***Introduction - 1***Γειά σας, ονομάζομαι Ηλίας Μπαρμπάρ και έχω αναλάβει το θέμα “Edge computing και Edge caching: Οφέλη, προκλήσεις και λύσεις.

***General Idea - 2***  
Η γενική ιδέα του θέματος είναι ότι με την εγκατάσταση του 5G δικτύου δημιουργούνται μεγάλες απαιτήσεις οι οποίες κάπως πρέπει να καλυφθούν.   
Εκεί λοιπόν έρχεται να βοηθήσει το Edge computing και caching μεταφέροντας την επεξεργασία δεδομένων στα άκρα του δικτύου και χρησιμοποιώντας τεχνικές caching ώστε παραμένει όσο είναι δυνατόν η κίνηση και επεξεργασία στα άκρα.

Ένα τέτοιο σύστημα έχει πολλά θετικά και για τους Server Providers, και για τους χρήστες αλλά και για τις επιχειρήσεις, όχι όμως χωρίς τα αρνητικά του και τις δυσκολίες του.

z

***The new requirements that 5G expects - 3***Πιο συγκεκριμένα ας δούμε τις απαιτήσεις του 5G δικτύου και το πώς αυτές διαφέρουν από προηγούμενα δίκτυα.   
To 5G δίκτυο εκτός άλλων έρχεται στην ουσία να λύσει και να ενισχύσει τις απαιτήσεις που δημιουργούν οι κλάδοι του IoT και των Machine2Machine communications.   
  
Ο εκθετικός ρυθμός αύξησης των συσκευών που όχι απλά αναζητούν πρόσβαση στο internet αλλά χρειάζονται μεγάλη επεξεργαστική δύναμη και δεδομένα σε πολύ μεγάλο και πολύ γρήγορο ρυθμό απαιτεί και τις κατάλληλες εγκαταστάσεις.   
  
Ένα καλό παράδειγμα είναι car-to-car communication system που θα μπορεί να συνδέει τα αμάξια του οδικού δικτύου φαινομενικά άμεσα και να παρέχει υπηρεσίες και πληροφορίες που θα κάνουν την οδήγηση τόσο ευκολότερη όσο και πιο ασφαλή.  
Για παράδειγμα, μια στροφή χωρίς ορατότητα για τον οδηγό μπορεί να χάσει την επικινδυνότητα της όταν υπάρχει ένα σύστημα ενημέρωσης τοποθεσίας και επικοινωνίας ανάμεσα σε αυτά τα αμάξια σε real-time χρόνο.

Πέρα όμως από επικοινωνία χρειαζόμαστε και high-bandwidth broadband για να καλύψει τις όλο και περισσότερες απαιτήσεις σε δεδομένα και φυσικά αυτήν την εκθετική αύξηση των συσκευών που θα συνδέονται μελλοντικά στο δίκτυο.

***The new requirements that 5G expects - 4***

Μέχρι τώρα μας αρκούσε η επεξεργασία να γίνεται στο δίκτυο του φορέα, και η μεταφορά να εκτείνεται όσο μακριά είναι ο δέκτης.   
  
Αυτή η επεξεργασία γινόταν συνήθως με τρεις διαφορετικούς τρόπους.   
  
Ο πρώτος είναι ο «On-premises» όπου τα δεδομένα συλλέγονται, επεξεργάζονται και διατηρούνται σε εγκαταστάσεις του φορέα.   
  
Ο δεύτερος με «colocation facilities» όπου ο πελάτης/επιχείρηση έχει τις εγκαταστάσεις του σε κοινό διαχειριζόμενο από άλλους χώρο, οι οποίοι παρέχουν το ρεύμα, την ψύξη και την συνδεσιμότητα σαν υπηρεσία.   
  
Ο τρίτος είναι τα cloud services όπου ένα μεγάλο μέρος ή εξολοκλήρου οι υποδομές ψηφιοποιούνται και παρέχονται σαν υπηρεσία από παρόχους όπως πχ η Amazon με το AWS, η Microsoft με το Azure, η Google και άλλες.  
  
Τώρα έρχεται ένας τέταρτος τρόπος να συμπληρώσει ή και να αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις τους παραπάνω.

