



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

NETWORKING SLICING

ΑΝΤΡΕΑΣ ΠΑΛΑΜΑΣ

A.M 1049789

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</i>	<i>I</i>	
<i>ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ</i>	<i>III</i>	
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	<i>5</i>	
<i>1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ NETWORKING SLICING</i>	<i>5</i>	
<i>1.1.1 NETWORKING SLICING</i>	<i>5</i>	
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ NETWORKING SLICING</i>	<i>7</i>	
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ NETWORKING SLICING</i>	<i>9</i>	
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ NETWORKING SLICING ΚΑΙ ΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΥ</i>	<i>52</i>	
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ NETWORKING SLICING</i>	<i>55</i>	
<i>5.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΥ NETWORKING SLICING....</i> <i>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</i>	<i>5</i>	
<i>5.2 NETWORK SLICING LAYERS</i> <i>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</i>	<i>6</i>	
<i>5.2.1 SERVICE LAYER</i>	<i>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</i>	<i>6</i>
<i>5.2.2 NETWORK FUNCTION LAYER</i> <i>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</i>	<i>8</i>	

5.2.3 INFRASTRUCTURE LAYER	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 5G ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ	
ΤΕΜΑΧΙΣΜΟ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ.....	22
6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΚΙΝΗΤΕΣ	
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	22
6.2 ΕΓΓΡΑΦΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ.....	23
6.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΛΟΣΗΣ.....	23
ΣΥΜΠΕΡΑΣΑΤΑ.....	26
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	27

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

- SDN → Software Defined Network
- 5G → Fifth Generation
- QoS → Quality of Service
- RAN → Radio Access Network
- LTE → Long Term Evolution
- MORAN → Multi-Operator Radio Access Network
- MOCN → Multi-Operator Core Network
- MNO → Mobile Network Operator
- CAPEX → Capital Expenditure
- OPEX → Operating Expenditure
- KPI → Key Performance Indicators
- QoE → Quality of Experience
- OAM → Open Application Model
- SLA → Service Level Agreement
- RAT → Radio Access Technology
- NFV → Network Function Virtualization
- MME → Mobility Management Entity
- S-GW → Service Gateway
- EPC → Evolved Packet Core
- CN → Core Network
- IaaS → Infrastructure as a Service

- KVM → Kernel-based Virtual Machine
- LXC → Linux Container
- SDWN → Software Defined Wireless Network

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός Networking Slicing

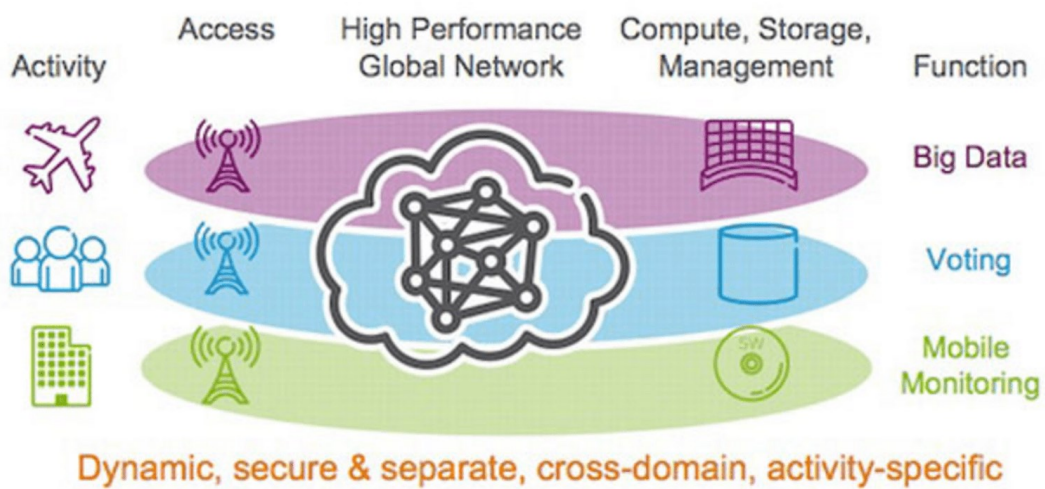
1.1.1 Network Slicing (Τεμαχισμός Δικτύου)

Αποτελεί γνωστό πλέον στις μέρες μας ότι ζούμε στην εποχή της ανάπτυξης και της απαιτητικότητας. Έχοντας να αντιμετωπίσουμε τις άφθονες προκλήσεις που παρουσιάζονται μπροστά μας στις μέρες η τεχνολογία της δικτύωσης θα πρέπει να επανεξεταστεί και να ξαναλειτουργήσει με διαφορετικές τεχνικές. Αυτή η πρόκληση έχει γίνει πλέον στόχος έρευνας και ανάπτυξης για διάφορους επιχειρηματίες που θα τους διευκολύνει την επιχειρηματική τους ζωή επιφέροντας τους πιο εύκολα και γρηγορότερα κέρδη [5]. Έχοντας τις δεξιότητες, την απλοποιημένη διαχείριση την καλύτερη χρήση πόρων και την αποδοτικότητα κόστους μέσω της εμπορευματοποίηση των πόρων [1], το network slicing (το λεγόμενο τεμαχισμός Δικτύου) είναι η επαναστατική τεχνική που θα κάνει πιο εύκολη την διαχείριση και πιο ευέλικτη την παροχή πόρων στη μελλοντική ασύρματη βιομηχανία.

Ο όρος Network Slicing (Τεμαχισμό Δικτύου) δεν αποτελεί νέος στην τεχνολογία της δικτύωσης. Είναι γνωστό ότι τα τελευταία χρόνια έχει δυναμικό ρόλο στο πλαίσιο κατανεμημένων αρχιτεκτονικών υπηρεσιών όπως τα δίκτυα παράδοσης περιεχομένου, μεγάλης κλίμακας δοκιμασμένων πλατφόρμων και κατανεμημένα συστήματα υπολογιστικού νέφους [1]. Παρ' όλα αυτά στον τομέα των ασύρματων δικτύων ο όρος αυτό αποτελεί αρκετά πρόσφατος. Όταν αναφερόμαστε στην έννοια τεμάχιο δικτύου (network slice όπως αποκαλείται) , μιλάμε για ένα εικονικό δίκτυο το οποίο αποτελείται από ένα συνδυασμό κάποιων λειτουργιών του δικτύου, εφαρμογών του δικτύου καθώς και της cloud υποδομής. Αυτά τα χαρακτηριστικά συμβάλουν στην υλοποίηση του προφίλ αυτού του εικονικού δικτύου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως εύρος ζώνης, καθυστέρηση, επεξεργασία, ασφάλεια κτλ., για να υπάρξει ένα πιο τελέσφορο αποτέλεσμα κατά την εκτέλεση μιας λειτουργίας είτε εφαρμογής. Στη συνέχεια, με το πέρας της υλοποίησης αυτού

του εικονικού δικτύου, αυτό επιδρά με τη σειρά του πάνω από ένα φυσικό δίκτυο με ένα τρόπο δημιουργώντας μια ψευδαίσθηση στο εικονιζόμενο slice για τη λειτουργία του δικού του αποκλειστικού δικτύου. Αυτή η επαναστατική τεχνική με όνομα network slicing που τα τελευταία χρόνια διευκόλυνε την ζωή των προμηθευτών δικτύων, παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής πολλών εικονικών δικτύων πάνω σε μια κοινή υποδομή με σκοπό να παρέχονται διάφορες λειτουργίες με μεγάλες ταχύτητες και ελαστικότητα ως προς τις προδιαγραφές τους.

NETWORK SLICES



Εικόνα 1: Network slices [5]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ NETWORK SLICING

Μπορούμε να αναφέρουμε ότι η ιστορία του τεμαχισμού δικτύου (Network Slicing) χρονολογείται από την δεκαετία του 80. Στις αρχές της δεκαετίας του 80 όταν εισάχθηκε η έννοια του τεμαχισμού (slice) στον τομέα της δικτύωσης κανένας δεν μπορούσε να προβλέψει ότι η συγκεκριμένη έννοια θα γιγαντωθεί στις μέρες μας και θα γινόταν μια από τις πιο επαναστατικές μεθόδους που θα άλλαζε τρακόσιες εξήντα μοίρες τον τομέα της δικτύωσης. Αυτή η σπουδαία έννοια πρωτοεμφανίστηκε στα δίκτυα επικάλυψης , έχοντας την εξής λειτουργία: οι ετερογενείς πόροι συνδυάζονταν με σκοπό να κατασκευάσουν εικονικά δίκτυα. Ήταν λογικό όμως ότι ως μία καινούργια έννοια και καινοτομία δεν θα μπορούσε να ήταν τέλεια και προφανώς θα είχε κάποια προβλήματα και ήταν ανελλιπές. Πιο συγκεκριμένα το πρόβλημα ήταν τότε δεν προσφερόταν ένας μηχανισμός ο οποίος θα πρόσφερε την δυνατότητα να προγραμματιστούν τα δίκτυα επικάλυψης.

