Πανεπιστήμιο Μακεδονίας | University of Macedonia ΔΠΜΣ

Πληροφοριακά Συστήματα | Master in Information Systems

Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών | Course: Computer Networks

Καθηγητής Α.Α. Οικονομίδης | Professor A.A. Economides

---

# Software Defined Networks & Network Function Virtualization

## Δίκτυά Καθοριζόμενα από Λογισμικό & Εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών

---


**Επιμέλεια: Κυγιακή Αικατερίνη-Τζημούλη Αγγελική**

**ΜΑΙΟΣ 2019**

## Περίληψη

Η εξελισσόμενή τάση των ΤΠΕ(Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών) ,ειδικότερα των κινητών συσκευών και εφαρμογών, η εικονικοποίηση (virtualization) των διακομιστών, η εμφάνιση υπηρεσιών cloud και η διείσδυση των κοινωνικών μέσων απαρτίζουν τις αιτίες άμεσης επανεξέτασης των συμβατικών δικτύων.(Wikipedia) Η **SDN** είναι μια πρόσφατη αρχιτεκτονική δικτύωσης με πολλά υποσχόμενα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις αδυναμίες των παραδοσιακών δικτύων. Αυτά που την χαρακτηρίζουν είναι η αποσύνδεση του **επίπεδο ελέγχου** (εκτελεί αποφάσεις προώθησης του δικτύου), από το **επίπεδο δεδομένων** (προωθεί κυρίως τα δεδομένα)και η ικανότητα προγραμματισμού του δικτύου . Συχνά ο ορός SDN συγχέεται με τον όρο NFV, όμως δεν πρόκειται για ταυτόσημες τεχνολογίες, αλλά αλληλένδετες. Με την εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών(NFV) μπορούν να εκτελούνται σε εικονικές μηχανές(VM) οι λειτουργίες των δικτυακών εξοπλισμών, όπως δρομολογητές διακόπτες κ. α.(Rabia Bilal,2019). Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να αποσαφηνίσει τις έννοιες **SDN (Software Defined Networking)** και **NFV (Networks Function Virtualization),** να αναλύσει την αρχιτεκτονική δομή τους και να επισημάνει τα κυριότερα πλεονεκτήματα μειονεκτήματα. Τέλος, θα γίνει αναφορά στις δυνατότητες-αδυναμίες-ευκαιρίες-απειλές και θα γίνει πρόταση για μελλοντική έρευνα.

## Abstract

The continuous and progressive trend of ICT, especially mobile devices and applications, virtualization (virtualization) servers, the emergence of cloud services and the penetration of social media component causes an immediate review of conventional networks.(Wikipedia) SDN **(Software defined Networking)** is a recent networking architecture with promising features related to the weaknesses of traditional networks. What characterizes it is the disconnection of the control level (it makes decisions to promote the network), from the data level (mainly promotes the data) and the network programming capability. Often SDN is confused with the term NFV, but it is not identical technologies but interrelated. With the network functions virtualization (NFV) can be performed on virtual machines (VM) functions of network equipment such as routers switches n. A. (Rabia Bilal, 2019). The purpose of this paper is to clarify the concepts of SDN (Software Defined Networking) and NFV (Networks Function Virtualization), to analyze their architectural structure and to highlight the main

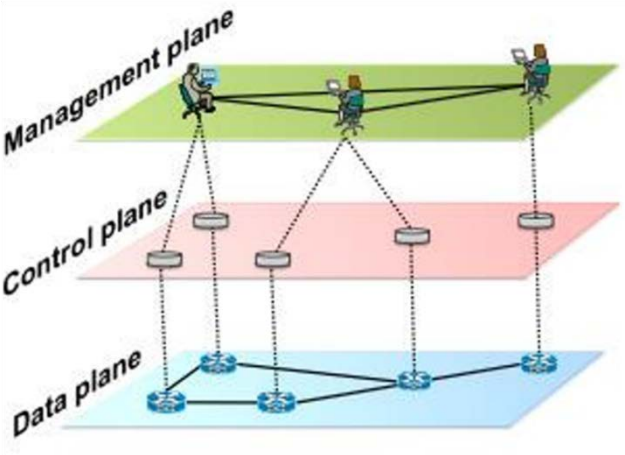
advantages-disadvantages. Finally, there will be a reference to potentials-weaknesses-opportunities-threats, and we will make a proposal for future research.

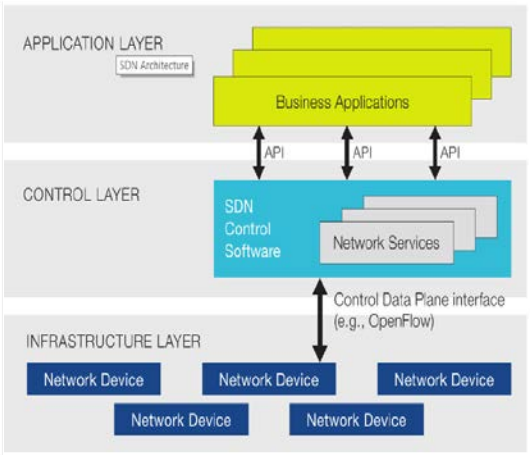
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Δίκτυα Καθορισμένα από Λογισμικό (Software Defined Networking).

## 1.1 Ορισμός SDN.

Τι είναι λοιπόν SDN; Σύμφωνα με το ONF(Open Networking Foundation) ο ορισμός της είναι «*The physical separation of the network control plane from the forwarding plane and where a control plane controls several devices*» (https://www.opennetworking.org/sdn-definition). Στα παραδοσιακά δίκτυα, το επίπεδο ελέγχου ,το επίπεδο δεδομένων και διαχείρισης ενσωματώνονται στην ίδια συσκευή με αποτέλεσμα τα σημεία επαφής να είναι αυξημένα και αυτό να δυσχεραίνει τον έλεγχο του δικτύου. Ακόμη, η χειροκίνητη λύση παίζει σημαντικό ρόλο στην επίλυση προβλημάτων των δικτύων και δεδομένου της μη δυνατής επίλυσης σε πραγματικό χρόνο, η υποβάθμιση τους είναι δεδομένη. (Rabia Bilal,2019.) Η SDN έρχεται να γεφυρώσει τις συσκευές με την ανθρώπινη αλληλεπίδραση και ο ελεγκτής είναι σε θέση να αποφέρει σε πραγματικό χρόνο συνειδητοποίηση της κατάστασης ,να μεταβάλει τις ροές με ανάλογές διαμόρφωσης στο δίκτυο και να αλλάξει τον πίνακα ροής των συσκευών.(Rabia Bilal,2019.) Η **SDN** χαρακτηρίζεται από δυναμικότητα, ευκολία στη Διαχείριση, είναι οικονομικά αποδοτική και ικανή να προσαρμόζεται, συνεπώς είναι ένα εξαιρετικό "εργαλείο" για τις ανάγκες και απαιτήσεις των σημερινών εφαρμογών. Χαρακτηριστικό της είναι η **αποσύνδεση** και ο **διαχωρισμός** του επιπέδου ελέγχου (control plane) από το επίπεδο δεδομένων (data plane). Η ιδιαιτερότητα της έγκειται στον προγραμματισμό μέσω της αποσύνδεσης των επιπέδων ελέγχων και δεδομένων.(Wenfeng Xia,2015) Στην αρχιτεκτονική **SDN**, ο έλεγχος της ροής των δεδομένων πραγματοποιείται από μια κεντρική οντότητα, η οποία είναι ανεξάρτητη από τις συσκευές οπού αποθηκεύουν και προωθούν τα πακέτα. Στην επόμενη ενότητα εξετάζουμε την αρχιτεκτονική της SDN.

