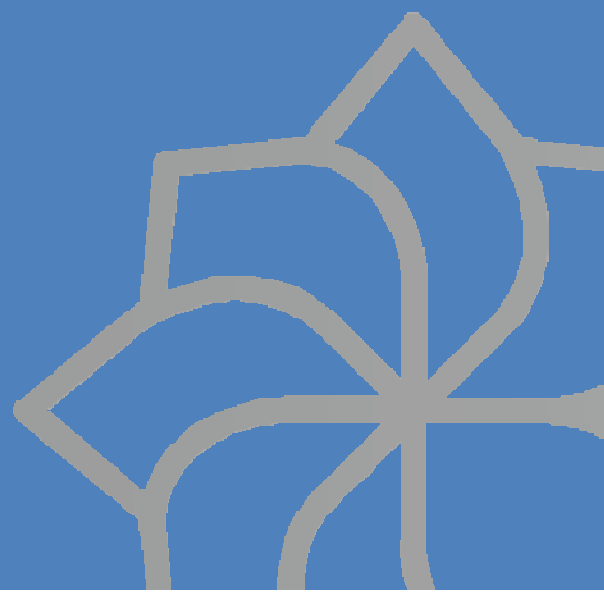




secovia

Μία σύντομη εισαγωγή στο
«Υπολογιστικό Νέφος»
(Cloud Computing)

Jointly for our common future



Μία σύντομη εισαγωγή στο Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) δεν είναι μία μοναδική τεχνολογία, αλλά μάλλον μία **προσέγγιση** στην παροχή υπολογιστικών πόρων, συμπεριλαμβανομένης της «καθαρής» υπολογιστικής δύναμης, των ολοκληρωμένων υπολογιστικών υποδομών, εφαρμογών, εργασιών ή λειτουργιών στο διαδίκτυο. Το «Νέφος» στο «Υπολογιστικό Νέφος» είναι το σύνολο του hardware, δικτύων, αποθηκευτικών χώρων, υπηρεσιών και διεπαφών που διανέμουν από κοινού τον κάθε επιθυμητό υπολογισμό ως **υπηρεσία**. Οι υπηρεσίες «νέφους» περιλαμβάνουν την παροχή λογισμικού, υποδομών και αποθήκευσης μέσω του διαδικτύου (είτε ως ξεχωριστά στοιχεία, είτε ως ολοκληρωμένη πλατφόρμα) βασισμένη σ' αυτό που έχει ζητήσει ο χρήστης.

Σύμφωνα με τον κοινά αποδεκτό ορισμό του Υπολογιστικού Νέφους¹ που αρχικά είχε προταθεί από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας στις Η.Π.Α., υπάρχουν πέντε αναγκαία χαρακτηριστικά, τα οποία είναι **κοινά μεταξύ όλων των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους**:

1. **Self-service κατ' απαίτηση:** Ο καταναλωτής μπορεί μονομερώς να προμηθευτεί υπολογιστικές δυνατότητες όπως χρόνο στον διακομιστή και χώρο αποθήκευσης στο δίκτυο, όποτε το χρειαστεί αυτομάτως, χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση με τον πάροχο της κάθε υπηρεσίας.
2. **Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο:** Οι δυνατότητες είναι διαθέσιμες σε όλο το δίκτυο και είναι προσβάσιμες μέσα από σταθερούς μηχανισμούς από ετερογενείς πλατφόρμες.
3. **Διαθεσιμότητα πόρων:** Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου διατίθενται με σκοπό να εξυπηρετήσουν πολλαπλούς χρήστες, με τους διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους να ανατίθενται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του καταναλωτή.
4. **Γρήγορη ευελιξία:** Δυνατότητες που μπορούν να διανεμηθούν γρήγορα και ευέλικτα. Για τον καταναλωτή, οι διαθέσιμες δυνατότητες για παροχή υπηρεσιών φαίνονται να είναι απεριόριστες και να μπορούν να αγοραστούν σε οποιαδήποτε ποσότητα και οποιοδήποτε χρόνο.
5. **Μετρούμενη υπηρεσία:** Τα συστήματα νέφους ελέγχουν αυτόματα και βελτιστοποιούν την χρήση πόρων αξιοποιώντας την δυνατότητα μέτρησης. Η χρήση των πόρων μπορεί να παρακολουθηθεί, ελεγχθεί και να αναφερθεί.

Οποιαδήποτε παροχή υπολογιστικής υπηρεσίας που έχει αυτά τα πέντε χαρακτηριστικά αποτελεί ένα παράδειγμα Υπολογιστικού Νέφους, είτε αφορά ένα μικρό οργανωτικό κέντρο δεδομένων, είτε έχει εύρος εφαρμογής παγκοσμίως που απαιτεί 500,000² υπολογιστές, όπως για παράδειγμα το Amazon.

Ως μοντέλο που παρέχει υπολογιστικές υπηρεσίες, το Υπολογιστικό Νέφος έχει σημαντικά οφέλη όχι μόνο για τους προμηθευτές του αλλά και για τους χρήστες. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του, όπως το «**κατ' απαίτηση**» ("On demand") και το "self provisioning" σημαίνουν ότι, όταν οι οργανισμοί χρειάζονται