Σε αυτόν τον τέταρτο τρόπο έχουμε το edge computing, να φέρνει την επεξεργασία και διατήρηση δεδομένων όσο πιο κοντά γίνεται σε ένα σημείο που οι πάροχοι, οι υπηρεσίες και οι πελάτες έχουν την καλύτερη δυνατή απόσταση, το οποίο βοηθάει και με την συμφόρηση του δικτύου, αλλά ταυτόχρονα δίνει την δυνατότητα για ταχύτητα και όγκο δεδομένων προς επεξεργασία που δεν ήταν ποτέ ξανά στο παρελθόν διαθέσιμο σε τέτοιο βαθμό.

***Benefits of Edge Computing & Caching - 4***  
Τώρα πάμε στα οφέλη αυτής της τεχνολογίας. Τα οφέλη μπορούν να χωριστούν σε τρείς κατηγορίες. Έχουμε συγκεκριμένα τα οφέλη των Server Providers, τα οφέλη των Επιχειρήσεων και τα οφέλη των Χρηστών.

Αρχικά οι Server Providers που είναι οι πρώτοι που θα έρθουν σε επαφή με τις τεχνολογίες και εγκαταστάσεις του 5G δικτύου, έχουν μια μοναδική ευκαιρία να επενδύσουν σε ένα σύστημα με τρομερή επεκτασιμότητα και έχοντας δεδομένη την «αφομοίωση» του, θα τους επιφέρει πέρα από κέρδη και την δυνατότητα να έχουν πολύ μεγαλύτερο έλεγχο και έσοδα, σε σχέση με προηγούμενα δίκτυα όπου εταιρίες όπως η Amazon, Google και λοιπές, με τα cloud services είχαν πρώτη και σχεδόν αποκλειστική πρόσβαση σε πελάτες Infrastructure as a Service.

Έπειτα έχει σειρά ο άμεσος πελάτης αυτών τον εγκαταστάσεων, οι Επιχειρήσεις. Οι επιχειρήσεις είναι αυτές που θα έχουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν αυτές τις δυνατότητες και να αναπτύξουν τεχνολογίες και εφαρμογές με τις οποίες θα αποκτήσουν νέα revenue streams. Αυτό μπορεί να είναι από τους τομείς της υγείας, της αυτοκινητοβιομηχανίας μέχρι οποιοδήποτε τομέα ο οποίος μπορεί να επωφεληθεί από αυτήν την καινούργια virtual, real-time επεξεργασία και ταχύτητα δεδομένων. Έτσι προκύπτουν καινούργιες πηγές εσόδων, εξέλιξης και καινοτομίας και εκεί θα επενδύσουν οι επιχειρήσεις ώστε να εισάγουν την δική της μορφή ελέγχου της αγοράς και θα κατευθύνουν τις τεχνολογίες που θα βοηθήσουν σε μεγάλο βάθος χρόνου την συνεχή ανάπτυξη αυτή.

Τελευταίοι είναι οι χρήστες, οι οποίοι πέρα από τα βασικά οφέλη του 5G δικτύου, δηλαδή μεγαλύτερες ταχύτητες, καλύτερη συνδεσιμότητα, και μεγαλύτερη κάλυψη, θα είναι οι πελάτες σε μερικές από αυτές τις εφαρμογές και τεχνολογίες των επιχειρήσεων. Έτσι θα έχουν πρόσβαση σε τεχνολογίες όπως αυτόματη οδήγηση σε real-time συνθήκες, online AI βασισμένη υγειονομεία, και μια πληθώρα νέων εφαρμογών που θα κάνουν τόσο την προσωπική αλλά και εργατική ζωή τους πολύ πιο εύκολη.

