

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGEMENT

Εισαγωγή - Introduction

Η Αρχιτεκτονική του Internet - Internet Architecture

Πρότυπο τριών Διαστάσεων Λειτουργίας - Network Operation Planes

Μοντέλο Διαχείρισης FCAPS - ISO/OSI FCAPS Model

Το Δίκτυο του Ε.Μ.Π. - NTUA LAN

Περιβάλλον Εργαστηριακών Ασκήσεων - Laboratory Setup

Το Παγκόσμιο Internet - The Global Internet

Διευθυνσιοδότηση στο Internet - Internet Addressing

Αυτόνομες Περιοχές - Autonomous Systems, BGP

Προηγμένα Ερευνητικά - Εκπαιδευτικά Δίκτυα: NTUA, GRNET, GÉANT

Β. Μάγκλαρης

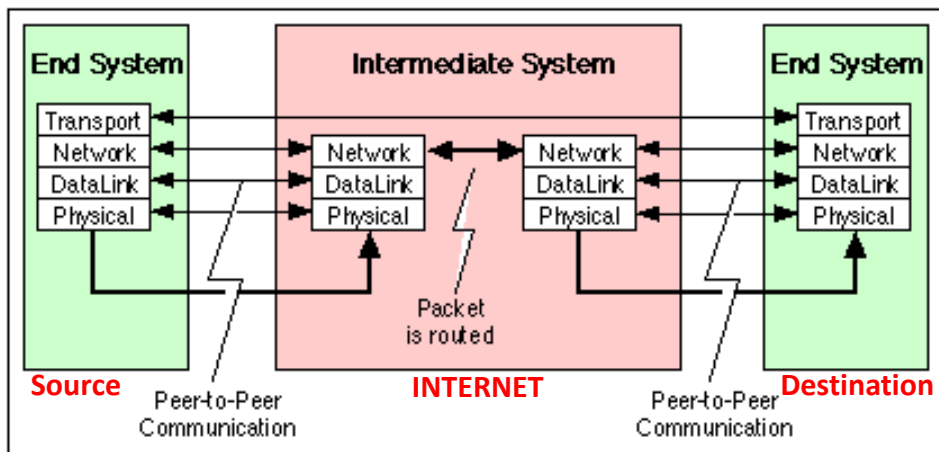
maglaris@netmode.ntua.gr

www.netmode.ntua.gr

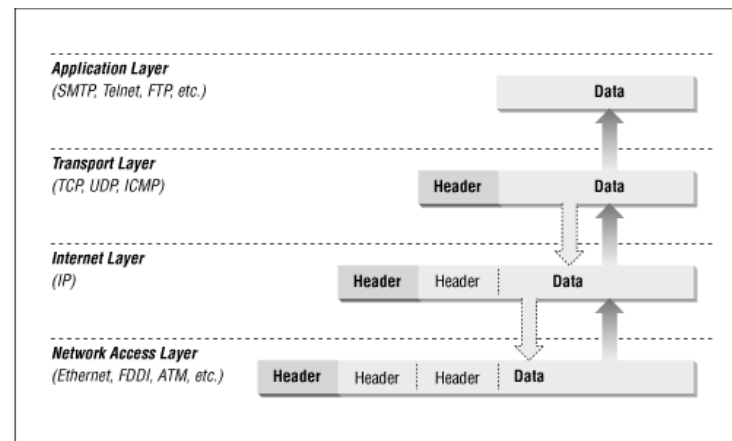
Νέα Κτίρια ΣΗΜΜΥ - Αίθουσα 013

23/10/2023

ΣΤΟΙΒΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ TCP/IP ΣΤΟ INTERNET



<http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/eg3567/inet-pages/transport.html>