¹ NIST SP 800-145, Ο ορισμός του NIST για το Υπολογιστικό Νέφος

² <http://huanliu.wordpress.com/2012/03/13/amazon-data-center-size/>

υπολογιστικούς πόρους, αυτοί μπορούν να ανατεθούν, ενώ η **γρήγορη ευελιξία** σημαίνει ότι οι πόροι μπορούν να προσφερθούν ανάλογα με το πόσο υψηλές είναι οι απαιτήσεις του χρήστη και ακόμα πιο σημαντικά, όταν δεν χρησιμοποιούνται επαναφέρονται ή απελευθερώνονται. Αυτό είναι σημαντικό μιας και οι υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους μετρώνται και καταμετρώνται, που σημαίνει ότι οι χρήστες πληρώνουν μόνο για τους πόρους που χρησιμοποιούν. Για έναν οργανισμό, αυτά τα χαρακτηριστικά υπαγορεύουν μια μεγάλη αλλαγή από το **Μοντέλο Κεφαλαιακής Επένδυσης** όπου μεγάλες επενδύσεις σε υπολογιστικές δαπάνες γίνονται προκαταβολικά και αποσβένονται με τα χρόνια, στο **Μοντέλο Λειτουργικών Δαπανών**, όπου οι οργανισμοί μπορούν να πληρώσουν για τους πόρους που χρησιμοποιούν και να αποσβένουν τις δαπάνες τους κατά το τρέχον λειτουργικό έτος. Αυτό είναι σημαντικό διότι μειώνει το κόστος του κεφαλαίου που χρειάζεται προκειμένου να ικανοποιηθούν οι μεγάλες υπολογιστικές ανάγκες και απελευθερώνει κεφάλαιο για άλλες δραστηριότητες. Σύμφωνα με το IDC,³ το 81% από τους 479 οργανισμούς που σήμερα χρησιμοποιούν τεχνολογίες νέφους, ισχυρίστηκαν το 2012 ότι αυτός ήταν ένας βασικός λόγος που επέλεξαν να υιοθετήσουν αυτές τις τεχνολογίες. Με το γεγονός αυτό συνδέεται και το ότι οι Οργανισμοί που έχουν υιοθετήσει το νέφος, χρειάζονται λιγότερους χώρους για τα κέντρα δεδομένων, έχουν λιγότερες ανάγκες προσωπικού στα κέντρα δεδομένων και μικρότερες δαπάνες για τα συσχετιζόμενα εργαλεία που είναι αναγκαία για την λειτουργία και τη ψύξη του εξοπλισμού. Τα ίδια χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους είναι ελκυστικά και για τους παρόχους. Η διαθεσιμότητα πόρων σημαίνει ότι πολλές εφαρμογές μπορούν να αποδοθούν εικονικά/ και να υπάρξουν σε ένα περιβάλλον πολλαπλών χρηστών και σε λιγότερες μηχανές, και με μειωμένο επενδυτικό κεφάλαιο. Αυτό σημαίνει ότι οι πάροχοι δεν είναι υποχρεωμένοι να διατηρήσουν ενεργοποιημένες συγκεκριμένες μηχανές για συγκεκριμένους πελάτες και γι' αυτόν τον λόγο μπορούν όχι μόνο να αναπτύξουν αλλά και να συντηρήσουν τον εξοπλισμό με το βέλτιστο τρόπο, παρέχοντας τον ίδιο αριθμό υπολογιστικών πόρων όπως στα μοντέλα ASP με μικρότερο κόστος. Οι πάροχοι μπορούν να προσφέρουν λεπτομερέστερη Σύμβαση Παροχής Υπηρεσιών και βελτιωμένη αναβαθμισμένη Ασφάλεια στους πελάτες τους αλλά και να παρέχουν εργαλεία επόπτευσης. Όπου η τεχνολογία αναβαθμίζεται, τα χαρακτηριστικά του νέφους που προσφέρουν γρήγορη ευελιξία προσφέρουν αντικατάσταση των νέων API και πιο σύγχρονο εξοπλισμό που μπορεί απρόσκοπτα να εφαρμοστεί. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιφέρουν μεγαλύτερη ικανοποίηση για τον χρήστη και αυξημένα οφέλη.

Υπολογιστικό Νέφος – Οφέλη και Προκλήσεις

Οφέλη

Αποτελεσματικότητα σε σχέση με το κόστος: Παραδοσιακά, οι εταιρίες και οι δημόσιοι οργανισμοί επενδύουν πολλά χρήματα στην δημιουργία των υποδομών πληροφορικής, πληρώνοντας διακομιστές, λογισμικά και άδειες χρήσεως για πολλαπλούς χρήστες. Το κεφάλαιο που δαπανάται για το κόστος συντήρησης και αναβάθμισης αυτής της υποδομής είναι ακόμη μεγαλύτερο. Και ενώ αυτές οι επενδύσεις κοστίζουν ακριβά, τις περισσότερες φορές δεν χρησιμοποιούνται στο έπακρο και γίνονται απαρχαιωμένες όσο η τεχνολογία εξελίσσεται. Την ίδια στιγμή, το υπολογιστικό νέφος προσφέρει υπηρεσίες σε πολύ φθηνότερες τιμές, μειώνει την ανάγκη για επενδύσεις στην συντήρηση και κάνει αναβαθμίσεις μιας και αυτές είναι οι βασικές λειτουργίες του Παρόχου Υπολογιστικού Νέφους. Επιπλέον, τα μοντέλα χρεώσεων του «Νέφους» (όπως το μοντέλο «πληρωμής με την χρήση») είναι ευέλικτα και παρέχουν την δυνατότητα στους Καταναλωτές του Νέφους να αγοράσουν τους ακριβείς πόρους που θέλουν, ανά πάσα στιγμή.

Γρήγορη Ανάπτυξη και Κλιμάκωση: Όταν μία εταιρία αποφασίσει να λειτουργήσει βασιζόμενη στο Υπολογιστικό Νέφος, μπορεί να αναπτύξει το σύστημά της και να το κάνει πλήρως λειτουργικό μέσα σε μερικά λεπτά. Αυτό δεν συμβαίνει όταν επιλέγεται μεμονωμένη υποδομή πληροφοριακού συστήματος. Επιπλέον, με το Νέφος, μία εταιρία μπορεί να ξεκινήσει με μία μικρή ανάπτυξη, ανάλογα με τις τρέχουσες ανάγκες της, όσον αφορά την λειτουργικότητα του συστήματος και τον χώρο αποθήκευσης. Όταν

³ IDC 2012 Ποσοτικές Εκτιμήσεις για την Ζήτηση του Υπολογιστικού Νέφους στην Ευρώπη και τα Πιθανά Εμπόδια για την αύξηση ζήτησής του, SMART 2011/0045

χρειαστεί, η ανάπτυξη μπορεί να κλιμακωθεί προκειμένου να ανταποκριθεί σε μεγαλύτερες απαιτήσεις αλλά και να επιστρέψει στην αρχική κατάσταση όταν αυτές οι απαιτήσεις μειωθούν ξανά.

Αξιοπιστία: Συνήθως οι πάροχοι του Νέφους χρησιμοποιούν πλεονάζοντα (redundant) κέντρα δεδομένων σε διάφορες τοποθεσίες και για αυτόν τον λόγο μπορούν να ανταπεξέλθουν από ένα τοπικό πρόβλημα προσφέροντας αξιοπιστία και Ποιότητα Υπηρεσιών στους πελάτες. Οι μικρές εταιρίες και οι δημόσιοι οργανισμοί συνήθως δεν μπορούν να χτίσουν τα δικά τους πλεονάζοντα κέντρα δεδομένων προκειμένου να εξασφαλίσουν αυτήν την αξιοπιστία.

Αντίγραφα ασφαλείας και Αποκατάσταση δεδομένων: Οι εταιρίες που στηρίζονται σε υπηρεσίες Νέφους δεν χρειάζεται να επινοήσουν πολύπλοκα σχέδια αποκατάστασης καταστρεμμένων δεδομένων. Οι πάροχοι του Νέφους αναλαμβάνουν την επίλυση αυτών των θεμάτων και διαθέτουν την τεχνογνωσία ώστε να αντιδράσουν ταχύτερα. Επιπλέον, επειδή όλα τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα στο Νέφος, είναι ακόμη πιο εύκολο να πάρουν αντίγραφα ασφαλείας και να τα ανακτήσουν από το να χρησιμοποιήσουν φυσικές συσκευές για αυτόν τον σκοπό.