Στη συνέχεια στις αρχές του 2000 , η έννοια του τεμαχίου είχε οριστεί ως ένα απομονωμένο σύνολο δικτύου εύρους ζώνης. Το PlanetLab το οποίο εκτελεί διάφορες έρευνες, πρόσφερε ένα πλαίσιο εικονικοποίησης που έδωσε τη δυνατότητα σε μια ομάδα χρηστών να προγραμματίσουν λειτουργίες δικτύου και υπηρεσίες μέσω των δικτύων επικάλυψης προκειμένου να αποκτήσουν συγκεκριμένες και απομονωμένες εφαρμογές. Με το καιρό, περίπου το 2009, εμφανίστηκαν οι τεχνολογίες SDN οι οποίες πρόσφεραν την επιπλέον δυνατότητα προγραμματισμού των δικτύων μέσω ανοιχτών διεπαφών που βοήθησαν στην εξέλιξη αυτής της επαναστατικής καινοτομίας επιτρέποντας την πραγματοποίηση ολοκληρωμένων διαμορφώσιμων με δυνατότητα επέκτασης τεμάχια δικτύου. Από τότε, μια πληθώρα δοκιμασμένων εικονικών δικτύων από διάφορες ερευνητικές προσπάθειες όπως το PlanetLab EU, GENI, VNode, FLARE, Fed4Fire, έχουν κληρονομήσει την βάση των τεμαχίων

(slices) ως τη βάση υποδομών. Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη την έννοια του τεμαχισμού (slicing) που αρχικά είχε αναπτυχθεί σταθερό δοκιμασμένο δίκτυο για να προσφέρει διάφορους τύπους υπηρεσιών και εφαρμογών που μοιράζονται τις ίδιες φυσικές υποδομές, τώρα όταν αντιμετωπίζουμε ίδιες καταστάσεις για και απαιτήσεις σε εφαρμογές 5G δικτύων κινητής τηλεφωνίας, έχουμε την ευχέρεια φυσικά να επεκτείνουμε την ιδέα του τεμαχισμού στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, συμπεριλαμβανομένων μεταφορών, πακέτα πυρήνων, δίκτυα πρόσβασης και ασύρματα δίκτυα ραδιοφώνου [6].

Αυτή η καινούργια και καινοτόμα μέθοδος δεν θα μπορούσε να μείνει απαρατήρητη από το ερευνητικό κομμάτι της επιστήμης των δικτύων. Πιο συγκεκριμένα που είχε λάβει μέρος στην Κίνα το 2014 [7], είχε προταθεί μια καινούργια στρατηγική τεμαχισμού δικτύου που ερευνούσε διαφορετικούς σχεδιασμούς και απαιτήσεις QoS με βάση τη τεχνολογία SDN. Επιπλέον σε αυτή την έρευνα κατασκευάστηκε ένας γενετικός αλγόριθμος με σκοπό να υπάρξει μεγαλύτερη αποδοτικότητα στη διαχείριση του εικονικού ραδιοφάσματος με βάση τη συγκέντρωση των πόρων [5]. Μετέπειτα, μέσα στο 2016, σε ένα άλλο ερευνητικό έργο [8], έκανε την εμφάνιση του ένας νέος μηχανισμός για τον τεμαχισμό δικτύου που αφορούσε τους ακριανούς κόμβους του δικτύου που θα παρείχαν υπηρεσίες χαμηλής καθυστέρησης στους χρήστες του δικτύου. Αυτό γινόταν με την μετακίνηση των οντοτήτων που βρίσκονταν στο κέντρο του δικτύου με αποτέλεσμα να μειώνονται οι καθυστερήσεις και τα βάρη στο backhaul [5].

Εν κατακλείδι στον τομέα των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, ο τεμαχισμός δικτύου αρχικά πρωτοεμφανίστηκε με την έννοια της κοινής χρήσης RAN που αρχικά εισάχθηκε στο πρότυπο LTE. Κάποια τρανταχτά παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών είναι τα δίκτυα ραδιοπρόσβασης πολλαπλών χειριστών MORAN και τα δίκτυα πυρήνα εξίσου πολλαπλών χειριστών MOCN. Αυτά τα παραδείγματα δικτύων που εδραιώθηκαν δίνουν τη δυνατότητα στους διαχειριστές δικτύων να μοιράζονται κοινούς πόρους LTE στο ίδιο δίκτυο RAN [10].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ NETWORK SLICING

Αυτή η ενότητα επισημάνει τις κυριότερες ικανότητες που προσφέρει η τεχνική του τεμαχισμού δικτύου (network slicing) που έφερε αλλαγές στον επιστημονικό τομέα των δικτύων, όπως αναφέρονται στο [11]. Αδιαμφισβήτητα μια από τις σημαντικότερες ικανότητες που θα μπορούσε να προσφέρει το network slicing αποτελεί η **αποκλειστικότητα** [12]. Η αποκλειστικότητα προκύπτει μέσα από την αναδρομικότητα. Όπως είναι γνωστό στον τομέα των υπολογιστών η αναδρομικότητα αποτελεί μια ιδιότητα των λειτουργικών μπλοκ. Πιο συγκεκριμένα, αυτή η ιδιότητα στα λειτουργικά μπλοκ εμφανίζεται καθώς ένα μεγαλύτερο λειτουργικό μπλοκ κατασκευάζεται από ένα πλήθος μικρότερων λειτουργικών μπλοκ συνδέοντας τα με ένα συγκεκριμένη τοπολογία. Από αυτό το παράδειγμα εξάγεται και η έννοια του αναδρομικού ορισμού του τεμαχισμού δικτύων, δηλαδή να μπορεί να δημιουργηθεί ένα καινούργιο network slice από τα υφιστάμενα τεμάχια (slices). Επιπλέον βάση της αναδρομής γνωρίζουμε ότι μία λειτουργία εικονικού δικτύου μπορεί να υλοποιηθεί κλιμακωτά αναδρομικά, δηλαδή ένα συγκεκριμένο μοτίβο του δικτύου μπορεί να αντικαταστήσει ένα μέρος του ίδιου. Ο συγκεκριμένος συλλογισμός μας οδηγεί αντίστοιχα σε ένα πιο ελαστικό ορισμό του network slicing όπου ένα συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου μπορεί να αντικατασταθεί από πολλά διαφορετικά μοτίβα του ίδιου του δικτύου. Αυτή η ελαστικότητα που προσφέρεται διαθέτει ταυτόχρονα αρκετά πλεονεκτήματα:

- Κάθε μοτίβο μπορεί να διαθέτει τις δικές του ικανότητες βάση την απόδοση του. Ανάλογα με τον απαιτούμενο φόρτο εργασίας, μια λειτουργία ενός εικονικού δικτύου έχει την δυνατότητα να αντικατασταθεί με ένα μοτίβο που θα είναι ικανό να επεξεργάζεται με υψηλή απόδοση. Επιπλέον μια υπηρεσία ή μια λειτουργία του εικονικού δικτύου μπορεί να αποσυνδεθεί και να αναπτυχθεί επιπλέον πάνω σε μια διαθέσιμη υποδομή.

- Όσον αφορά την οπτικοποίηση, χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τρόπο αναδρομικών προτύπων τεμαχισμών δικτύου, έρευνες δείχνουν ότι μπορεί να υπάρχει όφελος για τον αλγόριθμο τοποθέτησης που χρησιμοποιείται από τον ενορχηστρωτή. Υπάρχει ένα ποσοστό επιτυχίας, ποιότητα λύσης και χρόνος εκτέλεσης αυτού του αλγορίθμου ενσωμάτωσης που ωφελείται διάφορες πληροφορίες που αντλούνται από πιθανές τοπολογίες κλιμάκωσης ή αποσύνθεσης και τη διαθέσιμη υποδομή.
- Υπάρχει ιεραρχία τεμαχισμού βάση τον γονέα και το παιδί. Αυτά είναι αποτέλεσα της ενεργοποίησης κάποιων μεθόδων τμηματοποίησης.