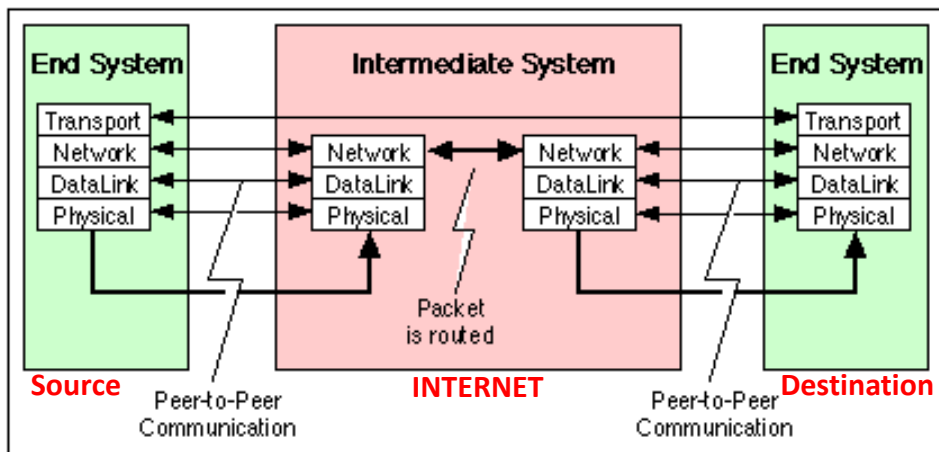


http://docstore.mik.ua/oreilly/networking/firewall/ch06_03.htm

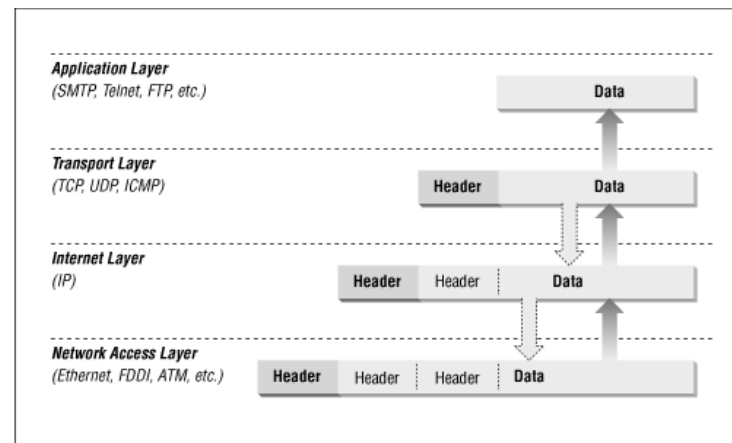
Σε ένα δίκτυο υπολογιστών αρχιτεκτονικής **Internet**:

- Τα δύο άκρα (source - destination) υλοποιούν εφαρμογές (applications) με συνεργατικό τρόπο (π.χ. *Simple Mail Transfer Protocol - SMTP* για e-mail) μέσω ανταλλαγής κωδικοποιημένων ψηφιακών μηνυμάτων, τεμαχισμένα σε **πακέτα** που προωθούνται αυτόνομα στο Internet
- Για την διάφανη και αξιόπιστη υλοποίηση της επικοινωνίας, τα δύο άκρα υλοποιούν διαδικασίες **πρωτοκόλλων peer-to-peer** σε πολλαπλά στρώματα (layers) που καθιστούν συμβατές τις επιμέρους εφαρμογές, ανεξάρτητα από λειτουργικά συστήματα, κατασκευαστή και λεπτομέρειες υλοποίησης (π.χ. *Transport Layer, TCP/UDP/ICMP*)
- Η υλοποίηση γίνεται με την διαδοχική ενθυλάκωση των **πακέτων** σε φακέλους (onion skin model) με επικεφαλίδες που επιτρέπουν την συμβατή προώθηση στα δίκτυα επικοινωνιών, χωρίς γνώση του περιεχομένου τους (π.χ. *Internet Layer*, αλγόριθμος δρομολόγησης - routing με βάση τις διευθύνσεις *IP* των δυο άκρων)
- Στα χαμηλότερα στρώματα γίνεται η αξιόπιστη και αποδοτική πρόσβαση στο φυσικό μέσο (**PHY**) των ενδιαμέσων δικτύων, συμπεριλαμβανόμενης της διαμόρφωσης του ψηφιακού μηνύματος σε σήματα (ηλεκτρικά, οπτικά, ηλεκτρομαγνητικά) ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μέσου (π.χ. *Network Access Layer = Data Link & Physical Layers*: Αλγόριθμοι πρόσβασης Ethernet, *διαμόρφωση - modulation, πολυπλεξία - multiplexing*)
- Από τα επίπεδα πρωτοκόλλων τα τρία πρώτα (**Physical, Data Link & Network**) αφορούν στις ενδιάμεσες δικτυακές υποδομές (switches, routers) που μπορεί να τροποποιούν τις επικεφαλίδες ανάλογα με τις προδιαγραφές των δικτύων. Οι επικεφαλίδες **Transport** (TCP/UDP/ICMP) και το αρχικό περιεχόμενο των πακέτων (**payload**) αφορούν μόνο τις τελικές εφαρμογές και διαπερνούν διαφανώς τις ενδιάμεσες δικτυακές διασυνδέσεις

ΣΤΟΙΒΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ TCP/IP ΣΤΟ INTERNET



<http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/eg3567/inet-pages/transport.html>



http://docstore.mik.ua/oreilly/networking/firewall/ch06_03.htm

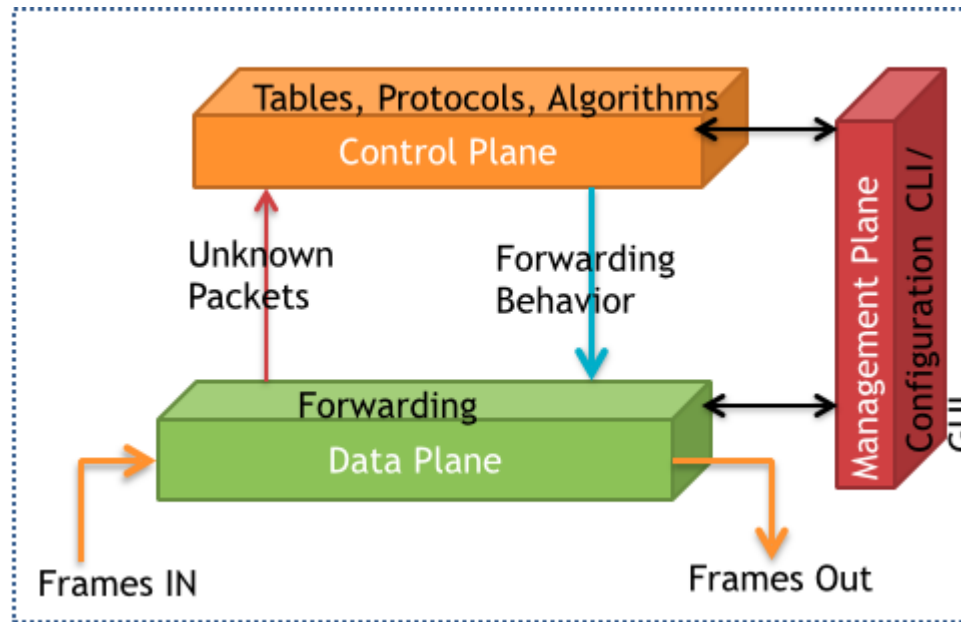
Σε ένα δίκτυο υπολογιστών αρχιτεκτονικής **Internet**:

- Τα δύο άκρα (source - destination) υλοποιούν εφαρμογές (applications) με συνεργατικό τρόπο (π.χ. *Simple Mail Transfer Protocol - SMTP* για e-mail) μέσω ανταλλαγής κωδικοποιημένων ψηφιακών μηνυμάτων, τεμαχισμένα σε **πακέτα** που προωθούνται αυτόνομα στο Internet
- Για την διάφανη και αξιόπιστη υλοποίηση της επικοινωνίας, τα δύο άκρα υλοποιούν διαδικασίες **πρωτοκόλλων peer-to-peer** σε πολλαπλά στρώματα (layers) που καθιστούν συμβατές τις επιμέρους εφαρμογές, ανεξάρτητα από λειτουργικά συστήματα, κατασκευαστή και λεπτομέρειες υλοποίησης (π.χ. *Transport Layer, TCP/UDP/ICMP*)
- Η υλοποίηση γίνεται με την διαδοχική ενθυλάκωση των **πακέτων** σε φακέλους (onion skin model) με επικεφαλίδες που επιτρέπουν την συμβατή προώθηση στα δίκτυα επικοινωνιών, χωρίς γνώση του περιεχομένου τους (π.χ. *Internet Layer*, αλγόριθμος δρομολόγησης - routing με βάση τις διευθύνσεις *IP* των δυο άκρων)
- Στα χαμηλότερα στρώματα γίνεται η αξιόπιστη και αποδοτική πρόσβαση στο φυσικό μέσο (**PHY**) των ενδιαμέσων δικτύων, συμπεριλαμβανόμενης της διαμόρφωσης του ψηφιακού μηνύματος σε σήματα (ηλεκτρικά, οπτικά, ηλεκτρομαγνητικά) ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μέσου (π.χ. *Network Access Layer = Data Link & Physical Layers*: Αλγόριθμοι πρόσβασης Ethernet, *διαμόρφωση - modulation, πολυπλεξία - multiplexing*)
- Από τα επίπεδα πρωτοκόλλων τα τρία πρώτα (**Physical, Data Link & Network**) αφορούν στις ενδιάμεσες δικτυακές υποδομές (switches, routers) που μπορεί να τροποποιούν τις επικεφαλίδες ανάλογα με τις προδιαγραφές των δικτύων. Οι επικεφαλίδες **Transport** (TCP/UDP/ICMP) και το αρχικό περιεχόμενο των πακέτων (**payload**) αφορούν μόνο τις τελικές εφαρμογές και διαπερνούν διαφανώς τις ενδιάμεσες δικτυακές διασυνδέσεις

Αναλογία με πρωτόκολλα συνεννόησης μεταξύ δυο στελεχών ενός οργανισμού, τοποθετημένων σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις:

- Στο υψηλότερο επίπεδο τα στελέχη ενδιαφέρονται για το περιεχόμενο του μηνύματος και όχι τη μορφοποίηση ή τη διαδικασία μεταφοράς του
- Το μήνυμα κωδικοποιείται από τη γραμματεία σε μορφή συμβατή με το πρωτόκολλο του οργανισμού
- Η υπηρεσία διακίνησης εγγράφων το τοποθετεί σε σφραγισμένο φάκελο με τη διεύθυνση προορισμού
- Στο χαμηλότερο (φυσικό) επίπεδο το μήνυμα διαβιβάζεται μέσω του δικτύου ταχυδρομικών υπηρεσιών

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ



<https://thenewstack.io/defining-software-defined-networking-part-1/>

Data Plane: Μετάδοση - Προώθηση Δεδομένων σε Πλαίσια/Frames ή Πακέτα

Control Plane: Έλεγχος - Σηματοδότηση Ροής Πακέτων Δεδομένων

Management Plane: Διαχειριστικές Λειτουργίες Δικτύου

ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (1/6)

Διάσταση Μετάδοσης Δεδομένων - **Data (forwarding) Plane**

- Πολυπλεξία (**multiplexing**) στο φυσικό επίπεδο:
 - Διαμόρφωση πλαισίων TDM: ITU-T SDH/GFP framing (από STM-1=155 Mbps → STM- n , εφεδρεία ring protection, virtual concatenation (150 Mbps VC-4, 1 Gbps VC-4-7v = 7 x VC-4))
 - Optical Digital Wrapper (ITU-T G.709: 2.5, 10, 40, 100 Gbps, Forward Error Correction - FEC)
- Κωδικοποίηση σε πακέτα **Ethernet**, **WiFi** (IEEE 802.11), **MPLS**, **IP**...
- Προώθηση (**forwarding**) δεδομένων σε μεταγωγείς (**switches**) & δρομολογητές (**routers**)

ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (2/6)

Διάσταση Ελέγχου - **Control Plane**

- ***In-band Signaling***: Σηματοδοσία μέσω εξειδικευμένων πακέτων στο δίκτυο μετάδοσης δεδομένων ή ενσωματωμένη σε επικεφαλίδες (***headers***) πακέτων: ***IP headers, MPLS labels, VLAN tags***...
 - Ξεχωριστά μηνύματα / πακέτα ελέγχου για σύνταξη πινάκων δρομολόγησης (***Interior Gateway Protocol – IGP, Exterior/Border Gateway Protocol – EGP/BGP***)
 - Πακέτα ελέγχου «υγείας» του δικτύου – ***ICMP/ping/traceroute***
 - Μηνύματα σηματοδοσίας για αποκατάσταση μονοπατιού – path (***RSVP, LDP***) & αντιστοίχιση επικεφαλίδων (*labels*) σε γραμμές ***MPLS***
 - Σηματοδοσία αντιστοίχισης time slots (ή χρώματος) σε γραμμές ***SDH*** (ή ***WDM***)
 - Πρωτόκολλα ***ARP & DNS***, αντιστοίχιση ***VLAN tags***...
- ***Out-of band Signaling***: Εξαγωγή των λειτουργιών ελέγχου εκτός δικτύου μετάδοσης, εξωτερικές βάσεις δεδομένων και ***εφαρμογές ευφυούς δικτύου***:
 - Ψηφιακή τηλεφωνία: Σηματοδοσία Common Channel Signalling CCS7, ***Intelligent Networks***
 - Προγραμματιζόμενα ευφυή δίκτυα νέας γενιάς (user programmable networks): ***Software Defined Networks – SDN***
 - Πρωτόκολλο ***OpenFlow*** σηματοδοσίας μεταγωγέα (***switch***) και εξωτερικού ελεγκτή (***controller***)

ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (3/6)

Διάσταση Ελέγχου (**Control Plane**) με Ευφυείς Διαδικασίες **Data-Plane**

Από out-of-band signaling (π.χ. σηματοδότηση **OpenFlow**) καινοτόμες προτάσεις/υλοποιήσεις αρχιτεκτονικών **Programmable Data-Plane** σε **Software Defined Networks (SDN)**

Ευφυής ανάγνωση/επεξεργασία πακέτων εντός των δρομολογητών/μεταγωγών ή διεπαφών (Interface Cards) του Δικτύου Μετάδοσης Δεδομένων (**in-network processing**) σε **πραγματικό χρόνο** μετάδοσης πακέτων για:

- Άμεσες μετρήσεις (**in-network telemetry - INT**)
- Προώθηση πακέτων (**forwarding**) σύμφωνα με δυναμικούς κανόνες ευφυούς δρομολόγησης (π.χ. source routing, segment routing...)
- Γρήγορη ανίχνευση/αντιμετώπιση κυβερνοεπιθέσεων (**detection/mitigation of attack vectors**)

Προτάσεις ειδικού λογισμικού για υλοποίηση αρχιτεκτονικών **Programmable Data-Plane**:

- Γλώσσα Προγραμματισμού Ειδικού Σκοπού (Domain Specific Language - **DSL**): **P4** (**P**rogramming **P**rotocol-Independent **P**acket **P**rocessors) σε συμβατούς μεταγωγείς ή software emulated routers ή με χρήση προγραμματιζόμενου hardware – FPGA boards
- Γλώσσα σε Διεπαφές (Smart Network Interface Cards - NIC): **XDP** (e**X**press **D**ata **P**ath) για Linux servers (restricted C, δημοφιλής σε μεγάλα Data Centers)

ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (4/6)

Διάσταση Διαχείρισης - **Management Plane**

- Υλοποίηση πολιτικών διαχείρισης: Οδηγίες προς **Data Plane** μέσω σηματοδοσίας **Control Plane**
- Δραματικά αυξανόμενη πολυπλοκότητα διαχείρισης υποδομών:
 - Τοπικά Δίκτυα (**LAN**), Μητροπολιτικά Δίκτυα (**MAN**), Δίκτυα Κορμού Ευρείας Περιοχής (**WAN**), Sensor Networks - Internet of Things (**IoT**), Data Centers, Clouds, Content Delivery Networks (**CDN**)
 - Σταθερής (**Fixed Optical/Copper/Microwave**) και κινητής τοπολογίας (**4G, 5G Mobile Networks**)
 - Ανάγκη ενοποιημένων και ευέλικτων πλατφορμών διαχείρισης, φιλικών προς το Διαχειριστή

ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (5/6)