Παρακάτω φαίνονται σε εικόνες οι δύο αρχιτεκτονικές:




*Εικόνα 1:Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική* *Εικόνα 2:Αρχιτεκτονική SDN*

Πηγή:(*https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/inside-sdn-architecture/*)

## 1.2 Αρχιτεκτονική SDN

Υπάρχουν 3 επίπεδα από τα οποία αποτελείται η αρχιτεκτονική SDN:

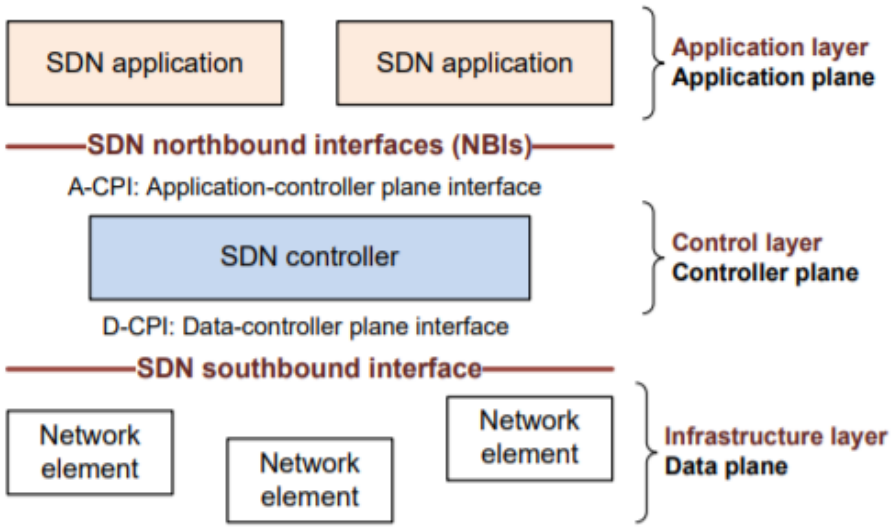
- **Application Layer (Επίπεδο Εφαρμογών)**
- **Control layer (Επίπεδο Ελέγχου) και**
- **Infrastructure Layer (Επίπεδο Υποδομής)**

Τι είναι το καθένα και ποιος ο ρόλος του:

1. Το **Επίπεδο Εφαρμογών** είναι η περιοχή στην οποία γίνεται η ανάπτυξη των εφαρμογών, με βάση όλες τις πληροφορίες του δικτύου. Οι εφαρμογές αφορούν αυτοματισμό, διαχείριση, παρακολούθηση, αντιμετώπιση προβλημάτων, πολιτική και ασφάλεια δικτύου. (https://www.howtoforge.com/tutorial/software-defined-networking-sdn-architecture-and-role-of-openflow/)
2. Το **Επίπεδο Ελέγχου** είναι η πιο σημαντική οντότητα στην αρχιτεκτονική SDN. Από την Εικόνα 2 διαπιστώνουμε ότι το επίπεδο ελέγχου συνίσταται ως γέφυρα επικοινωνίας των δύο άλλων επιπέδων. Σε αυτό το επίπεδο υφίσταται ο ελεγκτής (**SDN controller**), ο οποίος έχει επικοινωνία με όλες τις συσκευές της δικτυακής υποδομής, ενώ παράλληλα ελέγχει την διάταξή των συνδέσεων ,κόμβων και «*ροής των δεδομένων στο διαδίκτυο*».(Wikipedia).Πιο συγκεκριμένα έχει δύο κύριες λειτουργίες. Η μία αφορά την ερμηνεία εντολών των εφαρμογών, για να τις μεταφέρει στο επίπεδο δεδομένων και η άλλη αφορά την συγκέντρωση δεδομένων από το τελευταίο επίπεδο και αποστολή τους στο επίπεδο των εφαρμογών.( Muhammad Ali Hassan, 2017).

*Συνεπώς υπάρχουν δύο ροές πληροφοριών. Στην καθοδική ροή, ο ελεγκτής μεταφράζει την πολιτική εφαρμογής σε κανόνες προώθησης πακέτων, σε σχέση με την κατάσταση του δικτύου. Το κύριο μέλημα αυτής της διαδικασίας είναι η διασφάλιση της εγκυρότητας και της συνέπειας των κανόνων προώθησης. Στην ανοδική ροή, ο ελεγκτής συγχρονίζει την κατάσταση δικτύου που συλλέγεται από την υποδομή για τη λήψη αποφάσεων δικτύωσης.(* Wenfeng Xia,2015)

3. Το **Επίπεδο Υποδομής** είναι το σημείο εκείνο όπου στεγάζεται το *hardware* και γίνεται η φυσική διασύνδεση. Σε αυτό το επίπεδο γίνεται η προώθηση δεδομένων. Εδώ, εκτελείται ένα λογισμικό το οποίο είναι μια διεπαφή ελέγχου (**Southbound API**) του επιπέδου των δεδομένων όπου ρόλος της είναι η επικοινωνία με το επίπεδο ελέγχου. (https://www.techopedia.com/definition/32090/infrastructure-layer)
   Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η αρχιτεκτονική **SDN**:




*Εικόνα 3:SDN Architecture.Πηγή:( https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/02/TR_SDN_ARCH_1.0_06062014.pdf)*

Έχοντας αναφέρει τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής **SDN**, χρειάζεται να αναφέρουμε και τις διασυνδέσεις που υπάρχουν μεταξύ αυτών των επιπέδων. Όπως φαίνεται και στην προηγούμενη εικόνα, υπάρχουν δύο είδη διασύνδεσης τα οποία είναι:

- **Northbound Interface**
- **Southbound Interface**

Το **Northbound** χρησιμοποιείται για την επίτευξη επικοινωνίας μεταξύ controller και εφαρμογών στο δίκτυο. Τα Northbound APIs διευκολύνουν την αυτοματοποίηση και

ενορχήστρωση του δικτύου κάνοντάς το συμβατό με τις ανάγκες των διαφόρων εφαρμογών. (https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/north-bound-interfaces-api/)

Το **Southbound** είναι το επίπεδο της διεπαφής του χαμηλότερου επιπέδου. Ο κύριος στόχος αυτής της διεπαφής είναι να παρέχει επικοινωνία και διαχείριση μεταξύ του ελεγκτή **SDN** – κόμβων – φυσικών /εικονικών διακοπτών και δρομολογητών. Ακόμη, δίνει τη δυνατότητα εύρεσης της τοπολογίας του δικτύου, καθορίζει τη ροή του και υλοποιεί αιτήματα που μεταδίδονται από τα APIs προς το βορρά. Τέλος, το πρώτο και ποιο γνωστό Southbound Interface είναι το **OpenFlow** που αναπτύχθηκε από το ίδρυμα ONF(Open Network Foundation) με σκοπό να βοηθάει το δίκτυο να προσαρμοστεί και να ανταπεξέλθει στις διάφορες αλλαγές που υλοποιούνται εξαιτίας καινούργιων απαιτήσεων. (https://www.techopedia.com/definition/29595/southbound-interface-sbi)

## 1.3 Τι είναι οι SDN Controllers και τα είδη αυτών;

Οι SDN controllers είναι οι "εγκέφαλοι" του δικτύου. Βασική τους λειτουργία είναι να διαχειρίζονται το έλεγχο ροής των δεδομένων στους διακόπτες-δρομολογητές μέσω **APIs.** Καθώς οι οργανισμοί αναπτύσσουν όλο και περισσότερα **SDN** δίκτυα, δημιουργείται η ανάγκη χρησιμοποίησης κοινών διασυνδέσεων με τις εφαρμογές, όπως είναι το **OpenFlow** και η ανοιχτή βάση δεδομένων εικονικών μεταγωγών (**OVSDB**). Δύο από τις πιο βασικές λειτουργίες αυτών είναι η καταγραφή των συσκευών εντός δικτύου και η συλλογή στατιστικών στοιχείων δικτύου. Μέσω επεκτάσεων βελτιώνεται η λειτουργικότητά τους καθιστώντας τα ικανά να υποστηρίξουν προηγμένες δυνατότητες, όπως αλγόριθμοι εκτέλεσης αναλυτικών στοιχείων και εγκαθίδρυση νέων κανόνων στο δίκτυο. (https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/sdn-controllers/)

Είδη ελεγκτών **SDN**:

1. Ελεγκτές **SDN** για την υποδομή **NFV** ενός κέντρου δεδομένων.
2. Ιστορικοί ελεγκτές για τη διαχείριση των προγραμματιζόμενων διακοπτών του δικτύου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ποιο γνωστοί ελεγκτές σε ένα δίκτυο **SDN**.

I. Ελεγκτής **OpenDayLight.**

Το OpenDayLight Project είναι ένα έργο **open source** και στόχος του είναι να ενισχύσει την **SDN** δικτύωση, προσφέροντας ένα πλαίσιο που υποστηρίζεται από πολλούς.. (https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/opendaylight-controller/)

II. Ελεγκτής **ONOS** (Open Network Operating System)

Θεωρείται ως ο καλύτερος ελεγκτής ανοιχτού κώδικα για την κατασκευή λύσεων **SDN / NFV** νέας γενιάς.( https://wiki.onosproject.org/display/ONOS/Wiki+Home)

III. Ελεγκτής **FloodLight**

Είναι ένας ελεγκτής **SDN** που αναπτύχθηκε από μια κοινότητα (Big Switch Networks) προγραμματιστών, ο οποίος χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο OpenFlow για να διευθύνει τις ροές κυκλοφορίας σε ένα περιβάλλον δικτύου **SDN**.

IV. Ελεγκτής **Ryu**

Είναι ένας ανοιχτός ελεγκτής **SDN** που έχει σχεδιαστεί για να αυξήσει την ευελιξία του δικτύου, διευκολύνοντας έτσι τη διαχείριση της κυκλοφορίας του.

# Κεφάλαιο 2 : Εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών NFV (Network Functions Virtualization)

## 2.1 Ορισμός NFV.

Η λειτουργία εικονικοποίησης των δικτύων (NFV) ορίζεται ως μια πρωτοβουλία για την εικονικοποίηση των υπηρεσιών δικτύου που παραδοσιακά λειτουργούν με βάση το υλικό (Hardware). Η δημιουργία πιο δυναμικών δικτύων πολύ αφαιρετικά, προέκυψε από την ανάγκη των παρόχων υπηρεσιών περιεχομένου να μειώσουν το κόστος λειτουργίας(OPEX) το κεφαλαιουχικό κόστος(CAPEX) τους, τον κύκλο παραγωγής και να είναι πιο ευέλικτοι στις υπηρεσίες τους .( Rashid Mijumbi,2016) Βασικός σκοπός της NFV είναι να διαχωρίσει τον φυσικό εξοπλισμό δικτύωσης από τις λειτουργίες του. Με το NFV, οι λειτουργίες όπως δρομολόγηση, αντιστάθμιση φορτίου και τείχος προστασίας εκτελούνται σε εικονικές μηχανές (VMs).(https://searchnetworking.techtarget.com/definition/network-functions-virtualization-NFV) Κάθε VM εκτελεί διαφορετικές λειτουργίες δικτύου. Έτσι, η NFV δίνει την δυνατότητα

στους πελάτες να μεταφέρουν τις λειτουργίες δικτύωσης σε λογισμικό φιλοξενούμενο από πλατφόρμες COTS(Commercial off-the-shelf).(Michel.l.Bonfilm,2019)