Παγκοσμιοποιημένη Πρόσβαση και Διευκολύνσεις Συνεργασίας: Άνθρωποι από όλο τον κόσμο μπορούν να έχουν πρόσβαση στο Νέφος, αν και εφόσον έχουν σύνδεση στο διαδίκτυο. Συνεπώς, μία εταιρία που χρησιμοποιεί το Νέφος, μπορεί να χρησιμοποιήσει δυναμικό από όλο τον κόσμο. Επιπρόσθετα, οι υπηρεσίες του Νέφους διευκολύνουν συνεργασίες, δίνοντας την δυνατότητα στους εργαζομένους, ανεξάρτητα από την τοποθεσία τους, να εργασθούν ταυτόχρονα σε κοινόχρηστα έγγραφα και εφαρμογές. Τέλος, η πρόσβαση στο Νέφος συνήθως παρέχεται από μία πληθώρα ηλεκτρονικών συσκευών που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο συμπεριλαμβανομένων των κινητών συσκευών (smartphones και tablets) δίνοντας την δυνατότητα στους χρήστες να εργασθούν και από απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Ανταγωνιστικότητα: Το Νέφος παρέχει στις ΜΜΕ υπηρεσίες πληροφορικής επιπέδου μεγάλων εταιριών και υποδομές οι οποίες σε άλλη περίπτωση δεν θα ήταν προσβάσιμες. Αυτό τους δίνει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα απέναντι στους ανταγωνιστές τους. Επιπρόσθετα, αφού δεν υπάρχει ανησυχία για την αγορά και την συντήρηση αυτής της υπολογιστικής υποδομής, μπορούν να εστιάσουν στην καινοτομία.

Ευκολία στην εκμάθηση: Οι εργαζόμενοι μιας εταιρίας έχουν την τάση να μαθαίνουν γρηγορότερα την λειτουργία του Νέφους διότι είναι ήδη εξοικειωμένοι μ' αυτές τις υπηρεσίες από την χρήση τους στην ιδιωτική τους ζωή. Για παράδειγμα, αυτό συνέβη στις δημοφιλείς περιπτώσεις όπως αυτή του GMail και του Google Drive.

Φιλικό στο περιβάλλον: Μιας και οι πόροι του Νέφους διαμοιράζονται μεταξύ των πελατών του και χρησιμοποιούνται όποτε το έχουν ανάγκη, η χρήση των πόρων αυτών είναι ακόμη πιο αποτελεσματική και μάλιστα απαιτεί λιγότερη ενέργεια όταν βρίσκονται σε αδράνεια. Δεν συμβαίνει το ίδιο με τις παραδοσιακές υποδομές πληροφορικής οι οποίες δεν περιορίζονται όταν δεν χρησιμοποιούνται.

Προκλήσεις

Ασφάλεια και Προστασία Δεδομένων: Η Ασφάλεια και η Προστασία Δεδομένων ίσως αποτελούν τα δύο μεγαλύτερα θέματα σχετικά με το Υπολογιστικό Νέφος και ταυτόχρονα δύο από τους σημαντικότερους λόγους για τους οποίους δεν υιοθετείται άμεσα το υπολογιστικό νέφος. Εφόσον τα δεδομένα μιας εταιρίας ή ενός δημόσιου οργανισμού αποθηκεύονται στο Νέφος, διασκορπίζονται σε διάφορες τοποθεσίες. Ο χρήστης του Υπολογιστικού Νέφους παραχωρεί δεδομένα και πληροφορίες, οι οποίες είναι ενδεχομένως προσωπικές, ευαίσθητες και απόρρητες. Ο πάροχος του Νέφους είναι υπεύθυνος για την συντήρηση και την προστασία των δεδομένων αυτών και γι' αυτό πρέπει να είναι αξιόπιστος. Στην περίπτωση των κυβερνητικών οργανισμών η αποθήκευση των δεδομένων τους εκτός συνόρων συνήθως απαγορεύεται διά νόμου. Το Υβριδικό Νέφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντίμετρο για την αποθήκευση των ευαίσθητων δεδομένων στο κέντρο δεδομένων του ίδιου του καταναλωτή και στο οποίο επιτρέπεται η πρόσβαση. Φυσικά οι μηχανισμοί ασφαλείας ανάμεσα στον Πάροχο του Νέφους και στον Καταναλωτή θα πρέπει να είναι ισχυροί και προσεκτικά σχεδιασμένοι.

Τεχνικά Θέματα: Παρόλο που τις υποδομές του Νέφους συνήθως τις διαχειρίζονται αναγνωρισμένες εταιρίες πληροφορικής, δεν αποκλείονται δυσλειτουργίες όπως προσωρινές βλάβες. Και μιας και η σύνδεση στο διαδίκτυο είναι προϋπόθεση για την πρόσβαση στις υπηρεσίες του Νέφους, προβλήματα δικτύωσης και συνδεσιμότητας μπορούν να καταστήσουν μη διαθέσιμες όλες αυτές τις υπηρεσίες.

Κενά ασφαλείας: Εφόσον οι πληροφορίες αποθηκεύονται στο Νέφος και η ανταλλαγή τους γίνεται μέσω του διαδικτύου, οι υπηρεσίες που στηρίζονται στο Νέφος είναι εκτεθειμένες σε εξωτερικές απειλές όπως κακόβουλη χρήση και εισβολείς (χάκερς).

Έλλειψη Προτύπων και «κλείδωμα» σε έναν Πάροχο: Καθώς τα Νέφη έχουν καλά τεκμηριωμένα ιδιόκτητα APIs, δεν υπάρχουν ακόμη πρότυπα για τις διεπαφές και ως εκ τούτου δεν υπάρχει διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών παρόχων Νέφους. Ως αποτέλεσμα, η μετάβαση από τον ένα πάροχο στον άλλον είναι πολύπλοκη και δαπανηρή.

Μοντέλα Υπηρεσιών

Το Υπολογιστικό Νέφος παραδοσιακά προσφέρεται σύμφωνα με τρία διαφορετικά μοντέλα χρήσης: Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service - SaaS), Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS) και Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS). Υπάρχουν νέα μοντέλα εξυπηρέτησης για συγκεκριμένες υπηρεσίες όπως χρεώσεις, ασφάλεια ή διαδικτυακές λειτουργίες, που όμως δεν αφορούν το πλαίσιο αυτής της σύντομης ανάλυσης.

