

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ

SOFTWARE DEFINED NETWORKING

ΑΚΟΥΡΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ

5710

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	1
Ακρωνύμια	2
Κεφάλαιο 1: SOFTWARE DEFINED NETWORKING	4
1.1 Ορισμός SDN	4
1.2 Η Αρχιτεκτονική του SDN	4
1.3 SDN Controllers	9
1.3.1 Τι είναι οι SDN Controllers	9
1.3.2 Είδη SDN Controllers	10
1.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης SDN	13
Κεφάλαιο 2: Εφαρμογές του SDN	15
2.1 Εφαρμογές που θα μπορούσαν να βελτιωθούν χρησιμοποιώντας SDN	15
2.2 Εφαρμογές με αρχιτεκτονική SDN[7]	17
2.3 White Box Switches	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: SDN ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ	28
3.1 SDN για ασύρματα δίκτυα	28
3.2 SDN για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	30
Βιβλιογραφία	33

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

API - Application Programming Interface

CAD - Computer-Aided Design

HW - HardWare

LAN - Local Area Network

NFV - Network Function Virtualization

QoS - Quality of Service

SDDC - Software-Defined Data Center

SDN - Software Defined Networking

SSL - Secure Sockets Layer

VDI - Virtual Desktop Infrastructure

VE - Virtual Environment

VLAN - Virtual Local Area Network

VM - Virtual Machine

vNIC - virtual Network Interface Card

VXLAN - Virtual Extensible Local Area Network

WDM - Wavelength-Division Multiplexing

ITaaS - Information Technology as a Service

IP - Internet Protocol

MAC - Media Access Control

OVSDB - Open vSwitch Database

OSGi - Open Services Gateway initiative

WSN - Wireless Sensor Network

WCN - Wireless Cellular Networks

Κεφαλαίο 1: SOFTWARE DEFINED NETWORKING

1.1 Ορισμός SDN

Το SDN (Software Defined Networking) αποτελεί τον φυσικό διαχωρισμό του επιπέδου ελέγχου δικτύου από το επίπεδο προώθησης, και εκεί που ένα επίπεδο ελέγχου ελέγχει διάφορες συσκευές. [5]

Είναι μία νέα δυναμική, οικονομικά αποδοτική και εύκολα προσαρμόσιμη αρχιτεκτονική, γεγονός που την καθιστά ιδανική αν σκεφτεί κανείς τη φύση και τις απαιτήσεις των εφαρμογών του σήμερα. Πρόκειται για μία τεχνολογία που κάνει πιο εύκολη την διαχείριση δικτύου και επιτρέπει στον έλεγχο του δικτύου να γίνει άμεσα προγραμματιζόμενος.

1.2 Η Αρχιτεκτονική του SDN

Στην γενική μορφή του αποτελείται από 3 επίπεδα [2]

- Application layer
- Control layer
- Infrastructure layer

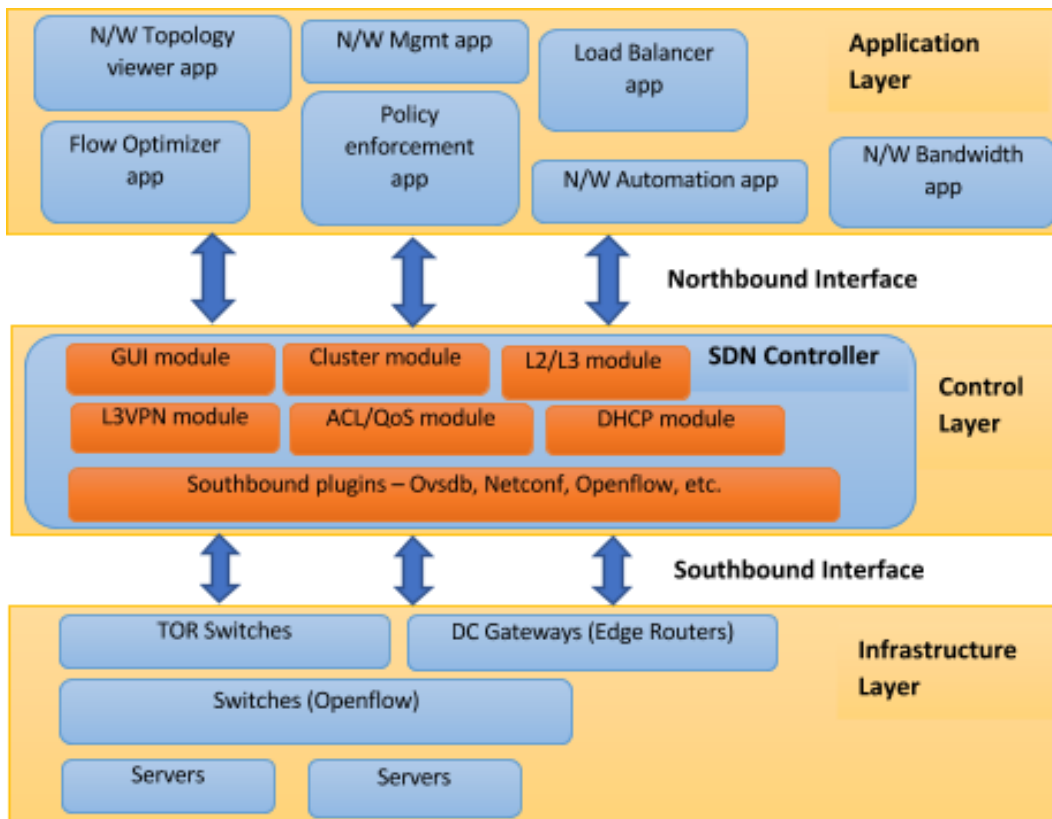
Application layer: Στο επίπεδο αυτό μπορεί να γίνει ανάπτυξη των πιο καινοτόμων εφαρμογών κάνοντας χρήση όλων των πληροφοριών δικτύου σχετικά με την τοπολογία του δικτύου, την κατάστασή του καθώς και τα στατιστικά που αφορούν το δίκτυο κλπ. Επιπλέον, μπορούν να αναπτυχθούν διάφοροι τύποι εφαρμογών, όπως αυτές που αφορούν αυτοματοποιημένα

δίκτυα, τη διαμόρφωση και διαχείριση ενός δικτύου, η αντιμετώπιση προβλημάτων δικτύου και η ασφάλεια. Τέτοιου είδους εφαρμογές SDN μας δίνουν λύσεις για δίκτυα επιχειρήσεων και κέντρων δεδομένων.

Control layer: Πρόκειται για την περιοχή που κάθε πωλητής δικτύου εργάζεται για να ανακαλύψει τα δικά του προϊόντα SDN framework . Στο συγκεκριμένο επίπεδο, γράφεται πολλή επιχειρησιακή λογική στον controller προκειμένου να ληφθούν και να συντηρηθούν διάφοροι τύποι πληροφοριών δικτύου, λεπτομερειών κατάστασης, στατιστικών λεπτομερειών κ.α. Από τη στιγμή που ο SDN controller χρησιμοποιείται για τη διαχείριση δικτύων, οφείλει να έχει και λογική ελέγχου για περιπτώσεις χρήσης δικτύου στον πραγματικό κόσμο, όπως εναλλαγή, δρομολόγηση, L2 VPN και η ομαδοποίηση. Πολλές από τις κοινότητες κώδικα καθώς και κάποιοι προμηθευτές δικτύου δουλεύουν πάνω στην εφαρμογή αυτών των περιπτώσεων χρήσης στους SDN controllers. Από τη στιγμή που γίνει η εφαρμογή τους, οι υπηρεσίες αυτές εκθέτουν τα API τους στο επίπεδο εφαρμογής που είναι το ανώτερο, γεγονός που διευκολύνει τους network administrators να χρησιμοποιήσουν εφαρμογές που είναι βασισμένες στους controllers με σκοπό τη διαμόρφωση, την διαχείριση καθώς και την παρακολούθηση υποκείμενων δικτύων. Το επίπεδο ελέγχου βρίσκεται στη μέση και εκθέτει δύο τύπους διεπαφών - Northbound και Southbound.

Infrastructure layer: Σε ό,τι αφορά την προώθηση της κυκλοφορίας του δικτύου, στο επίπεδο αυτό βρίσκουμε εξοπλισμούς δικτύωσης, όπως και διακόπτες δικτύου και δρομολογητές των κέντρων δεδομένων, οι οποίοι και σχηματίζουν το υποκείμενο δίκτυο για αυτή. Πρόκειται για επίπεδο με φυσική

υπόσταση στο οποίο έχουμε την αναπαράσταση του δικτύου μέσω του control layer.