Μια ακόμη ικανότητα του network slicing που είναι αξία αναφοράς είναι η **προστασία** που παρέχει ο τεμαχισμός δικτύου. Μέσω διαφόρων μηχανισμών που διαθέτει η τεχνική του τεμαχισμού δικτύου, και όπως είναι εύκολο να καταλάβουμε από τον ορισμό αυτής της τεχνικής, διαμερίζοντας το δίκτυο σε πολλαπλά τμήματα έχει ως όφελος ότι όταν υπάρξει ένα πρόβλημα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα δικτύου, αυτό δεν θα επηρεάσει αρνητικά ένα άλλο τμήμα του δικτύου [12].

Από τις ικανότητες αυτής της τεχνικής που συζητάμε σε αυτή την εργασία δεν θα μπορούσε να λείψει η **ελαστικότητα**. Αυτή η δυνατότητα στο network slicing παρέχεται καθώς όταν εκτελείται αυτή η τεχνική μπορεί να υπάρξει ανάπτυξη ή και συρρίκνωση των πόρων, των λειτουργιών, ή και των υπηρεσιών του δικτύου ως μια συνάρτηση των αναγκών εξυπηρέτησης [12].

Επιπρόσθετα στις ικανότητες του τεμαχισμού δικτύου καταγράφεται και η **επεκτασιμότητα**. Αποτελεί μια από τις κυριότερες ικανότητες του τεμαχισμού δικτύου καθώς υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν επιπλέον λειτουργίες και χαρακτηριστικά σε ένα τμήμα δικτύου μέσω μιας αλλαγής της υπάρχουσας λειτουργία του εικονικού δικτύου, με ελάχιστες πιθανότητες να επηρεαστεί οποιαδήποτε υπάρχουσα λειτουργία του παρών δικτύου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, πολύ εύκολα να αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς το δίκτυο μας με μηδαμινά εμπόδια [12].

Αφού αυτή η πολυμήχανη τεχνική προσφέρει την ικανότητα της προστασίας, τότε δεν θα μπορούσε να λείπει ο σύντροφος της που είναι η **ασφάλεια**. Παρέχεται ασφάλεια μέσα σε ένα τμήμα δικτύου από διαφορετικούς τύπους και συνέπειες αποτυχίας, βλάβη από σφάλμα η οποιοσδήποτε άλλος εξωτερικός παράγοντας που θα μπορούσε να έχει αρνητική συνέπεια για κάποιο άλλο τμήμα δικτύου [12].

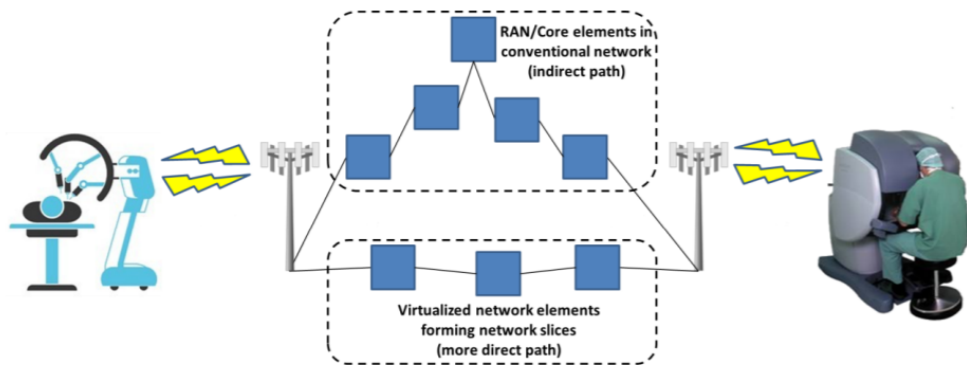
Η αποδοτική κατασκευή των τεμαχίων εγγυάται την **απομόνωση** των τεμαχίων του δικτύου. Αυτή αποτελεί έκτη ικανότητα που αναφέρουμε στην εργασία μας για την τεχνική του network slicing. Ένα επιπλέον αποτέλεσμα της αποτελεσματική κατασκευής των τεμαχίων που αναφέραμε πιο πάνω, αποτελεί και η μη παρέμβαση μεταξύ των τεμαχίων στα επίπεδα δεδομένων, ελέγχου, διαχείρισης καθώς την ασφάλεια και την προστασία των πολύ-ενοικιαζόμενων τεμαχίων [12].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ NETWORKING SLICING ΚΑΙ ΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΥ.

Αδιαμφισβήτητα η έννοια του network slicing, από διάφορες έρευνες και δοκιμές, φαίνεται ότι θα είναι ο βασικός μοχλός στα μελλοντικά δίκτυα. Σε αυτό το κεφάλαιο επισυνάπτεται οι κυριότερες εφαρμογές του network slicing μαζί με το κέρδος που αναμένεται να προσφέρουν με τη χρήση τους [9].

Στα χρόνια της βιομηχανικής ανάπτυξης και εξέλιξης που ζούμε είναι ολοφάνερο ότι η τεχνική του network slicing είναι ο κύριος παράγοντας για την ομαλή λειτουργία του «smart factory (έξυπνο εργοστάσιο)» και του «Tactile Internet». Το βασικό εργαλείο μετάδοσης πληροφορίας προς ένα πελάτη για αυτά τα δύο βιομηχανικά παραδείγματα είναι η ασύρματη επικοινωνία. Ειδικότερα στην περίπτωση του Tactile Internet, η αίσθηση την αφής όπως η υφή μπορεί να μεταδοθεί πάλι. Ιδιαίτερα, ο σκοπός αυτών των δύο εφαρμογών, αποτελεί η επίτευξη της επαφής και του χειρισμού απομακρυσμένων πραγματικών ή εικονικών αντικειμένων από έναν άνθρωπο ή μια μηχανή. Από διάφορες έρευνες και δοκιμές που έγιναν εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι οι πληροφορίες που μεταδίδονται σε μια μηχανή, η καθυστέρηση είναι τάξης του 1ms στα 5G δίκτυα. Επιπλέον γνωστό από αυτές τις έρευνες έγινε ότι για πελάτες που αποτελούν ανθρώπινα όντα, η καθυστέρηση μετάδοσης πληροφορίας προς ανθρώπους, είναι περίπου 5ms ή περισσότερο από 100ms για απτές πληροφορίες. Καθώς μιλάμε για δύο μεγάλα επιτεύγματα στην βιομηχανική περιοχή και στην τεχνολογία γενικά, δικαιολογημένα υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις ασφάλειας και αξιοπιστίας σε ότι έχει να κάνει με τα κρίσιμα χαρακτηριστικά που αφορούν την αποστολή δεδομένων. Σε αυτές τις απαιτήσεις ασφάλειας, αξιοπιστίας και καθυστέρησης έρχεται ο τεμαχισμός δικτύου να δώσει τις λύσεις.

Ένας σημαντικός τομέας που έχει επωφεληθεί και πρόκειται να επωφεληθεί επιπλέον από τον τεμαχισμό δικτύου είναι η χειρουργική. Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα που πρέπει να αναφέρουμε είναι της απομακρυσμένης χειρουργικής επέμβασης, όπως στο εικόνα 2, ένα αντικείμενο που αποτελεί επανάσταση στον τομέα της ιατρικής και της χειρουργικής κυρίως. Πιο συγκεκριμένα στην απομακρυσμένη χειρουργική επέμβαση, τα εικονικά δίκτυα που δημιουργούνται λόγω του τεμαχισμού δικτύου προσφέρουν καλύτερη οργάνωση στο δίκτυο, με αποτέλεσμα στοιχεία του δικτύου να υπάρχουν να παίρνουν κατάλληλες θέσεις για την καλύτερη επικοινωνία έτσι ώστε να δημιουργείται μια βέλτιστη διαδρομή, μειώνοντας οποιουδήποτε είδους καθυστερήσεις. Επιπρόσθετα η συλλογική παρουσία των τμημάτων δικτύων που δημιουργούνται συλλογικά από τα εικονικά στοιχεία που υπάρχουν έχουν σε πολλές περιπτώσεις σε αυτά τα παραδείγματα εφαρμογών ως όφελος την καλύτερη κατανομή των υπολογιστικών και άλλου είδους πόρων από άκρο σε άκρο με αποτέλεσμα να καθίσταται βιώσιμη η εικονικοποίηση από άποψη διαχείρισης. Αυτή η κατανομή των πόρων που επιφέρει ο τεμαχισμός δικτύου οδηγεί με απλά λόγια στην ταχύτερη και ακριβέστερη εκτέλεση της χειρουργικής επέμβασης χωρίς να υπάρχουν απώλειες. Επιπλέον ο τεμαχισμός δικτύου όπως αναφέραμε πιο πάνω προσφέρει αξιοπιστία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κράτησης υλικού και άλλων πόρων ως ξεχωριστά τεμάχια. Πιο πάνω αναφέραμε την υψηλή απαίτηση της ασφάλειας. Αυτή επωφελείται μέσω της κοπής, π.χ. απομόνωσης μισθωτών τεμαχίων και δυνατοτήτων " sandboxing". Ακόμη το προτέρημα της ιδιοτικότητας των δεδομένων εξασφαλίζεται καθώς τα τεμάχια μπορούν να λειτουργούν μόνο τοπικά σε ένα εργοστάσιο. Τώρα η δε λειτουργία του εργοστασίου επιτυγχάνεται από το συντονισμό τεμαχίων που λειτουργούν με δημόσιους MNOs που προσφέρουν υπηρεσίες διαδικτύου η στοχευμένες λειτουργίες δικτύου σαν την διαχείριση κινητικότητας.



