



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

NETWORK SLICING

ΛΩΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

A.M :1054346

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2020

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ NETWORK SLICING	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: NETWORK SLICING LAYERS	11
3.1 Service Layer	12
3.2 Network Function Layer	14
3.3 Network Slice Layer	16
3.4 Resource Layer	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ 5G	18
4.1 Το μοντέλο Αρχιτεκτονικής 5G... ..	18
4.2 Αρχιτεκτονική τεμαχισμού δικτύου κινητής τηλεφωνίας... ..	20
4.3 Use Cases και απαιτήσεις.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 5G ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ NETWORK SLICING	23
5.1 Περιγραφή διαχείρισης κινητικότητας στα μοντέλα 5G.....	23
5.2 Δήλωση τοποθεσίας	24
5.3 Διαχείριση παράδοσης	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΡΙΣΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ	26
6.1 Προκλήσεις κατά το σχεδιασμό.....	26
6.2 Εικονική διαμόρφωση RAN	28
Συμπεράσματα.....	30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	30

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

MNO - Mobile Network Operator

CAPEX - Capital Expenditure

KPI - Key Performance Indicators

RAN - Radio Access Network

NVS - Network Visibility and Segmentation

3GPP - 3rd Generation Partnership Project

MVNO - Mobile Virtual Network Operator

SLA - Service Level Agreement

RAT - Radio Access Technology

SDN - Software Defined Network

NFV - Network Function Virtualization

LTE - Long Term Evolution

MME - Mobility Management Entity

S-GW - Service Gateway

P-GW - Packet Data Network Gateway

NGMN - Next Generation Mobile Network

CN - Core Network

5GPPP - 5G Infrastructure Public Private Partnership

UE - User Equipment

SDM - Space Division Multiplexing

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κινητές συσκευές έχουν γίνει ένα ουσιαστικό μέρος της καθημερινής μας ζωής και, ως εκ τούτου, η υποδομή του δικτύου κινητής τηλεφωνίας που τις συνδέει έχει γίνει κρίσιμη. Πρόκειται να αναλάβουν έναν ακόμα μεγαλύτερο ρόλο με τα κινητά συστήματα πέμπτης γενεάς (5G) που οραματίζονται για να υποστηρίξουν μια ευρεία σειρά υπηρεσιών και συσκευών. Η εξέταση της εξέλιξης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας μέχρι σήμερα δείχνει ότι οι αλλαγές μεταξύ των γενεών έχουν καθοδηγηθεί σε μεγάλο βαθμό από την ανάγκη υποστήριξης ταχύτερων υπηρεσιών προσανατολισμένων στα δεδομένα. Για παράδειγμα, η φασματική απόδοση στο δίκτυο ραδιοπρόσβασης (RAN) έχει αυξηθεί κατά 30 από 2G σε 4G. Στο μέτωπο του κεντρικού δικτύου (CN), το στοιχείο μεταγωγής πακέτου (IP) που εισήχθη αρχικά στο σύστημα 2.5G (γενική ραδιουπηρεσία πακέτων, GPRS) αντικατέστησε τελικά το κύκλωμα παλαιού τύπου που μεταστρεφόταν συστατικό στα συστήματα 4G.

Ποιό θα είναι το μέλλον των 5G συστημάτων δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο. Ωστόσο, είναι πιθανό ότι το ενδεχόμενο σύστημα 5G θα είναι η σύγκλιση δύο συμπληρωματικών απόψεων που οδηγούν επί του παρόντος την έρευνα και τη βιομηχανική δραστηριότητα στο 5G. Το ένα είναι μια εξελικτική άποψη που επικεντρώνεται στη σημαντική κλιμάκωση και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Μεγάλο μέρος της έρευνας, που επικεντρώνεται γύρω από αυτή την άποψη, βασίζεται στα δίκτυα RAN εξετάζοντας νέες τεχνολογίες και ζώνες φάσματος.

Η άλλη προβολή είναι προσανατολισμένη στις υπηρεσίες και προβλέπει ότι τα συστήματα 5G εξυπηρετούν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών που διαφέρουν ως προς τις απαιτήσεις και τους τύπους συσκευών τους και υπερβαίνουν τις παραδοσιακές επικοινωνίες ανθρώπινου τύπου ώστε να περιλαμβάνουν διάφορους τύπους

επικοινωνιών τύπου μηχανής. Αυτό απαιτεί από το δίκτυο να λάβει διαφορετικές μορφές ανάλογα με την εν λόγω υπηρεσία, οδηγώντας φυσικά στην έννοια του τεμαχισμού του δικτύου ανά υπηρεσία, το επίκεντρο αυτού του άρθρου. Η υλοποίηση αυτής της προσανατολισμένης στις υπηρεσίες άποψης απαιτεί μια ριζική επανεξέταση της αρχιτεκτονικής του δικτύου κινητής τηλεφωνίας για να μετατραπεί σε ένα πιο ευέλικτο και προγραμματιζόμενο ύφασμα, αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως η δίκτυο που ορίζεται από το λογισμικό (SDN) και την εικονική διαμόρφωση λειτουργιών δικτύου (NFV), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ταυτόχρονα ένα πλήθος διαφορετικών υπηρεσιών σε μια κοινή υποκείμενη φυσική υποδομή.

Ορισμός των Network Slices

Για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων, προτάθηκε η έννοια του τεμαχισμού του δικτύου ως μέσο για την παροχή καλύτερης απομόνωσης των πόρων και αύξησης του στατιστικού πολλαπλού συστήματος. Η Συμμαχία Δικτύου Κινητής Τηλεφωνίας Επόμενης Γενιάς (NGMN) ορίζει τον τεμαχισμό δικτύου ως έννοια για τη λειτουργία πολλαπλών λογικών δικτύων ως ανεξάρτητες επιχειρηματικές δραστηριότητες σε μια κοινή φυσική υποδομή. Κάθε slice δικτύου αντιπροσωπεύει ένα ανεξάρτητο εικονικό δίκτυο από το τέλος στο τέλος και επιτρέπει στους χειριστές να εκτελούν διαφορετικές αναπτύξεις με βάση διαφορετικές αρχιτεκτονικές παράλληλα. Στη συνέχεια, ο όρος slice δικτύου αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη παρουσία ενός τέτοιου λογικού δικτύου. Ένα slice δικτύου ως λογική κατασκευή από άκρο σε άκρο είναι αυτόνομο, έχοντας προσαρμοσμένες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων στον εξοπλισμό χρήστη (UE) και τη χρήση αλυσίδων λειτουργιών δικτύου για την παροχή υπηρεσιών σε μια δεδομένη ομάδα συσκευών. Η χρήση δικτύου τεμαχισμού σε δίκτυα 5G προκαλεί μια σειρά προκλήσεων, εν μέρει λόγω δυσκολιών στην εικονική διαμόρφωση και την κατανομή του δικτύου ραδιοπρόσβασης (RAN) σε διαφορετικά slices.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ NETWORK SLICING

Η ενότητα αυτή επισημαίνει τις σημαντικότερες εφαρμογές, όπως αναφέρεται στο [1], στις οποίες το Network Slicing αναμένεται να έχει βασικό ρόλο στα μελλοντικά δίκτυα, μαζί με μια αξιολόγηση της κερδοφορίας, όπως φαίνεται μέσα από το φακό του φορέα εκμετάλλευσης.

Εφαρμογές τεμαχισμού: Smart Factory και το απτικό Διαδίκτυο: Δύο υποδειγματικές εφαρμογές για τον τεμαχισμό του δικτύου είναι έξυπνες βιομηχανικές επικοινωνίες εργοστάσιο και το απτικό Διαδίκτυο. Και στις δύο περιπτώσεις, η ασύρματη επικοινωνία μεταφέρει πληροφορίες δύναμης (ή κιναισθητικού) σε έναν πελάτη, και ειδικά στην αφή περίπτωση Διαδικτύου, οι αισθήσεις αφής όπως η σύσταση να μεταδοθούν. Ο σκοπός αυτών των εφαρμογών είναι να επιτευχθεί η επαφή ή ο χειρισμός των απομακρυσμένων πραγματικών ή εικονικών αντικειμένων από έναν άνθρωπο ή μηχανή. Εάν οι κιναισθητικές πληροφορίες μεταφερθούν σε ένα πρόγραμμα-πελάτη υπολογιστή, η απαίτηση λανθάνοντος χρόνου μπορεί να αντιστοιχεί στο προκλητικό 1 ms στο 5G. Για τους ανθρώπινους πελάτες, αυτό χαλαρώνει σε περίπου 5 ms, ή περισσότερα από 100 ms για τις απτικές πληροφορίες που μεταφέρονται μόνο στους ανθρώπους. Και οι δύο εφαρμογές απαιτούν επίσης εξαιρετικά υψηλές απαιτήσεις αξιοπιστίας και ασφάλειας, σημειώνοντας τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυτές. Ο τεμαχισμός δικτύου μπορεί να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις λανθάνοντος χρόνου, αξιοπιστίας και ασφάλειας αυτών των εφαρμογών. Αναφερόμενος στο παράδειγμα