## 2.2 Αρχιτεκτονική NFV

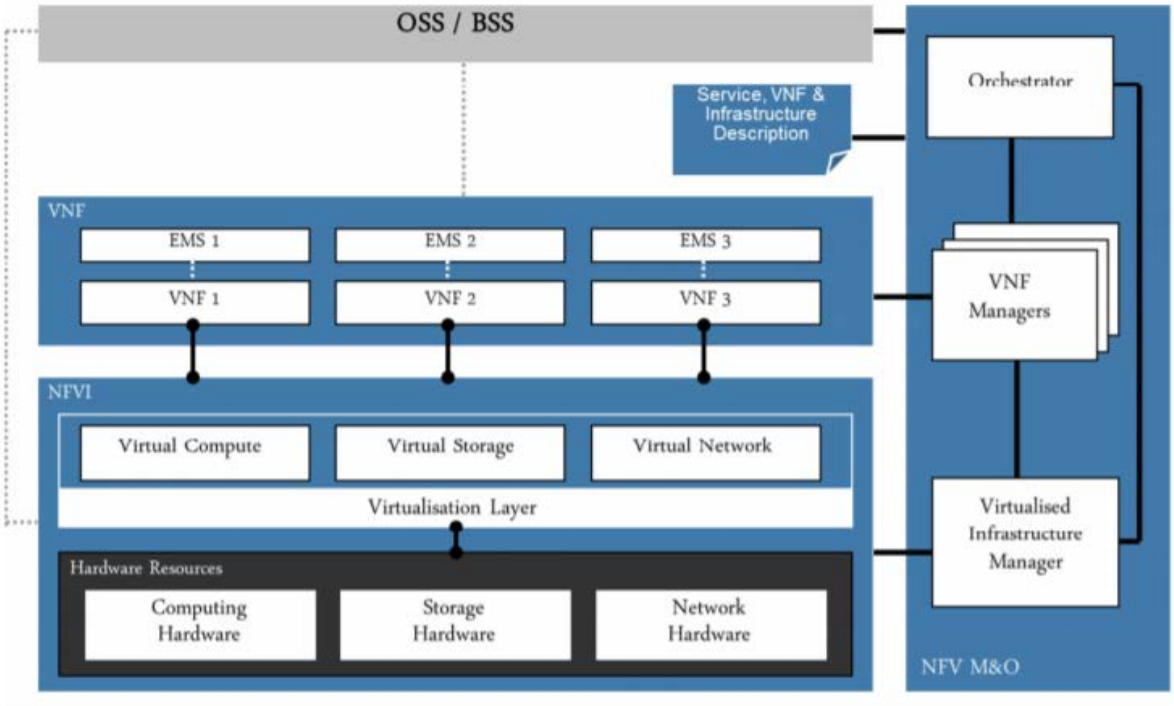
Η αρχιτεκτονική NFV είναι βασισμένη σε τεχνολογίες εικονικοποίησης εξυπηρετητών (servers) για τη παροχή των VM που είναι απαραίτητα για την φιλοξενία των λειτουργιών του δικτύου. Το virtualization είναι αναγκαίο για την εξοικονόμηση πόρων καθώς και για την κάλυψη των απαιτήσεων των μεταβαλλόμενων-εξελισσόμενων φόρτων εργασίας, ενώ παράλληλα επωφελείται από την εξοικονόμηση κόστους που προσφέρεται με το εμπορικό υλικό COTS.(https://www.techopedia.com/definition/1444/commercial-off-the-shelf-cots)

Το όραμα για το NFV περιλαμβάνει μέσα αποθήκευσης για να φιλοξενήσει επιχειρήσεις δικτύωσης, αλλά κατά κύριο λόγο εστιάζεται στην φιλοξενία των VMs. Από το 2012, το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων(ETSI) έχει ορίσει το πρότυπο αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου σύμφωνα με τρείς κύριους λειτουργικούς πυλώνες(όπως φαίνεται και στην εικόνα 4):

1) Η NFVI(Network Function Virtualization Infrastructure) υποδομή περιλαμβάνει όλο το Hardware ,όπως τους φυσικούς υπολογιστές, τους αποθηκευτικούς και δικτυακούς πόρους και όλο το Software που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη την λειτουργία και την παρακολούθηση των εικονικών λειτουργιών( VNFS) .Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του virtualization layer το οποίο, είναι υπεύθυνο για την ανεξαρτητοποίηση του λογισμικού VNF από τους φυσικούς πόρους .(Michel.L. Bonfilm,2019)
2) Τα VNFs(Virtual Network Functions) ,εδώ εκτελούνται σε VMs οι λειτουργίες του δικτύου.
3) Το MANO(Management and Orchestration) αποτελείται από τρία υποσυστήματα:
    - NFV Orchestrator(NFVO).
    - Virtualized Infrastructure Manager(VIM)
    - Virtual Network Functions Manager(VNFM)

    *Αποτελείται από το λογισμικό διαχείρισης και εικονικοποίησης*.(Wikipedia) Παρέχει το πλαίσιο που διαχειρίζεται την αυτοματοποίηση και ενορχήστρωση του δικτύου.(https://www.sdxcentral.com/networking/nfv/mano-lso/definitions/nfv-mano/) Το πλαίσιο **MANO** χειρίζεται όλα τα καθήκοντα που έχουν να κάνουν με το VNF.

Συμβάλει στη διαχείριση-παρακολούθηση-βελτιστοποίηση υλικού και εικονικών πόρων στην υποδομή NFV.



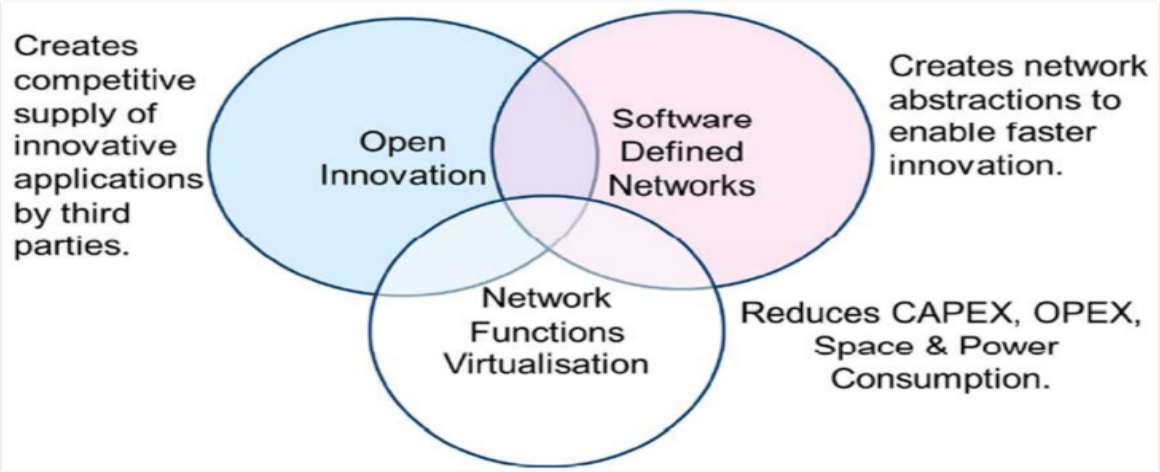

*Εικόνα 4:Αρχιτεκτονική NFV*

*Πηγή:( https://portal.etsi.org/NFV/NFV White Paper2.pdf)*

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :Σχέση SDN και NFV.