Εικόνα 2: Εικονικά τμήματα δικτύου που επιτυγχάνουν μια πιο άμεση διαδρομή σε σύγκριση με (σταθερά) στοιχεία δικτύου σε ένα παράδειγμα απομακρυσμένης χειρουργικής επέμβασης Tactile Internet [9].

Όπως αναφέρεται και στον τίτλο του Κεφαλαίου 4 ο τεμαχισμός δικτύου δεν χρησιμοποιείται μόνο σε αρκετές εφαρμογές αλλά επιφέρει και κάποιο οικονομικό κέρδος. Πιο συγκεκριμένα σε αυτό το κομμάτι θα μιλήσουμε για το οικονομικό κέρδος που επιφέρει ο τεμαχισμός δικτύου βάσει τις προοπτικές των ΜΝΟs όπως αναφέρεται στο [9]. Βάσει το [9] το κόστος ενός δικτύου όσον αφορά τις κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX) και τα έξοδα λειτουργίας (OPEX) του είναι συχνά πολύ υψηλότερα σε σχέση με τα έσοδα που αναμένονται από την εκμετάλλευσή του. Τα χαμηλά έσοδα οφείλονται στο ίδιο το δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του KPI, οι διαφορετικές χρήσεις του δικτύου επιφέρουν καθορισμένες απαιτήσεις πόρων. Παρ' όλα αυτά, στις μέρες μας μόνο ο λειτουργός του δικτύου μπορεί να διαθέσει μια δέσμη απροσδιόριστου πόρου για γενική αξιοποίηση. Ως εκ τούτου οι περισσότεροι πόροι διατίθενται σε χρήση με μικρές απαιτήσεις σε αυτές με αποτέλεσμα να σπαταλούνται πιο εύκολα. Ωστόσο εδώ ήρθε η καινοτομία του τεμαχισμού δικτύου για να λύσει αυτό το πρόβλημα. Ο τεμαχισμός δικτύου διαθέτει το προτέρημα ότι τα ΜΝΟs είναι ικανά να αναλύουν αποδοτικά το λειτουργικό κόστος και τα έσοδα που παράγεται από κάθε τεμάχιο δικτύου. Με αυτή την ανάλυση διάφορες δεσμίδες πόρων μπορούν να διατίθενται σε διαφορετικά τεμάχια δικτύου ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να υπάρχει καλύτερη κατανομή και αποτελεσματική, ευέλικτη διαχείριση των πόρων. Αυτή η ευελιξία πόρων που προσφέρει ο τεμαχισμός δικτύου καθιστά το δίκτυο αρκετά πιο εύχρηστο εκτελώντας αξιόπιστα διάφορες λειτουργίες ταυτόχρονα. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται περισσότερα έσοδα χωρίς να αυξάνεται το CAPEX.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ NETWORKING SLICING

5.1 Δομή της αρχιτεκτονικής του *Networking Slicing*

Σύμφωνα με το [11] εδώ και χρόνια έχουν προταθεί αρκετές διαφορετικές αρχιτεκτονικές του τεμαχισμού δικτύου. Από πολλές έρευνες που γίνονται κατά τακτά διαστήματα μπορεί να οριστεί μια γενική αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου. Βάση το [12] για να ικανοποιηθούν οι διαφοροποιημένες απαιτήσεις ποιότητας εμπειρίας (QoE) των διάφορων βιομηχανιών ορίστηκε ένα έγγραφο απαιτήσεων, οι οποίες θα αντιμετωπίζονται με την αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου. Οι παρακάτω απαιτήσεις αποτελούν αυτές που αναφέραμε πιο πάνω:

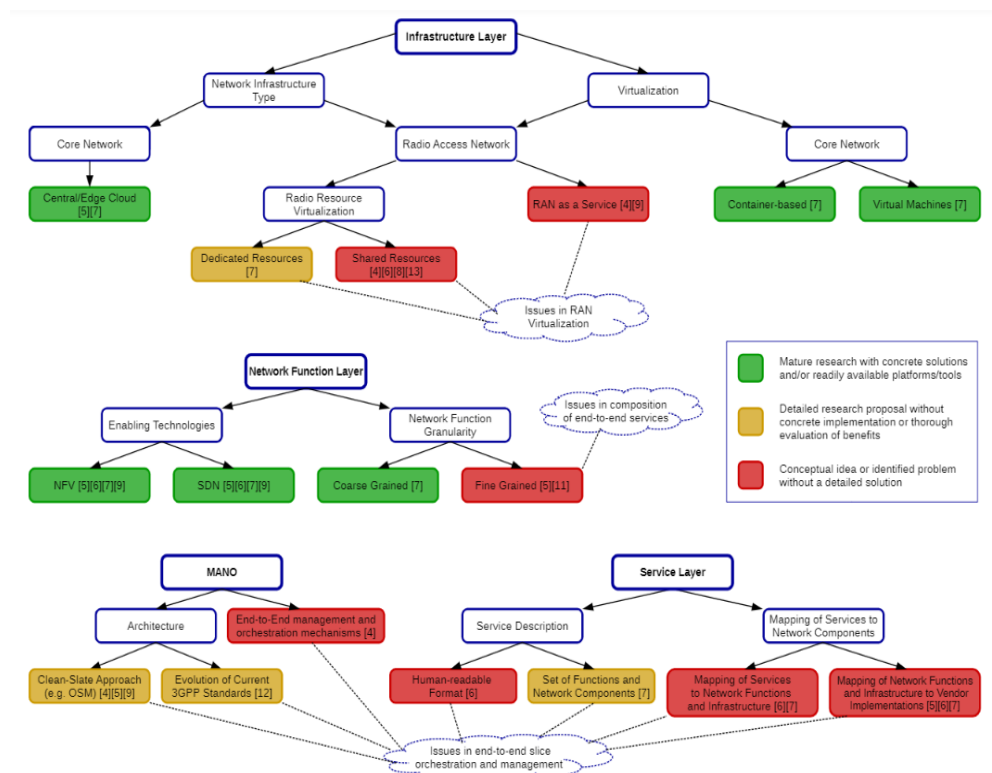
- Προδιαγραφή των πόρων στον τεμαχισμό δικτύου.
- Τμήματα μεταξύ δικτύων και διαπραγματεύσεις μεταξύ τους.
- Εγγυημένη απόδοση και απομόνωση των τεμαχίων.
- Ανακάλυψη και αναγνώριση τεμαχίων.
- NS Domain-Abstraction
- OAM Λειτουργίες με Προσαρμοσμένη Ευκρίνεια.

Έχει γίνει πλέον γνωστόν ότι σε αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου, η αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου αποτελείται από δύο κύρια κεντρικά μπλοκ. Το ένα έχει την ιδιότητα της πραγματικής εφαρμογής των τεμαχίων, στο οποίο εμπεριέχονται τα επίπεδα του τεμαχισμού δικτύου που χρησιμοποιούνται και το άλλο μπλοκ είναι υπεύθυνό για τη διαμόρφωση των τεμαχίων. Το πρώτο μπλοκ έχει σχεδιαστεί ως μια αρχιτεκτονική πολλαπλών επιπέδων με τα επίπεδα που το απαρτίζεται από τρία επίπεδα, το επίπεδο υπηρεσίας, το επίπεδο λειτουργίας δικτύου και το επίπεδο υποδομής. Αυτά τα επίπεδα βοηθούν στο να οριστούν και να αναπτυχθούν τα τεμάχια και οι επίμαχες τους ξεχωριστές λειτουργίες. Στη συνέχεια το δεύτερο μπλοκ που αναφέραμε πιο πάνω, έχει καθιερωθεί ως τον ελεγκτή του

τεμαχισμού δικτύου ο οποίος έχει ως σκοπό να ελέγχει τις λειτουργίες των τριών επιπέδων έτσι ώστε να συντονίζεται η ομαλή λειτουργία μεταξύ των τεμαχίων

5.2 Network Slicing layers

Σε αυτή την ενότητα θα συζητήσουμε και θα επικεντρωθούμε στα επίπεδα τα οποία χρησιμοποιούνται στον τεμαχισμό δικτύου. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3 θα μελετήσουμε αναλυτικά τα υποτιμήματα του κάθε επιπέδου.