Το **SaaS** είναι το μοντέλο όπου ο πάροχος του Νέφους δίνει πρόσβαση σε εφαρμογές που έχουν ήδη αναπτυχθεί στην υποδομή του. Οι εφαρμογές είναι τυπικά διαθέσιμες μέσω διεπαφών διαδικτύου όπως ένας περιηγητής δικτύου σε συσκευές που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα όπως προσωπικούς υπολογιστές, tablets, smartphones και άλλες φορητές συσκευές. Ο χρήστης δεν μπορεί να επηρεάσει το διαδίκτυο, τους διακομιστές, τα λειτουργικά συστήματα ή τους αποθηκευτικούς χώρους και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν έχει καθόλου (ή έχει περιορισμένο) έλεγχο πάνω στην ίδια την εφαρμογή. Η Salesforce⁴ ή η Workday⁵ είναι καλά παραδείγματα ευρέως χρησιμοποιούμενων εφαρμογών SaaS.

Παράδειγμα: SaaS – Google Apps

Το Google Apps⁶ είναι μία εφαρμογή που στηρίζεται στο Νέφος, η οποία προσφέρει μία ποικιλία εργαλείων για διαφορετικούς χρήστες και οντότητες προκειμένου να συνδεθούν και να συνεργαστούν από οποιοδήποτε μέρος, οποιαδήποτε ώρα και από οποιαδήποτε συσκευή. Προσφέρει λύσεις για επιχειρήσεις, εκπαίδευση, μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς και δημόσιους φορείς. Ειδικά για τον τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, προσφέρει κοινόχρηστα ημερολόγια με έξυπνες δυνατότητες χρονοδιαγραμμάτων, ένα μοναδικό σημείο πρόσβασης και κοινοποίησης αρχείων με επεξεργαστές οι οποίοι επιτρέπουν μεταξύ άλλων την ταυτόχρονη επεξεργασία κειμένου από διαφορετικούς χρήστες, προσαρμοζόμενες πολιτικές για πρόσβαση σε χαρακτηριστικά εφαρμογών καθώς και γρήγορη και εύκολη δημιουργία ιστοσελίδων. Επιπλέον, το Apps Marketplace⁷ παρέχει μία σειρά εργαλείων για οικονομικά και διαχείριση.

Το **PaaS** είναι το μοντέλο που ο πάροχος επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύξουν τις δικές τους εφαρμογές σε μία υποδομή νέφους, χρησιμοποιώντας προγραμματιστικές γλώσσες και εργαλεία που έχουν δημιουργηθεί και υποστηρίζονται από τον πάροχο. Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ούτε ελέγχει το υφιστάμενο δίκτυο, τους διακομιστές, τα λειτουργικά συστήματα ή τους αποθηκευτικούς χώρους, αλλά μπορεί να ελέγξει τις ίδιες τις εφαρμογές και σε μερικές περιπτώσεις το περιβάλλον των εφαρμογών. Το

⁴ <http://www.salesforce.com/>

⁵ <http://www.workday.com/>

⁶ <http://www.google.com/enterprise/>

⁷ <http://www.google.com/enterprise/marketplace/>

Google App Engine⁸, το Force⁹ ή το Amazon Web Services¹⁰ είναι σήμερα τα κύρια παραδείγματα για το PaaS.

Παράδειγμα: PaaS –Windows Azure

Το Windows Azure¹¹ παρέχεται από την Microsoft και αποτελεί μια πολύ δημοφιλή λύση για το PaaS. Παρέχει μια «κατ' απαίτηση» (on-demand) πλατφόρμα με υπολογιστικές και αποθηκευτικές δυνατότητες, υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία από προγραμματιστικά περιβάλλοντα και γλώσσες (και της Microsoft αλλά και τρίτων) για τους κατασκευαστές λογισμικού που δημιουργούν, βελτιώνουν, αναπτύσσουν και διαχειρίζονται εφαρμογές στα κέντρα δεδομένων που διαχειρίζεται η Microsoft. Επιπλέον, προσφέρει υπηρεσίες διαχείρισης πολλαπλών δεδομένων που επιτρέπουν αποθήκευση σε βάσεις δεδομένων. Η πλατφόρμα είναι ακόμη πιο ενισχυμένη με σύστημα υποστήριξης για εφαρμογές κινητών, δυνατότητες για γραφήματα επιχειρήσεων, υπηρεσίες μέσων όπως επίσης και κρυφής μνήμης και μηχανισμούς μηνυμάτων. Η βάση πελατών περιλαμβάνει βιομηχανίες, επιχειρήσεις, τον εκπαιδευτικό και δημόσιο τομέα. Παραδείγματα κυβερνητικής χρήσης του Windows Azure είναι το Υποστηρικτικό Πρόγραμμα Επαναφοράς και Ανασυγκρότησης Βάσεως Δεδομένων¹² από το Υπουργείο Οικονομικών, Εμπορίου και Βιομηχανίας της Ιαπωνίας, το οποίο προσφέρουν πρόσβαση σε περίπου 500 προγράμματα υποστήριξης θυμάτων καταστροφών (πολίτες και εταιρίες), σε εργαζομένους στην τοπική αυτοδιοίκηση και άλλους.

Το IaaS είναι το μοντέλο όπου ο πάροχος δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας, αποθήκευσης, δικτύων και άλλων βασικών υπολογιστικών πόρων απευθείας στον χρήστη ο οποίος αναπτύσσει και «τρέχει» το δικό του λογισμικό που περιλαμβάνει λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ούτε ελέγχει την υφιστάμενη υποδομή του νέφους αλλά ελέγχει τα λειτουργικά συστήματα, την αποθήκευση, τις εφαρμογές ανάπτυξης και πιθανώς ελέγχει σε μικρότερο βαθμό κάποια στοιχεία όπως το τείχος προστασίας και την εξισορρόπηση φόρτου.