της απομακρυσμένης χειρουργικής επέμβασης, η εικονική διαμόρφωση επιτρέπει τη δημιουργία στοιχείων δικτύου σε κατάλληλες θέσεις για να προχωρήσει η επικοινωνία όσο το δυνατόν πλησιέστερα σε μια άμεση διαδρομή, μειώνοντας την καθυστέρηση μετάδοσης και, ως εκ τούτου, την καθυστέρηση. Η δημιουργία εικονικά διαμορφωμένων στοιχείων που σχηματίζουν συλλογικά slice δικτύου επιτρέπει σε πολλές παρουσίες τέτοιων εφαρμογών να μοιράζονται διαθέσιμους υπολογιστικούς και άλλους πόρους από άκρη σε άκρη, καθιστώντας την εικονική διαμόρφωση βιώσιμη από την άποψη της διαχείρισης. Ο τεμαχισμός βοηθά επίσης την αξιοπιστία μέσω της κράτησης του υλικού και άλλων πόρων ως ευδιάκριτες φέτες, ακόμη και σε μερικές περιπτώσεις ενδεχομένως κάτω στους πόρους φάσματος. Η ασφάλεια μπορεί να ωφεληθεί μέσω του τεμαχισμού (π.χ. απομόνωση μισθωτών και δυνατότητες "sandboxing"). Επιπλέον, τα slice μπορούν να λειτουργούν μόνο τοπικά εντός ενός εργοστασίου, προκειμένου να εξασφαλίζεται η προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων, ενώ η λειτουργία του συντονίζεται με φέτες που λειτουργούν από δημόσιους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας (MNOs) που προσφέρουν υπηρεσίες Διαδικτύου ή ειδικές λειτουργίες δικτύου, όπως η διαχείριση της κινητικότητας.

Τεμαχισμός ως μέσο για την αύξηση των εσόδων του δικτύου: Εκτός από τις ευκαμψίες που παρέχονται από την καθαρήεργασία τεμαχισμό, είναι επίσης σημαντικό να καταδειχθεί το οικονομικό κέρδος από την εφαρμογή του δικτύου τεμαχισμό από την πλευρά του MNO. Το κόστος των κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX) και των δαπανών λειτουργίας ενός δικτύου είναι συχνά πολύ υψηλότερο σε σύγκριση με τα έσοδα που αναμένουν οι φορείς εκμετάλλευσης. Ένας λόγος για τα χαμηλά έσοδα είναι η υποχρησιμοποίηση του δικτύου. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις KPI, οι διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης μπορεί να έχουν ιδιαίτερα καθορισμένες απαιτήσεις πόρων. Ωστόσο, στο τρέχον πλαίσιο, ο φορέας εκμετάλλευσης μπορεί να παρέχει μόνο στο δίκτυο ένα απροσδιόριστο πακέτο πόρων για γενική χρήση. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι από τους πόρους συχνά προορίζονται για περιπτώσεις χρήσης με μόνο μικρές απαιτήσεις τους, και έτσι σπαταλώνται. Με τον τεμαχισμό δικτύου, οι MNOs είναι σε θέση να αναλύουν αποτελεσματικά το λειτουργικό κόστος και τα έσοδα που προκύπτουν από το αντίστοιχο slice. Σύμφωνα με την ανάλυση, μπορούν να εκχωρήσουν διαφορετικά πακέτα πόρων δικτύου σε διαφορετικά slice, γεγονός που καθιστά τη διαχείριση πόρων πολύ πιο δομημένη,

ευέλικτη και αποτελεσματική. Ως αποτέλεσμα, το ίδιο δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απρόσκοπτη παροχή περισσότερων και καλύτερων υπηρεσιών (δηλαδή, παράγουν περισσότερα έσοδα χωρίς καμία αύξηση της CAPEX). Επιπλέον, έννοιες όπως ο συνεταιρισμός τεμαχισμού και η διαλειτουργικότητα δικτύου μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά με τη βελτιστοποίηση του μοντέλου κόστους δικτύου για την αύξηση των συνολικών εσόδων και ταυτόχρονα με την παροχή επεκτασιμότητας δικτύου. Για παράδειγμα, το δίκτυο τεμαχισμένων υπηρεσιών A εξυπηρετεί πολλές υπηρεσίες και εξακολουθεί να έχει μερικούς πόρους που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί. Ως εκ τούτου, το δίκτυο μπορεί να υλοποιήσει ένα άλλο slice που απαιτεί λιγότερους πόρους, αλλά περισσότερη περιοχή κάλυψης και μπορεί να ανήκει στον φορέα εκμετάλλευσης B. Η μετριοπαθής προσέγγιση της εφαρμογής του τεμαχισμού είναι επωφελής τόσο για τους φορείς εκμετάλλευσης όσο και για την παροχή περισσότερων υπηρεσιών χωρίς αύξηση του CAPEX, ενώ ταυτόχρονα παράγει έσοδα από τους μη χρησιμοποιούμενους πόρους. Ως εκ τούτου, η υπηρεσία παροχής δικτύου χρειάζεται έναν νέο αλγόριθμο (π.χ. βάσει ενός κανόνα κατωφλίου) που του επιτρέπει να αποφασίσει εάν θα αποδεχτεί ή θα απορρίψει μια εισερχόμενη αίτηση slice δικτύου, μεγιστοποιώντας παράλληλα τα έσοδά της.

Μια απλοποιημένη έννοια network slice έχει μελετηθεί εξαντλητικά στη βιβλιογραφία, όπου ένα ειδικό τμήμα των στοιχείων RAN [2] είναι πλήρως αποκλειστικά αποκλειστικά για συγκεκριμένες υπηρεσίες, όπως ένα "απομονωμένο φέτα." Ωστόσο, με την έλευση προηγμένων τεχνικών εικονικής διαμόρφωσης δικτύου, η έννοια του δικτύου σε κοπή σε 5G έχει εξελιχθεί σε πιο ευέλικτη κοινή χρήση, με στόχο την επίτευξη ενός σημαντικού κέρδους πολυπλεξίας, εξασφαλίζοντας παράλληλα την απομόνωση και το διαχωρισμό. Το υπόστρωμα εικονικής διαμόρφωσης δικτύου (NVS) εισήχθη, επιτρέποντας στην υπηρεσία παροχής υποδομής να ελέγχει την εκχώρηση πόρων προς κάθε εικονική παρουσία ενός eNB, πριν κάθε εικονικός τελεστής προσαρμόσει τον προγραμματισμό εντός των εκχωρηθέντων πόρων. Οι τεχνολογίες σχετικές με τον τεμαχισμό δικτύου συζητούνται με ιδιαίτερη έμφαση στις σύγχρονες λειτουργίες, όπως η πολυδιάστατη διαχείριση πόρων, η δυναμική διεύθυνση της κυκλοφορίας και η αφαίρεση πόρων. Μια ιδιαίτερη αρχιτεκτονική για τον τεμαχισμό του δικτύου έχει εισαχθεί και συζητηθεί στο πλαίσιο του έργου 5G NORMA. Ένας μεσίτης

δυναμικότητας για πόρους slice εισήχθη πρώτα από το Πρόγραμμα εταιρικής σχέσης τρίτης γενιάς (3GPP) και αξιολογήθηκε εκτενώς ενεργοποιώντας την κατανομή πόρων slice κατ' απαίτηση. Η υπηρεσία παροχής υποδομής προοιωνίζει ένα slice δικτύου, εκχωρώντας συγκεκριμένους πόρους σε έναν πάροχο εικονικού δικτύου κινητής τηλεφωνίας (MVNO), υπηρεσίες παροχής και κατακόρυφα τμήματα για μια καθορισμένη χρονική διάρκεια. Μια μελέτη [3] που διερευνά τις διάφορες επιλογές της κοινής χρήσης δικτύου με βάση ένα κεντρικό μεσίτη παρέχεται λαμβάνοντας υπόψη τα μέσα κινητικότητας για τον αναπροσανατολισμό των χρηστών σε άλλα δίκτυα, τις πολιτικές μεταφοράς ραδιοφάσματος, καθώς και την εφαρμογή της εικονικής διαμόρφωσης των πόρων. Τέλος, [4] ασχολείται με ένα δυναμικό σύστημα τεμαχισμού που προγραμματίζει ευέλικτα τους πόρους του ραδιοφώνου με βάση τη ζητούμενη συμφωνία για το επίπεδο εξυπηρέτησης (SLA), μεγιστοποιώντας παράλληλα το ποσοστό των χρηστών και εφαρμόζοντας κριτήρια δικαιοσύνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : NETWORK SLICING

LAYERS

Το Network Slicing, όπως εξηγείται και στο [5] αποτελείται από 4 επίπεδα: 1) Επίπεδο υπηρεσίας, 2) Επίπεδο συνάρτησης δικτύου, 3) Επίπεδο παρουσίας slice δικτύου και 4) Επίπεδο πόρων.