Γενικότερα τα οφέλη βρίσκονται σε όλα τα επίπεδα και είναι τόσο αναπόφευκτα όσο και αδιάψευστα ακόμα και αν δεν υπάρχει κάποιο ενεργό σύστημα αυτή την στιγμή. Ο κόσμος θα κατευθυνθεί σε ένα μέλλον που το δίκτυο θα παίζει κεντρικό ρόλο, σε ένα τέτοιο μεγάλο βαθμό που δεν έχουμε ξαναδεί. Το scalability και οι IoT συσκευές θα αυξηθούν εκθετικά και η ανάπτυξη θα έχει πολύ γρηγορότερο και αισθητό ρυθμό μιας και όλη η λογική αυτής της νέας αρχιτεκτονικής δικτύου βασίζεται στο προβλεπόμενο εκθετικό ρυθμό αύξησης συσκευών και δεδομένων προς επεξεργασία και χρήση και αναμένεται να ανταπεξέλθει σε αυτά που έχει υποσχεθεί.

Ένα τελευταίο: (παράγραφος για cooling, power και τα προβλήματα των cloud)

***Challenges of Edge Computing & Caching - 5***  
Με όλες αυτές τις προσδοκίες μια τέτοια δικτύωση δεν θα μπορούσε να μην έχει μεγάλες προκλήσεις και δυσκολίες στην υλοποίηση της. Αυτές οι δυσκολίες βρίσκονται σε όλο το φάσμα της υλοποίησης και ενδεχομένως να είναι ο λόγος για τον οποίο μπορεί να καθυστερήσει το όραμα του 5G δικτύου να λάβει μέρος στις ζωές μας. Κάποια γενικά προβλήματα είναι τα εξής:

Το πρώτο και κύριο είναι οι απαιτήσεις του 5G δικτύου. Από τεράστιες ταχύτητες, σε real-time επεξεργαστική δυνατότητα που να χωρίζεται ομοιόμορφα σε όλες τις άκρες του δικτύου αλλά ταυτόχρονα να παραμένει πλήρως ενημερωμένη, οι απαιτήσεις είναι σαφώς πολύ μεγάλες. Επομένως το ανθρώπινο δυναμικό που θα πρέπει να φέρει εις πέρας τόσο τις εγκαταστάσεις και τις τεχνολογίες που θα εξελίσσουν, θα συντηρούν και θα στήνουν αυτό το δίκτυο είναι αφάνταστα μεγάλο και εκτείνεται σε πάρα πολλούς κλάδους. Αυτοί οι κλάδοι θα πρέπει να συνεργαστούν με δεδομένο ότι τόσο οι εταιρίες cloud που φαίνονται να ζημιώνονται το περισσότερο σε αυτή τη καινούργια τεχνολογία όσο και οι άμεσα επωφελούμενοι δηλαδή οι providers θα θέλουν να θέσουν τους δικούς τους κανόνες και τεχνολογίες που δυστυχώς θα έχουν περισσότερο να κάνουν με το κατανομή του κέρδους και του ελέγχου και λιγότερο με την ανθρωπιστική προσπάθεια επίτευξης αυτού του οράματος.

Αυτό λοιπόν μας φέρνει στην σημερινή κατάσταση οπού βιώνουμε ένα λεγόμενο ‘staring contest’. Από την μία πλευρά έχουμε τους Server Providers, οι οποίοι έχουν να επενδύσουν αστρονομικά μεγάλα ποσά σε αυτό το δίκτυο και πριν το κάνουν αυτό ζητάνε από τον κόσμο των επιχειρήσεων και του development κάποια use cases που να δικαιολογούν αυτή την επένδυση αλλά και να επιβεβαιώνουν την επιτυχή μετάβαση σε αυτή. Από την άλλη πλευρά όμως οι developers και οι αντίστοιχες επιχειρήσεις καταρχάς δεν έχουν κάποια έγκυρη πλατφόρμα στην οποία μπορούν να αρχίσουν να αναπτύσσουν και να τεστάρουν εφαρμογές και τεχνολογίες αλλά επίσης δεν έχουν και κάποιο άμεσο κέρδος από αυτό. Έτσι λοιπόν έχει καθυστέρηση σε ένα βαθμό η εγκατάσταση αυτών των τεχνολογιών πράγμα το οποίο δείχνει την ρεαλιστικότατα του όλου θέματος, που έχει περισσότερο να κάνει με τις επιχειρήσεις και το πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία με τον πιο κερδοφόρο τρόπο αποκλείοντας άλλες αντίζηλες επιχειρήσεις, και λιγότερο με το κοινό καλό της εγκατάστασης αυτού του δικτύου.