Παράδειγμα: IaaS - Amazon EC2

Το Amazon EC2¹³ παρέχει ένα εικονικό υπολογιστικό περιβάλλον το οποίο επιτρέπει τη χρήση και τη διαχείριση μιας πληθώρας υπολογιστικών και αποθηκευτικών πόρων, όπως επίσης και λειτουργικών συστημάτων μέσω δικτυακών διεπαφών. Προσφέρει την ευελιξία της επιλογής ανάμεσα σε ήδη διαμορφωμένα πρότυπα ή τη δημιουργία νέων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πελατών. Προσφέρει επίσης την ελαστικότητα όσον αφορά τις προσαρμογές της χωρητικότητας ανάλογα με τις τρέχουσες ή τις αναμενόμενες ανάγκες. Οι υπηρεσίες μπορούν να ενεργοποιηθούν σε ξεχωριστές Διαθέσιμες Ζώνες από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και/ή χώρες, προσφέροντας προστασία στις εφαρμογές του καταναλωτή από αστοχίες μιας τοποθεσίας. Η Σύμβαση Παροχής Υπηρεσιών (Service Level Agreement - SLA) δεσμεύεται για διαθεσιμότητα που αγγίζει το 99.95% για κάθε περιοχή. Οι υπηρεσίες μπορούν να δημιουργηθούν και να χρησιμοποιηθούν είτε κατ' απαίτηση (κυρίως βραχυπρόθεσμα) ή μέσω κράτησης (μακροπρόθεσμα) και μπορούν να προσαρμοστούν μέσα από την προσφορά των χρηστών για διαθέσιμη χωρητικότητα EC2. Ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και λαμβάνοντας υπόψη τους ιδιαίτερους κανόνες τις προϋποθέσεις συμμόρφωσης στις Η.Π.Α., μία Περιοχή¹⁴ (η AWS GovCloud Περιοχή) έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιτρέπει στις κρατικές υπηρεσίες και τους πελάτες να χρησιμοποιούν το Νέφος για εργασίες ευαίσθητων δεδομένων.

⁸ <https://developers.google.com/appengine/>

⁹ <http://www.force.com/>

¹⁰ <http://aws.amazon.com/>

¹¹ <http://www.windowsazure.com/>

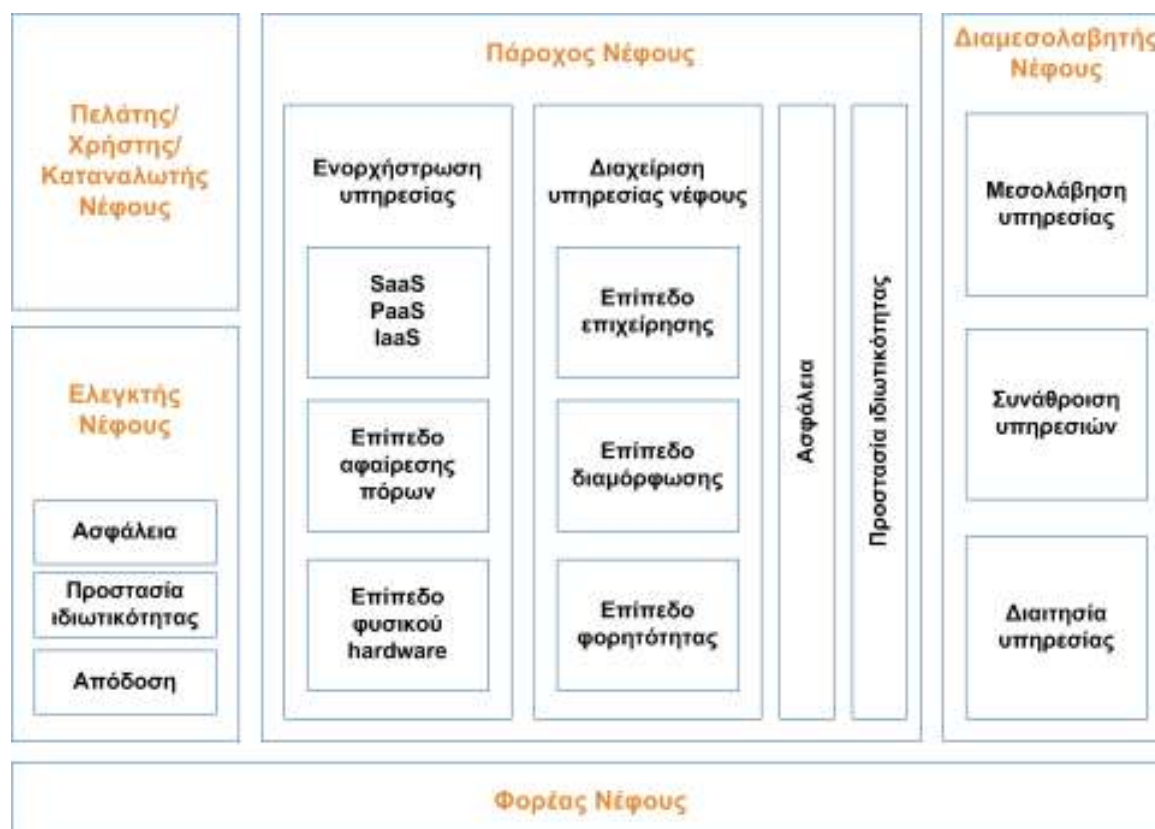
¹² <http://www.microsoft.com/casestudies/Windows-Azure/Japanese-Ministry-of-Economy-Trade-and-Industry/Japanese-Earthquake-Recovery-Website-Keeps-Citizens-Informed-About-Vital-Programs/710000001712>

¹³ <http://aws.amazon.com/ec2/>

¹⁴ <http://aws.amazon.com/govcloud-us/>

Συστατικά Αρχιτεκτονικής

Η Αρχιτεκτονική¹⁵ του Υπολογιστικού Νέφους που περιγράφεται παρακάτω είναι εκ προθέσεως γενικευμένη. Δεν περιγράφει κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο εφαρμογής/υλοποίησης αλλά στοχεύει να δείξει ποιοί είναι οι παράγοντες που υπάρχουν και ποιες ακριβώς δραστηριότητες εκτελούν.



Ο Πελάτης/Χρήστης του Υπολογιστικού Νέφους

Ο **Πελάτης του Υπολογιστικού Νέφους** είναι το άτομο εκείνο που χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες των παρόχων του Νέφους. Ο πελάτης του Νέφους επικοινωνεί με τον πάροχο, εξετάζει και επιλέγει τις υπηρεσίες που παρέχονται από τον πάροχο και συμφωνεί στους όρους παροχής υπηρεσιών με τον πάροχο.

Οι χρήστες SaaS μπορεί να είναι οργανισμοί που παρέχουν στα μέλη τους πρόσβαση εφαρμογές λογισμικού, τελικοί χρήστες που χρησιμοποιούν απευθείας εφαρμογές λογισμικού, ή διαχειριστές εφαρμογών λογισμικού που ρυθμίζουν τις εφαρμογές για τους τελικούς χρήστες. Οι πελάτες του SaaS χρεώνονται με βάση τον αριθμό των τελικών χρηστών, τον χρόνο της χρήσης, το εύρος ζώνης που έχει χρησιμοποιηθεί, τον όγκο των δεδομένων που έχει αποθηκευτεί ή την διάρκεια αποθήκευσης των δεδομένων. Οι πελάτες του Νέφους που χρησιμοποιούν το PaaS μπορούν να αναπτύξουν τα εργαλεία και τους πόρους που διαθέτουν οι πάροχοι του Νέφους για να αναπτύξουν, να δοκιμάσουν, να επεξεργαστούν και να διαχειριστούν τις εφαρμογές που φιλοξενούνται σε ένα περιβάλλον Νέφους.