[2]

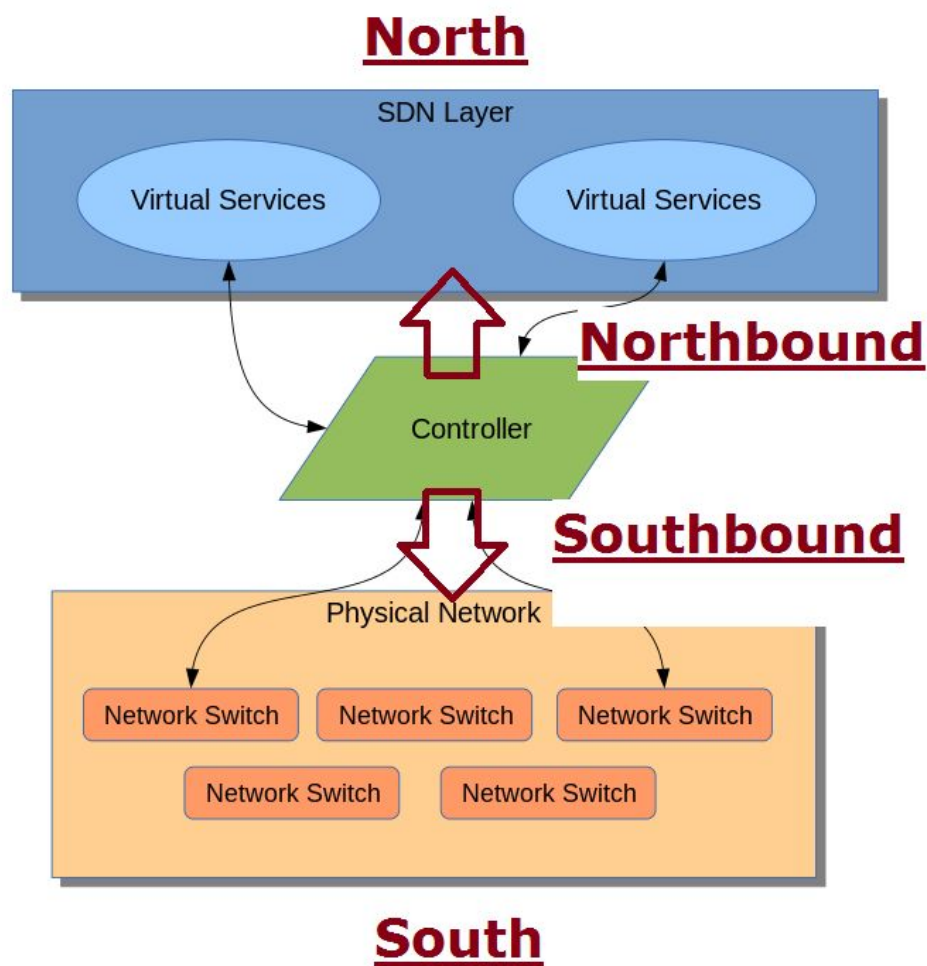
- **Northbound Interface:** Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ του controller και των εφαρμογών που εκτελούνται στο δίκτυο. Τα northbound APIs χρησιμοποιούνται για να κάνουν πιο αποτελεσματική και καινοτόμα την ενορχήστρωση και αυτοματοποίηση του δικτύου με σκοπό να είναι σύμφωνο με τις ανάγκες των διαφόρων εφαρμογών μέσω προγραμματισμού του δικτύου SDN.

Τα Northbound APIs είναι χωρίς αμφιβολία τα πιο σημαντικά APIs στο SDN, αφού όπως αναφέρθηκε οδηγούν σε καινοτόμες και αποτελεσματικές εφαρμογές, πράγμα που ουσιαστικά δίνει την αξία στο SDN. Ωστόσο πρέπει να υποστηρίζεται μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, αφού παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο. Παρόλα αυτά λόγω της μεγάλης ποικιλίας δεν υπάρχει πάντα συμβατότητα, γεγονός που καθιστά τα SDN northbound APIs ένα αβέβαιο συστατικό στο περιβάλλον του SDN..

Περιμένουμε ότι θα υπάρχουν πολλά διαφορετικά northbound APIs πριν από την ενοποίηση. Λειτουργίες όπως η εξισορρόπηση φόρτου, τα τείχη προστασίας και διάφορες υπηρεσίες ασφάλειας θα μπορούσαν να βελτιωθούν μέσω της northbound διασύνδεσης. [19]

- **Southbound Interface:** Τα southbound APIs από την άλλη πλευρά κάνουν πιο εύκολο και αποτελεσματικότερο τον έλεγχο του δικτύου, αφού μπορεί σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με τις απαιτήσεις να επιτρέπει στον ελεγκτή SDN να κάνει μετατροπές

Το OpenFlow, που αναπτύχθηκε από το Open Networking Foundation (ONF), είναι το πρώτο και πιο γνωστό southbound interface. Αυτό που κάνει είναι να βοηθά το δίκτυο να προσαρμοστεί και να αντεπεξέλθει στις διάφορες αλλαγές που πραγματοποιούνται εξαιτίας διαφόρων απαιτήσεων, μέσα από τον καθορισμό του τρόπου αλληλεπίδρασης του controller. Εκτός από το OpenFlow, το Cisco OpFlex είναι επίσης ένα γνωστό southbound API. [20]



[14]

1.3 SDN Controllers

1.3.1 Τι είναι οι SDN Controllers

SDN Controllers: Οι ελεγκτές SDN (γνωστοί και ως πλατφόρμες ελεγκτών SDN) αποτελούν τους εγκεφάλους του δικτύου στα SDN. Ουσιαστικά ελέγχουν το δίκτυο κάνοντας διαχείριση του ελέγχου ροής στους διακόπτες / δρομολογητές "southbound" (μέσω APIs southbound) και στις εφαρμογές και την επιχειρησιακή λογική «northbound» (μέσω APIs northbound) με σκοπό να αναπτύξουν νέα βελτιωμένα δίκτυα . Εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης του SDN τα τελευταία χρόνια οι ελεγκτές κάνουν κοινές διασυνδέσεις εφαρμογών, όπως είναι το OpenFlow και η OVSDB.

Σε μια πλατφόρμα ελεγκτή SDN συναντάμε συλλογές από διασυνδεδεμένες μονάδες όπου κάθε μία από αυτές εκτελεί κάποια διαφορετική εργασία μέσα στο δίκτυο. Κάποιες από αυτές τις εργασίες είναι ο εντοπισμός όλων των συσκευών που βρίσκονται μέσα στο δίκτυο, η καταγραφή κάποιων στατιστικών κ.α. Επιπλέον, προκειμένου να εξαχθούν βελτιωμένα αποτελέσματα και να γίνουν πιο εξελιγμένες εργασίες μπορούν να ενταχθούν κάποια πρόσθετα, που θα προσφέρουν τις παραπάνω λειτουργίες. [12]

1.3.2 Είδη SDN Controllers

1. Ο ελεγκτής **OpenDaylight** Κυκλοφόρησε από την Hydrogen τον Φεβρουάριο του 2014 και είναι open source. Αποτελείται από έναν ελεγκτή SDN πολλαπλών πρωτοκόλλων βασισμένο στην OSGi, καθώς και ένα plug-in OpenFlow, μια βιβλιοθήκη OpenFlow πρωτοκόλλου, το πρωτόκολλο διαχείρισης βάσεων δεδομένων Open vSwitch Database Management και τα εργαλεία YANG. Με την εισαγωγή ενός ελεγκτή ανοιχτού κώδικα SDN, το OpenDaylight ανεξαρτήτως προμηθευτή μπορεί να ασκεί κεντρικό έλεγχο. [21]

2. Το **Open Network Operating System (ONOS™)** θεωρείται ο καλύτερος ελεγκτής ανοιχτού κώδικα SDN για την κατασκευή λύσεων SDN / NFV νέας γενιάς

Σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ήδη υπάρχουσες ανάγκες των φορέων καθώς και για να δημιουργήσει και να αναπτύξει καινοτόμες υπηρεσίες δικτύου, οι οποίες ωστόσο δεν θα έχουν περίπλοκες διεπαφές. Το ONOS υποστηρίζει real-time τόσο τη διαμόρφωση όσο και τον έλεγχο σβήνοντας την ανάγκη εκτέλεσης πρωτοκόλλων ελέγχου δρομολόγησης και εναλλαγής εντός ενός επιπέδου του δικτύου. Πρόκειται για έναν πολύ καινοτόμο ελεγκτή που βοηθά τους χρήστες να δημιουργήσουν νέες εφαρμογές χωρίς να χρειαστεί να κάνουν οποιαδήποτε μετατροπή στα ήδη υπάρχοντα συστήματα.

Συγκεκριμένα περιλαμβάνει:

- Μια πλατφόρμα και ένα σύνολο εφαρμογών που λειτουργούν ως ένας καταναμημένος ελεγκτής SDN.

- Απλούστερη διαχείριση, διαμόρφωση και ανάπτυξη νέων εφαρμογών, υλικού και υπηρεσιών.
- Scale-out αρχιτεκτονική για την παροχή της προσαρμοστικότητας και της επεκτασιμότητας που απαιτούνται.

Διαθέτοντας μία έντονα αναπτυσσόμενη κοινότητα που αποτελείται από προγραμματιστές και χρήστες, το ONOS είναι ένα έργο ανοιχτού κώδικα που διανέμεται με την άδεια Apache 2.0. [22]

3. Το **Trema** είναι και αυτό open-source και χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ελεγκτών OpenFlow. Η NEC δημιούργησε την τεχνολογία και την χρησιμοποιεί ως το θεμέλιο του εμπορικού προγραμματιζόμενου ελεγκτή. Το Trema είναι ένα πλήρες σύνολο προγραμματισμού που δίνει στους χρήστες του τη δυνατότητα να αναπτύξουν και να δοκιμάσουν ελεγκτές OpenFlow στο laptop τους. Έτσι οι προγραμματιστές δημιουργούν τους δικούς τους ελεγκτές με βάση το Trema.

