

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGEMENT

Ανωνυμία, Σύγκλιση Επικοινωνιών - Anonymity, Convergence of Communication Networks

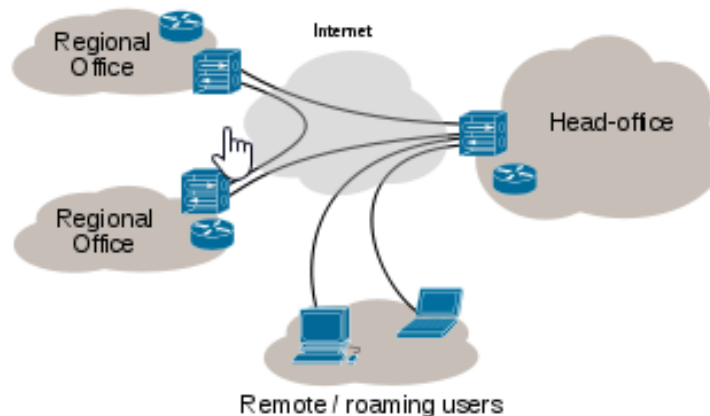
- (i) Υπερκείμενα Δίκτυα σε Κοινόχρηστες Υποκείμενες Υποδομές -
VPN Overlays over Common Substrate Infrastructures
- (ii) Ανωνυμία, Πρωτόκολλα Tor (The Onion Router), Deep & Dark Web
- (iii) Ενοποιημένη Διαχείριση Ευφυών Προγραμματιζόμενων Δικτύων
- Integrated Management of Smart Programmable Networking
- (iv) Σύγκλιση Επικοινωνιών - Fixed Mobile Convergence

B. Μάγκλαρης
maglaris@netmode.ntua.gr
www.netmode.ntua.gr

15/12/2025

ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΙΔΙΩΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Virtual Private Networks – VPNs



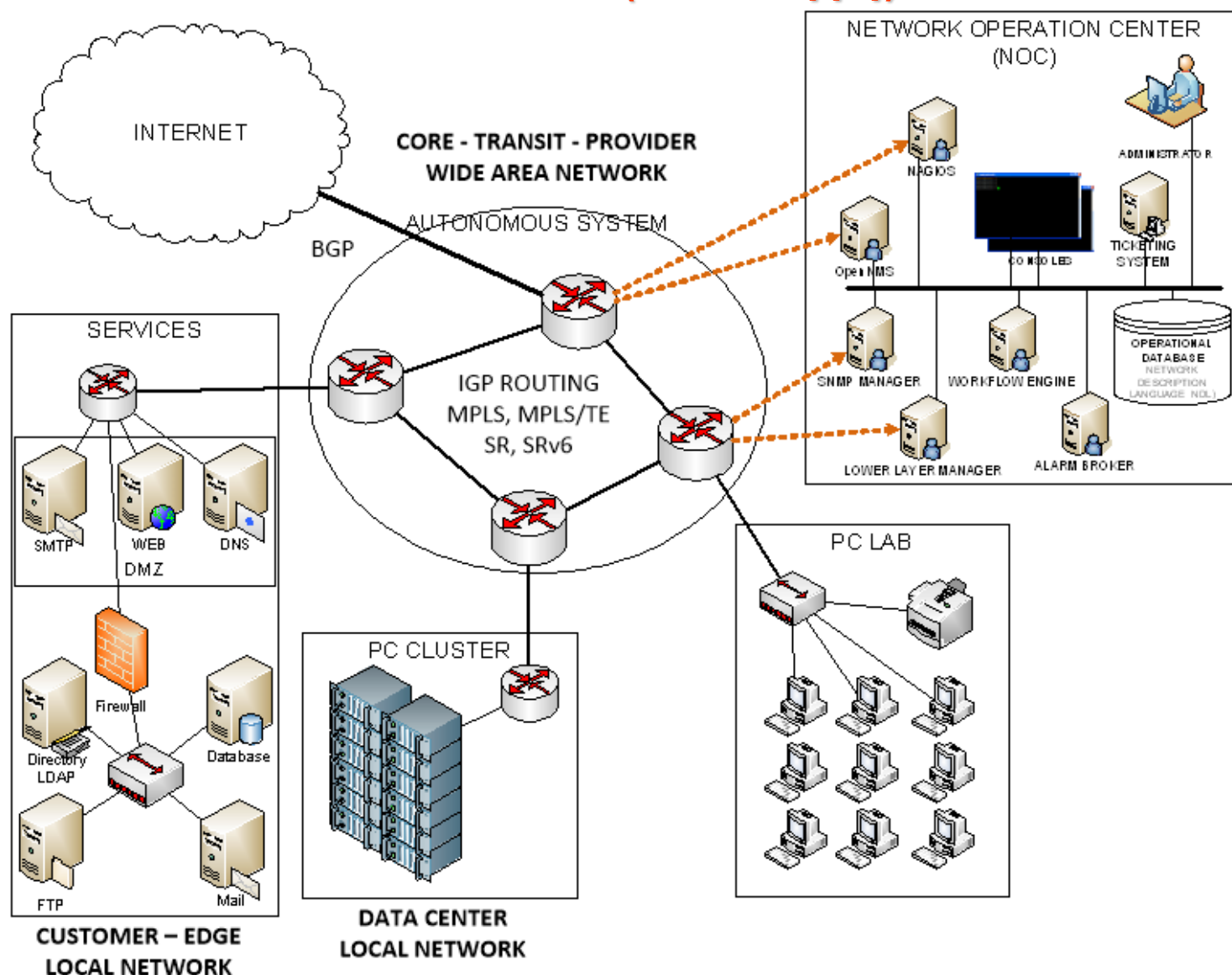
https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_private_network