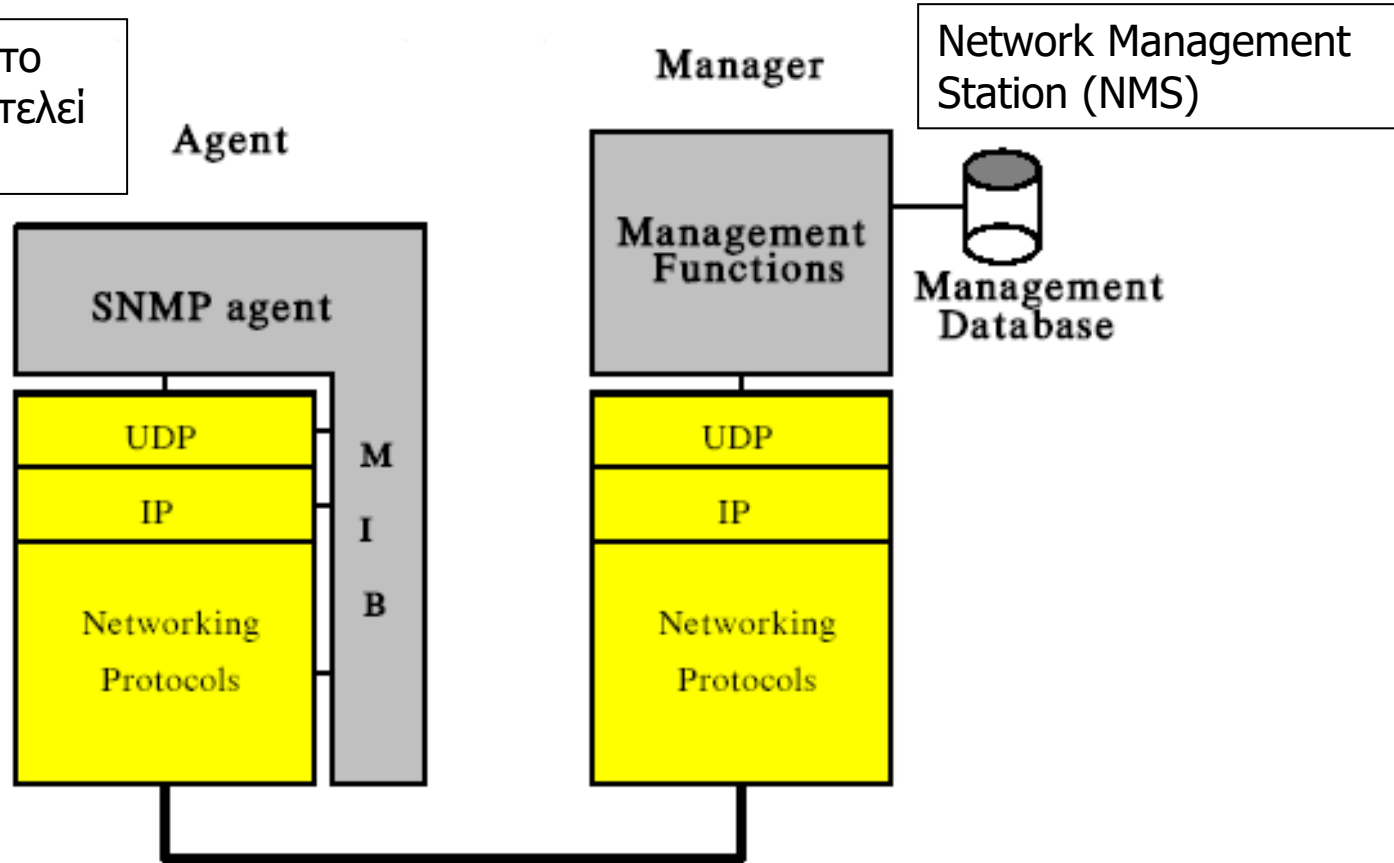
Παραδοσιακό Διαχειριστικό Μοντέλο Αναφοράς **FCAPS** (ISO – OSI)

- **F**ault Management (Διαχείριση Βλαβών)
- **C**onfiguration Management (Διαχείριση Διάρθρωσης)
- **A**ccounting Management (Λογιστική Διαχείριση)
- **P**erformance Management (Διαχείριση Επιδόσεων)
- **S**ecurity Management (Διαχείριση Ασφαλείας)

ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (6/6)

Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική Διαχείρισης Δικτύων **TCP/IP** (*Internet*) **SNMP** (Simple Network Management Protocol)

Σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο που μπορεί να εκτελεί οποιαδήποτε εργασία



← Κλήση SNMP (CLI)