Οι μηχανικοί της NEC που δημιούργησαν το Trema έδωσαν μεγάλη σημασία στη συνοπτική κωδικοποίηση προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα σφαλμάτων λογισμικού και να γίνει πιο εύκολη η συντήρηση του κώδικα. [23]

4. Ελεγκτής OpenFlow **Ryu**. Πρόκειται για ένα πλαίσιο SDN που προσφέρει συντελεστές λογισμικού που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές SDN. Το Ryu υποστηρίζει πρωτόκολλα για τη διαχείριση συσκευών δικτύου, όπως το OpenFlow, το Netconf και το OF-config, ενώ δίνει την δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν νέες δικές τους εφαρμογές διαχείρισης και ελέγχου του δικτύου. [21]

Applicability	OpenDaylight	ONOS	Ryu	Trema
Documentation	Good	Medium	Poor	Poor
Management interfaces	SB (OpenFlow) NB (REST, JAVA RPC)		SB (OpenFlow, Management via OVSDB and JSON) NB (REST)	SB (OpenFlow)
Routing	Yes	Yes	Yes	Yes
Traffic Engineering	Yes	Partial	Partial	Partial
Service Insertion/Chaining	Yes	Partial	Partial	No
Load Balancing	Yes	Partial	Partial	No
Network Monitoring	Yes	Yes	Yes	Partial
Modularity	High	Medium	Medium	Medium
TLS Support	Yes	Yes	Yes	Yes
Openstack Networking	Medium	Medium	High	Week
Open Source	Yes	Yes	Yes	Yes
GUI	Yes	Yes	Yes with RES via ryu.app.gui_topol ogy.gui_topology	No

Πίνακας σύγκρισης των SDN Controllers [15]

1.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης SDN

1. Παροχή ενός κεντρικού δικτύου

Ο τρόπος με τον οποίο έχει γίνει ο καθορισμός των δικτύων προσφέρει την δυνατότητα προβολής ολόκληρου του δικτύου, με αποτέλεσμα να γίνεται πιο εύκολη η παρακολούθηση όσων συμβαίνουν καθώς και η διαχείριση των υπηρεσιών που παρέχονται. Ως συνέπεια, παρατηρούμε όλο και περισσότερα virtual δίκτυα να γίνονται μέρος των αντίστοιχων φυσικών τους καθιστώντας τα σε μεγάλο βαθμό αλληλένδετα και αλληλοεξαρτώμενα. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η παροχή υπηρεσιών μπορεί να γίνει πολύ πιο γρήγορη, εντάσσοντας και την ευέλικτη κεντρική παροχή εικονικών και φυσικών δικτύων.

2. Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

Ένα ακόμα μεγάλο όφελος του SDN είναι οι εξοικονομήσεις που επιτυγχάνει σε λειτουργικό επίπεδο μέσα από τα οφέλη ενεργειών του όπως οι βελτιώσεις που έχουν γίνει στην χρήση των servers καθώς και η βελτίωση του ελέγχου του virtualization. Βέβαια, θεωρείται πως προς το παρόν δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί με ακρίβεια το ποσοστό εξοικονόμησης που παρέχει το SDN, ωστόσο αναμένεται με βεβαιότητα να προκύψει μείωση του λειτουργικού κόστους δεδομένου πως πολλές διαδικασίες που αφορούν την διαχείριση δικτύων έχουν τη δυνατότητα να αυτοματοποιηθούν.

3. Αφαίρεση πόρων cloud.

Όπως είναι γνωστό οι τεχνολογίες cloud computing συνεχώς αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγάλο βαθμό, και από ότι δείχνει η εξέλιξη τους έχουν έρθει για να μείνουν. Τι θα γίνει όμως αν όλοι αυτοί οι πόροι που χρησιμοποιούνταν αφαιρεθούν δίνοντας τη

θέση τους στο SDN; Τότε η ενοποίηση των πόρων του cloud θα γίνει πολύ πιο εύκολη. Ως αποτέλεσμα, η διαχείριση των συνιστωσών του δικτύου που σχηματίζουν μεγάλες πλατφόρμες κέντρων δεδομένων θα γίνεται από τον SDN Controller.

4. Εξοικονόμηση σε HW - Μειωμένες δαπάνες κεφαλαίου.

Αναφέρομαι σε ήδη υπάρχουσες συσκευές δικτύου οι οποίες με την χρήση του SDN αποκτούν και νέους ρόλους. Με λίγα λόγια, το SDN κάνει πιο εύκολη την βέλτιστη χρήση υλικού του εμπορίου, αφού το υπάρχον υλικό είναι δυνατόν να αποκτήσει νέο σκοπό μέσα από τις οδηγίες του SDN Controller. Ως αποτέλεσμα, το υλικό με χαμηλό κόστος μπορεί να αναπτυχθεί ώστε να έχει πιο σημαντικά αποτελέσματα, αφού πλέον οι νέες συσκευές λειτουργούν ως white box διακόπτες (δεν έχουν προεγκατεστημένο data plane), με όλη την γνώση που απαιτείται να προέρχεται κεντρικά από τον SDN Controller.

5. Βέβαιη παράδοση του περιεχομένου

Τελευταίο είναι το βασικότερο πλεονέκτημα του SDN και αυτό αφορά την δυνατότητα που έχει να ελέγχει και να διαμορφώνει κατάλληλα την ροή δεδομένων. Τα παραπάνω που περιγράφηκαν καθιστούν και ευκολότερη την εφαρμογή του QoS για το VoIP(Φωνή επί Διαδικτυακού Πρωτοκόλλου) και για την μεταφορά πολυμέσων. Η μετάδοση βίντεο σε υψηλή ποιότητα γίνεται πιο εύκολη λόγω της βελτίωσης στην ανταπόκριση του δικτύου που προκαλεί το SDN. [3][4]

Κεφάλαιο 2: Εφαρμογές του SDN

2.1 Εφαρμογές που θα μπορούσαν να βελτιωθούν χρησιμοποιώντας SDN

1. Υπηρεσίες ασφαλείας

Εξαιτίας του virtualization, πλέον υποστηρίζονται virtual υπηρεσίες σε επίπεδο δικτύου, με συνέπεια να είναι δυνατή η ενσωμάτωση λειτουργιών όπως το NFV. Όπως είναι κατανοητό όταν συμβαίνουν παραβιάσεις της ασφάλειας ενός δικτύου είναι πάρα πολύ σημαντικό να υπάρξει άμεση ανταπόκριση καθώς και να μπορεί να εντοπιστεί η προέλευση της επίθεσης. Αυτός είναι και ο λόγος που είναι επιθυμητό αυτό το είδος ασφάλειας δικτύου, αφού έχει την ικανότητα να μειώσει τον κίνδυνο και να ανταποκριθεί σε γρήγορο χρόνο σε ό,τι συμβεί, δεδομένου ότι με την πάροδο του χρόνου οι απειλές γίνονται όλο και πιο εξελιγμένες. Συνεπώς μέσα από την ενσωμάτωση ισχυρών υπηρεσιών ασφαλείας στο επίπεδο SDN, οδηγούμαστε στην δημιουργία ενός περιβάλλοντος ικανού να προλάβει και να αντιμετωπίσει τις απειλές ασφαλείας.

2. Παρακολούθηση και Νοημοσύνη Δικτύου

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε τι δεδομένα περνούν μέσα από το δίκτυο που διαχειριζόμαστε δεδομένης της πολυπλοκότητας των αρχιτεκτονικών δικτύου και της ικανότητας των SDN τεχνολογιών να

μπορούν να αφαιρούν από τα κέντρα δεδομένων το δίκτυο, είναι φανερό πόσο σημαντική είναι η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών σε συνδυασμό με την χρήση νοημοσύνης δικτύου και ενός επιπέδου παρακολούθησής του. Ως αποτέλεσμα θα είναι ευκολότερη η παρακολούθηση της κίνησης του δικτύου μεταξύ του κέντρου δεδομένων και του cloud.

3. Ενσωμάτωση Τεχνολογιών cloud - Έλεγχος Κατανεμημένων Εφαρμογών

Δεδομένων των δυνατοτήτων που μας παρέχει το SDN, είναι δυνατό το πέρασμα της κίνησης του δικτύου από το κέντρο δεδομένων σε διάφορες τοποθεσίες, ανεξαρτήτως αρχιτεκτονικής. Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η ικανότητα του δικτύου μας να μπορεί να επεκταθεί στο κέντρο δεδομένων, με αποτέλεσμα να ενσωματώνει το cloud και ολόκληρο το σύστημα. Ωστόσο δεν αναφερόμαστε αποκλειστικά στην ενσωμάτωση παρόχου καθώς με την χρήση APIs μπορούμε να ελέγχουμε και τις διάφορες υπηρεσίες δικτύου, ώστε να είναι εύκολη η διαχείριση των εργασιών.

