., Maker F., Liu X., Akella V. (2010), "User-profile-driven collaborative bandwidth sharing on mobile phones", MobiSys '10: Proceedings of the 1st ACM Workshop on Mobile Cloud Computing & Services: Social Networks and Beyond
24. Kafetzakis Emmanouil, Koumaras Harilaos, Kourtis Michail Alexandros, Koumaras Vaio (2010), "oE4CLOUD: A QoE-driven Multidimensional Framework for Cloud Environments", 2012 International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU), pp1-5
25. Kitanov Stojan, Davcev Danco, Shikoska Ustijana Rechkoska (2012), "Future Internet, Cloud Computing, and Quality of Experience for Distance and Mobile Learning", Proceedings on International Conference on Networking and Future Internet (ICFNI), Istanbul, Turkey, 2012.
26. Klein A., Mannweiler C., Schneider J., Hans D. (2010), "Access Schemes for Mobile Cloud Computing", 2010 Eleventh International Conference on Mobile Data Management Mobile Data Management (MDM '10)
27. Klein Barbara D. Klein (2002), "When do users detect Information Quality problems on the world wide web?", The Americas Conference on Information Systems (AMCIS), pp 1103
28. Koukoumidis E., Lymberopoulos D., Strauss K., Liu J. , Burger D. (2011) "Pocket cloudlets", Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS XVI) : Proceedings of the sixteenth international conference on Architectural support for programming languages and operating systems (2011), ACM SIGARCH Computer Architecture News - ASPLOS '11 (March 2011), ACM SIGPLAN Notices - ASPLOS '11 (March 2011), ACM SIGPLAN Notices - ASPLOS '12 (April 2012)

29. La H. H. , Kim S. D. (2010), "A Conceptual Framework for Provisioning Context-aware Mobile Cloud Services", CLOUD '10: Proceedings of the 2010 IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing, pp 2-7
30. Lagerspetz E. , Lindholm T., Tarkoma S. (2010), "Dessy: Towards Flexible Mobile Desktop Search" 2010 Eleventh International Conference on Mobile Data Management
31. Li H., Hua X-S., (2010) "Melog: mobile experience sharing through automatic multimedia blogging," in Proceedings of the 2010 ACM multimedia workshop on Mobile cloud media computing (MCMC), pp. 19-24
32. Liu X., Deters R. (2007), "An efficient dual caching strategy for web service-enabled PDAs", SAC '07: Proceedings of the 2007 ACM symposium on Applied computing, pp788-794
33. Mitchell John Gregory (1999), "From Telehealth to E-health: The Unstoppable Rise of E-health" (definition of e-health)
34. National Institute of Standards and Technology - NIST (September 2001) (<http://www.nist.gov/itl/cloud/> , <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> )
35. Nkosi M.T. , Mekuria F. (2010), "Cloud Computing for Enhanced Mobile Health Applications", 2010 IEEE Second International Conference Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), pp. 629
36. Palmer N., Kemp R., Kielmann T., Bal H. (2009), "Ibis for mobility: solving challenges of mobile computing using grid techniques", HotMobile '09: Proceedings of the 10th workshop on Mobile Computing Systems and Application, pp 1079 - 1107
37. Papakos Panagiotis, Capra Licia, Rosenblum David S. (2010), "VOLARE: context-aware adaptive cloud service discovery for mobile systems", ARM '10: Proceedings of the 9th International Workshop on Adaptive and Reflective Middleware, pp 2-3
38. Pendyala V. S., Holliday J. (2010), "Performing Intelligent Mobile Searches in the Cloud Using Semantic Technologies", 2010 IEEE International Conference on Granular Computing (GrC), pp 381
39. Qi Han , Gani Abdullah (2012), "Research on Mobile Cloud Computing: Review,Trend and Perspectives", 2012 Second International Conference on Digital Information and Communication Technology and it's Applications (DICTAP), pp 2-3
40. Risk A, Dzenowagis J. (2001), "Review Of Internet Health Information Quality Initiatives", Journal of Medical Internet Research , The leading peer-reviewed eHealth Journal
41. Samimi F. A., Mckinley P. K., Sadjadi S. M. (2006), "Mobile Service Clouds: A Self-Managing Infrastructure for Autonomic Mobile Computing Services", SelfMan'06 : Proceedings of the Second IEEE international conference on Self-Managed Networks, Systems, and Services, pp2-8
42. Satyanarayanan M., Bahl P., Caceres R., Davies N. (2009), "The Case for VM-Based Cloudlets in Mobile Computing", IEEE Pervasive Computing, pp 14-23
43. Satyanarayanan Mahadev (2011) "Mobile Computing: the Next Decade", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (April 2011) pp 1-3
44. Shanklin Mitchell , "Mobile Cloud Computing" (Mobile Cloud Computing definition), A survey paper written under the guidance of Prof. Raj Jain.
45. Soman A.K. (2011), "Cloud-based Solutions for Healthcare IT ", Science Publishers, pp 86-96

46. Somasundaram M., Gitanjali S., Govardhani T.C., Priya G., Lakshmi, Sivakumar R. (2011) , “Medical Image Data Management System in Mobile Cloud Computing Environment”, International Proceedings of Computer Science and Information Technology (IPCSIT '11), International Conference on Signal, Image Processing and Applications With workshop of ICEEA 2011, pp 1-4
47. Song Z., Molina J., Lee S., Kotani S., Masuoka R., (2009) “TrustCube: An Infrastructure that Builds Trust in Client,” in Proceedings of the 1st International Conference on Future of Trust in Computing
48. U.S. Department of Health & Human Services, HIPAA rules (<http://www.hhs.gov/ocr/privacy/hipaa/administrative/>)
49. Vilaplana Jordi, Solsona Francesc, Abella Francesc, Filgueira Rosa, Rius Josep (2013), "Technical Advance - The cloud paradigm applied to e-Health", BMC Medical Informatics and Decision Making, pp 1-9
50. Yang X., Pan T., Shen J., (2010) “On 3G Mobile E-commerce Platform Based on Cloud Computing,” in Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Ubi-Media Computing (U-Media), pp. 198 - 201
51. Wang S. , Dey S., (2011) “Rendering Adaptation to Address Communication and Computation Constraints in Cloud Mobile Gaming,” in IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), pp. 1-6
52. World Health Organization (WHO), "definition of e-health" (<http://www.who.int/en/>)
53. Xian C. , Lu Y. H., Li Z. (2007) "Adaptive computation offloading for energy conservation on battery-powered systems", 2007 International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS '07)
54. Zhang L., Ding X., Wan Z., Gu M., and Li X. Y. (2010), "WiFace: a secure geosocial networking system using WiFi-based multi-hop MANET", MobiSys '10: Proceedings of the 1st ACM Workshop on Mobile Cloud Computing & Services: Social Networks and Beyond
55. Zhang Z., Zhang X. (2009) ,“Realization of Open Cloud Computing Federation Based on Mobile Agent”, IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems 2009
56. Zhangwei H., Mingjun X. (2010), "A Distributed Spatial Cloaking Protocol for Location Privacy", 2010 Second International Conference on Networks Security Wireless Communications and Trusted Computing (NSWCTC '10): Proceedings of the 2010 Second International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing
57. Zou P., Wang C., Liu Z., Bao D. (2012), "Phosphor: A Cloud Based DRM Scheme with Sim Card", 2010 12th International Asia-Pacific Web Conference (APWEB)