## 3.1 SDN VS NFV

Συχνά συγχέονται ως ταυτόσημες τεχνολογικές καινοτομίες , όμως η NFV και η SDN όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα είναι συμπληρωματικές . Η NFV δεν χρειάζεται την SDN και αντίστροφα. Ωστόσο όταν οι δύο τεχνολογίες λειτουργούν συνδυαστικά είναι αμοιβαία επωφελείς .Η NFV μετακινεί υπηρεσίες δικτύων σε ένα εικονικό περιβάλλον, αλλά δεν περιλαμβάνει πολιτικές για τη αυτοματοποίησή της, όπως η SDN. Η NFV μπορεί να παρέχει την υποδομή στην οποία το λογισμικό SDN θα εκτελεστεί. Αν ένας ελεγκτής SDN εκτελούνταν σε ένα VM, τότε θα μπορούσε να εφαρμοστεί ως μέρος μιας αλυσίδας υπηρεσιών. Αυτό θα σήμαινε αυτομάτως, ότι οι εφαρμογές του ελέγχου και της διαχείρισης του SDN υλοποιούνται εν μέρει ως εικονικές λειτουργίες δικτύου.( Rashid Mijumb,2016)




*Εικόνα 5:Σχέση NFV και SDN.*

*Πηγή:(https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf)*

Το NFV μπορεί να προσδιοριστεί ως μια από τις σημαντικότερες περιπτώσεις χρήσης της **SDN**, καθώς και τα προϊόντα που ενσωματώνουν και τις δυο τεχνολογίες θα μπορούσαν να γίνουν το πρότυπο στην σύγχρονη αρχιτεκτονική των δικτύων. (https://searchservervirtualization.techtarget.com/tip/How-NFV-architecture-works)

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των δυο τεχνολογιών:

| *Reason for Being* | *Separation of control and data, centralization of control and programmability of network* | *Relocation of network functions from dedicated appliances to generic servers* |
|---|---|---|
| *Target Location* | *Campus, data center/cloud* | *Service provider network* |
| *Target Devices* | *Commodity servers and switches* | *Commodity servers and switches* |
| *Initial Applications* | *Cloud orchestration and networking* | *Routers, firewalls, gateways, CDN, WAN accelerators, SLA assurance* |
| *New Protocols* | *OpenFlow* | *None yet* |
| *Formalization* | *Open Networking Forum (ONF)* | *ETSI NFV Working Group* |

*Πίνακας 1:Χαρακτηριστικά SDN-NFV.Πηγή:( https://www.sdxcentral.com/articles/contributed/nfv-and-sdn-whats-the-difference/2013/03/)*

## 3.2 S.W.O.T analysis of SDN-NFV.

Στη αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε μια S.W.O.T ανάλυση, δηλαδή τις δυνατότητες, αδυναμίες, ευκαιρίες εξέλιξης και διάφορες απειλές που μπορεί κάποιος να βρει σε αυτή τη καινούργια τεχνολογία δικτύωσης, Στους επόμενους πίνακες φαίνεται η **SWOT** ανάλυση των παραπάνω τεχνολογιών:

*Πίνακας 2: SWOT of SDN*

| **Strengths** | **Weaknesses** |
|---|---|
| • Κεντρικός έλεγχος διαχείρισης του δικτύου .<br>• Αυτοματοποίηση των λειτουργιών των συσκευών.<br>• Μεγαλύτερη ευελιξία συγκριτικά με την παραδοσιακή δικτύωση.<br>• Αύξηση ασφάλειας, λόγω κεντρικού ελέγχου. | • Αναδιάρθρωση σε όλη την δομή του δικτύου για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου και του ελεγκτή SDN.<br>• Αύξηση κόστους λόγω μεγάλων αλλαγών στην υποδομή<br>• Εύρεση προσωπικού.<br>• Κατάλληλος εξοπλισμός διαχείρισης και εκπαίδευση προσωπικού για τη χρήση αυτών.<br>• Θέματα ασφάλειας. |
| **Opportunities** | **Threats** |
| • Ανάδειξη νέων υπηρεσιών και λειτουργιών.<br>• Καινοτομίες<br>• Αντιμετώπιση της δυναμικής αλλαγής σε πραγματικό χρόνο. | • *Άρνηση εξυπηρέτησης (Denial of κService).*<br>• *Ευπάθειες του switch (Switch vulnerabilities).*<br>• *Ανοιχτές διεπαφές (Open Interfaces).*<br>• *Ζητήματα αυθεντικότητας (Authentication issues).*<br>• *Παραβίαση (Tampering)*<br>• *Information Disclosure (Αποκάλυψη Πληροφοριών)* |

(http://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-SDN.html) (https://www.networkworld.com/article/2973610/opportunities-and-challenges-with-sdn.html) (https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2014/10/Threat_Analysis_for_the_SDN_Architecture.pdf)

*Πίνακας 3: SWOT of NFV*

| **Strengths** | **Weaknesses** |
|---|---|
| • Αποδοτική χρήση του υλικού<br>• Διαχωρισμός Hardware και SoftWare<br>• Μειωμένο CAPEX και OPEX | • Αρκετά περίπλοκο NFVI<br>• Προσωρινά έξοδα πρώτων υλοποιήσεων<br>• Καθυστέρηση μεταφοράς. |
| **Opportunities** | **Threats** |
| • Ευελιξία στο χρήστη<br>• Ταχύτητα διάθεσής στην αγορά λόγω μειωμένου κόστους.<br>• *VAS(*value-added service) | • Θέματα ασφάλειας από την κοινή χρήση αρχείων και την ένωση των διακομιστών . |

(Torkko J. ,2016,σσ 28)