4. Εφαρμογές υψηλών επιδόσεων

Μέσω του virtualization έχουμε φτάσει σε σημείο να ερχόμαστε αντιμέτωποι καθημερινά με νέες τεχνολογικά προηγμένες εφαρμογές, όπως το CAD, εφαρμογές δηλαδή γραφικών. Ωστόσο, δεν απαιτείται πλέον να έχουν δική τους σύνδεση και έτσι γίνεται “στριμάρισμα” ενώ το VDI από την πλευρά του μπορεί να δημιουργήσει δυνατές εμπειρίες για τους χρήστες desktop. Φανερή είναι η ύπαρξη SDN και στο επίπεδο δικτύου για τον έλεγχο των εφαρμογών, με αποτέλεσμα λειτουργίες όπως η δημιουργία πολιτικών QoS καθώς και η εξασφάλιση απόρρητων δεδομένων να μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά σε εφαρμογές υψηλών επιδόσεων στο πλαίσιο του SDN. [1]

2.2 Εφαρμογές με αρχιτεκτονική SDN^[7]

1. VMware NSX Network Virtualization and Security Platform

Το NSX ορίζεται από το SDN και παρέχει ένα καινούριο μοντέλο για δικτύωση που αποτελεί τη βάση του SDDC.

- Αυτό που κάνει είναι να επιτρέπει τη δημιουργία δικτύων σε λογισμικό και στη συνέχεια να τα ενσωματώνει στο επίπεδο του hypervisor, απαλλαγμένο από το φυσικό υλικό.
- Όλοι οι συντελεστές του δικτύου μπορούν να είναι διαθέσιμοι σε ελάχιστο χρόνο, χωρίς να απαιτείται να γίνει κάποια τροποποίηση της εφαρμογής για αυτό.

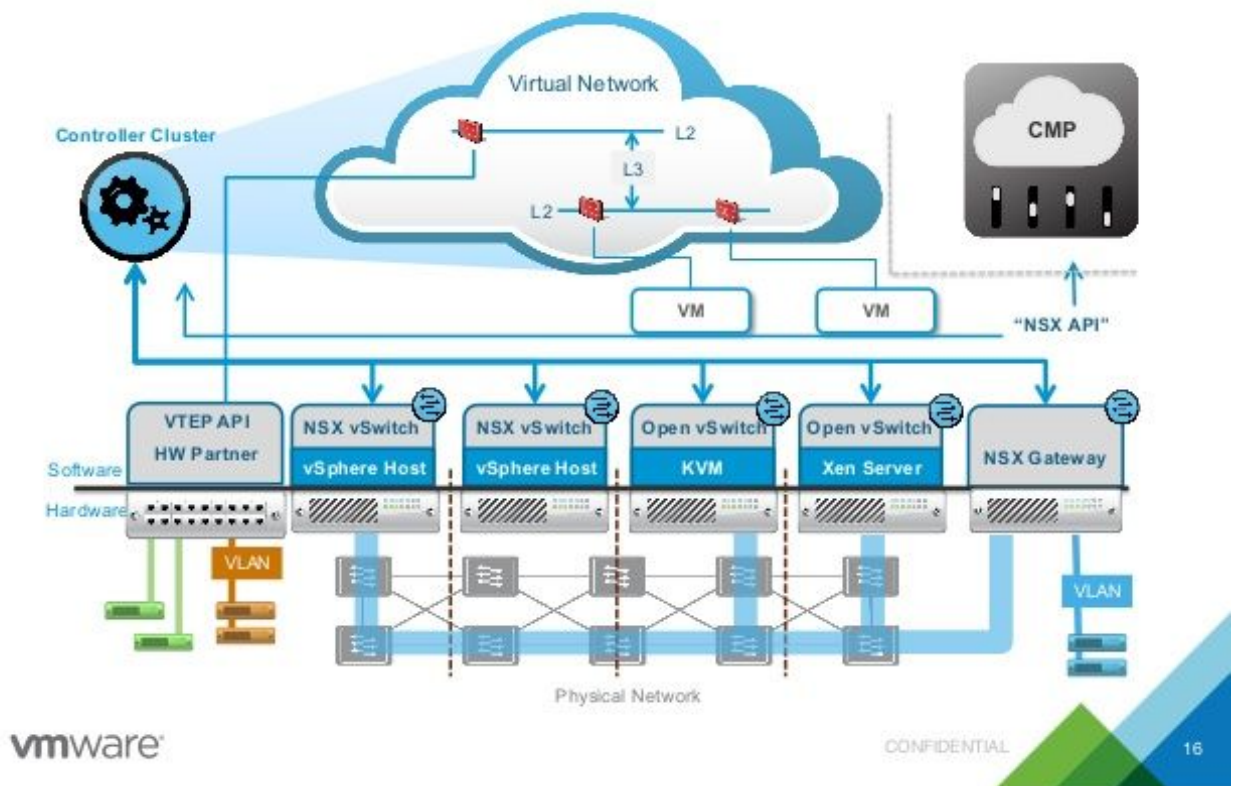
Σημαντικά χαρακτηριστικά του NSX

- Switching: Οι λογικοί διακόπτες NSX χρησιμοποιούν μοναδικά αναγνωριστικά δικτύου Virtual Extensible LAN (VXLAN) για να δημιουργήσουν μια λογική επέκταση επικάλυψης για το δίκτυο L2, με την οποία οι εφαρμογές και τα Virtual Machines (VM) μπορούν στη συνέχεια να συνδεθούν λογικά. Έτσι είναι δυνατή μεγαλύτερη ευελιξία και πιο γρήγορη ανάπτυξη, ενώ παράλληλα διαθέτουν τα χαρακτηριστικά ενός εικονικού LAN, δίχως τα μειονεκτήματά του.

- Routing: Το NSX εκτελεί δρομολόγηση χρησιμοποιώντας και τους δύο κατανεμημένους δρομολογητές, που δημιουργούν διαδρομές ανάμεσα στα εικονικά δίκτυα που βρίσκονται στον πυρήνα του hypervisor και των φυσικών δρομολογητών για scale-out δρομολόγηση.
- Distributed firewalling: Όταν αναφερόμαστε στο κατανεμημένο τείχος προστασίας του NSX, ουσιαστικά μιλάμε για ένα ενσωματωμένο στον πυρήνα τείχος προστασίας. Πολιτικές τείχους προστασίας μπορούν να δημιουργηθούν και από τον admin ενός δικτύου ώστε να επιβληθούν στο επίπεδο του vNIC και κατά συνέπεια να οδηγήσουν σε αύξηση της διαφάνειας και του ελέγχου των εικονικών δικτύων.
- Load Balancing: Η NSX προκειμένου να βελτιώσει την διαθεσιμότητα και προσαρμοστικότητα των εφαρμογών, στα L4-L7 διαθέτει εξισορρόπηση του φόρτου η οποία προσφέρει μετάφραση και διαχείριση της κυκλοφορίας του δικτύου. Η λειτουργία εξισορρόπησης φορτίου NSX υποστηρίζει SSL για τους ελέγχους του server. Η εξισορρόπηση φορτίου με βάση τα πακέτα που έρχονται και την αποστολή τους σε κάποιον συγκεκριμένο εξυπηρετητή γίνεται από τον εξισορροπητή φορτίου L4. Από την άλλη ο εξισορροπητής L7 βασίζει την εργασία του σε sockets, δημιουργώντας συνδέσεις μεταξύ πελάτη και server για μοναδικό αίτημα.
- Virtual Private Network (VPN): Το NSX προσφέρει και δυνατότητες VPN για απομακρυσμένη πρόσβαση και μη διευθυνσιοδοτημένο VPN για υπηρεσίες cloud.

- NSX Edge Gateway: Πρόκειται για ένα VM που αναπαριστά ένα μηχάνημα που εκτελεί δρομολόγηση L3, προστασία τείχους, εξισορρόπηση φορτίου και διάφορα άλλα. Επιπλέον αυτή η λειτουργία υποστηρίζει και σύνδεση VXLAN σε VLAN.
- Λειτουργίες: Στις δυνατότητες που έχει περιλαμβάνονται: Switch Port Analyzer (SPAN), εξαγωγή πληροφοριών ροής IP (IPFIX), Διαχείριση κανόνων εφαρμογής (ARM) και ενσωμάτωση με το VMware vRealize Suite για προληπτική παρακολούθηση, ανάλυση και αντιμετώπιση των προβλημάτων. [6][24]