Εικόνα 3: Επίπεδο ωριμότητας διαφόρων πτυχών της έρευνας τεμαχισμού δικτύου 5G [3].

5.2.1 Service Layer

Όπως αναφέρεται και στο [3], ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία του τεμαχισμού δικτύου που ξεχωρίζει από άλλες μορφές δικτύου στο πλαίσιο της καινοτομίας του 5G οι οποίες έχουν ληφθεί υπόψη στο παρελθόν, είναι ότι από τη φύση του είναι μια τεχνολογία από άκρο σε άκρο και υπάρχει η απαίτηση της δημιουργίας μια υπηρεσίας μέσω υψηλού επιπέδου περιγραφής, η οποία θα εγκαθιστά με ευελιξία στα κατάλληλα στοιχεία της υποδομής τις ιδανικές λειτουργίες του

δικτύου. Βάση των πιο πάνω που αναφέραμε και που εξάγαμε από το [3], η κατάσταση αυτή του τεμαχισμού δικτύου στο πλαίσιο του 5G οδηγεί στο να εξαχθούν δύο έννοιες υψηλού επιπέδου :

1. Ένα επίπεδο υπηρεσίας που θα συνδέεται άμεσα με ένα επιχειρηματικό μοντέλο πίσω από τη δημιουργία του τεμαχισμού δικτύου και,
2. Και ένα επίπεδο διαχείρισης του τεμαχισμού δικτύου που θα είναι υπεύθυνο και για την εποπτεία του κύκλου ζωής των τεμαχίων.

Επιπλέον στην υφιστάμενη ενότητα θα μελετήσουμε τους όρους και τις ιδέες που εισάγει αυτό το στρώμα και θα απαντήσουμε στις θεμελιώδεις απορίες που προκύπτουν για την αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα θα αναλύσουμε πιο εκτεταμένα την τις λειτουργίες που παρέχονται στα στοιχεία του δικτύου και θα απαντηθούν τα ερωτήματα για την αρχιτεκτονική των διαχειριστών και των ενορχηστρωτών του τεμαχισμού δικτύου.

Σύμφωνα με το [3], όσον αφορά το επίπεδο υπηρεσίας και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να γίνει η περιγραφή του επιχειρηματικού μοντέλου και των όρων υψηλού επιπέδου, έχουν προταθεί δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στην μία προσέγγιση του επιπέδου υπηρεσίας αποτελείται από διάφορα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας, SLA απαιτήσεις, δηλαδή η απόδοση και η ευχέρεια και επιπλέον υπηρεσίες όπως τις υπηρεσίες εντοπισμού. Κατά τη δεύτερη προσέγγιση, η περιγραφή του επιπέδου υπηρεσίας είναι πολύ πιο λεπτομερής με την έννοια ότι μπορεί να οριστούν λεπτομερώς συγκεκριμένες λειτουργίες η RAT που είναι ομαδοποιημένα και βοηθούν στην υλοποίηση ενός τεμαχίου το οποίο θα λειτουργά ως τεμάχιο εφαρμογή καθώς θα εκτελεί κάποιες υπηρεσίες. Από τα πιο πάνω μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο προσεγγίσεων είναι ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται τα τεμάχια μέσα στο δίκτυο. Πιο επεξηγητικά στην πρώτη προσέγγιση το μπλοκ που είναι υπεύθυνο για την ενορχήστρωση είναι αυτό που έχει και την πιο σύνθετη δουλειά που είναι να εντοπίσει την κατάλληλες λειτουργίες και τεχνολογίες που θα υλοποιήσουν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις του κάθε τεμαχίου, ενώ στη δεύτερη προσέγγιση η διαδικασία αποτελεί πιο απλοποιημένη καθώς τα απαιτούμενα δομικά στοιχεία του τεμαχίου είναι ήδη ορισμένα στην περιγραφή του. Εν κατακλείδι, λόγο αυτής της

απλότητας η δεύτερη προσέγγιση που αναφέραμε μπορεί να πει κάποιος ότι αποτελεί λιγότερο αποτελεσματική από την πρώτη καθώς δεν παρέχει στον οργανωτή του τεμαχίου τόση ευελιξία για το συντονισμό των συστατικών του τεμαχίου σε σχέση με την πρώτη προσέγγιση με αποτέλεσμα .

5.2.2 Network Function Layer

Σύμφωνα με το [3] και το [11] , όσο αφορά το ερευνητικό ενδιαφέρον, οι τεχνολογίες του επίπεδο λειτουργίας δικτύου προσπαθούν να λειτουργούν δίνοντας τη δυνατότητα ενεργοποίησης για την ανάπτυξη και τη διαχείριση των λειτουργιών του δικτύου. Επιπλέον αδιαμφισβήτητα θα ήταν λάθος να είχαμε την εντύπωση ότι το κάθε επίπεδο στην αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου αποτελεί ξεχωριστό κομμάτι το οποίο συμβάλει ατομική προσπάθεια σε αυτή την επαναστατική τεχνική στον τομέα των δικτύων. Το συγκεκριμένο επίπεδο μονό και από το όνομα του κάποιος μπορεί να αντιληφθεί ότι ο κύριος του σκοπός είναι ο συντονισμός της λειτουργίας των τμημάτων του δικτύου αλλά βαθύτερα από αυτό η κύρια του ασχολία είναι η δημιουργία αυτών των τμημάτων του δικτύου σύμφωνα με τις απαιτήσεις υπηρεσίας που λαμβάνει από το πιο πάνω επίπεδο που συζητήσαμε το επίπεδο υπηρεσίας. Επιπρόσθετα μια άλλη ιδιότητα αυτού του επιπέδου που συζητάμε, είναι ότι ασχολείται με το ζήτημα της ευαισθησίας και τον τύπο των αναπτυσσόμενων λειτουργιών του.

Αν θέλουμε να μιλήσουμε με περισσότερη ακρίβεια, ο κύριος σκοπός του επιπέδου λειτουργίας της αρχιτεκτονικής που ακολουθεί ο τεμαχισμός δικτύου είναι να συνενώνει όλες τις λειτουργίες που αφορούν την διαμόρφωση και τη διαχείριση του κύκλου ζωής του δικτύου. Αυτή η συνένωση των λειτουργιών διαχείρισης και διαμόρφωσης έχει ως αποτέλεσμα , εφόσον πρώτα τοποθετηθούν βέλτιστα πάνω στην εικονική υποδομή, να προσφέρεται την παρουσία ενός τεμαχίου του δικτύου από άκρο σε άκρο που αντικατοπτρίζει τα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως αιτούνται από το επίπεδο υπηρεσίας.

Όπως αναφέραμε πιο πάνω στην εργασία και όπως αναφέρει το [3] , το επίπεδο λειτουργίας προσφέρει κάποιες τεχνολογίες ενεργοποίησης των λειτουργιών διαχείρισης και διαμόρφωσης. Από διάφορες έρευνες που συμφωνούν μεταξύ τους και από διάφορες δοκιμές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αυτές οι τεχνολογίες είναι η SDN και η NFV. Επιπλέον, οι παραπάνω έρευνες που αναφέραμε μας διευκρινίζουν

την ακριβή λειτουργία της τεχνολογίας NFV η οποία είναι διαχείριση του κύκλου ζωής και η ενορχήστρωση των λειτουργιών του δικτύου. Σε αντίθεση, τώρα το SDN είναι αυτό που χρειάζεται να υπάρχει πίσω από το NFV με το ρόλο του ενεργοποιητή του NFV δίνοντας του την ευχέρεια να διαμορφώνει, να ελέγχει ανάλογα τα επίπεδα δρομολόγησης και μετέπειτα να προωθεί την υποκείμενη υποδομή βάση τα πρωτόκολλα που ισχύουν στην αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου.