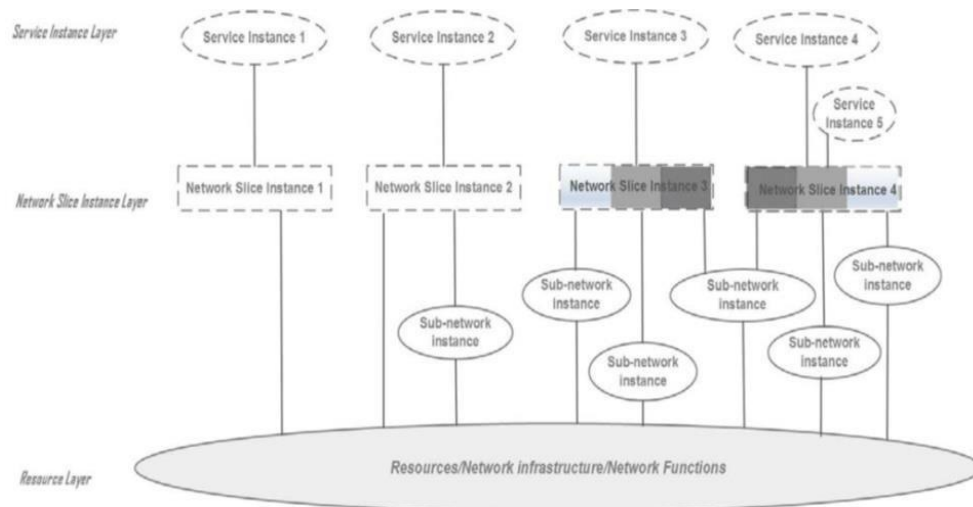
Η έννοια της "παρουσίας" οποιασδήποτε οντότητας είναι μια κατασκευή χρόνου εκτέλεσης και θα πρέπει να ερμηνεύεται ότι προέρχεται από ένα χρόνο σχεδίασης ή χρόνο διαμόρφωσης "πρότυπο" ή ένα "σχέδιο".

Το επίπεδο παρουσίας υπηρεσίας αντιπροσωπεύει τις υπηρεσίες (υπηρεσία τελικού χρήστη ή επιχειρηματικές υπηρεσίες) που πρόκειται να υποστηριχθούν. Κάθε υπηρεσία αντιπροσωπεύεται από μια παρουσία υπηρεσίας. Συνήθως οι υπηρεσίες μπορούν να παρέχονται από τον φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου ή από τρίτους. Σύμφωνα με αυτό, μια παρουσία υπηρεσίας μπορεί είτε να αντιπροσωπεύει μια υπηρεσία χειριστή είτε μια υπηρεσία που παρέχεται από τρίτους.

Ένας τελεστής δικτύου χρησιμοποιεί ένα σχεδιάγραμμα slice δικτύου για να δημιουργήσει μια παρουσία slice δικτύου. Μια παρουσία slice δικτύου παρέχει τα χαρακτηριστικά δικτύου που απαιτούνται από μια παρουσία υπηρεσίας. Μια παρουσία slice δικτύου μπορεί επίσης να γίνει κοινή χρήση σε πολλές παρουσίες υπηρεσίας που παρέχονται από τον φορέα εκμετάλλευσης δικτύου.

Η παρουσία slice δικτύου μπορεί να αποτελείται από μηδέν, μία ή περισσότερες παρουσίες δευτερεύοντος δικτύου, οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν από κοινού από μια άλλη παρουσία slice δικτύου. Ομοίως, το προσχέδιο δευτερεύοντος δικτύου χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας παρουσίας δευτερεύοντος δικτύου για τη δημιουργία ενός συνόλου συναρτήσεων

δικτύου, οι οποίες εκτελούνται με τους φυσικούς/λογικούς πόρους



Σχήμα 1. Ένα εννοιολογικό περιγράμμα ενός slice δικτύου, που απεικονίζεται ως παράδειγμα χρόνου εκτέλεσης.[5]

Η έννοια της κληρονομιάς, σε ένα " network slice blueprint " και μια " network slice instance " απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 1). Για παράδειγμα, ένα "Σχεδιάγραμμα Slice δικτύου-R" μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργία ενός μόνο " Network Slice Instance-Y ". Αυτό το παράδειγμα δείχνει επίσης ότι ένα μόνο "Network Slice Instance-X" μπορεί να προέρχεται από ένα σύνθετο " Network Slice Blueprint-PQ" που έχει συστατικό " Sub Network Blueprint-P " και ένα " Sub Network Blueprint -Q". Αυτό απεικονίζει επίσης την έννοια της κληρονομιάς, όπου τα συστατικά "Υποδίκτυο Blueprint-P" και "Sub Network Blueprint-Q", κληρονομούνται από ένα γονικό "Network Slice Blueprint-PQ". Το " network slice blueprint " μπορεί επίσης να είναι μια απλή σύνθεση του " Sub Network Blueprints", όπου δεν υπάρχει κληρονομιά.

3.1 Service Layer

Πεδίο εφαρμογής: Ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο που διακρίνει τον τεμαχισμό του δικτύου στο πλαίσιο του 5G από άλλες μορφές τεμαχισμού που έχουν εξεταστεί στο παρελθόν (π.χ. Cloud Computing) είναι η διαλήψή του και η απαίτηση να εκφράζεται μια υπηρεσία μέσω μιας περιγραφής υψηλού επιπέδου και να χαρτογραφείται ευέλικτα στα κατάλληλα στοιχεία υποδομής και λειτουργίες

δικτύου. Αυτή η παρατήρηση σχετικά με τη λειτουργία του τεμαχισμού στο πλαίσιο του 5G οδηγεί φυσικά σε δύο νέες έννοιες υψηλού επιπέδου:

1. Ένα επίπεδο υπηρεσιών που συνδέεται άμεσα με το επιχειρηματικό μοντέλο πίσω από τη δημιουργία ενός slice δικτύου
2. Ενορχήστρωση κομματιών δικτύου για την υπερορατοποιία του κύκλου ζωής ενός slice.

Υπάρχουσες εργασίες: Λόγω της καινοτομίας που εισάγει αυτό το στρώμα από την άποψη των εννοιών και των ιδεών, η σχετική έρευνα σε αυτόν τον τομέα εστιάζει φυσικά στην απάντηση των θεμελιωδών ερωτήσεων σχετικά με τις αρχιτεκτονικές τεμαχισμού δικτύων. Πιο συγκεκριμένα, τα θέματα που εξετάζονται σχετίζονται με τον τρόπο περιγραφής των υπηρεσιών και τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να χαρτογραφηθούν στα υποκείμενα στοιχεία του δικτύου, καθώς και με την αρχιτεκτονική των διαχειριστών και των ενορχηστρωτών του δικτύου.

Περιγραφή Υπηρεσίας: Όσον αφορά το επίπεδο εξυπηρέτησης και τον τρόπο με τον οποίο το επιχειρηματικό μοντέλο μιας υπηρεσίας θα πρέπει να περιγράφεται σε υψηλού επιπέδου όρους, υπάρχουν δύο διαφορετικές προτάσεις. Σε μία προσέγγιση, η περιγραφή του επιπέδου εξυπηρέτησης (δηλωτικό) είναι απλώς ένα σύνολο χαρακτηριστικών κυκλοφορίας, απαιτήσεις SLA (π.χ. για πτυχές που σχετίζονται με τις επιδόσεις, όπως η διακίνηση και η καθυστέρηση), και πρόσθετες υπηρεσίες (π.χ. υπηρεσία εντοπισμού) [6]. Στη δεύτερη προσέγγιση, η περιγραφή της υπηρεσίας είναι λεπτομερέστερη υπό την έννοια ότι μπορεί να εντοπίσει συγκεκριμένες λειτουργίες ή RAT που είναι ομαδοποιημένες και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του slice [7] που παρέχει μια συγκεκριμένη υπηρεσία (slice ως εφαρμογή). Η κύρια διαφορά έγκειται στον τρόπο δημιουργίας του slice δικτύου. Στην πρώτη περίπτωση, στον ενορχηστρωτή φέτας θα ανατεθεί το πιο σύνθετο έργο του προσδιορισμού των κατάλληλων λειτουργιών και τεχνολογιών που θα εγγυηθούν την εκπλήρωση των απαιτήσεων που περιγράφονται στο μανιφέστο του slice, ενώ στη δεύτερη περίπτωση τα πράγματα απλοποιούνται περισσότερο, καθώς τα απαιτούμενα δομικά στοιχεία του slice προσδιορίζονται ήδη στην περιγραφή του. Ωστόσο, η δεύτερη προσέγγιση μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματική καθώς αφήνει λιγότερη

ευελιξία στον ενορχηστρωτή φέτας για να συντονίσει τα συστατικά του slice.

3.2 Network Function Layer

Πεδίο εφαρμογής: Το επίπεδο λειτουργίας δικτύου [8] συμπυκνώνει όλες τις λειτουργίες που σχετίζονται με τη διαμόρφωση και τη διαχείριση του κύκλου ζωής των λειτουργιών δικτύου που, αφού τοποθετηθεί βέλτιστα πάνω από την (εικονική) υποδομή και είναι αλυσοδεμένη μεταξύ τους, προσφέρουν μια υπηρεσία από άκρο σε άκρο που πληροί ορισμένους περιορισμούς και απαιτήσεις που περιγράφονται στο σχεδιασμό της υπηρεσίας του slice δικτύου.