Απάντηση στην ερώτηση →

Ασύγχρονο μήνυμα (Trap) προς το manager →

ΕΥΦΥΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

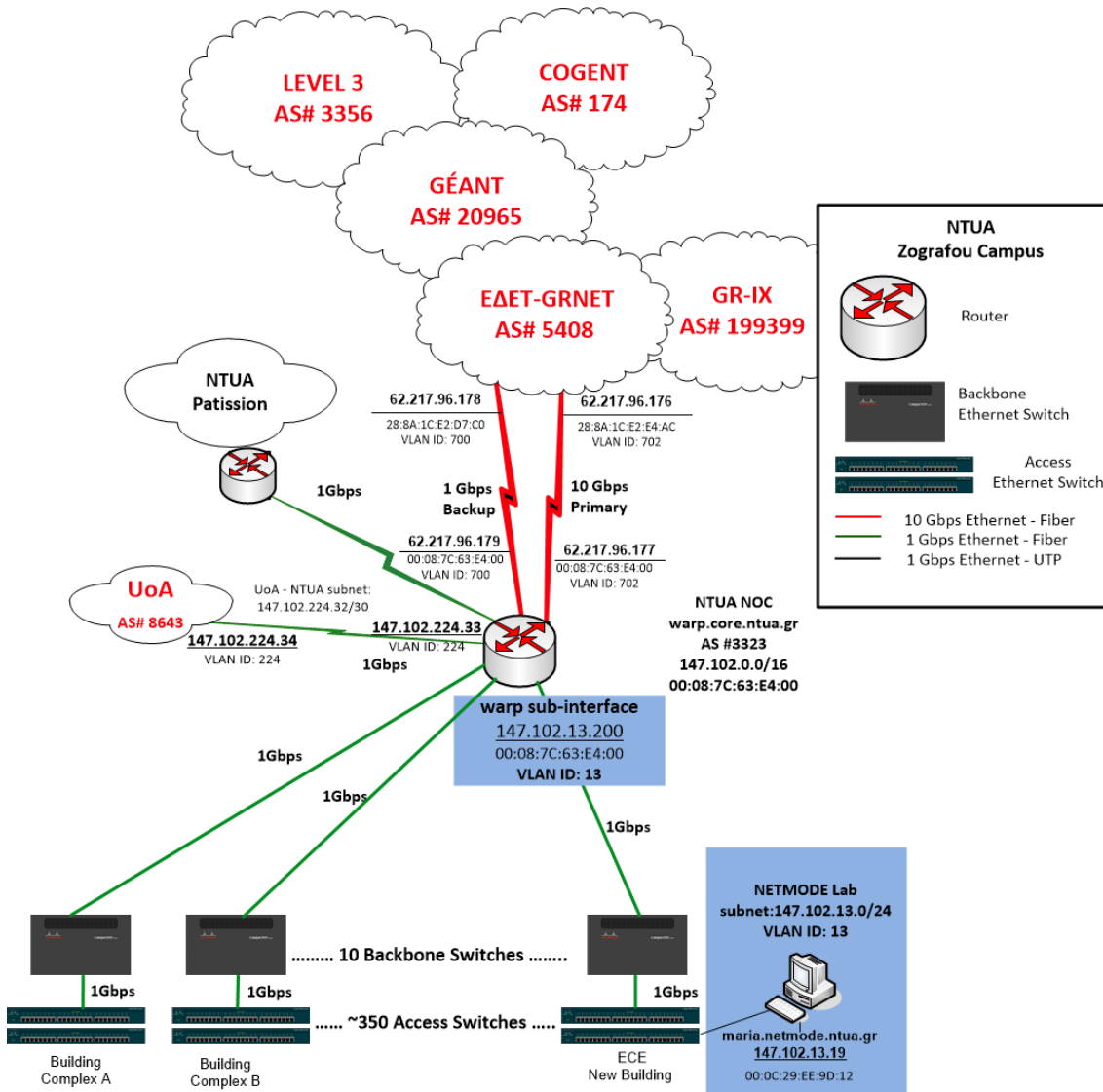
NetDevOps

- Αναφορά σε **Data Models** (**YANG...**), χρήση κατάλληλων εργαλείων διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων (**NoSQL, Elasticsearch Logstash Kibana – ELK...**)
- Από εργαλεία Command-Line Interface (**CLI**) → Application Programming Interfaces (**API**) σε εξυπηρετητές **Linux**
- Από SNMP/SMI → **NETCONF/YANG**
- Automation - Templates (**Ansible...**)
- Vendor Independence (Network Function Virtualization - **NFV**)
- Network Programmability (Network Operating Systems, Software Defined Networks - **SDN**)
- Χρήση αξιόπιστων αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (**Machine Learning**) και συνεργατικών πολιτικών για γρήγορη αντιμετώπιση κυβερνο-επιθέσεων
- Ανοικτά ζητήματα: **Sharing attack datasets**, συνεργαζόμενα κατακεμημένα - **federated** - συστήματα **intrusion detection/mitigation** με εγγυήσεις - **Blockchain smart contracts** - και περιορισμούς λόγω **privacy...**

Τυποποίηση διάρθρωσης εξοπλισμού και λειτουργιών, πιστοποίηση εργαλείων λογισμικού και εξειδίκευση κατάλληλων **data models**