Με τα **VPNs** χρήστες κοινών καταμετρημένων πόρων δημιουργούν απομονωμένες **ιδιωτικές** υποδομές (**Overlay Networks - Υπερκείμενα Δίκτυα**) πάνω σε κοινές υποδομές (**Substrate Networks - Υποκείμενα Δίκτυα**) π.χ. εταιρικά δίκτυα **Intranet/Extranet** πάνω από **δημόσια** δίκτυα όπως το **Internet** ή δίκτυο μακράς αποστάσεως (**Wide Area Network - WAN**) ενός **ISP** αρχιτεκτονικής **IP/MPLS** ή νησίδες **Segment Routing** μεταξύ **Enterprise Local Area Networks - LANs & Data Centers** σε αυτόνομες κοινότητες χρηστών, διασφαλίζοντας:

- Απομόνωση από άλλες κοινότητες π.χ. μέσω ενθυλάκωσης πακέτων του VPN (μαζί με τους ιδιωτικούς headers) σε πακέτα συμβατά με πρωτόκολλα κοινόχρηστων **substrate (tunneling)**
- Διαχείριση δικτυακών πόρων & υπηρεσιών ανά VPN:
 - Επέκταση πεδίου διευθύνσεων **VLAN tags** ή **IP** σε απομακρυσμένες νησίδες ενός VPN
 - Δρομολόγηση με περιορισμούς ασφαλείας και διαμοιρασμού φορτίου – **traffic engineering**
 - Ασφαλής μετάδοση και σηματοδότηση όπως σε αυστηρά ελεγχόμενο τοπικό δίκτυο (LAN)

ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

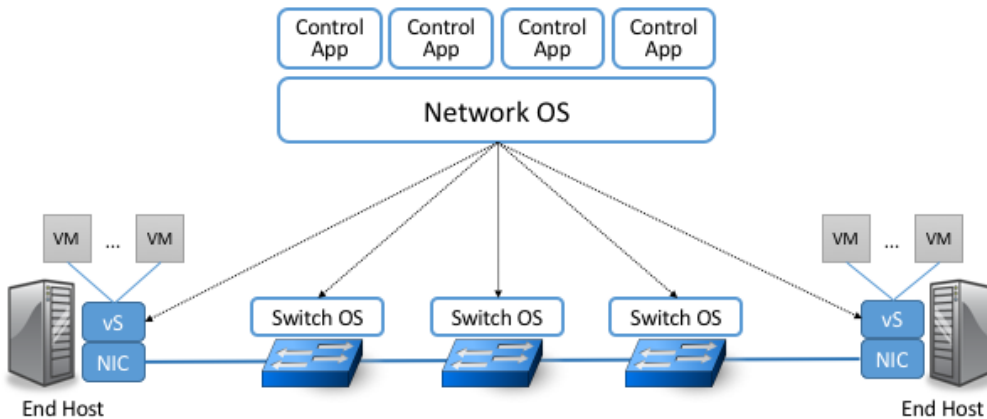
Integrated Management of a Distributed Internet-based Infrastructure (επανάληψη)



ΕΝΟΠΙΗΜΕΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ Software-Defined Network

SDN Software Stack - Peterson et.al. Ch. 3 (επανάληψη)