Όλος αυτός ο κόπος και το ανθρώπινο δυναμικό μαζί με τα χρηματικά ποσά που θα επενδυθούν θα ανεβάσουν αναπόφευκτα το κόστος σε παροχές. Αν και προηγούμενος αναφέραμε τους τελικούς χρήστες σαν το τελευταίο κομμάτι της αλυσίδας, στην πραγματικότητα επηρεάζουν όσο κάθε άλλο κομμάτι, μιας και αν καταφέρουν οι Server Providers να εγκαταστήσουν το δίκτυο και τις τεχνολογίες, και οι επιχειρήσεις με την σειρά τους να το αξιοποιήσουν και να αναπτύξουν εφαρμογές και προϊόντα για τους χρήστες, αν οι χρήστες δεν είναι δεκτικοί σε αυτή την επιπλέον χρέωση, ή δεν βρουν κάποιο άμεσο λόγο να δαπανήσουν αυτά τα χρήματα, όλο το σύστημα βρίσκεται σε μια δύσκολη κατάσταση μιας και δεν υπάρχει καλή επιστροφή της επένδυσης στους παραπάνω συνδετικούς κρίκους.

***Challenges of Edge Computing & Caching (cont.) - 5***  
Τώρα πάμε σε κάποια λίγο πιο συγκεκριμένα προβλήματα.

1. Πρώτα η επεκτασιμότητα που δημιουργεί ένα μεγάλο δίλημμα. Από την μια γνωρίζουμε ότι αν όλη αυτή η τεχνολογία δεν βασιστεί σε ήδη υπάρχοντες καλές τεχνικές επεκτασιμότητας αλλά και καινούργιες εξειδικευμένες τακτικές ειδικά για αυτό το σύστημα, η συμφόρηση από την εκθετική αύξηση των συσκευών που έχουν πρόσβαση στο δίκτυο, αλλά και των μεγάλο όγκο των δεδομένων προς επεξεργασία, δεν θα μπορεί να καλυφθεί σε μερικά χρόνια. Από την άλλη η επεκτασιμότητα συμβάλει σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό στο κόστος της όλης προσπάθειας χωρίς να δίνει κάποιο άμεσο όφελος. Το αν σε 20 χρόνια οι συσκευές στο δίκτυο θα 100-πλασιαστούν και το δίκτυο θα έχει φροντίσει για την κάλυψη τους, μεταφράζεται σε αυξημένα έξοδα τα οποία θα αποσβεσθούν σε αντίστοιχο βάθος 20 χρόνων.
2. Δεύτερο πρόβλημα είναι η φύση της αρχιτεκτονικής αυτής. Η μεταφορά της υπολογιστικής ισχύς στα άκρα του δικτύου δημιουργεί το αναπόφευκτο πρόβλημα του ότι όταν θα πρέπει αυτά τα άκρα να αλληλοενημερωθούν, θα βρίσκονται στη μέγιστη δυνατή πολυπλοκότητα διαμοιρασμού αυτής της πληροφορίας γιατί πλέον είμαστε στα φύλλα ενός γράφου δηλαδή όσο πιο μακριά από την ρίζα γίνεται. (μπορεί να προστεθεί σύγκριση με cloud).
3. Ένα τρίτο και τελευταίο πολύ συγκεκριμένο πρόβλημα, που δείχνει ότι πέρα από προγραμματιστικά και σχεδιαστικά προβλήματα υπάρχουν και προβλήματα σε άλλους τομείς της εγκατάστασης.   
   Η όλη λογική του 5G με edge computing & edge caching, θέλει το δίκτυο να είναι ομοιόμορφα χρηστικό σε όλες τις περιοχές που είναι δυνατό να γίνει. Κάποιες απομακρυσμένες περιοχές όμως έχουν Base Stations που λειτουργούν χωρίς τριφασικό ρεύμα. Χωρίς τριφασικό ρεύμα είναι αδύνατο να επιτευχθεί τέτοιου βαθμού επεξεργασία και συλλογή δεδομένων κάτι που καθιστά το edge computing αδύνατο. Αυτό προσθέτει ακόμα μεγαλύτερο κόστος και ανάγκη για ανθρώπινο δυναμικό. (haves have nots)

***Solutions - 6***  
Πάμε τώρα να δούμε κάποιες λύσεις σε όλη αυτή την πληθώρα απαιτήσεων και προβλημάτων που έρχονται με το 5G δίκτυο και το edge computing.