Υπάρχουσες εργασίες: Το ερευνητικό ενδιαφέρον για αυτό το στρώμα περιστρέφεται κυρίως γύρω από τις τεχνολογίες που μπορούν να λειτουργήσουν ως ενεργοποιητές για την ανάπτυξη και διαχείριση των λειτουργιών του δικτύου, καθώς και γύρω από θέματα που αφορούν την κοκκοποίηση και το είδος των λειτουργιών που αναπτύσσονται.

Τεχνολογίες γενικής εφαρμογής: Φαίνεται ήδη να υπάρχει συναίνεση μεταξύ των ερευνητών και της βιομηχανίας σχετικά με το ρόλο του SDN και του NFV. NFV είναι μια ιδανική τεχνολογία για τη διαχείριση του κύκλου ζωής και την ενορχήστρωση των λειτουργιών του δικτύου, ενώ SDN μπορεί εγγενώς να λειτουργήσει ως καταλύτης του NFV, επιτρέποντας τη διαμόρφωση και τον έλεγχο της δρομολόγησης και προώθησης των επιπέδων της υποκείμενης υποδομής μέσω τυποποιημένων πρωτοκόλλων (π.χ., Openflow).

Λεπτομέρεια των λειτουργιών δικτύου: Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα πτυχή αυτού του στρώματος που συζητείται λεπτομερώς σε διάφορα σχετικά έργα είναι η λεπτομέρεια (πεδίο) των διαθέσιμων λειτουργιών εικονικού δικτύου. Από τη μία πλευρά, έχουμε χονδροειδείς κοκκώδη λειτουργίες, όπου ο καθένας είναι υπεύθυνος για ένα μεγάλο μέρος των λειτουργιών του δικτύου (π.χ. μεμονωμένες λειτουργίες για LTE eNodeBs, MMEs, S-GWs). Από την άλλη πλευρά, έχουμε λειτουργίες με πολύ λεπτή κοκκοποίηση, όπου κάθε μία από τις χονδροειδείς

κοκκώδη λειτουργίες που αναφέρονται παραπάνω χωρίζεται περαιτέρω σε πολλές υπο-λειτουργίες. Για παράδειγμα, ο πυρήνας βελτιωμένων πακέτων LTE διασπάται σε λειτουργίες υπεύθυνες για την κινητικότητα και την προώθηση της κυκλοφορίας (MME, S-GW, πύλη πακέτων, P-GW), οι οποίες με τη σειρά τους αποσυντίθενται περαιτέρω σε υπολειτουργικές οντότητες, συμπεριλαμβανομένων των υπευθύνων εξισορρόπησης φορτίου σηματοδότησης, των διαχειριστών κινητικότητας και των λειτουργιών που προορίζονται για την προώθηση είτε της κυκλοφορίας αεροπλάνων ελέγχου είτε δεδομένων. Η χοντροκοκκώδης προσέγγιση προσφέρει έναν πιο απλοποιημένο τρόπο τοποθέτησης και διαχείρισης των λειτουργιών δικτύου ενός slice. Ωστόσο, αυτό έρχεται σε βάρος ενός slice που είναι λιγότερο ευέλικτο και λιγότερο προσαρμοστικό στις αλλαγές των υποκείμενων συνθηκών δικτύου, κάτι που μπορεί να είναι κρίσιμο όταν το slice πρέπει να συμμορφώνεται με συγκεκριμένες συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών (SLAs). Για παράδειγμα, το χρονοδιάγραμμα ραδιοπύλων σε ένα slice μπορεί να χρειαστεί να γίνει εναλλαγή για ένα άλλο με διαφορετική πολιτική προγραμματισμού, όταν ένας μεγάλος αριθμός κινητών συσκευών εμφανίζεται συγκεντρωμένος σε μια συγκεκριμένη θέση, προκειμένου να αποφευχθεί η παραβίαση της SLA του slice. Εάν ο προγραμματιστής είναι στενά συνδεδεμένος και συσκευασμένος ως μία μόνο λειτουργία με το υπόλοιπο eNodeB, η εκτέλεση της λειτουργίας εναλλαγής μπορεί να γίνει πρόκληση. Ωστόσο, προβλήθηκε επίσης το γεγονός ότι, παρά τα οφέλη του από την προσαρμογή ενός τμήματος στις συνθήκες του δικτύου, η λεπτότητα της λεπτομέρειας μπορεί να είναι προβληματική για τη διασύνδεση και την αλυσιδωτή σύνδεση των λειτουργιών του δικτύου, δεδομένου ότι όσο περισσότερες λειτουργίες δικτύου υπάρχουν, τόσο περισσότερες διασυνδέσεις πρέπει να καθοριστούν για τη διασύνδεσή τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα ένα ζήτημα όταν οι λειτουργίες εικονικού δικτύου διατίθενται από τρίτους μέσω κάποιου είδους χώρου αποθήκευσης λειτουργιών δικτύου, δεδομένου ότι χωρίς κοινές διασυνδέσεις, η διαλειτουργικότητά τους δεν είναι εγγυημένη. Ως εναλλακτικός τρόπος λύσης, έχει προταθεί η χρήση ενός πρωτοκόλλου που βασίζεται σε κοντέινερ που θα αναδιπλώσει τη διασύνδεση των περιλαμβανόμενων λειτουργιών. Ωστόσο, δεν υπάρχει συγκεκριμένη περιγραφή ως προς τον τρόπο επίτευξης αυτού του στόχου.

3.3 Network Slice Instance Layer:

Ένα σύνολο λειτουργιών δικτύου χρόνου εκτέλεσης και πόρων για την εκτέλεση αυτών των λειτουργιών δικτύου, σχηματίζοντας ένα πλήρες λογικό δίκτυο με άμεση ενεργοποίηση, ώστε να πληρούνται χαρακτηριστικά δικτύου που απαιτούνται από την παρουσία υπηρεσίας(-ες).

- Μια παρουσία slice δικτύου μπορεί να απομονωθεί πλήρως ή εν μέρει, λογικά ή/και φυσικά, από μια άλλη παρουσία slice δικτύου.
- Οι πόροι περιλαμβάνουν φυσικούς και λογικούς πόρους.
- Μια παρουσία slice δικτύου μπορεί να αποτελείται από παρουσίες υποδικτύου, οι οποίες, ως ειδική περίπτωση, μπορεί να χρησιμοποιηθούν από κοινού από πολλές παρουσίες slice δικτύου. Η παρουσία slice δικτύου ορίζεται από ένα σχεδιάγραμμα slice δικτύου.
- Οι πολιτικές και οι παράμετροι συγκεκριμένης παρουσίας απαιτούνται κατά τη δημιουργία μιας παρουσίας slice δικτύου.
- Τα παραδείγματα χαρακτηριστικών δικτύου είναι εξαιρετικά χαμηλής καθυστέρησης, υπεραξιολογιστικής κ.λπ.

Παρουσία δευτερεύοντος δικτύου: Μια παρουσία δευτερεύοντος δικτύου είναι μια κατασκευή χρόνου εκτέλεσης και αποτελείται από ένα σύνολο συναρτήσεων δικτύου και τους πόρους για αυτές τις λειτουργίες δικτύου.

- Η παρουσία υποδικτύου ορίζεται από ένα σχεδιάγραμμα υποδικτύου.
- Δεν απαιτείται παρουσία δευτερεύοντος δικτύου για τη διαμόρφωση ενός πλήρους λογικού δικτύου.
- Μια παρουσία δευτερεύοντος δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κοινού με δύο ή περισσότερα slice δικτύου.
- Οι πόροι περιλαμβάνουν φυσικούς και λογικούς πόρους.

Σχεδιάγραμμα υποδικτύου: Μια περιγραφή της δομής (και των στοιχείων που περιέχονται) και της ρύθμισης παραμέτρων των παρουσιών υποδικτύου και των ροών σχεδίων/εργασιών για τον τρόπο δημιουργίας της και τον έλεγχο της παρουσίας υποδικτύου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Ένα σχεδιάγραμμα υποδικτύου αναφέρεται σε φυσικούς και λογικούς πόρους και μπορεί να αναφέρεται σε άλλα σχεδιαγράμματα υποδικτύου.

3.4 Resource layer

Φυσικός πόρος: Ένα φυσικό στοιχείο για τον υπολογισμό, την αποθήκευση ή τη μεταφορά, συμπεριλαμβανομένης της πρόσβασης στο ραδιόφωνο

- Οι λειτουργίες δικτύου δεν θεωρούνται πόροι.

Λογικός πόρος: Διαμέρισμα ενός φυσικού πόρου ή ομαδοποίηση πολλών φυσικών πόρων που είναι αφιερωμένοι σε μια λειτουργία δικτύου ή κοινόχρηστος μεταξύ ενός συνόλου συναρτήσεων δικτύου.