VMware NSX architectural overview



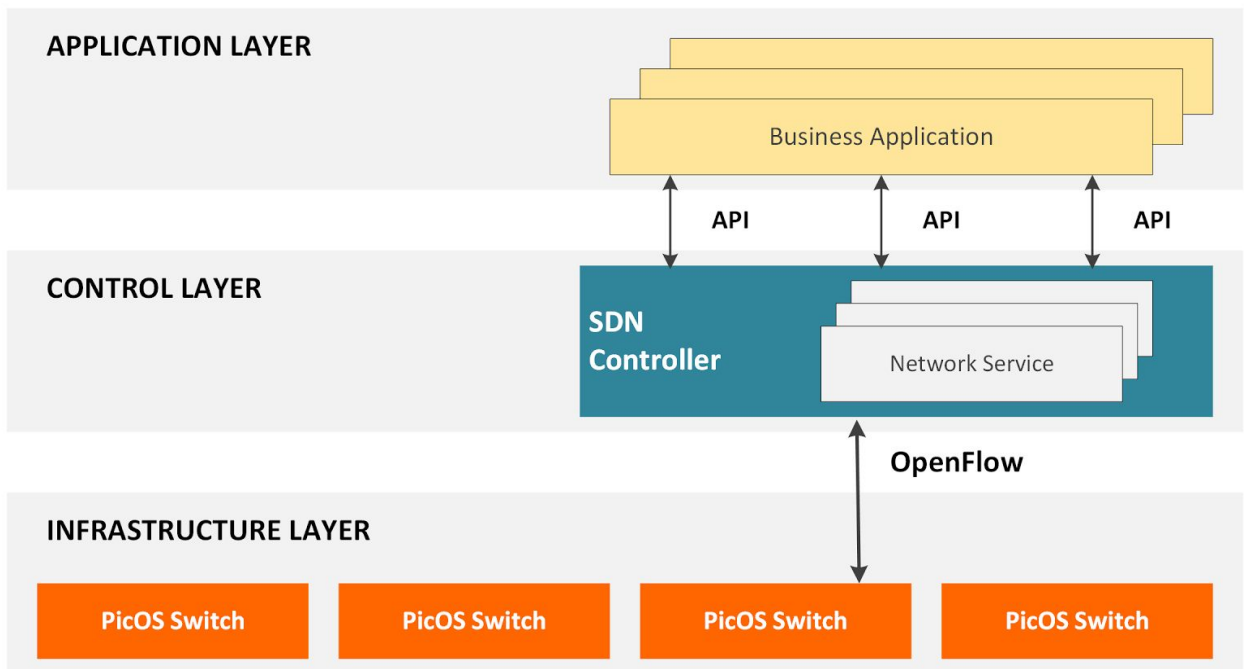
[25]

2. Pica8

Το Pica8 πρόκειται για ένα open-source project στο επίπεδο του controller που χρησιμοποιεί πρωτοβουλίες ελέγχου όπως οι Ryu και NOX, και κάθε φορά επιλέγει τον κατάλληλο ελεγκτή ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.

Το Pica8 διαθέτει λειτουργικό σύστημα το PicOS, μας δίνει την δυνατότητα να κατασκευάσουμε πιο ευέλικτα και προγραμματιζόμενα δίκτυα παγκοσμίως χρησιμοποιώντας white-box switches, SDN και OpenFlow. Χρησιμοποιώντας το PicOS, οι πελάτες του μπορούν να προσαρμόσουν ένα δίκτυο ώστε να έχει ακόμα περισσότερες δυνατότητες όπως hybrid cloud, αποκατάσταση από βλάβες καθώς και σωστή παράδοση του περιεχομένου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω υποστηρίζει OpenFlow 1.3 μέσω της ενσωμάτωσης του Open vSwitch (OVS) v1.9. Ο διακόπτης αυτός λειτουργεί ως διαδικασία μέσα στο λειτουργικό μας σύστημα και παρέχει τη διασύνδεση OpenFlow. Επίσης, προκειμένου να μην αχρηστεύονται τα ήδη υπάρχοντα εργαλεία που χρησιμοποιούσαν οι πελάτες τους παρουσιάζει το Debian Linux.

Αυτό που κάνει το PicOS είναι να επιτρέπει την ολοκλήρωση με εφαρμογές εντός του οικοσυστήματος SDN, καθιστώντας τον διακόπτη που έχει δυνατότητες PicOS την ιδανική πλατφόρμα για την κατασκευή μιας λύσης SDN. [8]



[26]

3. Plexxi

Αυτό που ουσιαστικά κάνει το Plexxi είναι να κάνει πιο εύκολη την επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων που ανήκουν σε ένα δίκτυο και έχουν ως σκοπό την συνεργασία. Σύμφωνα με το Plexxi ένα affinity δίκτυο ορίζεται ως: μια συλλογή από πόρους, όπως περιπτώσεις φόρτου εργασίας ή μέλη ενός εικονικού δικτύου, μεταξύ των οποίων υπάρχει κάποια σχέση..

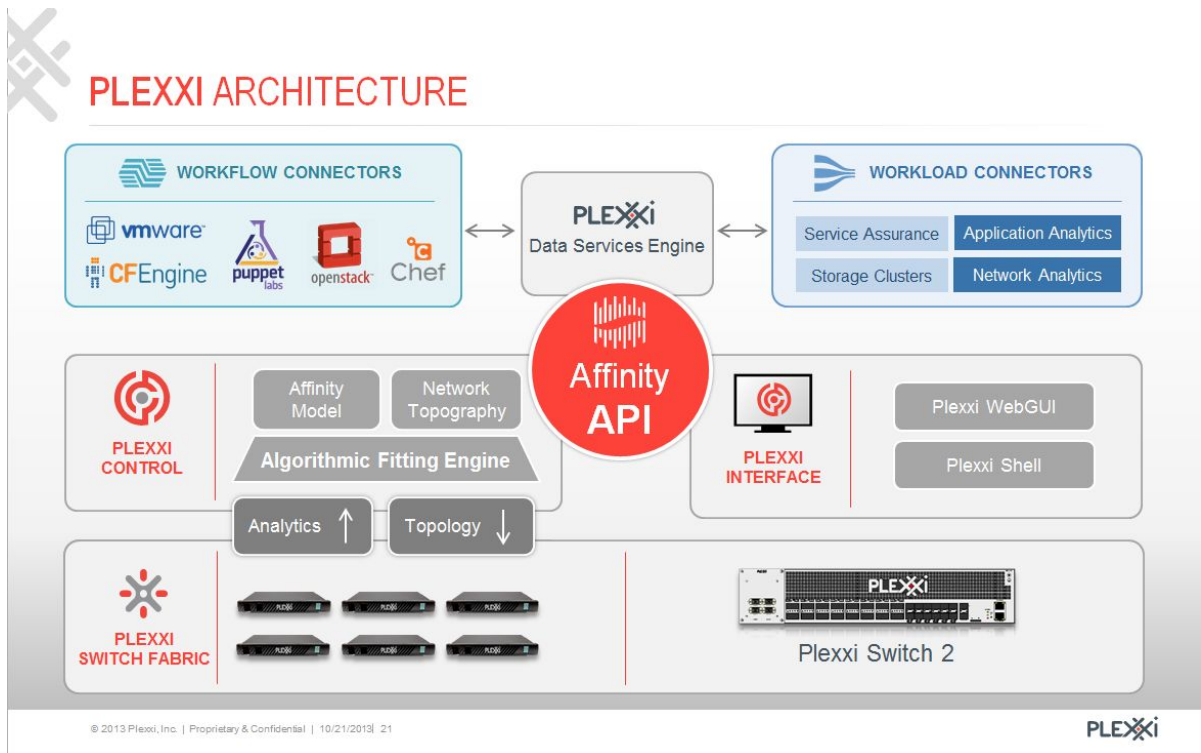
Αυτό που κάνει η αρχιτεκτονική Plexxi SDN είναι να διαχωρίζει το επίπεδο ελέγχου σε αυτό των μεμονωμένων διακοπών και ενός κεντρικού controller, περιλαμβάνοντας μια πιο ανεπτυγμένη διασύνδεση που δείχνει την αφαίρεση δικτύου σε ό,τι αφορά τα συστήματα ενορχήστρωση και τις εφαρμογές. Το Plexxi μέσω της SDN

τεχνολογίας χρησιμοποιεί πολυπλεξία διαίρεσης μήκους κύματος (WDM) εντός του κέντρου δεδομένων με σκοπό να δίνει τη δυνατότητα στις εφαρμογές να ζητούν τους απαιτούμενους πόρους , μέχρι το φυσικό επίπεδο του δικτύου μας. Η χρήση του WDM μεταξύ των διακοπών καθιστά δυνατή τη δυναμική κατανομή του εύρους ζώνης μεταξύ των διακοπών του Plexxi χρησιμοποιώντας διαφορετικά φάσματα φωτός.

Οι τεχνολογίες Plexxi

- Ο Plexxi Control, είναι ένας SDN controller που εκτελεί εργασίες οι οποίες δεν απαιτούν real-time υπολογισμούς στη ροή των δεδομένων, όπως είναι ο προγραμματισμός και η βελτιστοποίηση, ενώ επίσης αποτελεί και στοιχείο ελέγχου που προσφέρει επεκτασιμότητα και ελαστικότητα. Κάθε διακόπτης Plexxi έχει κάποιο δικό του στοιχείο ελέγχου που αυτό που κάνει είναι να επεξεργάζεται τα δεδομένα για την προώθησή τους σε πραγματικό χρόνο.
- Ο Plexxi Switch 1, είναι ένας διακόπτης top-of-rack με θύρες 32x10 Gigabit Ethernet (GbE) και θύρες 4x40 GbE που αποτελεί το φυσικό επίπεδο του προϊόντος. Η μορφή του είναι παρόμοια με αυτή των top-of-rack συμβατικών συσκευών με μία μόνο διαφορά: έχει δύο οπτικές θύρες διασύνδεσης που λειτουργούν με την τεχνολογία WDM της Plexxi με σκοπό να γίνεται δυναμική κατανομή του εύρους ζώνης μέσω του σχηματισμού ενός δακτυλίου ινών.