## 3.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα SDN-NFV

- **Πλεονεκτήματα**

**Κεντρική παροχή δικτύου:** Το SDN και το NFV είναι συμπληρωματικές τεχνολογίες Τόσο το NFV όσο και το SDN αυτοματοποιούν την ανάπτυξη και τη διαχείριση διαφόρων υπηρεσιών δικτύου, εκτελώντας το λογισμικό τους σε περιβάλλον virtualization ή σε περιβάλλον cloud. Το βασικό πλεονέκτημα με την χρήση του SDN είναι η ικανότητα διαχείρισης ενός δικτύου από μια κεντρική παροχή . Ουσιαστικά το SDN κεντρικοποιεί και απλοποιεί τη διαχείριση του δικτύου, δηλαδή εικονικοποιεί τόσο τα δεδομένα όσο και τα επίπεδα ελέγχου τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να παρέχει φυσικά και εικονικά στοιχεία από μια τοποθεσία. Καθώς η παραδοσιακή υποδομή είναι δύσκολο να παρακολουθηθεί, ειδικά αν υπάρχουν πολλά διαφορετικά συστήματα που πρέπει να αντιμετωπίζονται μεμονωμένα, το SDN εξαλείφει αυτή τη δυσκολία και επιτρέπει σε ένα διαχειριστή να μπορεί να έχει τον πλήρη έλεγχο του δικτύου και των υπηρεσιών των οποίων η παροχή γίνεται πολύ πιο γρήγορη. Επιπλέον, ο μεγαλύτερος έλεγχος δικτύου λόγω της κεντροποίησης του, που παρέχεται με το SDN και το NFV,

δημιουργεί δυναμικά πλεονεκτήματα όπως η **βελτιωμένη διαμόρφωση**, η **βελτιωμένη απόδοση** και η **καινοτομία** στην αρχιτεκτονική και τις δραστηριότητες του. Το SDN προσφέρει μια εύχρηστη πλατφόρμα για πειραματισμούς σε νέες τεχνικές και ενθαρρύνει νέα σχέδια δικτύων, που αποδίδονται στο προγραμματισμό του δικτύου και στην ικανότητα προσδιορισμού των απομονωμένων εικονικών δικτύων μέσω του επιπέδου ελέγχου. (www.comparitech.com/net-admin/software-defined-networking/)

*Α)Βελτίωση της διαμόρφωσης:* Λόγω της ετερογένειας των συσκευών δικτύου κατά την προσθήκη νέου εξοπλισμού, η τρέχουσα διαμόρφωση συνήθως γίνεται χειρωνακτικά κάτι που είναι κουραστικό και ενέχει κίνδυνο σε σφάλματα. Το SDN βοηθά στην βελτίωση της διαμόρφωσης δικτύου με την ενοποίηση του επιπέδου ελέγχου σε όλα τα είδη συσκευών δικτύου, συμπεριλαμβανομένων των διακοπτών, δρομολογητών, μεταφραστών διεύθυνσης δικτύου (NAT), τείχη προστασίας και εξισορρόπησης φορτίου, αφού καθιστά δυνατή τη διαμόρφωση των συσκευών δικτύου από ένα μόνο σημείο, αυτόματα μέσω ελέγχου λογισμικού
*Β)Βελτίωση της απόδοσης:* Το SDN βελτιώνει την απόδοση του δικτύου παγκοσμίως και συγκεκριμένα, επιτρέπει τον κεντρικό έλεγχο με μια παγκόσμια προβολή δικτύου και ελέγχει τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ διαφορετικών επίπεδων στην αρχιτεκτονική του δικτύου. Έτσι, διαχειρίζονται πολύ δύσκολα προβλήματα για την βελτιστοποίηση της απόδοσης και αυτό επιτυγχάνεται με σωστά σχεδιασμένους κεντρικούς αλγόριθμους. Ο προγραμματισμός της κυκλοφορίας, ο έλεγχος συμφόρησης από άκρο σε άκρο, η φόρτωση ισορροπημένου δρομολογίου πακέτων, η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία, και άλλα, αναπτύχθηκαν για την βελτίωση της απόδοσης του δικτύου.
*Γ)Καινοτομία:* Το SDN ενθαρρύνει την καινοτομία παρέχοντας μια μορφή δικτύου για υλοποίηση και ανάπτυξη νέων ιδεών και εφαρμογών, παρέχοντας υπηρεσίες με ευκολία, ευελιξία και εξοικονόμηση πόρων. Η υψηλή ικανότητα διαμόρφωσης του SDN προσφέρει σαφή διαχωρισμό μεταξύ των εικονικών δικτύων επιτρέποντας τον πειραματισμό σε ένα πραγματικό περιβάλλον με αποτέλεσμα η ανάπτυξη νέων ιδεών να μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω μιας απρόσκοπτης μετάβασης από μια πειραματική φάση σε μια λειτουργική φάση. (www.optanix.com/pros-and-cons-of-network-function-virtualization-in-a-nutshell/}

**Ευελιξία:** Το NFV και κατ' επέκταση το SDN, δίνουν στον χρήστη μεγαλύτερη ευελιξία αφού λόγω της δυνατότητας παροχής πόρων κατά βούληση, είναι εύκολή η αλλαγή της υποδομής του δικτύου Το πόσο πιο ευέλικτο είναι το σύστημα φαίνεται σε σχέση με αυτή της

παραδοσιακής εγκατάστασης δικτύου όπου οι πόροι πρέπει να αγοραστούν και να διαμορφωθούν με το χέρι. Το NFV είναι ευέλικτο αφού για την γρήγορη προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών και για την παροχή νέων υπηρεσιών, οι φορείς εκμετάλλευσης πρέπει να μπορούν να κλιμακώσουν την αρχιτεκτονική δικτύου τους σε πολλούς διακομιστές και όχι σε ένα μόνο κιβώτιο. Το SDN επιτρέπει στους διαχειριστές να προσαρμόζουν δυναμικά τη ροή κυκλοφορίας σε όλο το δίκτυο ώστε να ανταποκρίνονται στις κυμαινόμενες ανάγκες και απαιτήσεις. Η συγχώνευση των NFV και SDN επιτρέπει την αντικατάσταση δαπανηρού και ειδικού εξοπλισμού υλικού από λογισμικό και λογισμικό γενικού υλικού

**Ασφάλεια:** Το NFV είναι ασφαλές καθώς επιτρέπει στους πελάτες τους να τρέχουν το δικό τους εικονικό χώρο με ασφάλεια μέσα στο δίκτυο.

Ο SDN controller δίνει την δυνατότητα στον διαχειριστή να ελέγχει ολόκληρη την ασφάλεια του δικτύου αφού παρέχει στους χρήστες μια υποδομή μέσω της οποίας μπορούν να διαχειρίζονται την ασφάλεια ολόκληρου του δικτύου τους.