<https://sdn.systemsapproach.org/arch.html>



SDN End-to-End Perspective

end-host/VM → virtual Switch (vS) → transit Switches → vS → end-host/VM

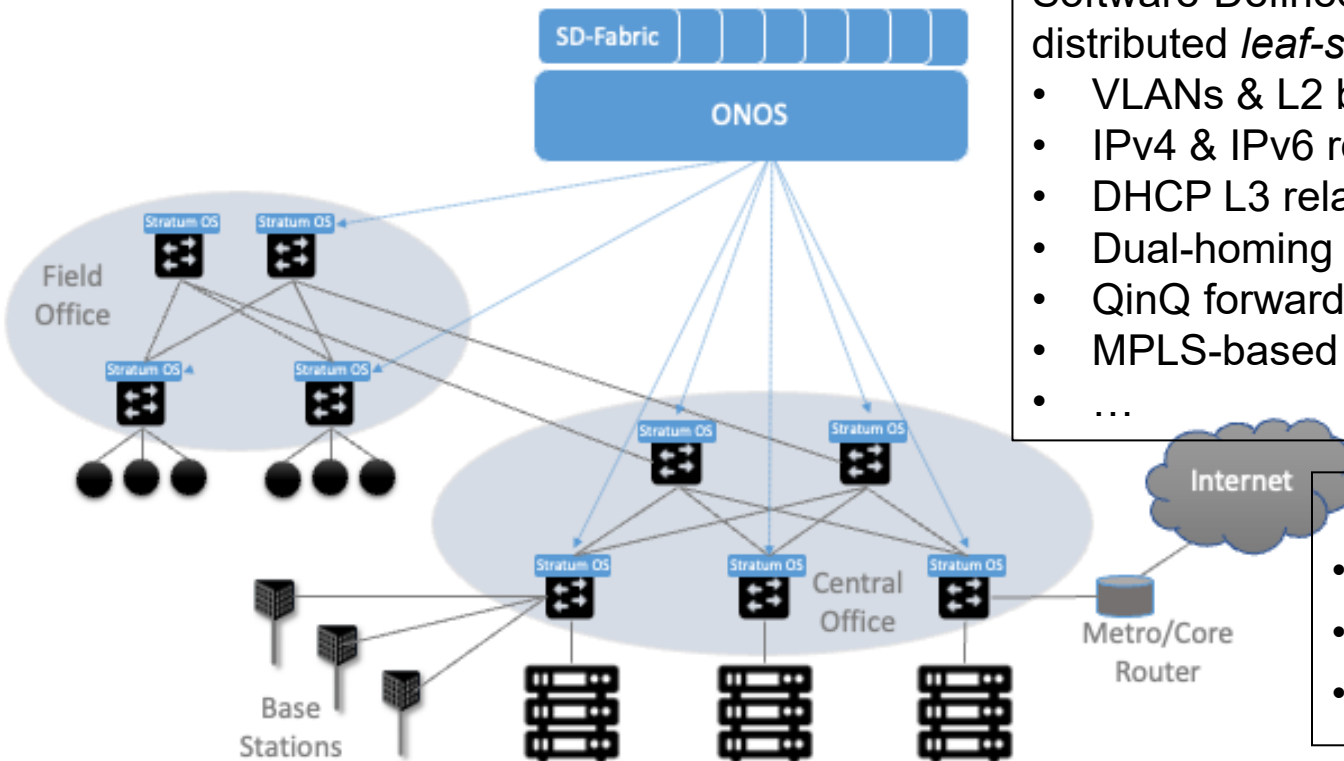
Configuration & Control Software

- Network OS (e.g. [ONOS](#))
- Switch OS (e.g. [Stratum](#))
- Control App (e.g. [Trellis](#))

Trellis Control Apps

Software-Defined (SD) Fabric suite in distributed *leaf-spine* data-center topologies:

- VLANs & L2 bridging
- IPv4 & IPv6 routing
- DHCP L3 relay
- Dual-homing of Servers/Routers
- QinQ forwarding/termination
- MPLS-based pseudowires
- ...



ONOS Functionality

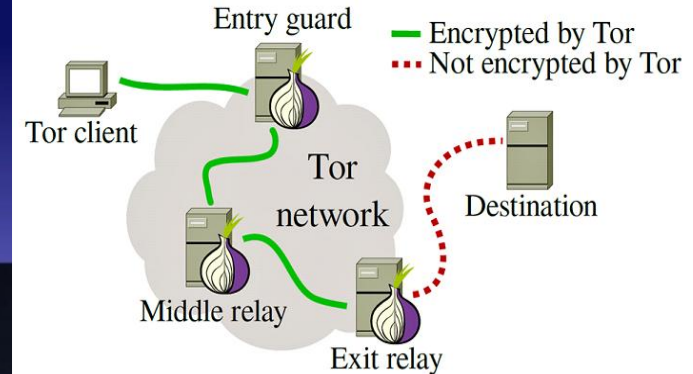
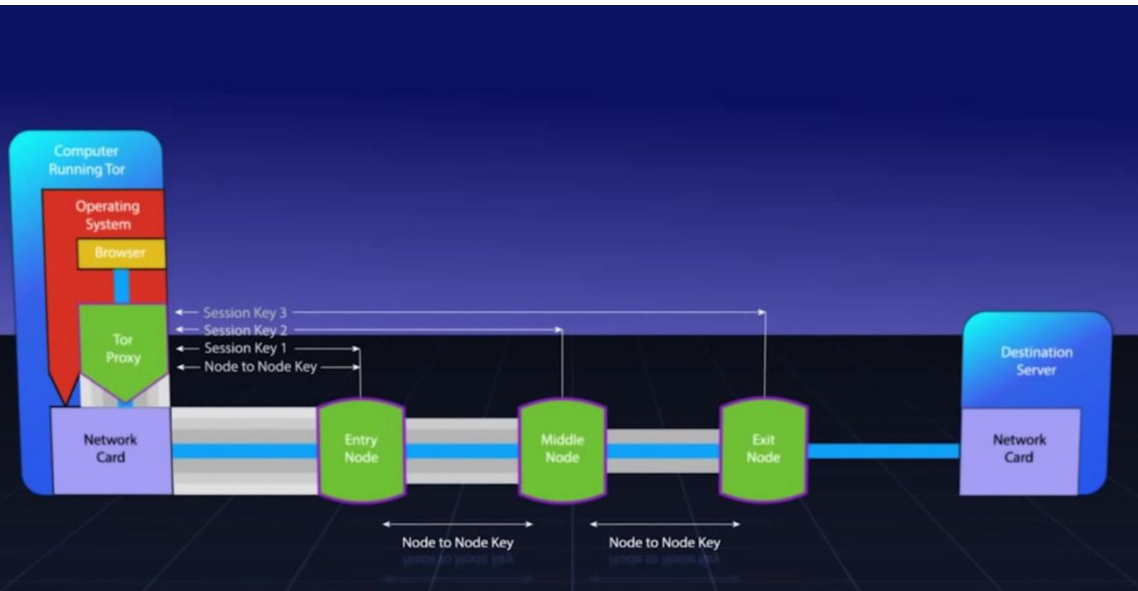
- Topology Management
- Configuration Management
- Control of Switches