Στη γενική του έννοια, ένας πόρος είναι μια διαχειρίσιμη μονάδα, που ορίζεται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών ή δυνατοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή μιας υπηρεσίας. Ένα slice δικτύου αποτελείται από μια συλλογή πόρων που, κατάλληλα συνδυασμένα, πληρούν τις απαιτήσεις υπηρεσίας της υπόθεσης χρήσης που υποστηρίζει ένα τέτοιο slice. Σε τεμαχισμό δικτύου, εξετάζουμε δύο τύπους πόρων.

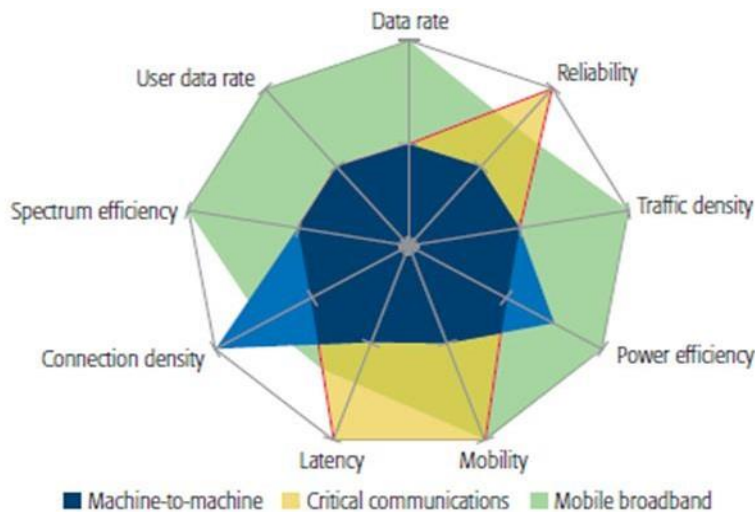
Λειτουργίες δικτύου (NFs): Λειτουργικά μπλοκ που παρέχουν συγκεκριμένες δυνατότητες δικτύου για την υποστήριξη και την υλοποίηση των συγκεκριμένων υπηρεσιών κάθε χρήσης απαιτεί υπόθεση. Γενικά υλοποιείται ως παρουσίες λογισμικού που εκτελούνται σε πόρους υποδομής. Οι λειτουργίες NFs μπορεί να είναι φυσικές ή εικονικοποιημένες.

Πόροι υποδομής: Ετερογενές υλικό και απαραίτητο λογισμικό για τη φιλοξενία και τη σύνδεση των NFs. Περιλαμβάνουν υπολογιστικό υλικό, χωρητικότητα αποθήκευσης, πόρους δικτύωσης και φυσικά στοιχεία για πρόσβαση στο ραδιόφωνο. Κατάλληλο για χρήση σε τεμαχισμό δικτύου, οι προαναφερθέντες πόροι και τα χαρακτηριστικά τους πρέπει να αφαιρούνται και λογικά να διαχωρίζονται αξιοποιώντας τους μηχανισμούς εικονικής διαμόρφωσης, καθορίζοντας εικονικούς πόρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τον ίδιο τρόπο όπως οι φυσικοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

5G

4.1 Το μοντέλο Αρχιτεκτονικής 5G



Σχήμα 2. Βασικές περιπτώσεις χρήσης 5G και οι απαιτήσεις τους. Σε αυτή την εικόνα, όσο μεγαλύτερη η απόσταση μιας απαιτήσης από το κέντρο, τόσο σημαντικότερη αυτή είναι στην αντίστοιχη περίπτωση χρήσης. Είναι εμπνευσμένο από μια παρόμοια απεικόνιση από ITU. Οι περιπτώσεις ποικίλης χρήσης πρέπει να χαρτογραφηθούν σε κατάλληλα προσαρμοσμένα δίκτυα Δομές. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας για μια αρχιτεκτονική 5G να είναι ευέλικτη για να διάφορες δομές, ανάλογα με τις ανάγκες.[8]

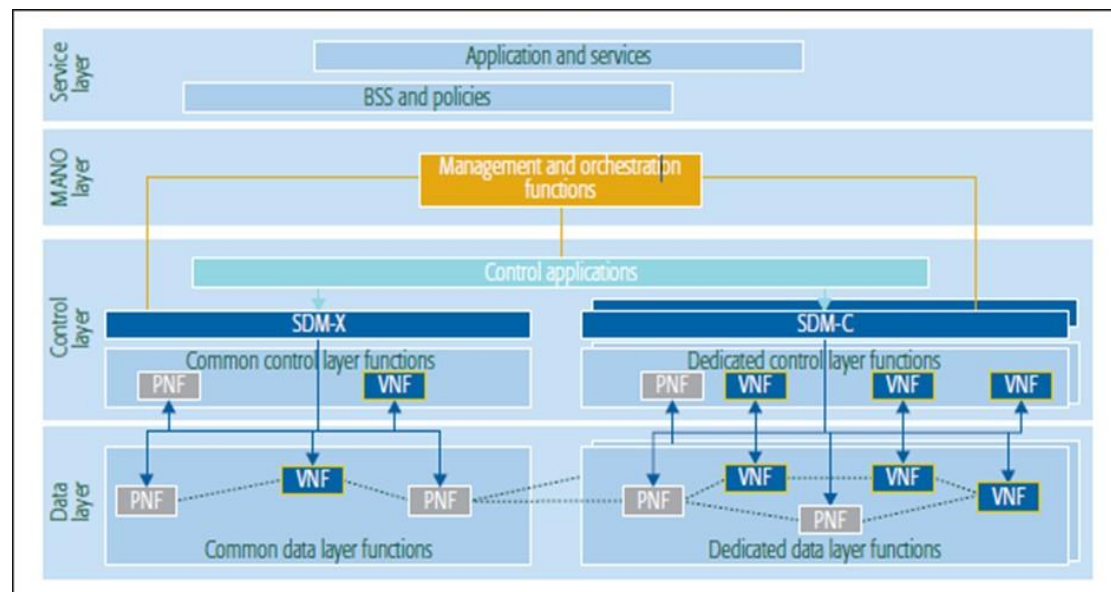
Το αρχιτεκτονικό όραμα της Συμμαχίας Κινητής Τηλεφωνίας Επόμενης Γενιάς (NGMN' s) υποστηρίζει μια ευέλικτη προσέγγιση δικτύου softwarized [8]. Αυτό θεωρεί το δίκτυο τεμαχισμό ως απαραίτητο μέσο για να επιτραπεί η συνύπαρξη διαφορετικών κάθετων πάνω από την ίδια φυσική υποδομή. Οι αρχικές προτάσεις περιορίστηκαν στον τεμαχισμό των CN, αλλά η NGMN υποστήριξε ένα

διατελειμματικό πεδίο εφαρμογής (E2E) που περιλαμβάνει τόσο το RAN όσο και το CN. Για να συνειδητοποιήσουμε αυτό και να παρέχουν την απαιτούμενη ευαισθητοποίηση πλαίσιο, και τα δύο μέρη πρέπει να είναι ευέλικτα σε πολλές επικαλυπτόμενες περιπτώσεις που εξυπηρετούν διαφορετικούς τύπους χρηστών, συσκευές, και περιπτώσεις χρήσης. Όλη αυτή η διαδικασία πρέπει να ενορχηστρωθεί από μια οντότητα E2E MANO που έχει κεντρικό ρόλο στην αρχιτεκτονική. Η συνολική αρχιτεκτονική NGMN χωρίζεται σε τρία επίπεδα: πόρων υποδομής, ενεργοποίηση επιχειρήσεων και επιχειρηματική εφαρμογή. Η υλοποίηση μιας υπηρεσίας σε αυτήν την πρόταση ακολουθεί μια προσέγγιση από επάνω προς τα κάτω μέσω ενός σχεδίου slice δικτύου που περιγράφει τη δομή, τη ρύθμιση παραμέτρων και τις ροές εργασίας για τη δημιουργία και τον έλεγχο της παρουσίας slice δικτύου για την υπηρεσία κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Η παρουσία υπηρεσίας/slice που δημιουργείται με βάση το σχεδιάγραμμα μπορεί να αποτελείται από πολλές παρουσίες υποδικτύου, καθεμία από τις οποίες με τη σειρά της περιλαμβάνει ένα σύνολο λειτουργιών και πόρων δικτύου για την εκπλήρωση των απαιτήσεων που ορίζονται από την εν λόγω υπηρεσία.