¹⁵ Αυτή η Αρχιτεκτονική και ο ορισμός των «παικτών» βασίζεται σε μία «χαλαρή» απόδοση του όρου από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας σχετικά με το πλαίσιο οργάνωσης του υπολογιστικού νέφους.

Οι πελάτες PaaS μπορεί να είναι προγραμματιστές που σχεδιάζουν και υλοποιούν εφαρμογές, δοκιμαστές εφαρμογών που εκτελούν και δοκιμάζουν εφαρμογές σε περιβάλλον Υπολογιστικού Νέφους, προγραμματιστές που δημιουργούν εφαρμογές και τις δημοσιεύουν στο Νέφος, και τέλος μπορεί να είναι διαχειριστές εφαρμογών που διαμορφώνουν και παρακολουθούν την εκτέλεση των εφαρμογών σε μία πλατφόρμα. Οι πελάτες PaaS χρεώνονται σύμφωνα με την επεξεργασία, αποθήκευση δεδομένων και τους δικτυακούς πόρους που καταναλώνονται από την εφαρμογή PaaS, τη διάρκεια και τη χρήση της πλατφόρμας.

Οι πελάτες IaaS έχουν πρόσβαση σε εικονικούς υπολογιστές, αποθηκευτικούς χώρους προσβάσιμους μέσω δικτύου, και άλλους υπολογιστικούς πόρους πάνω στους οποίους μπορούν να αναπτύξουν και να «τρέξουν» το λογισμικό της επιλογής τους. Οι πελάτες IaaS μπορεί να είναι κατασκευαστές συστημάτων, διαχειριστές συστήματος και διαχειριστές πληροφοριακών συστημάτων που ενδιαφέρονται για την δημιουργία, εγκατάσταση, διαχείριση και παρακολούθηση των υπηρεσιών για την λειτουργία της υποδομής των πληροφοριακών συστημάτων. Οι πελάτες IaaS έχουν στη διάθεσή τους τη δυνατότητα πρόσβασης σ' αυτούς τους υπολογιστικούς πόρους και χρεώνονται σύμφωνα με τον όγκο ή την διάρκεια των πόρων που κατανάλωσαν, όπως π.χ. η ένταση και η διάρκεια των δεδομένων που αποθηκεύτηκαν, το δικτυακό εύρος ζώνης που έχει καταναλωθεί, ο αριθμός των διευθύνσεων IP που έχει χρησιμοποιηθεί για συγκεκριμένα διαστήματα κλπ.

Οι πελάτες του Νέφους στη Δημόσια Διοίκηση

Σε όλη την Ευρώπη οι διοικήσεις ήδη χρησιμοποιούν το Νέφος σε όλα τα επίπεδα της κυβέρνησης εντός και εκτός πλαισίου κυβερνητικής στρατηγικής. Οι εφαρμογές SaaS, PaaS and IaaS του Νέφους, οι υπηρεσίες και υποδομές του, ήδη χρησιμοποιούνται από κυβερνήσεις για την διαχείριση των βασικών εργασιών των διοικήσεων προκειμένου να αυξήσουν την παραγωγικότητα των τμημάτων τους, τη διαχείριση των κοινωνικών μέσων και τις υπηρεσίες που εξυπηρετούν τους πολίτες, όπως επίσης και για τον έλεγχο των υπηρεσιών πληροφορικής. Βλέπουμε διαφορετικούς ρόλους και μοντέλα χρήσης.

Ο Υπάλληλος – Χρήση του SaaS

Στο δημόσιο ήδη αρκετοί υπάλληλοι χρησιμοποιούν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών σύμφωνα με το μοντέλο SaaS. Οι εφαρμογές SaaS περιλαμβάνουν την εφαρμογές ERP, CRM, GIS, PR, μάρκετινγκ, και άλλες. Εφαρμογές παραγωγικότητας περιλαμβάνουν εφαρμογές γραφείου, προγραμματισμού εργασιών ή εφαρμογές ροής εργασιών. Οι εφαρμογές των κοινωνικών μέσων αφορούν την προσέγγιση του κοινού, την συμμετοχή του κοινού, την πρόσληψη προσωπικού, την εκπαίδευση, τον προβληματισμό και ανταλλαγή απόψεων κλπ.

Ο Πολίτης – Χρήση του SaaS

Θεωρούμε τον πολίτη ως χρήστη των διοικητικών υπηρεσιών διότι εκείνος είναι ο καταναλωτής πολλών υπηρεσιών και ο υποστηρικτής του ζητούμενου «οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή» που είναι προϋπόθεση για το Υπολογιστικό Νέφος. Ξεκινώντας από τον ορισμό του Υπολογιστικού Νέφους, θα θυμηθούμε ότι τα απαραίτητα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης του Νέφους περιελάμβαναν την «κατ' απαίτηση» προσωπική εξυπηρέτηση χωρίς την ανάγκη εμπλοκής του παρόχου, τη διαθεσιμότητα πόρων και τη γρήγορη ευελιξία. Ο πολίτης αλληλεπιδρά με κάποια υπηρεσία/υποδομή μέσα από διάφορες

Υπάλληλος	- Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service - SaaS) - Επιχειρησιακές δραστηριότητες: ERP, CRM, Διοικητικοί, Παραγωγικότητα, Πρόσδος εργασίας, εφαρμογές γραφείου, ήρωι, Κοινωνικά: Προσέγγιση, συνεργασική εκπαίδευση, επικοινωνία
Πολίτης	- Λογισμικό ως Υπηρεσία - Υπηρεσίες πληροφορικής, εμφάνιση επικοινωνία με εφαρμογές επιχειρηματικής δραστηριότητας
Υπεύθυνος ανάπτυξης εφαρμογών	- Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS) – Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS) - Εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών, οργάνωση βάσεων δεδομένων, πρόσδος εργασίας, πιστοποίηση και πρόσβαση
Διαχειριστής συστημάτων	- Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS) - Διαχείριση φυσικών πόρων, έλεγχος μνήμης υπολογιστικών συστημάτων και δικτύωσης

συσκευές (υπολογιστές, smart phone, tablet κλπ). Οι πολίτες χρησιμοποιούν πολλές υπηρεσίες πληροφόρησης και έχουν επίσης αμφίδρομη αλληλεπίδραση με εφαρμογές επιχειρήσεων (φορολογικές δηλώσεις κλπ) διατηρώντας τις προσωπικές τους πληροφορίες και τα αρχεία τους στο σύστημα του Νέφους.