Anonymity Network - The Onion Router (Tor)

<https://2019.www.torproject.org/about/overview.html.en>

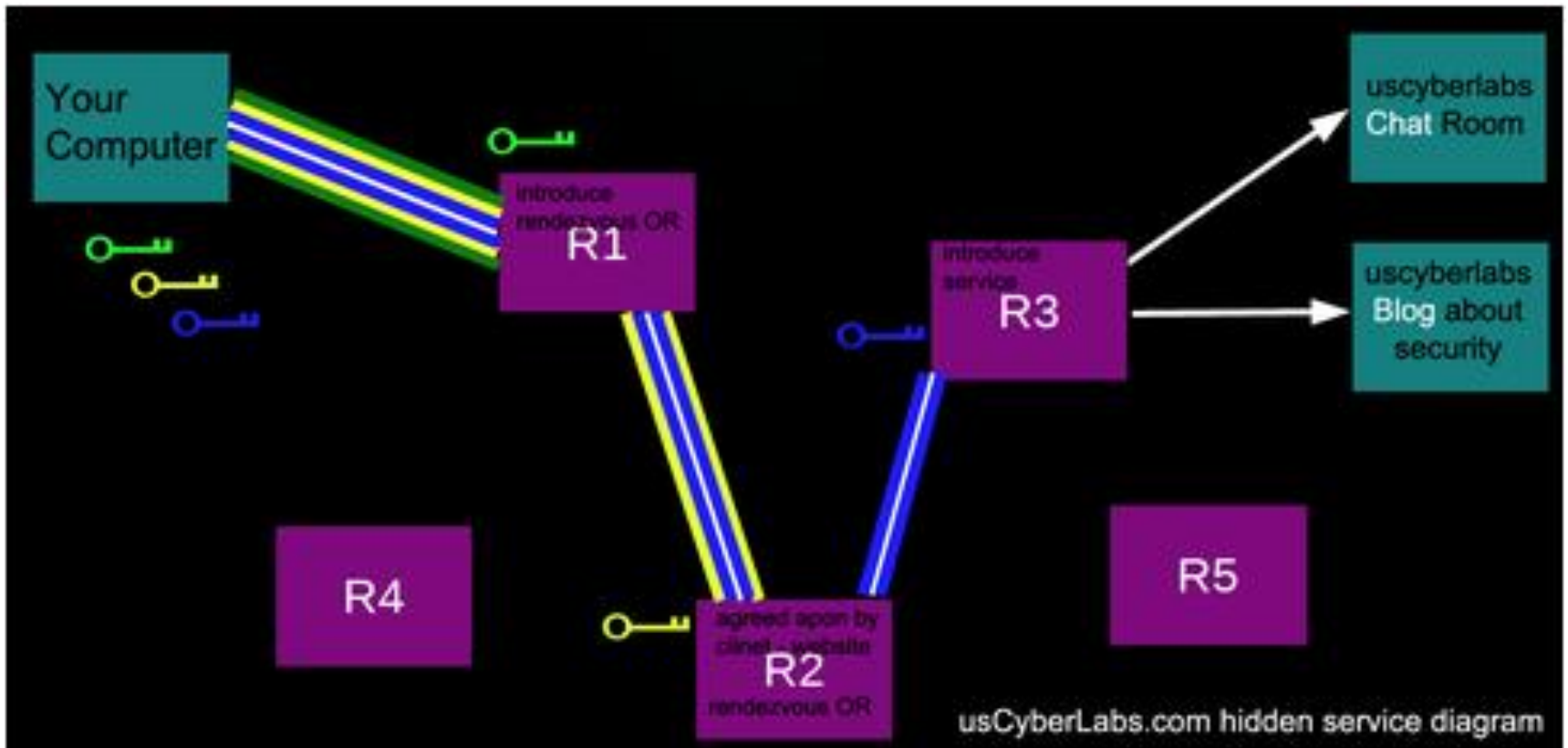
<http://fossbytes.com/everything-tor-tor-tor-works/>