**Προγραμματισιμότητα του δικτύου:** Το NFV και κατ' επέκταση το SDN απλοποιεί τη διαχείριση δικτύου και φέρνει την εικονικοποίηση στο δίκτυο. Το NFV αντικαθιστά τις υπηρεσίες δικτύου που παρέχονται από ειδικό υλικό με εικονικό λογισμικό. Έτσι οι υπηρεσίες δικτύου, όπως δρομολογητές, τείχη προστασίας, συσκευές βελτιστοποίησης WAN κ.α., αντικαθίστανται από λογισμικό που εκτελείται σε εικονικές μηχανές VM (virtual machines). Ο έλεγχος ροής δεδομένων γίνεται από το SDN σε όλο το δίκτυο και παρέχει στους διαχειριστές την δυνατότητα να καθορίζουν την συνδεσιμότητα στο δίκτυο και έτσι δεν απαιτείται η εφαρμογή προσαρμοσμένων πολιτικών και πρωτοκόλλων σε κάθε συσκευή του δικτύου ξεχωριστά. Το SDN παρέχει δυνατότητα προγραμματισμού στο ίδιο το επίπεδο ελέγχου και γι' αυτό μπορούν να υλοποιηθούν και να διαδοθούν αλλαγές είτε σε συγκεκριμένη συσκευή είτε σε όλο το δίκτυο διευκολύνοντας την προσθήκη νέων συσκευών στην υπάρχουσα αρχιτεκτονική.

**Εξοικονόμηση Πόρων:** Το NFV είναι οικονομικό αφού βοηθά στην εξοικονόμηση κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX) και λειτουργικών εξόδων (OPEX).

- ## Μειονεκτήματα

**Ασφάλεια:** Η νέα αρχιτεκτονική δικτύου SDN εγκυμονεί κινδύνους. Καθώς ο κεντρικός ελεγκτής διαχειρίζεται όλο το δίκτυο , αυτομάτως καθίσταται ευάλωτος σε απειλές. Ένας

hacker μπορεί να εκμεταλλευτεί διάφορα κενά στην ασφάλεια του SDN. Αυτά τα κενά μπορεί να προέρχονται είτε από λανθασμένη σχεδίαση εφαρμογών όπου επικοινωνούν με τον controller και προκαλούν αλλαγή όλου του δικτύου, είτε από κακή σχεδίαση του εξοπλισμού είτε ακόμη και από κακή λειτουργία του ίδιου του ελεγκτή. Οι πηγές ευπάθειας δεν τελειώνουν εδώ και αφορούν οποιοδήποτε συστατικό της νέας αρχιτεκτονικής.(Σχισμένος Η.,2016). Για την αρχιτεκτονική δομή της NFV οι απειλές προέρχονται κυρίως από την κοινή χρήση αρχείων και από την ένωση των διακομιστών .

**Καθυστέρηση μεταφοράς:** Ένα μειονέκτημα του NVF και κατ' επέκταση του SDN λόγω της εικονικοποίησης (virtualization) κάθε υποδομής είναι η καθυστέρηση που προκύπτει ως αποτέλεσμα. Η ταχύτητα της αλληλεπίδρασής με μια συσκευή εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων virtualized πόρων. Κάθε ενεργή συσκευή σε ένα δίκτυο λαμβάνει τα διόδια της διαθεσιμότητας του δικτύου κάτι που θα αυξηθεί μελλοντικά λόγω περισσότερων συσκευών Internet of Things (IoT) που θα υπάρχουν στην αγορά και θα αρχίσουν να ενσωματώνονται στο δίκτυο. (www.comparitech.com/net-admin/software-defined-networking/)

**Περιορισμένη διαχείριση :**Ενώ με το SDN είναι εφικτή η διαχείριση των υπηρεσιών των συσκευών σε όλο το δίκτυο, δεν είναι εύκολη η διαχείριση των ίδιων των συσκευών και αυτό είναι σοβαρό σχετικά με την αναβάθμιση ενός δικτύου. Όλες αυτές οι συσκευές για να παραμείνουν σε λειτουργία και για να λειτουργούν σωστά, πρέπει να παρακολουθούνται, να διορθώνονται, να αναβαθμίζονται δηλαδή να συντηρούνται και αυτό δεν γίνεται αυτόματα από το SDN. (https://milner.com/company/blog/technology/2015/07/14/the-advantages-and-disadvantages-of-virtualization)

**Εξειδικευμένη γνώση εικονικοποίησης (Πιθανή καμπύλη μάθησης) :** Η εφαρμογή και διαχείριση του NFV απαιτεί προσωπικό πληροφορικής με εμπειρία στον τομέα της εικονικοποίησης. Για τον χρήστη, ένα τυπικό εικονικό περιβάλλον θα λειτουργεί παρόμοια με το μη εικονικό περιβάλλον. Επειδή υπάρχουν εφαρμογές που η προσαρμογή τους στο εικονικό περιβάλλον δεν είναι καλή, θα πρέπει αυτή να γίνει από προσωπικό πληροφορικής που να έχει γνώσεις εικονικοποίησης. Επίσης για να είναι ασφαλές το SDN στις εξωτερικές απειλές πρέπει να έχουν τις απαραίτητες γνώσεις οι διαχειριστές του. Επιπλέον, απαιτείται γνώση και για την αποτροπή των απειλών, αφού η αποτροπή τους εξαρτάται από την αντίληψη τους από τον χρήστη του SDN πριν εμφανιστούν.

**Προσωρινά έξοδα:** Η επένδυση στο λογισμικό εικονικοποίησης και, ενδεχομένως, οι πρόσθετες συσκευές που μπορεί να απαιτηθούν για να γίνει δυνατή η εικονικοποίηση, εξαρτάται από το υπάρχον δίκτυο και την διαθέσιμη χωρητικότητα του.

# 4.Μελλοντική έρευνα και Συμπεράσματα

## 4.1 Προτάσεις Μελλοντικής έρευνας.

Σε αυτή την υποενότητα θα αναφερθούμε πολύ συνοπτικά σε έναν υποσχόμενο τεχνολογικό κλάδο, το υπολογιστικό νέφος(Cloud Computing)από τον οποίο θα μπορούσαν να προκύψουν μελλοντικές έρευνες.( Li. Y,2015).

Με την εφαρμογή τόσο της SDN όσο και της NFV στον τομέα του Cloud Computing, οι πάροχοι υπηρεσιών θα είναι σε θέση να παρέχουν αυτοματοποιημένες και δυναμικές αλλαγές στις υπηρεσίες τους. Για παράδειγμα η SDN δύναται να διευκολύνει τον έλεγχο της ροής των εφαρμογών στον βαθμό λεπτομέρειας που οι πάροχοι επιθυμούν. Ενώ η NFV με την δυνατότητα αλλαγής των τοπολογιών δυναμικά , βελτιώνει τις υπηρεσίες του φορέα με τελικό αποδέκτη τον χρήστη. ( Li. Y,2015). Προβλέπουμε ότι από τον συνδυασμό αυτών των τριών ,SDN-NFV-Cloud Computing θα προκύψει μια επαναστατική τεχνολογία η οποία θα μεταμορφώσει την μέθοδο δόμησης και χρηματοδότησης όλης της υποδομής δικτύου. (Han, B., Gopalakrishnan, V., Ji, L., & Lee, S. 2015).