- Το Plexxi παρέχει δύο βασικά API. Το Workload Affinity API το οποίο επιτρέπει σε εξωτερικά συστήματα, αναλυτικά μηχανήματα και επικαλύψεις δικτύου να επικοινωνούν με το Plexxi Control και το Network Orchestration API που επιτρέπει στο Plexxi Control να λαμβάνει πληροφορίες και να τις μετατρέπει σε οδηγίες πάνω στο πώς μπορεί το δίκτυο να τις ικανοποιήσει [27][9]



[28]

4.IBM SDN VE

Σε ό,τι αφορά τις επιχειρήσεις και τα δίκτυα που χρησιμοποιούν παρατηρείται ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη εξέλιξη, με αποτέλεσμα να μην είναι προσαρμόσιμες ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τις αλλαγές που συμβαίνουν στους τεχνολογικούς τομείς, όπως το hybrid cloud και το ITaaS που πλέον αποτελούν θεμελιώδεις αρχές στον σύγχρονο ψηφιακό κόσμο.

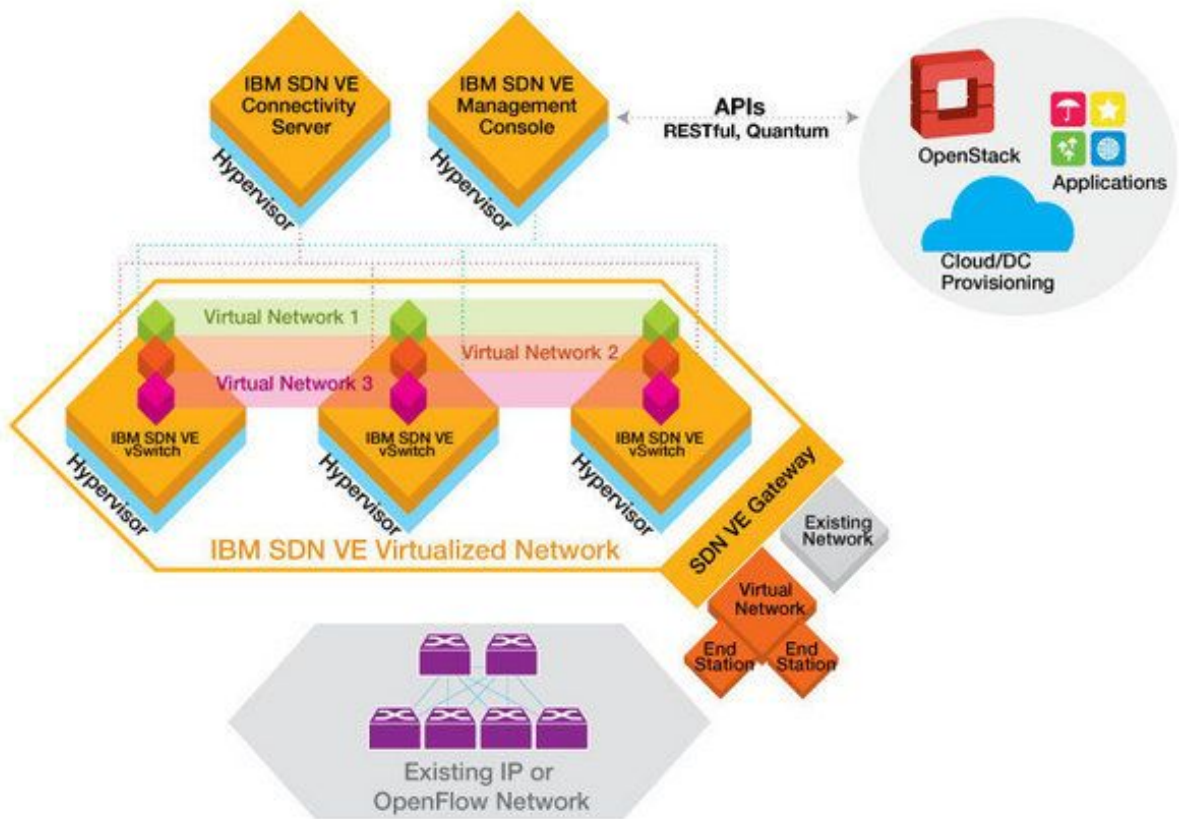
Οι Υπηρεσίες Δικτύου της IBM για το SDN μπορούν να βοηθήσουν στην μετατροπή του υλικού και του device-centric δικτύου σε virtual δίκτυο που διαμορφώνεται μέσω λογισμικού για μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα, ευελιξία και εξοικονόμηση οικονομικών πόρων.

Η IBM δημιουργεί το λογισμικό που ορίζει το εικονικό δίκτυο, που είναι αποκομμένο από το φυσικό δίκτυο και το υλικό του κεντρικού server, το οποίο δημιουργείται μέσα στο εικονικό περιβάλλον για εικονικά μηχανήματα.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η λύση είναι τα ακόλουθα:

- Τα εικονικά δίκτυα μπορούν να δημιουργηθούν χωρίς να απαιτούνται οποιουδήποτε είδους μετατροπές στο υπάρχον δίκτυο.
- Από τη στιγμή, που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δεν χρειάζεται να αλλάξει το φυσικό δίκτυο, μπορεί να συνδεθεί μία φορά.
- Είναι δυνατόν να γίνει απλοποίηση και βελτιστοποίηση της διαχείρισης του δικτύου καθώς και της ροής.

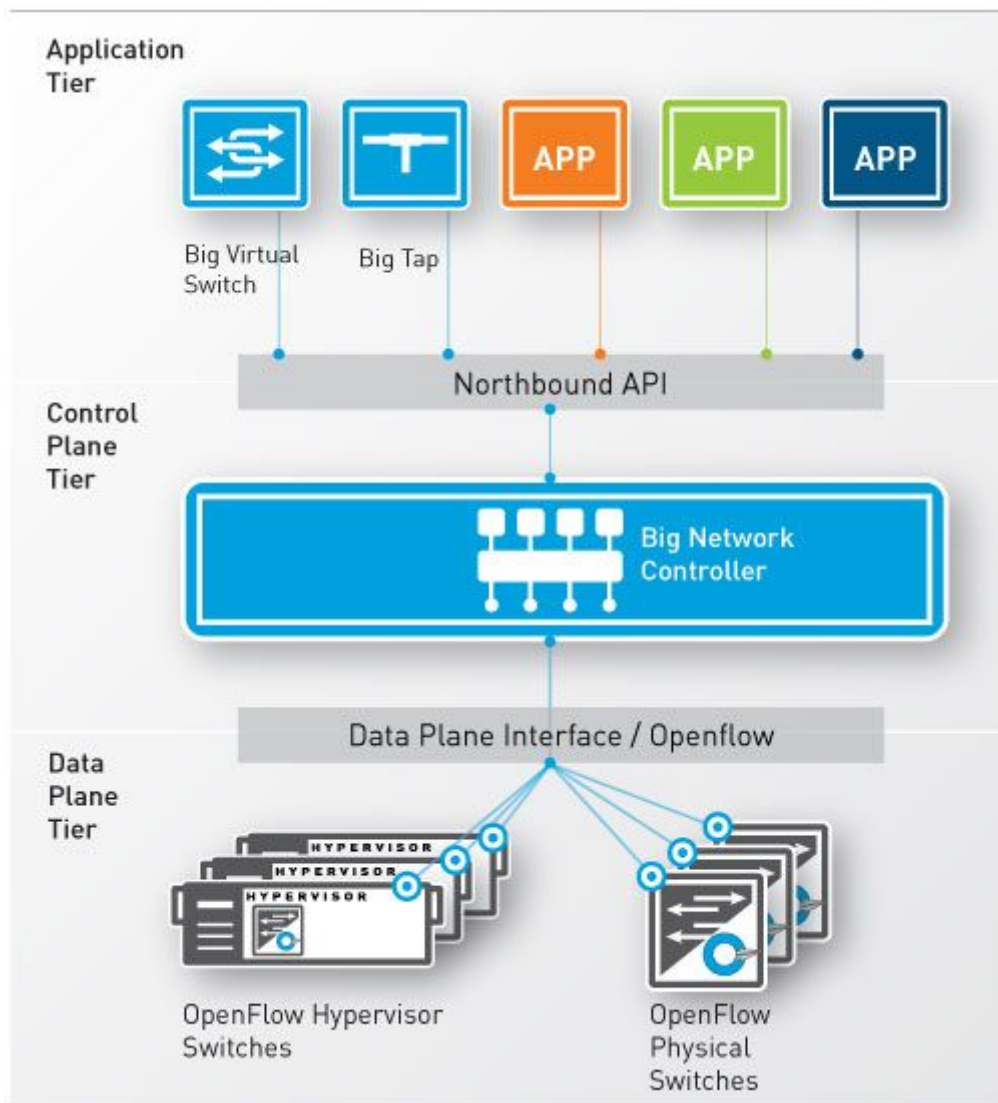
- Μπορεί να γίνει επαναχρησιμοποίηση των διευθύνσεων IP και MAC, επιτρέποντας πολλαπλές χρήσεις. [11]



[29]