- **Tor Project:** Δεκαετία 1990 με κρατική χρηματοδότηση από ΗΠΑ (Naval Research Laboratory – NRL)
- Απαιτείται ειδικός browser στον **Tor client**
- Βασίζεται σε υπερκείμενο (overlay) δίκτυο εθελοντικών **Tor relays** (>7000) συνδεδεμένων σε public Internet routers με διαδρομές που συρράπτονται από ανεξάρτητες κρυπτογραφημένες συνδέσεις ανάμεσά τους
- Μονοπάτια (e2e routes) δημιουργούνται από μη προβλεπόμενη συρραφή συνδέσεων μεταξύ των **Tor relays**
- Ο browser του χρήστη ανοίγει **Encrypted TLS** session από τον **Tor client** στον **Entry Node** δημιουργώντας **Session Key 1**
- Το session επεκτείνεται σε **Middle Node** μέσω **Node-to-Node Key** και δημιουργείται **Session Key 2**
- Ο **Exit Node** ανοίγει session με τον Server και μεσολαβεί για **Session Key 3** με τον **Tor client** χωρίς να γνωρίζει το IP του χρήστη (anonymity) καθώς και τα **Middle Nodes** στο μονοπάτι (πλην του άμεσα συνδεδεμένου σε αυτόν)
- Η ανταλλαγή data μεταξύ user browser και server περνά από διαδοχικά στρώματα κρυπτογράφησης (εξ' ου και onion router)



The Deep & Dark Web

- **Deep Web:** Sites μη ανοικτής πρόσβασης (not indexed by search engines, π.χ. Google) https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_web
- **Dark Web:** Υποσύνολο του Deep Web με προστασία ανωνυμίας sites & users π.χ. μέσω Tor https://en.wikipedia.org/wiki/Dark_web



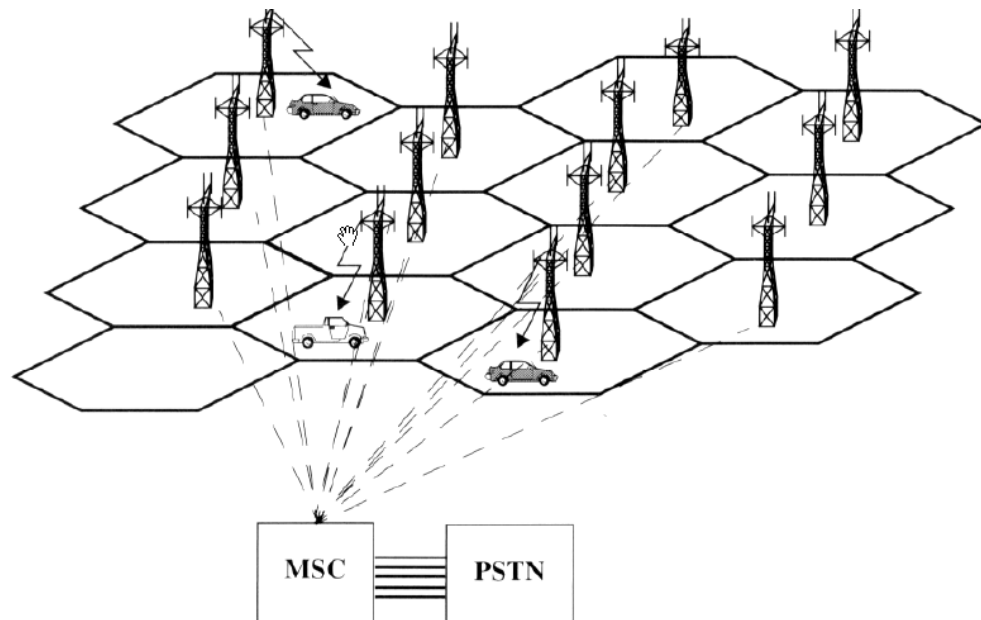
- **Onion Service Protocol** (hidden services over a Tor overlay)
<https://2019.www.torproject.org/docs/onion-services>
<https://medium.jkala.sh/blog/2019/4/24/the-dark-web-everything-you-need-to-know>

ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

GSM (2G, 1988) - UMTS (3G, 2000) - LTE (4G, 2010)

1G	• Voice Signals Only • Analogue Cellular Phones • NMT, AMPS
2G	• Voice & Data Signals • Digital Fidelity Cellular Phones • GSM, CDMA, TDMA
2.5G	• Enhance 2G • Higher Data Rates • GPRS, EDGE
3G	• Voice, Data & Video Signals • Video Telephony / Internet Surfing • 3G, W-CDMA, UMTS
4G	• Enhanced 3G / Interoperability Protocol • High Speed & IP-based • 4G, Mobile IP