Πολλά από αυτά τα προβλήματα έχουν κυκλική εξάρτηση με τις λύσεις. Ένα καλό παράδειγμα για αυτό είναι να χρησιμοποιήσουμε τρία από τα βασικά προβλήματα. 1 τις μεγάλες απαιτήσεις του 5G δικτύου, 2 τις μεγάλες και σύνθετες εγκαταστάσεις και 3 το μεγάλο κόστος. Παρατηρούμε ότι οι απαιτήσεις του δικτύου σαν πρόβλημα έχουν σαν λύση τις μεγάλες εγκαταστάσεις. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις τώρα σαν πρόβλημα έχουν σαν λύση τις επιπλέον επενδύσεις και κόστος υπό την μορφή επένδυσης και πάει λέγοντας.

Παρόλα αυτά ας δούμε τις προκλήσεις και τα προβλήματα που αναφέρθηκαν και ας συζητήσουμε κάποιες ενδεχόμενες λύσεις μία προς μία.

1. Απαιτήσεις του Δικτύου. Η λύση είναι: Μεγάλες και επεκτάσιμες εγκαταστάσεις που θα φέρουν εις πέρας τα προβλεπόμενο όγκο απαιτήσεων σε μεγάλο βάθος χρόνου.
2. Το Staring Contest. Σαν λύση θα έρθει το γεγονός ότι αυτή τη στιγμή οι Server providers βρίσκονται σε μια δυσάρεστη θέση, έχοντας χάσει την ευκαιρία που είχαν με το 4G δίκτυο να είναι αυτοί οι πάροχοι ψηφιοποιημένης επεξεργαστικής δύναμης και για να την ανακτήσουν θα πρέπει να προλάβουν να επενδύσουν σε edge computing και edge caching ώστε να ορίσουν αυτοί το μέλλον αυτής της τεχνολογίας. Από την άλλη οι developers και οι επιχειρήσεις με το να περιμένουν τους server providers στην ουσία να τους παραδώσουν ένα πλήρως ολοκληρωμένο προϊόν ρισκάρουν να μην είναι σωστά προετοιμασμένοι όταν θα υπάρχουν αυτές οι εγκαταστάσεις και άλλες επιχειρήσεις μπορεί να έχουν κάνει την προετοιμασία τους και να διεκδικήσουν έτσι τομείς που τους ενδιαφέρει πιο σύντομα.
3. Μεγάλες και συνθέτες εγκαταστάσεις οι οποίες να είναι δεκτικές στην επεκτασιμότητα. Η λύση εδώ είναι αναπόφευκτα η αύξηση του κόστους. Η μονή διαφορά είναι ότι αυτό το κόστος θα πρέπει να σταματήσει να θεωρείται απλό κόστος και αντίθετος να θεωρηθεί ως μια επένδυση που είναι όσο αναπόφευκτη όσο και δραστικά κερδοφόρα για αυτούς, το οποίο φαίνεται να είναι και η μονή λύση για το πρόβλημα του κόστους.
4. Μεγάλη πολυπλοκότητα και ενημερώσεις. Μια test case λύση θεωρεί ότι, η συμφόρηση που δημιουργούν οι χρήστες που θα αποδεσμευτεί από ένα τέτοιου είδους δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το ίδιο το δίκτυο και θα επιφέρει ένα win-win σενάριο που ο κορμός του δικτύου είναι πιο γρήγορα προσβάσιμος από τα “Edge” που ενημερώνονται και ενημερώνουν και από την άλλη οι καταναλωτές έχουν την επεξεργασία και διατήρηση των δεδομένων τους όσο πιο κοντά γίνεται.

***In conclusion - 7***