5. BIG Switch

Πρόκειται για έναν εμπορικό OpenFlow SDN ελεγκτή ο οποίος βασίζεται στο Project Floodlight, που αποτελεί θεμέλιο για τα Open SDN, παρέχοντας νοημοσύνη δικτύων, προσαρμοστικότητα της επιχείρησης και υψηλή διαθεσιμότητα. Όταν γίνεται συνδυασμός του με ανοιχτά και δημοσιευμένα APIs, ο Big Network Controller παρέχει μια ευέλικτη πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών δικτύου. Τέλος, χρησιμοποιεί πρότυπα πρωτόκολλα, όπως το OpenFlow, προκειμένου να δημιουργήσει ένα καθολικό μοντέλο δεδομένων για τα στοιχεία δικτύου στο επίπεδο δεδομένων. [10]



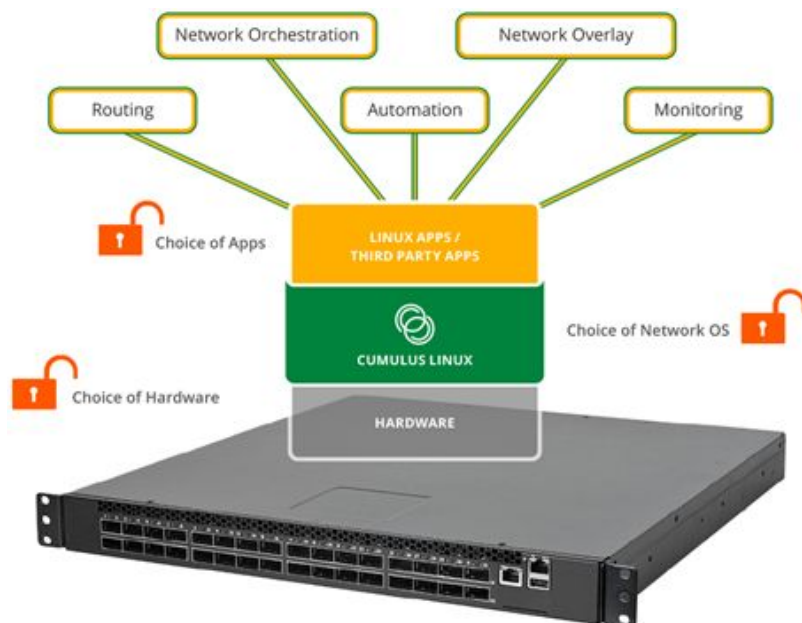
[10]

2.3 White Box Switches

Οι διακόπτες white-box είναι ένα υποσύνολο του SDN και είναι σαν διακομιστές white-box, προσφέροντας χαμηλό κόστος. Ωστόσο, δεν αναμένεται να έχουν τα ίδια περίπλοκα χαρακτηριστικά και λειτουργίες με αυτά των black-box διακοπών, επειδή λειτουργούν σε SDN περιβάλλον στο οποίο όπως γνωρίζουμε όλες οι αποφάσεις λαμβάνονται κεντρικά για όλους τους διακόπτες.

- Οφέλη από τους διακόπτες λευκού κουτιού

Όσοι προτιμούν τους white-box διακόπτες υποστηρίζουν ότι το ενσωματωμένο μοντέλο διακόπτη Ethernet θα αντικατασταθεί από διακόπτες εμπορευμάτων χαμηλού περιθωρίου. Οι white-box διακόπτες κοστίζουν σημαντικά λιγότερο από τους ισοδύναμης ταχύτητας διακόπτες που είναι γνωστής μάρκας.[16]



[17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: SDN ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ

3.1 SDN για ασύρματα δίκτυα

Το SDN έχει ερευνηθεί στο πλαίσιο των δικτύων επιχειρήσεων, καθώς και κέντρων δεδομένων που αναπτύσσονται όλο και περισσότερο σε αυτόν τον χώρο. Τα ασύρματα δίκτυα που δεν έχουν μελετηθεί αρκετά σε αυτό το κομμάτι, εισάγουν μια σειρά νέων προκλήσεων σε ένα πλαίσιο SDN. Παρακάτω παρατίθενται όλες οι προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπιστούν.

1) Ασύρματο μέσο:

Το ασύρματο δίκτυο διαθέτει μοναδικά χαρακτηριστικά όπως το ότι είναι επιρρεπές σε σφάλματα, έχει την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης χώρου, ενώ επίσης έχει και κάποια πιο σύνθετα χαρακτηριστικά τεχνικής φύσης όπως τα κρυφά αλλά και τα φανερά προβλήματα που εντοπίζονται στα τερματικά. Συνεπώς, παρατηρείται ότι τα ασύρματα δίκτυα χαρακτηρίζονται κατά κύριο λόγο από περιορισμένο εύρος ζώνης που μπορεί να διατεθεί, αρκετά συχνές και μη προβλέψιμες αλλαγές στην ποιότητα σύνδεσης καθώς και την τοπολογία του δικτύου. Απαιτείται μία λεπτομερής και συνολική εικόνα της κατάστασης που επικρατεί στο δίκτυο, πράγμα δύσκολο δεδομένης της δυναμικής φύσης του δικτύου, ώστε να γίνει σωστή κατανομή των πόρων και να διαχειριστούν σωστά οι διάφορες παρεμβάσεις.

2) Επεκτεινόμενη λειτουργικότητα του επιπέδου δεδομένων:

Σε αντίθεση με τα ενσύρματα δίκτυα, στο ασύρματο μπορεί να γίνει διαχείριση στο επίπεδο δεδομένων που παρέχει λειτουργικότητα. Σε ορισμένα ασύρματα δίκτυα, είναι πολύ σημαντική και η επεξεργασία εντός του δικτύου. Στο περιβάλλον SDN, προκειμένου να επιτραπεί ο σωστός έλεγχος των μηχανισμών επιπέδου πρέπει να προβάλλονται νέες διεπαφές αφού όπως ξέρουμε ένας ελεγκτής διαχειρίζεται το επίπεδο δεδομένων. Συνεπώς εκτός από την μορφοποίηση του επιπέδου των δεδομένων, οι ραδιοσυχνότητες που καθορίζονται από το λογισμικό (SDR) επιτρέπουν από την αρχή τον εξ'ολοκλήρου προγραμματισμό του επιπέδου δεδομένων, προκαλώντας νέα ερωτήματα για το πώς μπορεί να ενσωματωθεί στο SDN.

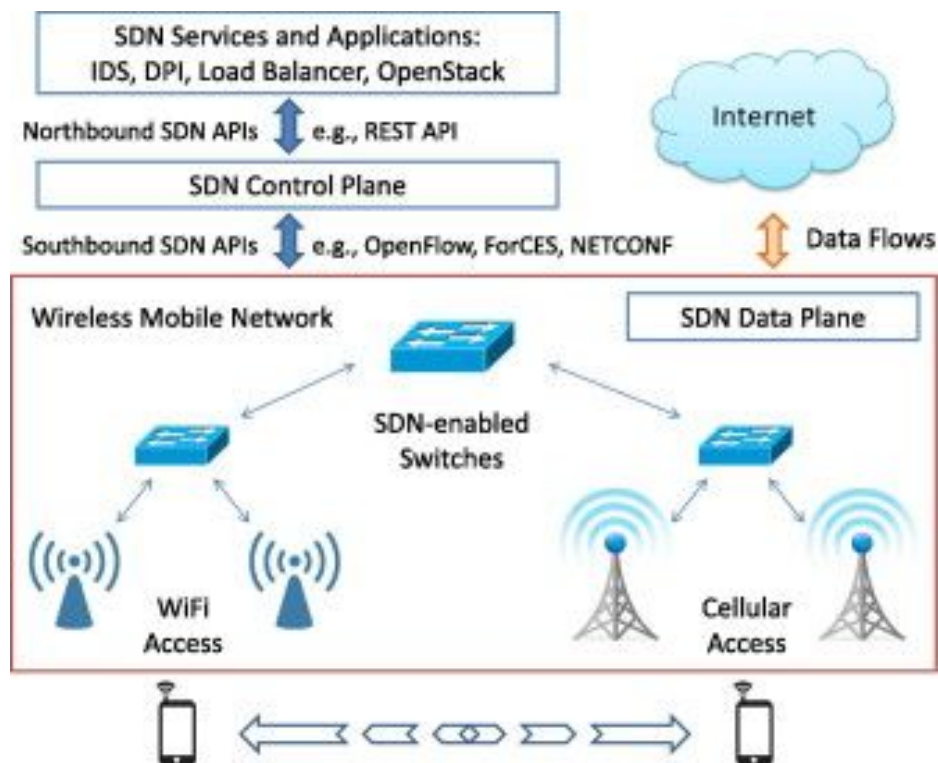
3) Υποστήριξη του Δικτύου:

Μια ακόμα πρόκληση που θα προστεθεί στο ζήτημα δημιουργίας SDN ασύρματου δικτύου είναι ο τρόπος που θα γίνει η υλοποίησή του. Δεδομένης της πολύπλοκης φύσης της παρεμβολής μέσα σε ένα κανάλι και γνωρίζοντας πόσο δύσκολο είναι να μοιράζεται ένα κανάλι μεταξύ δύο slices, είναι προτιμότερο να έχουμε πολλά ξεχωριστά κανάλια για κάθε ένα. Θεωρούμε πως τα ετερογενή δίκτυα δεν θα αντιμετωπίζουν πρόβλημα και θα υποστηρίζονται αποτελεσματικά μέσα από τον τεμαχισμό σε δίκτυα.