Αφού η συζήτηση μας σε αυτή την ενότητα περιστρέφεται γύρω από το επίπεδο λειτουργίας της αρχιτεκτονικής του τεμαχισμού δικτύου, είναι λογικό ότι θα πρέπει να συζητήσουμε και πιο διεξοδικά το εύρος των λειτουργιών του περικυκλώνουν το εικονικό δίκτυο [3]. Αν αναλύσουμε πιο βαθιά αυτές τις λειτουργίες μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι υπάρχουν δύο περιπτώσεις λειτουργιών. Στην πρώτη περίπτωση συμπεριλαμβάνονται οι μεγάλες και χρονοβόρες λειτουργίες στις οποίες κάθε τεμάχιο είναι υπεύθυνο για ένα μεγάλο μέρος λειτουργιών του δικτύου όπως μεμονωμένες λειτουργίες για LTE eNodeBs, MMEs, και S-GWs. Στην δεύτερη περίπτωση λειτουργιών συγκαταλέγονται οι πιο λεπτές λειτουργίες. Με λίγα λόγια σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν οι μεγαλύτερες λειτουργίες της πρώτης περίπτωσης οι οποίες διαχωρίζονται μικρότερες υπολειτουργίες. Γνωστά παραδείγματα αυτών των πιο λεπτών λειτουργιών αποτελούν είναι το LTE EPC το οποίο στο [3] χωρίζεται σε υπολειτουργίες που έχουν ως σκοπό την κινητικότητα και την προώθηση της της κίνησης. Οι προαναφερόμενες λειτουργίες που αναφέραμε ως παραδείγματα συνεχίζουν ακόμα παρακάτω τη διάσπαση τους σε υπολειτουργίες όπως την εξισορρόπηση του φορτίου, την κινητικότητα των διαχειριστών και λειτουργίες που αφορούν την προώθηση της κίνησης και τον έλεγχο των δεδομένων.

Εν κατακλείδι, όσον αφορά την αποδοτική χρήση των πόρων, όπως αναφέρεται και στο [11] στον τεμαχισμό δικτύου μια λειτουργία του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιείται την ίδια στιγμή από διαφορετικά τεμάχια του δικτύου με το μόνο κόστος που να υπάρχει σε έτσι περίπτωση να είναι η αύξηση της πολυπλοκότητας Σε αντίθεση όταν θέλει ένα τεμάχιο να χρησιμοποιήσει μια λειτουργία του δικτύου και πρέπει να τελειώσει πρώτα το τεμάχιο που την κατέχει για να την πάρει εκείνο, τότε υπάρχει το προτέρημα ότι διευκολύνεται η διαμόρφωση, αλλά με το κόστος της κακής διαχείρισης των πόρων.

5.2.3 *Infrastructure Layer*

Όπως αναφέρεται στο [3] και το [11], το επίπεδο υποδομής ασχολείται με την υποδομή του φυσικού δικτύου που συμπεριλαμβάνει τόσο το RAN όσο και το CN. Πιο συγκεκριμένα το επίπεδο υποδομής αντιπροσωπεύει την πραγματική τοπολογία του φυσικού δικτύου και είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη, την διαχείριση και τον έλεγχο της υποδομής, την κατανομή των πόρων στα τεμάχια και τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οι πόροι εμφανίζονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ανώτερα επίπεδα.

Στις πιο κάτω παραγράφους αυτής της ενότητας που αφορά το επίπεδο υποδομής της αρχιτεκτονικής του τεμαχισμού δικτύου θα συζητήσουμε το πώς είναι σχεδιασμένη η υποδομή του δικτύου που χρησιμοποιεί την τεχνική του τεμαχισμού δικτύου και το πώς μπορεί να εικονικοποιηθεί.

Μετά από διάφορες έρευνες που έγιναν στο κόσμο της επιστήμης των δικτύων οι οποίες αφορούσαν εκτεταμένα την τεχνική του τεμαχισμού δικτύου, συνειδητοποιήθηκε ότι για να κατανοηθεί καλύτερα αυτή η τεχνική, το πρώτα πράγμα που έχει να κάνει κάποιος είναι να κατανοήσει την υποδομή της. Ένα καλό παράδειγμα για να αντιληφθεί κάποιος καλύτερα την υποδομή του τεμαχισμού δικτύου, αποτελεί το (IaaS) Υποδομή ως Υπηρεσία. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα βάση το [3] υπάρχει η δυνατότητα να εκμισθωθούν διάφορα στοιχεία υποδομής που καλύπτουν διάφορες απαιτήσεις έτσι ώστε να καλυφτούν οι πολλαπλές ανάγκες που επιφέρει το κάθε τεμάχιο του δικτύου. Αυτό το παράδειγμα εμφανίζεται έντονα στον τομέα του cloud computing, αλλά χρειάζεται περαιτέρω προσαρμογή στο περιβάλλον της πέμπτης γενιάς δικτύων 5G.

Όπως είχαμε αναφέρει και πιο πάνω στην υποδομή του φυσικού δικτύου συμπεριλαμβάνεται και το δίκτυο πυρήνα (CN). Από πολλές αναφορές σε διάφορες έρευνες το δίκτυο πυρήνα έχει μια γενική χρήση στην υποδομή του υλικού για την ανάπτυξη των λειτουργιών του εικονικού δικτύου που δημιουργείται με την τεχνική του τεμαχισμού δικτύου. Ωστόσο, το εμπόδιο που προκύπτει από τις διάφορες απαιτήσεις μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών καθώς αναπτύσσεται το δίκτυο δεν καθιστά κατάλληλο ένα απλό υπολογιστικό cloud με κεντρική τοπολογία για όλα τα θέματα που προκύπτουν από τις απαιτήσεις που δημιουργούνται από το επίπεδο υπηρεσίας. Για αυτό το μειονέκτημα που προέκυψε, οι ειδικοί μέσα από διάφορες μελέτες που έκαναν πάνω στην αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου πρότειναν μια λύση

συνδυασμού κεντρικών και ακραίων υπολογιστικών υποδομών cloud όπου οι πόροι έχουν την ευχέρεια να διαμοιραστούν ανάλογα στα τεμάχια του εικονικού δικτύου βάσει της απαιτήσεως που παρουσιάζουν.

Σε αυτή τη παράγραφο θα αναφερθούμε στο άλλο δίκτυο που αναφέραμε ότι υπάρχει στο επίπεδο υποδομής, RAN. Το δίκτυο ραδιοπρόσβασης (RAN), όπως αναφέρεται στο [3] περιλαμβάνει διάφορους βασικούς σταθμούς οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε διάφορες τεχνολογίες ραδιοπρόσβασης (RAT), συμπεριλαμβανομένων των LTE και Wi-Fi. Επιπρόσθετα, το δίκτυο RAN πρέπει να είναι ευέλικτο έτσι ώστε να είναι σε θέση να παρέχουν υποστήριξη σε διάφορα RAT δυναμικά καθώς τα τεμάχια μετά τον τεμαχισμό δικτύου δημιουργούνται δυναμικά χωρίς να είναι γνωστές οι απαιτήσεις υπηρεσίας τους εκ των προτέρων από το επίπεδο υπηρεσίας. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ένας μεγάλος αριθμός αρχιτεκτονικών προτάσεων για τον τεμαχισμό δικτύου περιμένουν να αναπτυχθούν γενικοί βασικοί σταθμοί που θα καθορίζονται από το λογισμικό το οποίο θα αποτελείται από κεντρικές μονάδες επεξεργασίας βασικής ζώνης και απομακρυσμένες κεφαλές ραδιοφώνου. Αυτό αποτελεί το επόμενο βήμα στην εξέλιξη της αρχιτεκτονικής του τεμαχισμού δικτύου.