Το αρχιτεκτονικό όραμα του 5G-PPP [9] προσφέρει μια πιο περίτεχνη εξέταση των ρόλων και των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του δικτύου 5G. Συνολικά, το 5G-PPP συμμερίζεται την άποψη του NGMN ότι μια πιθανή αρχιτεκτονική 5G πρέπει να υποστηρίζει εγγενώς την μαλακοποίηση και να αξιοποιεί την υποστήριξη διαφορετικών περιπτώσεων χρήσης. Η αρχιτεκτονική πρόταση του 5G-PPP χωρίζεται σε πέντε επίπεδα: υποδομή, λειτουργία δικτύου, ενορχήστρωση, επιχειρηματική λειτουργία και επίπεδα υπηρεσιών. Σχετικά με αυτό με την πρόταση NGMN, ενώ και τα δύο βασίζονται σε στρώματα υποδομής και λειτουργίας δικτύου (ενεργοποίηση των επιχειρήσεων), υπάρχουν μερικές διαφορές: η ενορχήστρωση/MANO θεωρείται ξεχωριστό επίπεδο στην πρόταση 5G-PPP· και το επίπεδο επιχειρηματικής εφαρμογής στην πρόταση NGMN χωρίζεται σε δύο επίπεδα (επιχειρηματική λειτουργία και εξυπηρέτηση) στην υπόθεση 5G-PPP. Γενικότερα, φαίνεται να υπάρχει ευρεία συναίνεση σχετικά με την ανάγκη για εγγενή υποστήριξη για softwarization και το δίκτυο τεμαχισμό ως μέσο για την υλοποίηση πολύ διαφορετικές υπηρεσίες σε 5G. Επιπλέον, διάφορες αρχιτεκτονικές προτάσεις 5G μπορούν να χαρτογραφηθούν σε γενικές γραμμές σε ένα γενικό πλαίσιο. Αυτό το πλαίσιο αποτελείται από τρία κύρια επίπεδα: το επίπεδο

υποδομής, το επίπεδο λειτουργίας δικτύου, και το στρώμα υπηρεσιών (ή επιχείρησης). Αποτελείται επίσης από μια οντότητα MANO που μεταφράζει τις περιπτώσεις χρήσης και τα πρότυπα υπηρεσιών στις φέτες δικτύων με την αλυσίδα των λειτουργιών δικτύων, τη χαρτογράφηση τους στους πόρους υποδομής, και τη διαμόρφωση και την παρακολούθηση κάθε φέτας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

4.2 Αρχιτεκτονική τεμαχισμού δικτύου κινητής τηλεφωνίας



Σχήμα 3. Συνδυασμός αποκλειστικών και κοινόχρηστων δευτερευόμενων δευτερευόμενων slice για τη διαμόρφωση παρουσιών δικτύου κινητής τηλεφωνίας e2e. [1]

Τα slice δικτύου λειτουργούν πάνω από μια μερικώς κοινόχρηστη υποδομή, η οποία αποτελείται από γενικούς πόρους υλικού, όπως πόρους υποδομής εικονικής διαμόρφωσης δικτύου (NFVI), καθώς και αποκλειστικό υλικό, όπως στοιχεία δικτύου στο RAN. Οι λειτουργίες δικτύου (Σχήμα 3) που εκτελούνται σε πόρους NFVI (που αναφέρονται ως λειτουργίες εικονικού δικτύου, VNFs) συνήθως δημιουργούνται με προσαρμοσμένο τρόπο για κάθε slice δικτύου. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε λειτουργίες δικτύου (NFs) που βασίζονται σε αποκλειστικό υλικό. Επομένως, ένα βασικό ζήτημα για τον

τεμαχισμό δικτύου είναι ο προσδιορισμός και ο σχεδιασμός κοινών NFs, τα οποία είναι είτε φυσικά είτε εικονικά και πρέπει να κοινοποιούνται με πολλά slice από άκρο σε άκρο.

Παραδείγματα κοινών NFs είναι τα κατανεμημένα και μονολιθικά eNBs και το πρόγραμμα προγραμματισμού ραδιοφώνου στον τομέα RAN. Στον τομέα CN, οι υποψήφιοι για κοινόχρηστες εμφανίσεις VNF περιλαμβάνουν το διακομιστή εγγραφής στο σπίτι (HSS) και τη διαχείριση φορητότητας. Γενικά, τρεις ομάδες λύσεων συζητούνται με τα ποικίλα επίπεδα κοινής λειτουργίας στα πρότυπα 3GPP: Η ομάδα A χαρακτηρίζεται από ένα κοινό RAN και τα πλήρως αφιερωμένα slice CN, δηλαδή, την ανεξάρτητη συνδρομή, την περίοδο λειτουργίας, και τη διαχείριση κινητικότητας για κάθε φέτα δικτύου που χειρίζεται το UE. Η ομάδα B υποθέτει επίσης μια κοινή διαχείριση RAN, όπου η διαχείριση ταυτότητας, συνδρομής και κινητικότητας είναι συνηθισμένη σε όλα τα τμήματα καθαρήςεργασίας, ενώ άλλες λειτουργίες, όπως η διαχείριση περιόδων λειτουργίας, βρίσκονται σε μεμονωμένα slice δικτύου. Η ομάδα Γ υποθέτει ένα πλήρως κοινόχρηστο RAN και ένα κοινό επίπεδο ελέγχου CN, ενώ τα επίπεδα χρηστών CN ανήκουν σε αποκλειστικές φέτες.

Σύμφωνα με την παραπάνω ομαδοποίηση που εξετάζεται από την 3GPP, το πλαίσιο του έργου 5G NORMA εισάγει αποκλειστικές λειτουργίες δικτύου, οι οποίες μαζί σχηματίζουν ένα ειδικό υπο-slice και ελέγχονται από τον ελεγκτή δικτύου κινητής τηλεφωνίας που ορίζεται από το λογισμικό (SDM-C). Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, οι κοινές λειτουργίες δικτύου συγκεντρώνονται σε κοινές υποφέτες που ελέγχονται από τον συντονιστή SDM (SDM-X), γεγονός που αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι οι λειτουργίες αυτές πρέπει να συντονίζονται και, εάν είναι απαραίτητο, να δίνουν προτεραιότητα στις απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας (QoS) πολλαπλών τεμαχίων.

4.3 Use Cases και απαιτήσεις

Το δίκτυο 5G αναμένεται να αποτελέσει τη βάση για μια σειρά περιπτώσεων κάθετης χρήσης και χρήσης [8]. Για παράδειγμα, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) και η Σύμπραξη Δημόσιου Και Ιδιωτικού Τομέα Πέμπτης

Γενιάς (5G-PPP) εντόπισαν τρεις οικογένειες υποθέσεων ευρείας χρήσης: ενισχυμένη κινητή ευρυζωνική σύνδεση, μαζικές επικοινωνίες τύπου μηχανής και κρίσιμες επικοινωνίες. Μέσα σε αυτές, είναι δυνατόν να καθοριστούν διάφορες ειδικές περιπτώσεις χρήσης που κυμαίνονται από τη γενική ευρυζωνική πρόσβαση με παγκόσμια κάλυψη έως εξειδικευμένα δίκτυα για αισθητήρες ή ακραία κινητικότητα. Οι έντονες διαφορές μεταξύ αυτών των περιπτώσεων χρήσης μεταφράζεται σε ένα σύνολο ετερογενών απαιτήσεων που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από ένα one-size-fits- όλα αρχιτεκτονική. Με αυτό κατά νου, πρόσφατα προέκυψαν εναλλακτικές αρχιτεκτονικές προτάσεις για το 5G για να εξυπηρετηθούν περιπτώσεις χρήσης με ποικίλες απαιτήσεις. στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε δύο τέτοιες προτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 5G

ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ NETWORK SLICING

5.1 Περιγραφή διαχείρισης κινητικότητας στα μοντέλα 5G

Η διαχείριση της κινητικότητας στις κινητές επικοινωνίες [10][11][12] έχει εξελιχθεί από τη διαχείριση απλών και μεμονωμένων περιπτώσεων παράδοσης rat έως τη διαχείριση πολύπλοκων σεναρίων κινητικότητας πολλαπλών RAT. Με βάση το SDN, το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο χρήστη χωρίζονται και αποσυνδέονται στην πύλη της CN και οι ενσωματωμένες λειτουργίες ελέγχου μπορούν να μειώσουν τη σηματοδότηση ελέγχου ακόμη και για μεγάλο αριθμό κατανεμημένων κόμβων δικτύου. Ωστόσο, τα συστήματα 5G που βασίζονται σε τεμαχισμό δικτύου θα εξακολουθήσουν να αντιμετωπίζουν προκλήσεις διαχείρισης της κινητικότητας που προκαλούνται από τη δυνητικά εξαιρετικά υψηλή πυκνότητα δικτύων 5G σε συνδυασμό με υψηλή κινητικότητα και υψηλή πυκνότητα τελικών συσκευών. Κατά συνέπεια, πρέπει να αναπτυχθούν νέα συστήματα διαχείρισης της κινητικότητας για συστήματα 5G που βασίζονται σε τεμαχισμό δικτύου, ώστε να υποστηριχθεί η απρόσκοπτη εμπειρία του χρήστη με ποιότητα, συνέχεια και επεκτασιμότητα. Διαφορετικά slice δικτύου έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις όσον αφορά την κινητικότητα, τον λανθάνοντα χρόνο και την αξιοπιστία. Για παράδειγμα, στις σιδηροδρομικές επικοινωνίες, πολλές παραδιδάσεις θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από ένα τρένο μεγάλης ταχύτητας σε σύντομο χρονικό διάστημα· ενώ σε εφαρμογές IoT, αξιόπιστες ή/και επικοινωνίες χαμηλού λανθάνοντος χρόνου θα πρέπει να είναι εγγυημένες για πολλές συσκευές με χαμηλή ή καθόλου

κινητικότητα. Υπάρχουν δύο κύριες διαδικασίες στη διαχείριση της κινητικότητας: η καταχώριση τοποθεσίας και η διαχείριση της παράδοσης.