Ο Υπεύθυνος ανάπτυξης εφαρμογών - Χρήση του PaaS

Ο Υπεύθυνος ανάπτυξης εφαρμογών στοχεύει στο να προετοιμάσει τις εφαρμογές που πρόκειται να αναπτυχθούν για τους άλλους χρήστες. Δοκιμάζει και αναβαθμίζει τις εφαρμογές. Δεν διαχειρίζεται ούτε ελέγχει το υφιστάμενο δίκτυο του Νέφους, τους διακομιστές, τα λειτουργικά συστήματα, ή τους χώρους αποθήκευσης δεδομένων, αλλά έχει τον έλεγχο των αναπτυσσόμενων εφαρμογών και πιθανόν τις ρυθμίσεις παραμέτρων για τις εφαρμογές που φιλοξενούνται σ' αυτό το περιβάλλον. Ένας τυπικός Υπεύθυνος ανάπτυξης εφαρμογών δημιουργεί συγκεκριμένες εφαρμογές, πρότυπα και εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού, εργάζεται σε δομές δεδομένων και οργάνωσης βάσης δεδομένων, ροής εργασιών, υπηρεσιών ασφαλείας όπως πιστοποιητικά αδειών και πρόσβασης, ρόλους, υπηρεσίες εγγραφών και παρόμοιες «πλατφόρμες» δραστηριοτήτων.

Ο Διαχειριστής Συστημάτων – Χρήση του IaaS

Ο Διαχειριστής συστημάτων παρέχει στο δημόσιο οργανισμό υπολογιστικές δυνατότητες επεξεργασίας, RAM, άμεση αποθήκευση δεδομένων, και άλλους υπολογιστικούς πόρους που είναι αναγκαίοι. Ο Διαχειριστής Συστημάτων μπορεί να διαχειριστεί ή να ελέγχει την υποκείμενη υποδομή του Νέφους και έχει τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων, της αποθήκευσης, των εφαρμογών, καθώς και τον έλεγχο και επιλογή των δικτυακών στοιχείων όπως για παράδειγμα πύλες δικτύου και τείχη προστασίας.

Ο Πάροχος του Υπολογιστικού Νέφους

Ο Πάροχος του Υπολογιστικού Νέφους είναι ένας οργανισμός ο οποίος διαθέτει τις υπηρεσίες τους στους πελάτες, τους Διαμεσολαβητές (Brokers) και τους Ελεγκτές. Αυτοί διαχειρίζονται την υποδομή που είναι απαραίτητη για την παροχή υπηρεσιών, το λογισμικό του Νέφους που παρέχει τις υπηρεσίες και προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές μέσω δικτύου.

Ο πάροχος SaaS αναπτύσσει, ρυθμίζει, συντηρεί και αναβαθμίζει τη λειτουργία των εφαρμογών του λογισμικού σε μια υποδομή του Νέφους έτσι ώστε να παρέχονται υπηρεσίες στο αναμενόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης στους καταναλωτές του Νέφους. Ο πάροχος του SaaS έχει την ευθύνη της διαχείρισης και του ελέγχου των εφαρμογών και της υποδομής. Οι καταναλωτές από την άλλη πλευρά έχουν μικρή επιρροή στο περιβάλλον και την ρύθμιση της εφαρμογής.

Ο πάροχος PaaS διαχειρίζεται την υπολογιστική υποδομή και το ενδιάμεσο λογισμικό που παρέχει τα στοιχεία της πλατφόρμας. Ο Πάροχος PaaS συνήθως παρέχει τα δικά του λογισμικά διαχείρισης, αναπτυξιακά κιτ και εργαλεία διαχείρισης. Ο Καταναλωτής PaaS ελέγχει τις εφαρμογές και πιθανόν κάποιες ρυθμίσεις του περιβάλλοντος φιλοξενίας, αλλά δεν έχει καθόλου ή έχει περιορισμένη πρόσβαση στην υφιστάμενη υποδομή της πλατφόρμας, όπως το δίκτυο, οι διακομιστές, τα λειτουργικά συστήματα ή τους χώρους αποθήκευσης.

Ο Πάροχος IaaS έχει στην ιδιοκτησία του πραγματικούς υπολογιστικούς πόρους συμπεριλαμβανομένων και των διακομιστών, των δικτύων και των χώρων αποθήκευσης. Ο Πάροχος του Νέφους συντηρεί τις διεπαφές των υπηρεσιών, τις εικονικές μηχανές και το λογισμικό εικονικών διεπαφών που είναι απαραίτητα για να είναι διαθέσιμοι οι υπολογιστικοί πόροι στον καταναλωτή/χρήστη του IaaS. Ο καταναλωτής του IaaS έχει πρόσβαση στο λειτουργικό σύστημα και το δίκτυο. Ο Πάροχος IaaS από την άλλη πλευρά, έχει τον έλεγχο της υλικοτεχνικής υποδομής και του λογισμικού Νέφους που δίνει την δυνατότητα για παροχή αυτών των υπηρεσιών, όπως για παράδειγμα, τους διακομιστές, τον εξοπλισμό δικτύων, τις συσκευές αποθήκευσης, κλπ.

Ο Ελεγκτής του Υπολογιστικού Νέφους

Ένας **ελεγκτής Νέφους** είναι κάθε ανεξάρτητη οντότητα που διεξάγει αξιολόγηση των υπηρεσιών του Νέφους και των λειτουργιών των πληροφοριακών συστημάτων και επικυρώνει την τήρηση των Συμβάσεων Παροχής Υπηρεσιών και των νομικών δεσμεύσεων. Ένας ελεγκτής Νέφους αξιολογεί τις υπηρεσίες που παρέχονται από έναν πάροχο Νέφους όσον αφορά τους ελέγχους ασφαλείας, τις επιπτώσεις στα ιδιωτικά δεδομένα, την αξιοπιστία του συστήματος, και/ή διαθεσιμότητα του συστήματος και των πληροφοριών του. Οι έλεγχοι συνήθως γίνονται από αρχεία καταγραφής δραστηριότητας αλλά σε ορισμένα περιβάλλοντα παρόχων υπάρχουν διαθέσιμες διεπαφές αξιολόγησης σε πραγματικό χρόνο.