Image Courtesy: <http://www.rajeshtimane.com>

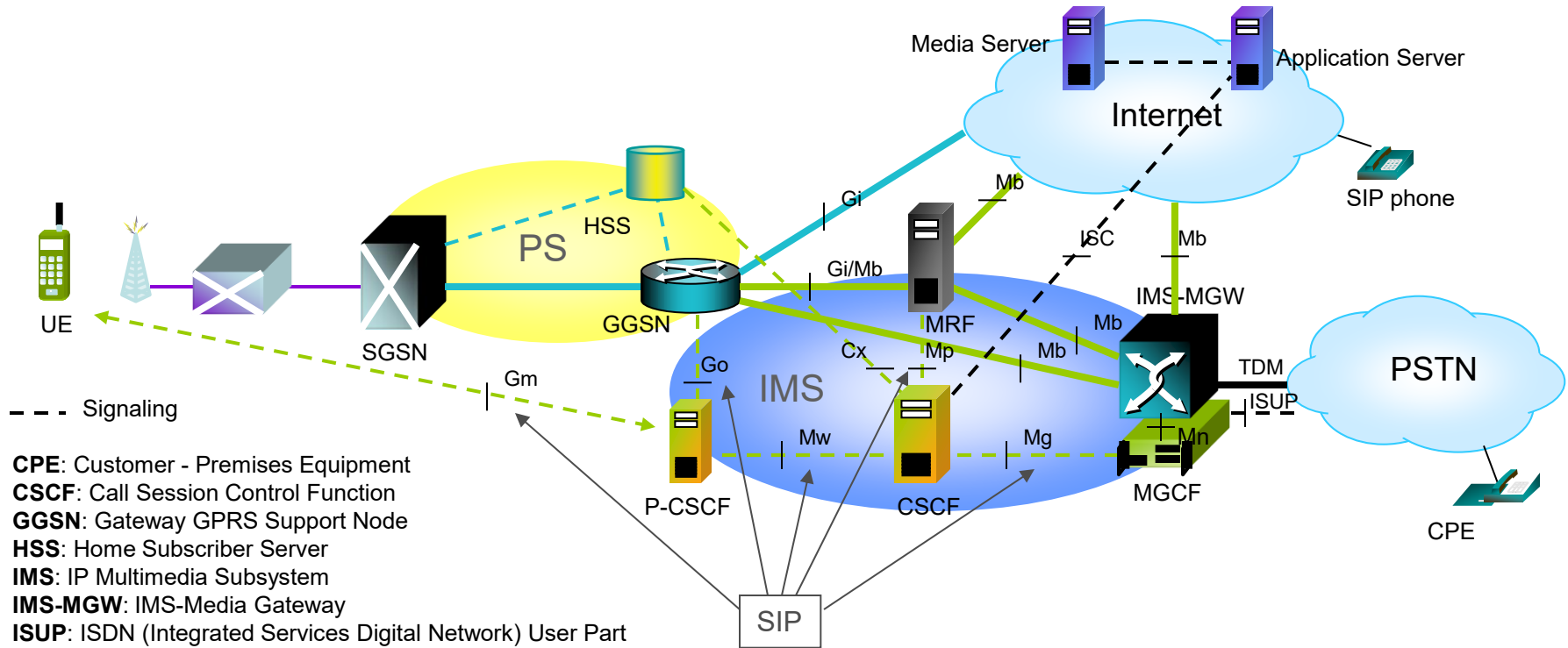


MSC: Mobile Switching Center (Κέντρο Μεταγωγής Κινητής Τηλεφωνίας)

PSTN: Public Switched Telephone Network (Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο)

ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ IMS (IP Multimedia Subsystem)

Άποψη της ITU-T & Τηλεπικοινωνιακών Παρόχων (TELCO Operators) για Converged Networking



CPE: Customer - Premises Equipment
CSCF: Call Session Control Function
GGSN: Gateway GPRS Support Node
HSS: Home Subscriber Server
IMS: IP Multimedia Subsystem
IMS-MGW: IMS-Media Gateway
ISUP: ISDN (Integrated Services Digital Network) User Part
MGCF: Media Gateway Control Function
MRF: Media Resource Function
P-CSCF: Proxy - Call Session Support Function
PS: Packet Switching domain
PSTN: Public Switched Telephone Network
SIP: Session Initiation Protocol
SGSN: Serving GPRS Support Node
UE: User Equipment



Η 5^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Σύγκλιση Επικοινωνιών: Fixed-mobile Convergence (FMC) Ενοποιημένο Internet του 2020++