Πιο πάνω αναφέραμε το ζήτημα της εικονικοποίησης της υποδομής του δικτύου. Αυτό το ζήτημα της εικονικοποίησης της υποδομής και της απομόνωσης μεταξύ των υπηρεσιών, θεωρείται ένα από τα πιο φλέγοντα ζητήματα στην αρχιτεκτονική του τεμαχισμού δικτύου. Όπως αναφέρεται στο [5], όταν μιλάμε για το ζήτημα της εικονικοποίησης και της απομόνωσης αυτόματα εννοούμε την σωστή διαχείριση και κατανομή των πόρων βάσει των απαιτούμενων υπηρεσιών. Αυτή λοιπόν η ικανότητα της παροχής του εικονικοποιημένου περιβάλλοντος π.χ όπως το Core Network virtualization, διάφορες έρευνες έχουν δείξει πως τεχνολογίες όπως το KVM και LXC έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν απομόνωση σε δικτυακούς, υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους. Από τη άλλη μεριά, οι ίδιες έρευνες [3] και [5] αναφέρουν ότι όσον αφορά το RAN, οι έρευνες βρίσκονται σε αρκετά πρώιμα στάδια ως προς την εικονικοποίηση αφού η επιλογή των εικονικών μηχανημάτων δεν αποτελεί δυνατή να λύση το πρόβλημα της απομόνωσης των πόρων ραδίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 5G ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΤΕΜΑΧΙΣΜΟ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ

6.1 Περίγραμμα της διαχείρισης της κινητικότητας στις κινητές επικοινωνίες

Αδιαμφισβήτητα η επαναστατική καινοτομία του τεμαχισμού δικτύου δεν θα μπορούσε να μην συμβάλει στην προσπάθεια που γίνεται για την εξέλιξη της πέμπτης γενιάς δικτύων (5G). Όπως αναφέρεται στο [4] η διαχείριση της κινητικότητας στις κινητές επικοινωνίες έχει παρουσιάσει εξέλιξη από τον χειρισμό απλών υποθέσεων παράδοσης RAT έως τη διαχείριση κινητικότητας πολλαπλών RAT με μεγαλύτερη πολυπλεξία. Πιο αναλυτικά, η διαχείριση της κινητικότητας στις κινητές επικοινωνίες, γίνεται με το SDN στο οποίο το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο χρήστη χωρίζονται και αποσυνδέονται στην θύρα του δικτύου πυρήνα και οι συμπεριλαμβανόμενες ενσωματωμένες λειτουργίες ελέγχου έχουν τη δυνατότητα μείωσης της σηματοδότησης ελέγχου για μεγάλο αριθμό κατανεμημένων κόμβων σε ένα δίκτυο. Τώρα όσον αφορά τα συστήματα 5G που έχουν ως βάση λειτουργίας τους τον τεμαχισμό δικτύου θα συνεχίσουν να αντιμετωπίζουν προκλήσεις διαχείρισης κινητικότητας λόγω της υψηλής πυκνότητας των 5G δικτύων σε συνδυασμό με την υψηλή κινητικότητα και πυκνότητα των τελικών συσκευών. Ως αποτέλεσμα αυτού, μέσα από διάφορες έρευνες εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι ουσιαστικό θα ήταν να αναπτυχθούν νέα συστήματα διαχείρισης κινητικότητας για συστήματα 5G που θα βασίζονται στον τεμαχισμό δικτύου και θα είναι ικανά να υποστηρίξουν την απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη με ποιότητα, τη συνέχεια και την επεκτασιμότητα.

Διαφορετικά τμήματα δικτύου μπορούν να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις όσον αφορά την κινητικότητα, την καθυστέρηση και την αξιοπιστία.

Για αυτό παρακάτω θα συζητήσουμε για τις δύο βασικές διαδικασίες που γίνονται στη διαχείριση κινητικότητας, την εγγραφή τοποθεσίας και τη διαχείριση παράδοσης.

6.2 Εγγραφή Τοποθεσίας

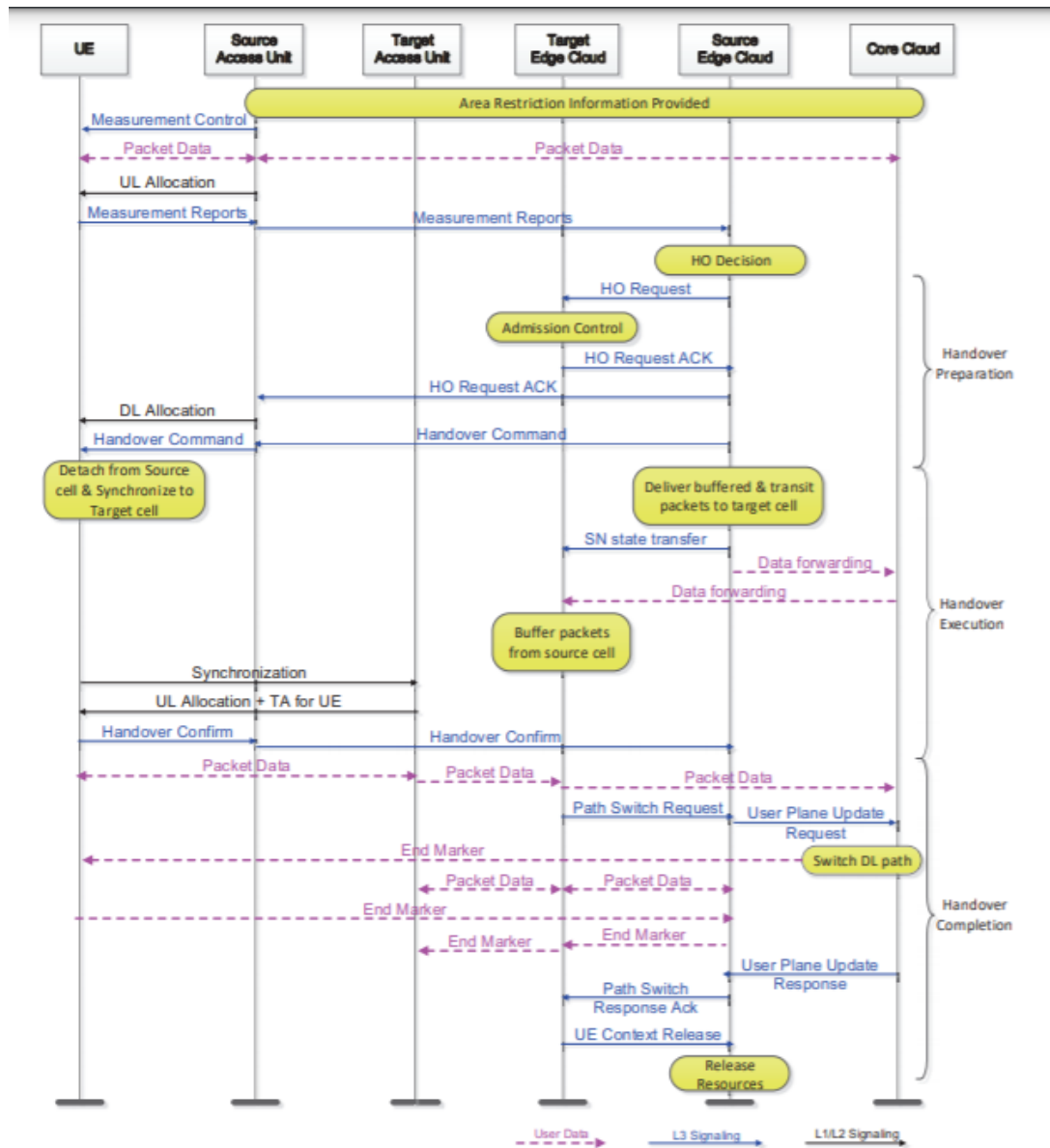
Η εγγραφή τοποθεσίας στις κινητές συσκευές γίνεται γίνετε όταν συνδέονται για πρώτη φορά στο δίκτυο. Μετέπειτα από τη σύνδεση τους ενημερώνουν το δίκτυο με της πληροφορίες τοποθεσίας τους περιοδικά. Όπως αναφέρεται στην έρευνα [4], στα δίκτυα 5G οι διακομιστές οικιακών συνδρομητών θα διανέμονται στις άκρες ενός cloud με αποτέλεσμα να έρχονται πιο κοντά τις τελικές συσκευές μειώνοντας τις καθυστερήσεις εγγραφής και ως εκ τούτου τις επιβαρύνσεις. Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα που εξάχθηκε από διάφορες έρευνες για τον τεμαχισμό δικτύου και των 5G δικτύων είναι ότι τα δίκτυα πέμπτης γενιάς 5G θα έχουν την δυνατότητα να συγκεντρώνουν πολλαπλά RATs διαφορετικής γενιάς. Η προϋπόθεση για να πετύχει το προαναφερθέν γεγονός, δηλαδή η ενοποιημένη πρόσβαση πολλαπλών RAT και η κινητικότητα που απαιτείται στα δίκτυα 5G, θα πρέπει να γίνει ο συντονισμός πολλαπλών διαφορετικών RAT για να είναι δυνατή η κοινή χρήση πληροφοριών τοποθεσίας των διάφορων κινητών συσκευών