4) Πολύ δυναμική δομή:

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα το ασύρματο περιβάλλον είναι δυναμικής φύσης με αποτέλεσμα να συμβαίνουν συνεχώς αλλαγές στις συνθήκες του με αποτέλεσμα κάποιες φορές να απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι αυτές να εντοπιστούν από τον ελεγκτή. Επιπλέον, κάποιες από

τις αλλαγές (π.χ. αποτυχία σύνδεσης σε δίκτυα αισθητήρων) είναι τοπικές, διότι δεν απαιτούν κανένα συντονισμό από το σύνολο. [P1]



[13]

3.2 SDN για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

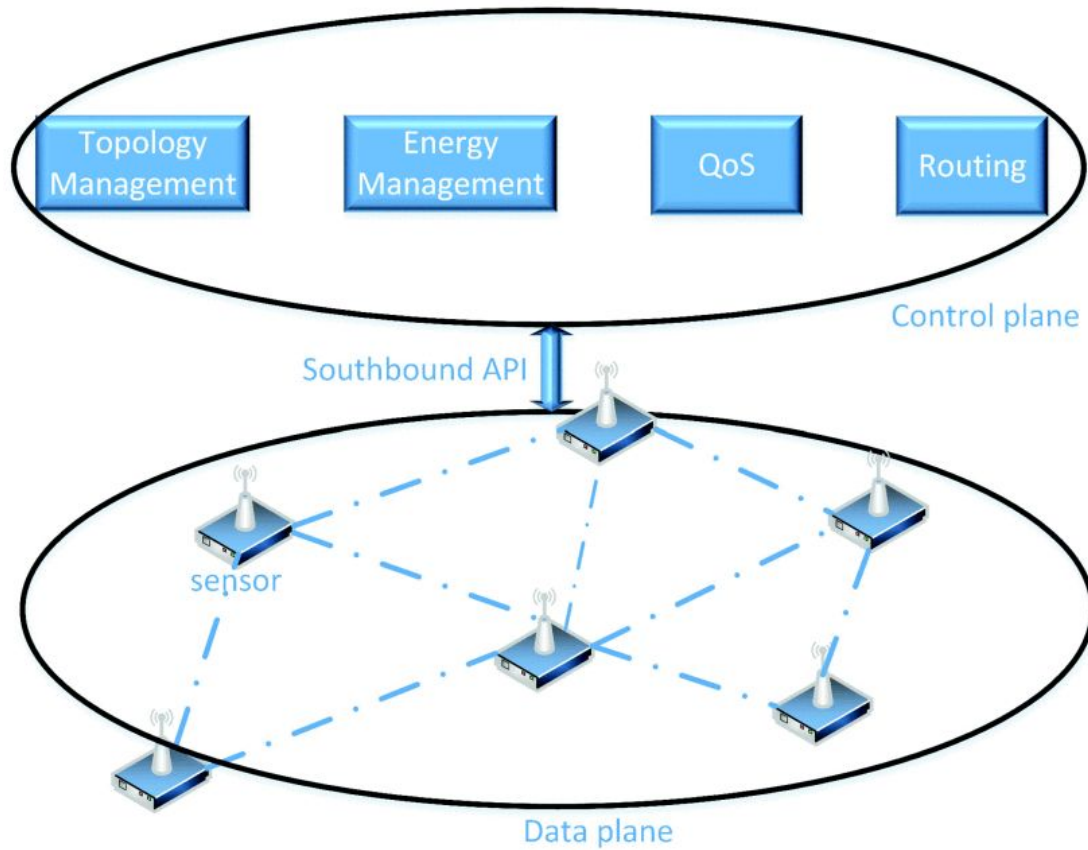
Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSNs) διαφέρουν σημαντικά από τα WCN σε ό,τι αφορά την αρχιτεκτονική δικτύου, τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και τους στόχους του σχεδιασμού τους. Παρακάτω παρουσιάζονται οι προκλήσεις σε ένα WSN και πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το SDN για την αντιμετώπισή τους.

Τα δίκτυα αισθητήρων ασύρματης επικοινωνίας αποτελούνται συνήθως από ένα σύνολο αισθητήρων που έχουν ως σκοπό να κάνουν κάποια καταμέτρηση και παράλληλα μας βοηθούν να έχουμε μία πιο λεπτομερή και ακριβή άποψη για αυτά που συμβαίνουν γύρω μας. Λόγω της ανάγκης για διαρκή λειτουργία και της χρήσης μπαταριών το ζήτημα της ενεργειακής απόδοσης είναι από τα κρίσιμα. Εξαιτίας λοιπόν της έμφασης που δίνεται στο παραπάνω, συχνά δεν λαμβάνουμε αποτελεσματική απόδοση στο δίκτυό μας.

Η κάλυψη και η διαχείριση τοπολογίας είναι μια άλλη πρόκληση στην WSN: πώς να έχουμε μια συνδεδεμένη τοπολογία που να καλύπτει την περιοχή της έρευνάς μας. Η περιορισμένη ενέργεια που διαθέτουμε καθώς και οι περιβαλλοντικές προκλήσεις δημιουργούν την ανάγκη για τοπολογία πολλαπλών οθονών στις περισσότερες περιπτώσεις. Συχνά παρατηρούνται σοβαρά σφάλματα στην μετάδοση διαφόρων πακέτων στην ασύρματη επικοινωνία και γιαυτό το λόγο απομακρυσμένοι αισθητήρες πρέπει να εξελίσσονται προκειμένου να βελτιωθεί η κάλυψη και η τοπολογία, έχοντας υπόψη όμως πως κάτι τέτοιο περιπλέκει τα πρωτόκολλα.

Κάποιες φορές τα δίκτυα αισθητήρων είναι πολύ εξειδικευμένα για κάθε εφαρμογή ενώ επίσης κάποιες φορές για μία λειτουργία γίνεται εκτέλεση πολλών εφαρμογών μέσα στο δίκτυο. Σε αυτές τις λειτουργίες απαιτείται αποτελεσματική υποστήριξη πολλαπλών εφαρμογών. Επίσης, συχνά οι κόμβοι αισθητήρων απαιτούν πολλές συνιστώσες ανίχνευσης όπως υπερηχητική ή θερμοκρασία. Ωστόσο, τελικά απαιτούνται και

αποτελεσματικές αφαιρέσεις προκειμένου να καταφέρουν να υποστηρίξουν περιβάλλοντα πολλαπλών εφαρμογών. [P1]



[P1]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημοσιεύσεις:

[P1] Wireless Software Defined Networking: A Survey and Taxonomy -

Israat Tanzeena Haque , Nael Abu-Ghazaleh

Βιβλία:

Software Defined Networks - Thomas D. Nadeau & Ken Gray

URLs:

1. <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2016/03/31/top-five-apps-and-services-that-can-benefit-from-sdn>

2. <https://www.howtoforge.com/tutorial/software-defined-networking-sdn-architecture-and-role-of-openflow/>

3. <http://www.ingrammicroadvisor.com/data-center/7-advantages-of-software-defined-networking>

4. <https://www.rcrwireless.com/20170801/sdn/seven-advantages-of-sdn-tag27-tag99>

5. <https://www.opennetworking.org/sdn-definition/>

6. <https://www.vmware.com/products/nsx.html>

7. <https://www.networkcomputing.com/networking/10-software-defined-networking-architectures/592424659>

8. <http://www.pica8.com/what-we-do/>

9. <http://www.plexxi.com/>

10. <https://www.bigswitch.com/products/SDN-Controller>
11. <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/software-defined-networking>
12. <https://www.sdxcentral.com/sdn/definitions/sdn-controllers/sdn-controllers-comprehensive-list/>
13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128614001133>
14. <http://showipprotocols.blogspot.gr/2014/06/northbound-southbound-and-eastwestbound.html>
15. <http://weblogs.com.pk/jahil/archive/2017/05/19/sdn-controllers-comparison-with-hands-on-labs.aspx>
16. <http://searchsdn.techtarget.com/tip/White-box-switches-Understanding-the-basics>
17. <http://www.fiber-optic-tutorial.com/data-centers-say-hello-to-white-box-switch.html>
19. <https://www.sdxcentral.com/sdn/definitions/north-bound-interfaces-api/>
20. <https://www.sdxcentral.com/sdn/definitions/southbound-interface-api/>
21. <http://searchsdn.techtarget.com/news/2240225732/Five-must-know-open-source-SDN-controllers>
22. <https://www.opennetworking.org/platforms/onos/>
23. <http://searchsdn.techtarget.com/definition/Trema>
24. <http://searchvmware.techtarget.com/definition/VMware-NSX>
25. <https://itsaurus.wordpress.com/2016/06/08/vmware-nsx-architecture/>
26. <http://www.pica8.com/document/v2.6/html/openflow-tutorials/>
27. <http://searchsdn.techtarget.com/definition/Plexxi>
28. <https://www.slideshare.net/Plexxi/plexxi-switch-2>

29.

<https://www.networkcomputing.com/networking/10-software-defined-networking-architectures/592424659>