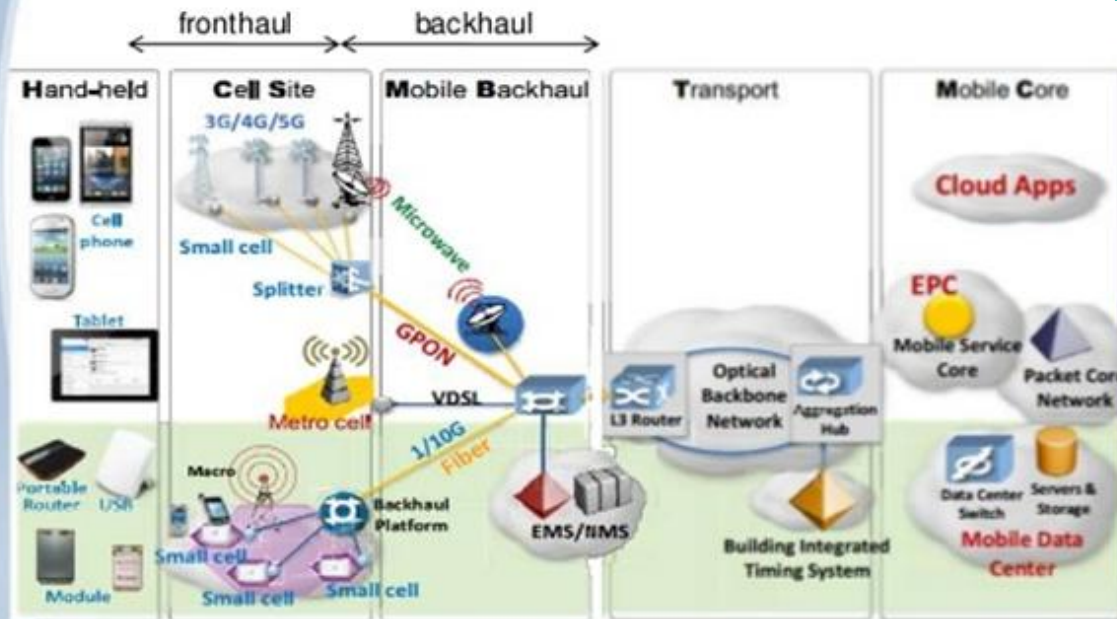
<https://5g-ppp.eu/white-papers/>

Προδιαγραφές 3GPP

(3rd Generation Partnership Project)

<https://www.3gpp.org/technologies/5g-system-overview>

5G Backhaul, Fronthaul network



Source <http://www.bost.ey.gov.tw/Upload/UserFiles/12.pdf>

Radio Access Fronthaul Network (RAN)

Hand-held Devices, I/A & Streaming Video
Antennas (Microcells, Metro Cells, MIMO, Drones)

- Low-Band: 600-850 MHz (30-250 Mbps)
- Mid-Band: 2.5-3.7 GHz (100-900 Mbps)
- High-Band: 25-39 GHz (> 1 Gbps)

Backhaul Mobile Network

Microwave, VDSL, GPON, p2p Fibers
Cell antennas → Edge Servers

Transport Optical Backbone Network

L3 Router, Aggregation Hub

Core Network

Clouds, CDNs, Data Centers...

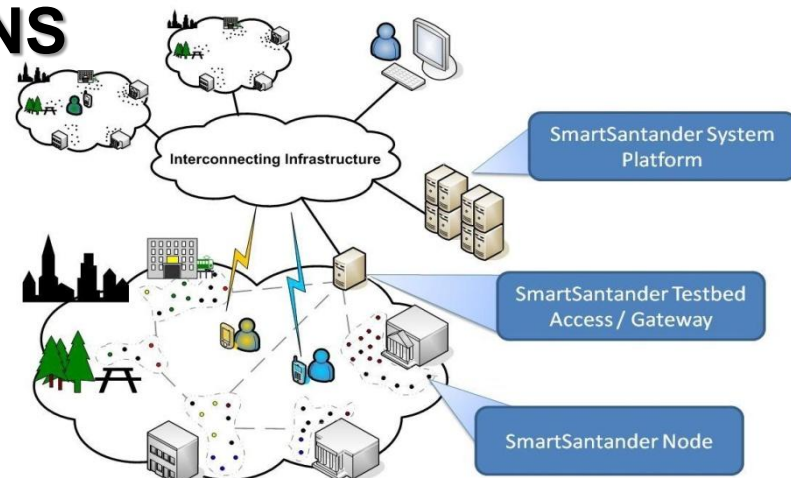
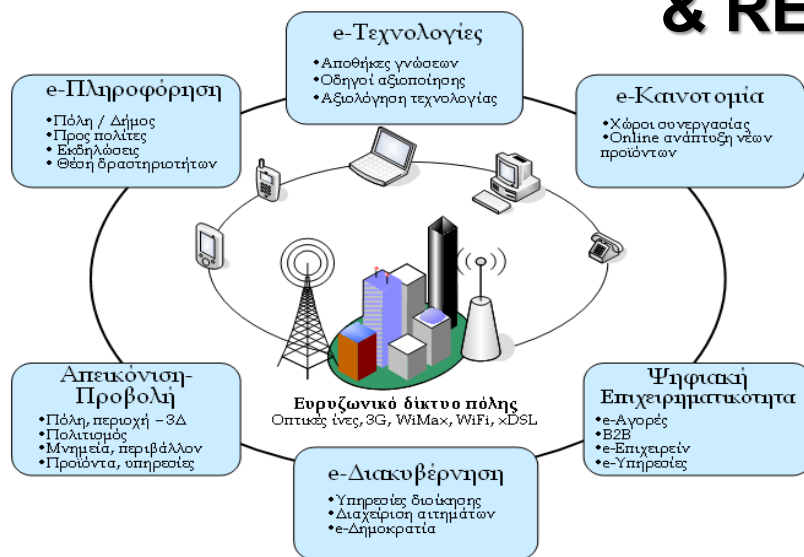
Air Latency