5.2 Δήλωση τοποθεσίας

Οι κινητές συσκευές καταχωρούν τις θέσεις τους όταν συνδέονται αρχικά στο δίκτυο και, στη συνέχεια, αναφέρουν περιοδικά τις πληροφορίες θέσης τους στο δίκτυο [5]. Στα δίκτυα 5G, οι κεντρικοί υπολογιστές οικιακών συνδρομητών θα διανεμηθούν στο σύννεφο ακρών, που καθιστά τους πιο κοντά στις συσκευές τελών για να κοντύνουν τις καθυστερήσεις εγγραφής και να μειώσουν τα καθυστερούμενα φορτία. Τα δίκτυα 5G θα συγκεντρώσουν πολλαπλά ετερογενή RAT. Για την επίτευξη ενοποιημένης πρόσβασης πολλαπλών rat και απρόσκοπτης κινητικότητας σε δίκτυα 5G, απαιτείται συντονισμός πολλαπλών rat για να μοιράζονται διαφορετικές RAT s για την κοινή χρήση πληροφοριών τοποθεσίας των κινητών συσκευών τους.

5.2 Διαχείριση παράδοσης

Στα συμβατικά κυψελοειδή δίκτυα, οι παραδίδες ενεργοποιούνται κυρίως. Ο σταθμός βάσης ελέγχει τα τερματικά χρήστη για να εκτελέσει τη μέτρηση και να αναφέρει τις μετρημένες πληροφορίες κατάστασης δικτύου στο σταθμό βάσης εξυπηρέτησης. Ωστόσο, στα προτεινόμενα συστήματα 5G που βασίζονται σε τεμαχισμό δικτύου, πρέπει να επαναπροσδιοριστούν τα συμβάντα που σχετίζονται με την κινητικότητα. Για παράδειγμα, οι παρασχειρητές μπορεί να προκύψουν σε διαφορετικά σενάρια τεμαχισμού. Θα πρέπει να αξιοποιηθούν ευέλικτοι μηχανισμοί παράδοσης και προσαρμοστικά όρια παράδοσης για την υποστήριξη της διαχείρισης της κινητικότητας σε σενάρια προσαρμοσμένα στις υπηρεσίες.

Στο προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης κινητικότητας για συστήματα 5G που βασίζονται σε τεμαχισμό δικτύου, το SDN εισάγεται στο RAN, δημιουργώντας το ασύρματο δίκτυο που καθορίζεται από το λογισμικό (SDWN). Στο SDWN, το ενιαίο ή ιεραρχικό επίπεδο ελέγχου αναπτύσσεται κοντά στο σύννεφο άκρων για την

υποστήριξη αποφάσεων παράδοσης κεντρικών επιπέδων ελέγχου. Ένας ελεγκτής SDN μπορεί να χειριστεί τις παραλαβές σε ένα μόνο slice δικτύου. Σε ένα ιεραρχικό επίπεδο ελέγχου εντός του SDN, είναι απαραίτητο οι ελεγκτές να συνεργάζονται. Ο χρήστης που υποστηρίζεται από ένα από τα slice επικοινωνεί με άλλα τερματικά μέσω του πυρήνα σύννεφο όταν ενεργοποιείται η παράδοση. Μετά την επιτυχή εκτέλεση της παράδοσης, τα δεδομένα θα μεταδοθούν μέσω του νέφους άκρων προορισμού και της μονάδας πρόσβασης προορισμού στο χρήστη από το σύννεφο πυρήνα. Λόγω της εικονικής διαμόρφωσης, τα φυσικά στοιχεία δικτύου αντικαθίστανται από αντίστοιχους λογικούς διακομιστές στο σύννεφο πυρήνα και στο σύννεφο άκρων. Επιπλέον, προκειμένου να απλουστευθεί η συνεργασία πολλαπλών αρουαίων, χρησιμοποιούνται μόνο πρωτόκολλα IP για την υποστήριξη των αλληλεπιδράσεων σηματοδότησης στο επίπεδο ελέγχου. Οι υπάρχουσες διεπαφές ανοίγουν έτσι ώστε ένα ενοποιημένο πρωτόκολλο διεπαφών μπορεί να λειτουργήσει ελαστικά. Οι ελεγκτές SDN που βρίσκονται στο σύννεφο πυρήνα, το σύννεφο άκρη, και το επίπεδο πρόσβασης πραγματοποιούν συνεργατικά διαχείριση παράδοσης σε σύνθετα σενάρια εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΡΙΣΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

6.1 Προκλήσεις κατά το σχεδιασμό

Περιορισμοί λεπτομέρειας στην κοινή χρήση πόρων ραδιοφάσματος και ραδιοεπιπέδου [10]: Σε αντίθεση με τα σταθερά slice δικτύου, τα οποία μπορούν να κλιμακωθούν προσθέτοντας περισσότερους πόρους υλικού, ο τεμαχισμός RAN [2] τρέχει γρήγορα σε έναν φυσικό περιορισμό: η περιορισμένη διαθεσιμότητα του φάσματος. Αυτός ο περιορισμός επιδεινώνεται εάν οι αποκλειστικοί μεταφορείς εκχωρούνται σε μεμονωμένα slice, καθώς αυτή η προσέγγιση δεν αξιοποιεί τις δυνατότητες του δικτύου για κέρδη πολλαπλής διαχείρισης.

Ετερογένεια και χωρική ποικιλομορφία της τεχνολογίας ραδιοπρόσβασης (RAT): Αναμένεται ότι το 5G θα ενσωματώσει διάφορα είδη RAT και διεπαφών αέρα, το καθένα με διαφορετικές δυνατότητες και ανάγκες. Οι πάροχοι υποδομής γενικής χρήσης θα πρέπει να σχεδιάσουν προσεκτικά και να εφαρμόσουν διαφορετικές τεχνολογίες για την εξυπηρέτηση των διαφορετικών αναγκών των ενοικιαστών. Ωστόσο, μπορεί να είναι ανέφικτο να ικανοποιηθούν οι ανάγκες κάθε εφαρμογής σε οποιαδήποτε τοποθεσία. Για παράδειγμα, το δια αφής Internet μπορεί να απαιτήσει προσεκτική τοποθέτηση των πόρων για την ελαχιστοποίηση λανθάνουσα κατάσταση. Σε ένα άλλο παράδειγμα, ένα βιομηχανικό δίκτυο ελέγχου μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιήσει έναν συγκεκριμένο υπολογιστικό πόρο σε μια δεδομένη θέση για λόγους ασφαλείας.

Διαχείριση περιορισμών έκθεσης και κοινής χρήσης πληροφοριών:

Διαφορετικές μορφές slice δικτύου μπορούν να οριστούν με βάση την έκταση των στοιχείων δικτύου που είναι κοινόχρηστα, για παράδειγμα, είτε είναι κοινόχρηστο μόνο το φυσικό επίπεδο (PHY), είτε είναι κοινόχρηστο το επίπεδο μέσου ελέγχου πρόσβασης (MAC) είτε ακόμα και αν είναι κοινόχρηστο το πλήρες RAN. Όσο περισσότερες πληροφορίες μπορεί να παρέχει η υποδομή σχετικά με τα κοινόχρηστα τμήματα στο slice δικτύου, τόσο πιο αποτελεσματικά μπορεί να λειτουργήσει το slice. Ωστόσο, η έκθεση πληροφοριών δημιουργεί επίσης νέα πιθανά τρωτά σημεία ασφαλείας μεταξύ των παρόχων υποδομής και των πελατών τους, καθώς και μεταξύ των ίδιων των ενοικιαστών. Οι απαιτήσεις ασφαλείας συγκεκριμένων εφαρμογών μισθωτών, όπως η κυκλοφορία που σχετίζεται με τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης ή ο έλεγχος μηχανών (π.χ. απομακρυσμένη χειρουργική επέμβαση ή έλεγχος οχημάτων), θα μπορούσαν να θέσουν περιορισμούς στον τρόπο με τον οποίο οι φέτες είναι χωρισμένες, ή ακόμη και να αποτρέψουν τη συνύπαρξη κομματιών δικτύου και, συνεπώς, να μοιραστούν το ίδιο υλικό.

Διαφάνεια του δικτύου τεμαχισμού: Ένα σημαντικό ερώτημα είναι αν ένα κομμάτι μπορεί να επεκταθεί σε όλη τη διαδρομή προς την εξοπλισμός χρήστη. Δηλαδή, αν ο ορισμός του slice θα είναι διαφανής για τον εξοπλισμό του χρήστη ή αν θα γνωρίζει το slice δικτύου. Ένας εξοπλισμός χρήστη με επίγνωση του τεμαχισμού μπορεί να δημιουργήσει νέες δυνατότητες (π.χ. απλοποίηση της συνδεσιμότητας πολλαπλών τεμαχίων). Ωστόσο, δημιουργεί επίσης νέες προκλήσεις για τα slice δικτύου. Για παράδειγμα, η φορητότητα του εξοπλισμού του χρήστη ενδέχεται να χρειαστεί να γίνει από την υπηρεσία παροχής slice ως μέρος της εγκατάστασης και συντήρησης του slice.