6.3 Διαχείριση Παράδοσης

Όπως αναφέρεται στο [4], στα συμβατικά κυψελοειδή δίκτυα οι μεταβάσεις που προκύπτουν, προκαλούνται κυρίως από συμβάντα. Επιπλέον ο βασικός σταθμός ελέγχει τα τερματικά χρήστη έτσι ώστε να εξάγουν τις μετρήσεις και την αναφορά των μετρημένων πληροφοριών που αφορούν την κατάσταση του δικτύου, στο βασικό σταθμό εξυπηρέτησης. Όσον αφορά τώρα τα προτεινόμενα συστήματα 5G που βασίζονται στη τεχνική του τεμαχισμού δικτύου, θα πρέπει να ξαναγίνει επαναπροσδιορισμός των συμβάντων που αφορούν την κινητικότητα. Ένα παράδειγμα κατανόησης του πιο πάνω αποτελεί η εμφάνιση μεταβάσεων σε διαφορετικά σενάρια του τεμαχισμού δικτύου. Επιπρόσθετα είναι λογικό ότι θα πρέπει οι μηχανισμοί παράδοσης και τα προσαρμοστικά όρια μεταβίβασης θα πρέπει να είναι ευέλικτοι έτσι ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν για την υποστήριξη της διαχείρισης της κινητικότητας σε σενάρια προσαρμοσμένα ανάλογα στις υπηρεσίες που θα προκύψουν

Πιο συγκεκριμένα στα συστήματα 5G που χρησιμοποιούν τον τεμαχισμό δικτύου, στο προτεινόμενο τους σύστημα διαχείρισης κινητικότητας, το SDN εισάγεται στο RAN με αποτέλεσμα να δημιουργείται το ασύρματο δίκτυο που καθορίζεται από το λογισμικό (SDWN). Μετέπειτα στο ασύρματο δίκτυο SDWN, είναι αναγκαία η επίτευξη της υποστήριξης συγκέντρωσης των αποφάσεων παράδοσης του κεντρικού επιπέδου ελέγχου. Βάση τις διάφορες έρευνες το πιο πάνω καθίσταται δυνατό όταν στο SDWN το μονό ή το ιεραρχικό επίπεδο ελέγχου αναπτύσσεται κλειστά στις άκρες του cloud. Επιπλέον σε όλη αυτή τη διαδικασία συμβάλει την προσπάθεια του ένας ελεγκτής SDN ο οποίος χειρίζεται τις παραδόσεις σε ένα μόνο τμήμα δικτύου. Τώρα όταν έχουμε ένα ιεραρχικό επίπεδο ελέγχου εντός του SDN, είναι απαραίτητο οι ελεγκτές να συνεργάζονται για να επιτευχθεί το απαιτούμενο αποτέλεσμα.

Πιο αναλυτικά μια διαδικασία παράδοσης σε συστήματα 5G με βάση τον τεμαχισμό δικτύου, παρουσιάζεται στην Εικ.4. Ο χρήστης του συστήματος υποστηρίζεται από ένα τεμάχιο δικτύου που δημιουργείται μετά από τον τεμαχισμό δικτύου το οποίο επικοινωνεί με τα άλλα τερματικά μέσω του πυρήνα του cloud όταν η διαδικασία της παράδοσης πυροδοτηθεί. Στη συνέχεια όταν η διαδικασία της παράδοσης εκτελεστεί επιτυχώς τότε, τα δεδομένα θα μεταδοθούν μέσω του στοχευμένου άκρου του cloud και της στοχευμένης μονάδας πρόσβασης στον χρήστη από τον πυρήνα του cloud. Επιπλέον λόγω της εικονικοποίησης, φυσικά στοιχεία του δικτύου αντικαθίστανται από τα αντίστοιχους λογικούς διακομιστές στον πυρήνα και στο άκρο του cloud. Ακόμη οι έρευνες που έχουν γίνει έδειξαν ότι με κάποιο τρόπο θα πρέπει να απλοποιηθεί η συνεργασία των πολλαπλών RATs. Η πιο απλή μέθοδος που διαπιστώθηκε ότι θα μπορούσε να βοηθήσει αυτό το σκοπό είναι να χρησιμοποιούνται μόνο πρωτόκολλα IP έτσι ώστε να υποστηρίζονται οι αλληλεπιδράσεις στο επίπεδο ελέγχου. Σε συνέχεια αυτού, οι υπάρχουσες διεπαφές ανοίγουν με σκοπό το πρωτόκολλο διασύνδεσης να μπορεί να λειτουργεί πιο ευέλικτα. Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη προσπάθεια έχουν οι ελεγκτές SDN που βρίσκονται στον πυρήνα του cloud, στο άκρο του cloud και στο επίπεδο πρόσβασης αφού συνεργάζονται μεταξύ τους για την βέλτιστη διαχείριση της παράδοσης σε πολύπλοκα σενάρια εφαρμογών.



Εικόνα 4: Διαδικασία παράδοσης που βασίζεται σε συστήματα τεμαχισμού δικτύου 5G [4].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι, σε αυτή την εργασία επικεντρωθήκαμε στην επαναστατική καινοτομία του τεμαχισμού δικτύου. Αρχικά ορίσαμε και αναλύσαμε την έννοια του τεμαχισμού δικτύου και αναφέραμε σε ποιους τομείς αποτελεί πιο εξυπηρετικός. Επιπλέον παρουσιάστηκε μια επισκόπηση με τις βασικές λειτουργίες του τεμαχισμού δικτύου και το πώς υλοποιείται ο ίδιος ο μηχανισμός. Ακόμη επικεντρωθήκαμε και στις εφαρμογές του τεμαχισμού δικτύου και το πως μπορεί κάποια εφαρμογή να έχει κάποια έσοδα και ωφέληματα από αυτή την τεχνική. Επιπλέον σε συνδυασμό τα πιο πάνω και τη συμβολή του τεμαχισμού δικτύου στα συστήματα 5G που αναφέραμε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο τεμαχισμός δικτύου έχει να προσφέρει απεριόριστα ωφέληματα στην πέμπτη γενιά δίκτυα. Επιπρόσθετα, για το λόγο ότι η έννοια του τεμαχισμού δικτύου αποτελεί ουσιαστικά μια πρώιμη έννοια χωρίς την απαραίτητη ωριμότητα, εξάγουμε το συμπέρασμα ότι θα πρέπει να υπάρξουν επιπλέον έρευνες για αυτή την τεχνική μέχρι να μπορεί να εδραιωθεί πλήρως στον τομέα των δικτύων και ειδικότερα στην εξέλιξη των συστημάτων 5G.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημοσιεύσεις:

- [1] Vassilaras, S., Gkatzikis, L., Liakopoulos, N., Stiakogiannakis, I. N., Qi, M., Shi, L., ... & Paschos, G. S. (2017). The algorithmic aspects of network slicing. *IEEE Communications Magazine*, 55(8), 112-119.
- [2] Caballero, Pablo, et al. "Network slicing for guaranteed rate services: Admission control and resource allocation games." *IEEE Transactions on Wireless Communications* 17.10 (2018): 6419-6432.
- [3] Foukas, Xenofon, et al. "Network slicing in 5G: Survey and challenges." *IEEE Communications Magazine* 55.5 (2017): 94-100.
- [4] Zhang, Haijun, et al. "Network slicing based 5G and future mobile networks: mobility, resource management, and challenges." *IEEE communications magazine* 55.8 (2017): 138-145.
- [5] Πτυχιακή Εργασία: 5G NETWORK SLICING: Περιγραφή και Προκλήσεις.
Κάτοχος Πτυχιακής Εργασίας: Αντώνιος Κ. Γεωργακόπουλος
Επιβλέποντες καθηγητες: Λάζαρος Μεράκος, Καθηγητής ΕΚΠΑ
- [6] Nakao, Akihiro, et al. "End-to-end network slicing for 5G mobile networks." *Journal of Information Processing* 25 (2017): 153-163.
- [7] SDN based next generation Mobile Network with Service Slicing and trials”, *China Commun.* Vol. 11, no. 2, Feb. 2014

- [8] Mobility management enhancements for 5G low latency services”, 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops, Kuala Lumpur
- [9] Network Slicing to Enable Scalability and Flexibility in 5G Mobile Networks, Peter Rost, Christian Mannweiler, Diomidis S. Michalopoulos, Cinzia Sartori, Vincenzo Sciancalepore, Nishanth – 31 – Sastry, Oliver Holland, Shreya Tayade, Bin Han, Dario Bega, Danish Aziz, and Hajo Bakker

URLs:

- [10]<https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-5G-network-slicing.html>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/5G_network_slicing#History
- [12]<https://tools.ietf.org/id/draft-geng-netslices-architecture-01.html#rfc.section.3.3.1>
- [13]<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2819310/theFile>
- [14]<https://enterprise.verizon.com/resources/articles/benefits-of-network-slicing-flexibility-and-more/>
- [15] <https://enterpriseiotinsights.com/20160517/5g/5g-network-slicing-tag23-tag99>