Goal: 1 - 4 msec (Edge Servers δίπλα σε κεραίες)
Σημερινές επιδόσεις: 20-30 msec

Εφαρμογές

- Enhanced Mobile Broadband, **eMBB** (Smart Cellphones 4G → 5G, 800-1400 Euros/Συσκευή)
- Ultra-Reliable Low-Latency Communications, **URLLC** (Factory Automation - **Industry 4.0**, Robotics, Transport Security - Autonomous Vehicles, Τηλεϊατρική...)
- Massive Machine-Type Communication, **mMTC** (Μαζικός Αρ. Τερματικών - **Sensor Networks, IoT**)

SENSOR NETWORKS, IoT - Internet of Things, SMART CITIES & REGIONS



Η Ευφυής Πόλη Santander, B.Δ. Ισπανία

Δίκτυα Πρόσβασης με 12.000 Αισθητήρες (**Wireless Sensors**)

Καταναεμημένες Εφαρμογές σε Υπολογιστικά Νέφη (**Clouds**)

<http://www.smartsantander.eu/>

Ευφυείς Πόλεις: Υποδομές & Εφαρμογές

Tsarchopoulos, P. (2006) Evaluating Scenarios for Digital Cities

Η εποχή του Διαδικτύου του Μέλλοντος (Future Internet) έχει ξεκινήσει:

- **Οπτικά & Ασύρματα Δίκτυα Κορμού** σε παγκόσμια κλίμακα, Content Delivery Networks (**CDN**)
- **Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης Αισθητήρων** (Wireless Sensor Networks), 35 δισεκατομμύρια τελικοί κόμβοι (εκτίμηση για 2020+)
- **Σύγκλιση Δικτυακών Τεχνολογιών**: Ευρωζωνικές οπτικές & δορυφορικές ζεύξεις, ασύρματα δίκτυα (*GPRS, GSM, LTE, 5G Radio Access Network - RAN*), τοπικά δίκτυα *Ethernet & WiFi*, επικοινωνίες μικρής εμβέλειας *Bluetooth, IR, RFID...*
- **Τεχνολογίες Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων** χαμηλής ισχύος & κόστους (*Zigbee, Bluetooth, SigFox, **LoRa**, **NB-IoT** / Narrow Band Internet of Things*)
- **Πρόσβαση σε Εικονικά Υπολογιστικά Περιβάλλοντα**, *private – public clouds* ευφυείς ψηφιακές εφαρμογές, υπηρεσίες *triple play*, αυτόματη οδήγηση, Industry 4.0
- **Smart Data, Control & Management Plane**, *Network Softwarization, **Segment Routing*** (SR-MPLS, SRv6), *Programmable Data Planes (**P4**, **XDP**)*, *Machine Learning*

Οι 4 μεγαλύτεροι κατασκευαστές τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού



ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΥΦΥΕΙΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ & ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Converged Programmable Communication Infrastructures & Services

- Υπηρεσίες **Triple-Play** (Internet, Voice, Video) πάνω σε **ενοποιημένα δίκτυα IP**
- **IP Multimedia System (IMS)**: Σχέδιο Σύγκλησης της **3G.IP** (forum κατασκευαστών κινητής τηλεφωνίας, μετέπειτα **3GPP**) από το **1999** που υιοθετήθηκε από τις **TELCO (PNO, Public Network Operators)** και την **ITU-T** (International Telecommunication Union)
- Το μέλλον των Ενοποιημένων Επικοινωνιών: Η σημερινή άποψη της **Fixed-mobile Convergence** με την **Αρχιτεκτονική 5^{ης} Γενιάς (5G)** και το επερχόμενο τσουνάμι των **Sensor Networks → Internet of Things (IoT)**
- Αυτοματοποίηση διαμόρφωσης, ελέγχου και διαχείρισης υποδομών και υπηρεσιών σε ευφυές, προγραμματιζόμενο (software-defined) και **ΑΣΦΑΛΕΣ** οικοσύστημα με εγγυήσεις (;) διασφάλισης προσωπικών δεδομένων - **privacy**
- Διασύνδεση Σηματοδοσίας - Επιπέδων Ελέγχου σε **ομοσπονδιακό περιβάλλον πολλαπλών διαχειριστικών περιοχών (;;;)**

Stitching of CONTROL PLANE PROTOCOLS across Autonomous Domains (Multi-domain Signaling Protocols)

ONLY TWO SUCCESS STORIES

- **SS7 (International Telephony)**
- **BGP (Global Internet)**