Το slice δικτύου ζητά μεσιτεία: Ο τεμαχισμός δικτύου σε δίκτυα 5G ενεργοποιεί ένα νέο οικοσύστημα στο οποίο διαφορετικοί μισθωτές εκδίδουν αιτήσεις σε μια υπηρεσία παροχής υποδομής για την απόκτηση slice δικτύου. Δεδομένου ότι το φάσμα είναι ένας σπάνιος πόρος για τον οποίο η υπερπαροχή δεν

είναι δυνατή, η εφαρμογή μιας στρατηγικής "πάντα αποδοχής" για όλα τα εισερχόμενα αιτήματα δεν είναι εφικτή. Αυτό απαιτεί νέους αλγορίθμους και λύσεις για την εκχώρηση πόρων δικτύου μεταξύ διαφορετικών μισθωτών, επιτρέποντας σε μια υπηρεσία παροχής υποδομής να αποδέχεται ή να απορρίπτει αιτήσεις slice δικτύου με στόχο τη μεγιστοποίηση του συνολικού βοηθητικού προγράμματος.

6.2 Εικονική διαμόρφωση RAN (Radio Access Network)

Όπως έχει ήδη συζητηθεί νωρίτερα, οι κύριες προκλήσεις για την εικονική διαμόρφωση των υποδομών βρίσκονται στο RAN [13]. Λύσεις που προ-εκχωρούν διακριτά κομμάτια φάσματος σε εικονικές παρουσίες σταθμού βάσης είναι εύκολο να συνειδητοποιήσουν και να παρέχουν απομόνωση των ραδιοπόρων, αλλά έχουν το μειονέκτημα της αναποτελεσματικής χρήσης των ραδιοπόρων. Η εναλλακτική δυναμική και λεπτή προσέγγιση εικονικής διαμόρφωσης RAN που βασίζεται σε κοινή χρήση ραδιοφάσματος δεν έχει αυτόν τον περιορισμό και, επομένως, είναι επιθυμητή. Ωστόσο, η διασφάλιση της απομόνωσης των ραδιοπόρων πόρων αποτελεί πρόκληση για την προσέγγιση αυτή. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να αντιμετωπιστεί με την προσαρμογή ελεγκτών SD-RAN όπως. Δεδομένου ότι τα δίκτυα 5G αναμένονται για να εκτείνονται σε πολλαπλάσιες RATs (συμπεριλαμβανομένων των αναδυόμενων τεχνολογιών, π.χ., 5G νέο ραδιόφωνο και στενης ζώνης Διαδίκτυο των πραγμάτων, NB-IoT), είναι ζωτικής σημασίας για ran εικονικές διαμορφώσεις να είναι σε θέση να προσαρμόσει τα πολλαπλάσια RAT(Radio Access Technology). Αυτό παρουσιάζει μια πρόσθετη σημαντική πρόκληση δεδομένου ότι είναι ασαφές εάν τα πολλαπλάσια RATs μπορούν να πολυπλέκονται πέρα από το ίδιο ενδεχομένως εξειδικευμένο υλικό, ή κάθε ένα χρειάζεται το αφιερωμένο υλικό του η απάντηση στο ερώτημα αυτό μπορεί να εξαρτάται από το υπό εξέταση σύνολο RAT.

Από την άποψη της εικονικής διαμόρφωσης RAN, το παράδειγμα RaaS (Routing-as-a-Service) [14][15]είναι μια άλλη σημαντική πρόκληση πέρα και πάνω από αυτά που περιγράφονται παραπάνω. Πρόκειται για ένα σημαντικό βήμα πάνω από την έννοια της κοινής χρήσης RAN που περιλαμβάνει την κοινή

χρήση των ραδιοφωνικών πόρων μεταξύ των ενοικιαστών, όπως οι φορείς εκμετάλλευσης εικονικών δικτύων κινητής τηλεφωνίας (MVNOs), μέσω ενός φυσικού φορέα εκμετάλλευσης δικτύου κινητής τηλεφωνίας· διάφορες λύσεις για την κοινή χρήση RAN υπάρχουν. Το παράδειγμα RaaS απαιτεί να υπερβαίνει το σύστημα διανομής ραδιοπόρων και υλικών υποδομών για να έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει εικονικές παρουσίες RAN εν κινήσει με προσαρμοσμένα σύνολα εικονικά διαμορφωμένων λειτουργιών ελέγχου (π.χ. προγραμματισμός, διαχείριση κινητικότητας) για να ανταποκρίνεται στις μεμονωμένες απαιτήσεις slice/υπηρεσιών, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα απομόνωση μεταξύ διαφορετικών slice.

Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή επικεντρώθηκα στα βασικότερα χαρακτηριστικά των δικτύων 5G, όπως τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται και τα μοντέλα στα οποία βασίζεται. Το πλαίσιο αυτό ουσιαστικά συγκεντρώνει τις υπάρχουσες προτάσεις του Network Slicing σύμφωνα με το αρχιτεκτονικό επίπεδο που στοχεύουν. Δηλαδή, η υποδομή, η λειτουργία δικτύου και τα επίπεδα εξυπηρέτησης. Πάνω σε αυτό το πλαίσιο, ανέλυσα την ωριμότητα των τρεχουσών προτάσεων και τα εναπομένοντα κενά και προβλήματα προς λύση. Ενώ αρκετές πτυχές του δικτύου τεμαχισμού στην υποδομή και τα επίπεδα λειτουργίας δικτύου εξελίσσονται γρήγορα, ζητήματα όπως η εικονική διαμόρφωση στο RAN δεν επιλύονται. Επίσης, οι προσεγγίσεις για την πραγματοποίηση, την ενορχήστρωση, και τη διαχείριση των slices μας δημιουργούν ακόμα πολλές ερευνητικές ερωτήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημοσιεύσεις:

- [1] Network Slicing to Enable Scalability and Flexibility in 5G Mobile Networks, Peter Rost, Christian Mannweiler, Diomidis S. Michalopoulos, Cinzia Sartori, Vincenzo Sciancalepore, Nishanth

Sastry, Oliver Holland, Shreya Tayade, Bin Han, Dario Bega, Danish Aziz, and Hajo Bakker

- [2] Toward Enforcing Network Slicing on RAN: Flexibility and Resources Abstraction Adlen Ksentini and Navid Nikaein
- [3] J. Panchal, R. Yates, and M. Buddhikot, "Mobile Network Resource Sharing Options: Performance Comparisons," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 12, no. 9, Sept. 2013, pp. 4470–82.
- [4] M. Jiang, M. Condoluci, and T. Mahmoodi, "Network Slicing Management & Prioritization in 5G Mobile System," Euro. Wireless Conf., Oulu, Finland, May 2016, pp. 197–202.
- [5] NGMN 5G P1 Requirements & Architecture Work Stream End-to-End Architecture Description of Network Slicing Concept by NGMN Alliance
- [6] X. Zhou et al., "Network Slicing As A Service: Enabling Enterprises' Own Software-Defined Cellular Networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 7, July 2016.
- [7] N. Nikaein et al., "Network Store: Exploring Slicing in Future 5G Networks," Proc. 10th ACM Int'l. Wksp. Mobility in the Evolving Internet Architecture, Sept. 2015.
- [8] Network Slicing in 5G: Survey and Challenges Xenofon Foukas, Georgios Patounas, Ahmed Elmokashfi, and Mahesh K. Marina
- [9] 5G PPP Architecture Working Group, "View on 5G Architecture," July 2016.
- [10] Network Slicing Based 5G and Future Mobile Networks: Mobility, Resource Management, and Challenges, Haijun Zhang, Na Liu, Xiaoli Chu, Keping Long, Abdol-Hamid Aghvami, and Victor C. M. Leung
- [11] Network Slicing and Softwarization: A Survey on Principles, Enabling Technologies, and Solutions Ibrahim Afolabi, Tarik Taleb, Konstantinos Samdanis, Adlen Ksentini, and Hannu Flinck
- [12] Mobile Traffic Forecasting for Maximizing 5G Network Slicing Resource Utilization Vincenzo Sciancalepore, Konstantinos Samdanis, Xavier Costa-Perez, Dario Bega, Marco Gramaglia, Albert Banchs

- [13] Network Slicing as a Service: Enabling Enterprises' Own Software-Defined Cellular Networks Xuan Zhou, Rongpeng Li, Tao Chen, and Honggang Zhang
- [14] Routing-as-a-Service (RaaS): A Framework for Tenant-Directed Route Control in Data Center Chao-Chih Chen, Lihua Yuan, Albert Greenberg, Fellow, ACM, Chen-Nee Chuah, Senior Member, IEEE, and Prasant Mohapatra, Fellow, IEEE
- [15] C.-C. Chen, L. Yuan, A. Greenberg, C.-N. Chuah, and P. Mohapatra, "Routing-as-a-service (RaaS): A framework for tenant-directed route control in data center," in Proc. IEEE INFOCOM, Apr. 2011, pp. 1386–1394.