Ο Διαμεσολαβητής του Υπολογιστικού Νέφους

Ένας **Διαμεσολαβητής Νέφους** είναι μία οντότητα η οποία διαχειρίζεται την χρήση, την απόδοση και την διανομή των υπηρεσιών του Νέφους, και διαπραγματεύεται τις σχέσεις των Παρόχων και των Καταναλωτών του Νέφους. Οι διαμεσολαβητές Νέφους μπορούν να συνδυάζουν ένα σύνολο υπηρεσιών από έναν ή περισσότερους παρόχους Νέφους ή να ανακατασκευάζουν/αντικαθιστούν/ανανεώνουν τις υπηρεσίες του Νέφους ώστε να προσφέρουν νέες υπηρεσίες. Αυτές είναι τυπικά σταθερές υπηρεσίες. Αντίθετα, όταν μία οντότητα αναμειγνύει και αντιστοιχεί υπηρεσίες σε πραγματικό ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, επιλέγοντας τις πιο διαθέσιμες, επαρκείς ή χαμηλού κόστους υπηρεσίες από πολλούς παρόχους Νέφους, υιοθετεί τις Υπηρεσίες Διαιτησίας.

Ο Φορέας του Υπολογιστικού Νέφους

Ένας **Φορέας Νέφους** είναι κάθε διαμεσολαβητής που παρέχει συνδεσιμότητα και μεταφορά των υπηρεσιών Νέφους από τους Παρόχους στους Καταναλωτές του Νέφους.

Μοντέλα Ανάπτυξης

Το Υπολογιστικό Νέφος διατίθεται/προσφέρεται σε διαφορετικές μορφές: δημόσια Νέφη, Νέφη κοινότητας, ιδιωτικά Νέφη και Υβριδικά νέφη που συνδυάζουν και την δημόσια και την ιδιωτική μορφή λειτουργίας.

Δημόσιο Υπολογιστικό Νέφος. Μία Υποδομή Δημόσιου Νέφους διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το κοινό και ενδεχομένως η ιδιοκτησία του, η διαχείριση και η λειτουργία του να γίνεται από μία επιχείρηση, ακαδημαϊκό ή κυβερνητικό οργανισμό, ή συνδυασμό όλων αυτών. Βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του παρόχου. Συνδέεται στο διαδίκτυο μέσω ευρυζωνικής πρόσβασης και οι χρήστες του συνδέονται από δημόσια σημεία πρόσβασης στο διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας διάφορα πρωτόκολλα.



Ιδιωτικό Υπολογιστικό Νέφος. Η Υποδομή του Νέφους, ή κάποιο μέρος του, παρέχεται για αποκλειστική χρήση από έναν συγκεκριμένο οργανισμό που αποτελείται από πολλούς καταναλωτές (πχ. επιχειρηματικές μονάδες). Ενδεχομένως ο οργανισμός να κατέχει, να διαχειρίζεται και να λειτουργεί την υποδομή του Νέφους ή να γίνεται από τρίτους. Το ιδιωτικό Νέφος είναι προσβάσιμο σαν μια LAN προέκταση στους διακομιστές του κέντρου δεδομένων της επιχείρησης (μέσω ενός Virtual Private Network - VPN).



Νέφος Κοινότητας. Η υποδομή του Νέφους παρέχεται για αποκλειστική χρήση από μία συγκεκριμένη κοινότητα καταναλωτών από οργανισμούς που έχουν κοινές πολιτικές (πχ: προϋποθέσεις ασφάλειας, πολιτική χρήσης και παράγοντες συμμόρφωσης). Ενδεχομένως ένας ή περισσότεροι οργανισμοί κατέχουν, διαχειρίζονται και λειτουργούν την υποδομή του Νέφους, ένα τρίτο μέρος, ή κάποιος συνδυασμός όλων αυτών, μπορεί επίσης να λειτουργεί εντός ή εκτός των εγκαταστάσεων.



Υβριδικό Νέφος. Η υποδομή του Νέφους είναι ένας συνδυασμός από δύο ή περισσότερες διακριτές υποδομές Νέφους (ιδιωτική, κοινοτική ή δημόσια) οι οποίες παραμένουν ξεχωριστές οντότητες, αλλά παραμένουν συνδεδεμένες μεταξύ τους με μια τυποποιημένη ή ιδιοκτησιακή τεχνολογία που δίνει την δυνατότητα φορητότητας δεδομένων και εφαρμογών. Η υποδομή του Νέφους είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε κάποιες δραστηριότητες όπως η αποθήκευση ή η εκτέλεση πολύπλοκων αλγορίθμων να μπορεί να διενεργηθεί με συμπληρωματικά ανεξάρτητα Νέφη, όταν προκύπτουν συγκεκριμένες ανάγκες ή όταν ο όγκος δεδομένων ξεπερνά την χωρητικότητα της υποδομής του Νέφους (cloud bursting).



Όποια κι αν είναι η ρύθμιση, είναι φανερό ότι υιοθετώντας τη στρατηγική του Νέφους, οι δημόσιοι φορείς, μπορούν να αλλάξουν εξ ολοκλήρου τον τρόπο που χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να εξυπηρετήσουν τους πολίτες, χωρίς να χρειάζεται να αγοράζουν και να συντηρούν τα συστήματα που διαθέτουν. Σε όλη την Ευρώπη, οι Αρχές έχουν ήδη αρχίσει να αντλούν υπολογιστικούς πόρους από εταιρίες όπως η Google και η Amazon που ήδη παρέχουν υπολογιστικούς πόρους στο Νέφος, μειώνοντας πολλά από τα πολύπλοκα εμπόδια που δημιουργεί το παραδοσιακό υπολογιστικό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του χώρου, του χρόνου, της ισχύος και του κόστους.

Βιβλιογραφία

Cooper, B. F., Silberstein, A., Tam, E., Ramakrishnan, R., & Sears, R. (2010). Benchmarking Cloud Serving Systems with YCSB. Santa Clara, CA, USA: Yahoo! Research.

Dumitras, T., & Shou, D. (2011). Toward a Standard Benchmark for Computer Security Research. Carnegie Mellon University.

Mell, P., & Grance, T. (2011, Sept). NIST CSRC Special Publications. Retrieved from NIST Computer Security Division: Computer Security Resource Center: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>

IBM Institute for Business Value, The power of cloud, Driving business model innovation, 2012. Available at: <http://www.ibm.com/cloud-computing/us/en/assets/power-of-cloud-for-bus-model-innovation.pdf>

Moore Stephens International, The benefits and challenges of cloud computing, 2013. Available at: http://www.moorestephens.com/cloud_computing_benefits_challenges.aspx

CIO magazine, 2011 Cloud Computing Survey, 2011. Available at: <http://mkting.cio.com/pdf/CIOCloudSummary.pdf>

techsoupglobal.org, 2012 Global Cloud Computing Survey Results, 2012. Available at: http://www.techsoupglobal.org/sites/default/files/TechSoup_Global_Cloud_Report_Executive_Summary.pdf