## 4.2 Συμπέρασμα

Οι ελπιδοφόρες τεχνολογικές ιδέες SDN και NFV αποτελούν συμπληρωματικά μοντέλα δικτύωσης. Αν και μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα , ωστόσο ο συνδυασμός τους προσφέρει μεγαλύτερα οφέλη στην ταχεία ανάπτυξή ενός ευφυέστερου δικτύου . Παρά την αποδοχή τους όμως, τόσο στον ακαδημαϊκό χώρο όσος και στον βιομηχανικό χώρο ,έχουν ακόμη να διανύσουν αρκετά στάδια έως ότου φτάσουν στην τελική ωρίμανση.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάσαμε τις αρχιτεκτονικές δομές της SDN και NFV,τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και την σχέση μεταξύ τους. Επιπλέον, παρουσιάσαμε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των νέων δικτυακών τεχνολογιών σε σχέση με τα συμβατικά δίκτυα. Τέλος, αναφερθήκαμε στον υποσχόμενο ερευνητικό τομέα του υπολογιστικού νέφους ενσωματώνοντας τις εξεταζόμενες τεχνολογίες ,με σκοπό την πρόταση μελλοντικής έρευνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Bera, S., Misra, S., & Vasilakos, A. V. (2017). Software-defined networking for internet of things: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, *4*(6), 1994-2008.

Bilal, R., & Khan, B. M. (2019). Software-Defined Networks (SDN): A Survey. In *Handbook of Research on Cloud Computing and Big Data Applications in IoT* (pp. 516-536). IGI Global.

Bonfim, M. S., Dias, K. L., & Fernandes, S. F. (2019). Integrated NFV/SDN Architectures: A Systematic Literature Review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, *51*(6), 114.

Han, B., Gopalakrishnan, V., Ji, L., & Lee, S. (2015). Network function virtualization: Challenges and opportunities for innovations. *IEEE Communications Magazine*, *53*(2), 90-97.

Hassan, M. A., Vien, Q. T., & Aiash, M. (2017). Software defined networking for wireless sensor networks: a survey. *Advances in Wireless Communications and Networks*, *3*(2), 10-22.

Li, Y., & Chen, M. (2015). Software-defined network function virtualization: A survey. *IEEE Access*, *3*, 2542-2553.

Mijumbi, R., Serrat, J., Gorricho, J. L., Bouten, N., De Turck, F., & Boutaba, R. (2015). Network function virtualization: State-of-the-art and research challenges. *IEEE Communications surveys & tutorials*, *18*(1), 236-262.

Torkko, J. (2016). Feasibility of NFV in Consumer Broadband Ser-vices in Fixed Network Domain.

Xia, W., Wen, Y., Foh, C. H., Niyato, D., & Xie, H. (2014). A survey on software-defined networking. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *17*(1), 27-51.

Σχισμένος Η.,(2016). SDN ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΗΝ ΝΕΑ ΕΠΟΧΗ. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών

WEBSITES

Advantages-and-Disadvantages-of-SDN. Ανάκτηση από http://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-SDN.html

Benefits of Network Virtualization & Potential Disadvantages, Ανάκτηση από https://www.optanix.com/pros-and-cons-of-network-function-virtualization-in-a-nutshell/

commercial-off-the-shelf-cots Ανάκτηση από :https://www.techopedia.com/definition/1444/commercial-off-the-shelf-cots

How-NFV-architecture-works. Ανάκτηση από: (https://searchservervirtualization.techtarget.com/tip/How-NFV-architecture-works

infrastructure-layer. Ανάκτηση από :https://www.techopedia.com/definition/32090/infrastructure-layer

inside-sdn-architecture. Ανάκτηση από: https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/inside-sdn-architecture/

Network_function_virtualization(χ.η). Ανάκτηση από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Network_function_virtualization

Network-functions-virtualization-NFV. Ανάκτηση από :https://searchnetworking.techtarget.com/definition/network-functions-virtualization-NFV

nfv-and-sdn-whats-the-difference. Ανάκτηση από: https://www.sdxcentral.com/articles/contributed/nfv-and-sdn-whats-the-difference/2013/03/

nfv-mano .Ανάκτηση από:https://www.sdxcentral.com/networking/nfv/mano-lso/definitions/nfv-mano/

NFV_White_Paper . Ανάκτηση από :https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf

NFV White Paper2.Ανάκτηση από :https://portal.etsi.org/NFV/NFV White Paper2.pdf

north-bound-interfaces-api . Ανάκτηση από :https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/north-bound-interfaces-api/

ONOS. Ανάκτηση από: https://wiki.onosproject.org/display/ONOS/Wiki+Home

opendaylight-controller Ανάκτηση από :https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/opendaylight-controller/

opportunities-and-challenges-with-sdn.Ανάκτηση από:(https://www.networkworld.com/article/2973610/opportunities-and-challenges-with-sdn.html)

sdn-controllers Ανάκτηση από : https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/sdn-controllers

sdn-definition. Ανάκτηση από: https://www.opennetworking.org/sdn-definition).

software-defined-networking-sdn-architecture-and-role-of-openflow.Ανάκτησή από https://www.howtoforge.com/tutorial/software-defined-networking-sdn-architecture-and-role-of-openflow/

Software-defined networking.(χ.η)Ανάκτηση από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Software defined_networking

southbound-interface-sbi . Ανάκτηση από :https://www.techopedia.com/definition/29595/southbound-interface-sbi

The Advantages and Disadvantages of Virtualization, Ανάκτηση από https://milner.com/company/blog/technology/2015/07/14/the-advantages-and-disadvantages-of-virtualization

Threat_Analysis_for_the_SDN_Architecture. Ανάκτηση από (https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2014/10/Threat_Analysis_for_the_SDN_Architecture.pdf

TR_SDN_ARCH. Ανάκτηση από: https://www.opennetworking.org/wp-content/

uploads/2013/02/TR_SDN_ARCH_1.0_06062014.pdf

What is software defined networking (SDN) and why is it important? Ανάκτηση από https://www.comparitech.com/net-admin/software-defined-networking/