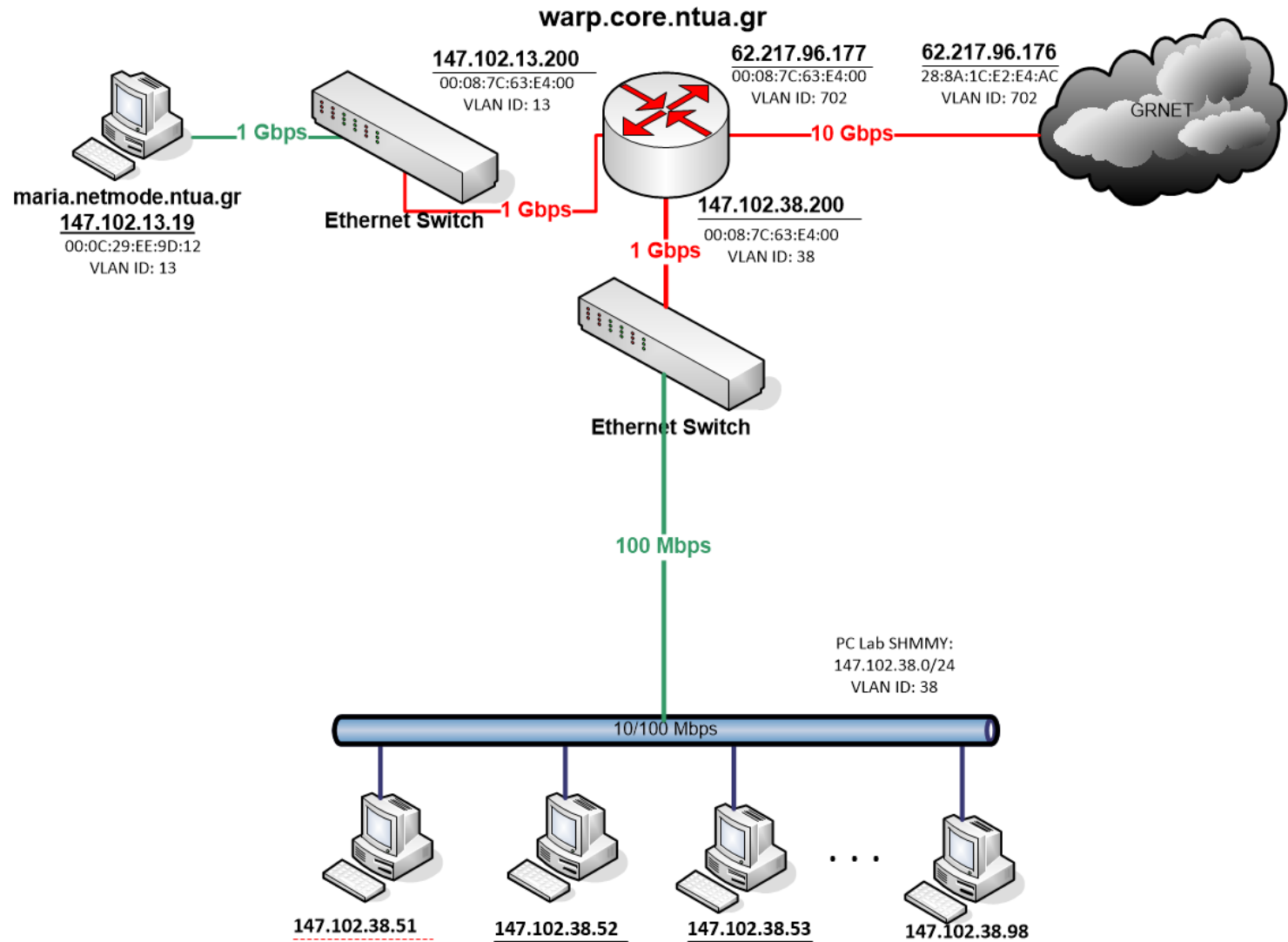
ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ Ε.Μ.Π. (2016 - Collapsed Backbone)

ntua.gr (147.102.0.0/16, 2001:648:2000::/48, AS# 3323)



- **Αρχικό Στάδιο (1994): Distributed Topology** με 50+ IP Routers, κοντά στα υποδίκτυα. Η εσωτερική και εξωτερική δρομολόγηση γινόταν σε επίπεδο 3 (IP). Γειτονικοί τελικοί χρήστες του ίδιου υποδικτύου Ethernet μπορούσαν να επικοινωνήσουν σε επίπεδο 2 (Medium Access Control - MAC)
- **Ενδιάμεσο Στάδιο: Collapsed Backbone Topology**, αστέρας με δενδρική διασύνδεση τελικών υποδικτύων μέσω ενδιάμεσων διαφανών μεταγωγών (Ethernet Switches) και δρομολόγηση εντός υποδικτύου σε επίπεδο 2 σαν Virtual LANs (VLAN), χωρίς περιορισμούς φυσικής γειτνίασης. Έχουν διαμορφωθεί από το Κέντρο Διαχείρισης (ΚΕΔ) – Network Operation Center (NOC) πάνω από 200 VLANs. Η δρομολόγηση σε επίπεδο 3 (IP) γίνεται στο κεντρικό σύστημα για κίνηση μεταξύ VLANs και με το Internet
- **Σύγχρονη Τάση:** Τεχνολογία Data Center με Extended VLANs (VXLAN) επιπέδου 2 διαμορφωμένα σαν Ethernet VPNs (EVPN) overlays πάνω από εικονικά υποδίκτυα IP (IP Virtual Private Network – VPN)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ



ΟΙ ΠΡΩΤΑΓΩΝΙΣΤΕΣ ΤΟΥ INTERNET

Οι Πατέρες του Internet

Paul Baran (1926 –2011): Δίκτυα Υπολογιστών, Μεταγωγή Πακέτου

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



Leonard Kleinrock (1934): Δίκτυα Υπολογιστών, Μεταγωγή Πακέτου

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



Larry Roberts (1937): Δίκτυα Υπολογιστών, Μεταγωγή Πακέτου, ARPAnet

[https://en.wikipedia.org/wiki/Lawrence_Roberts_\(scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Lawrence_Roberts_(scientist))



Bob Kahn (1938): Μεταγωγή Πακέτου, ARPAnet, Πρωτόκολλα TCP/IP

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



Vint Cerf (1943): Πρωτόκολλα TCP/IP, Παγκοσμιοποίηση του Internet

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



Bob Metcalfe (1946): Τοπικά Δίκτυα Ethernet

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



Tim Berners-Lee (1955): Πρωτόκολλα HTTP, WWW

https://en.wikipedia.org/wiki/Tim_Berners-Lee



Η Νέα Γενιά της Εξάπλωσης του Internet

Bill Gates (1973): Microsoft

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



Larry Page (1973): Google

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



Steve Jobs (1955 -2011): Apple

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



Mark Zuckerberg (1984): Facebook

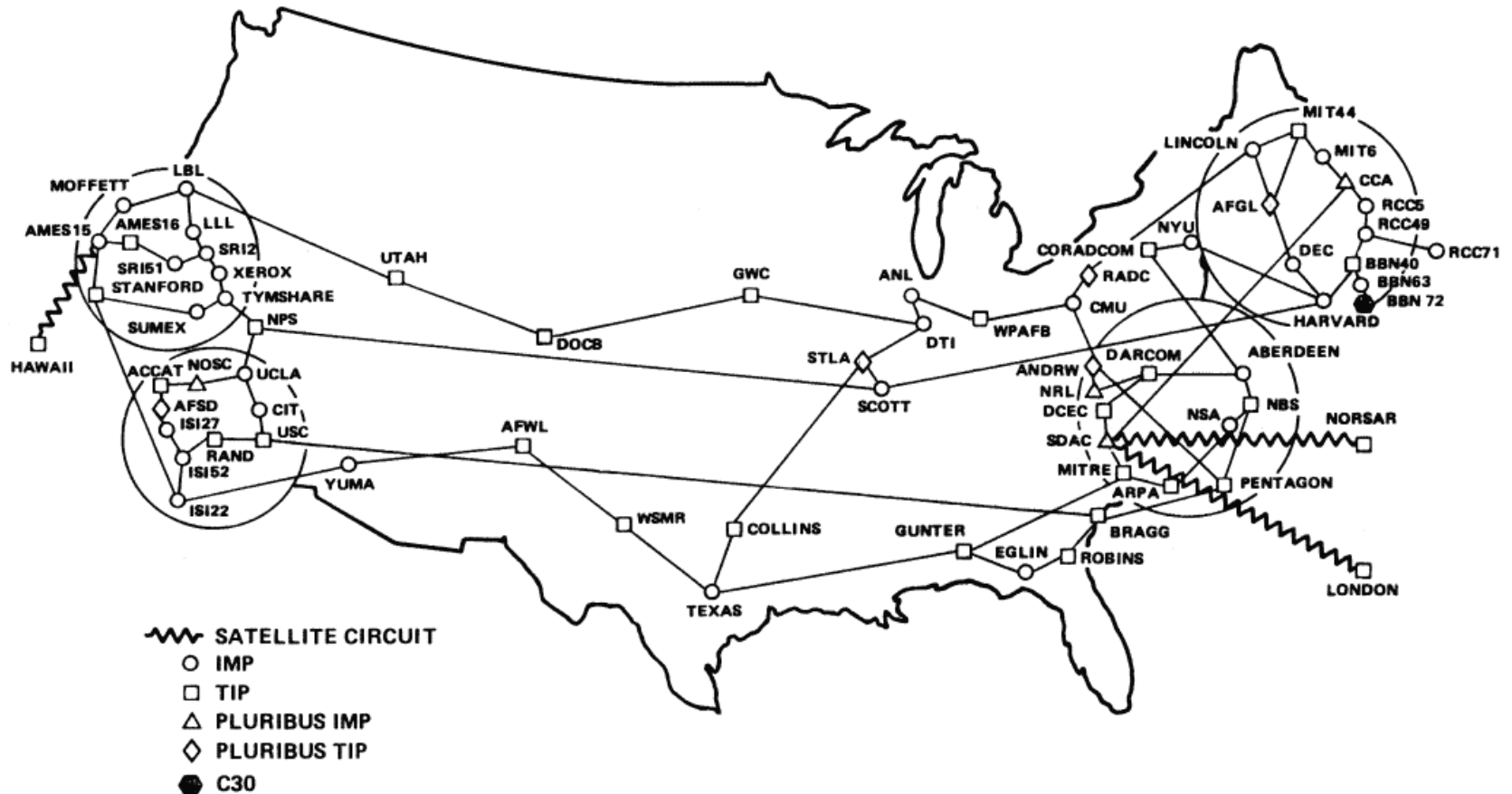
https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Zuckerberg

[Zuckerberg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Zuckerberg)



ARPAnet – Ο ΠΡΟΓΟΝΟΣ ΤΟΥ INTERNET

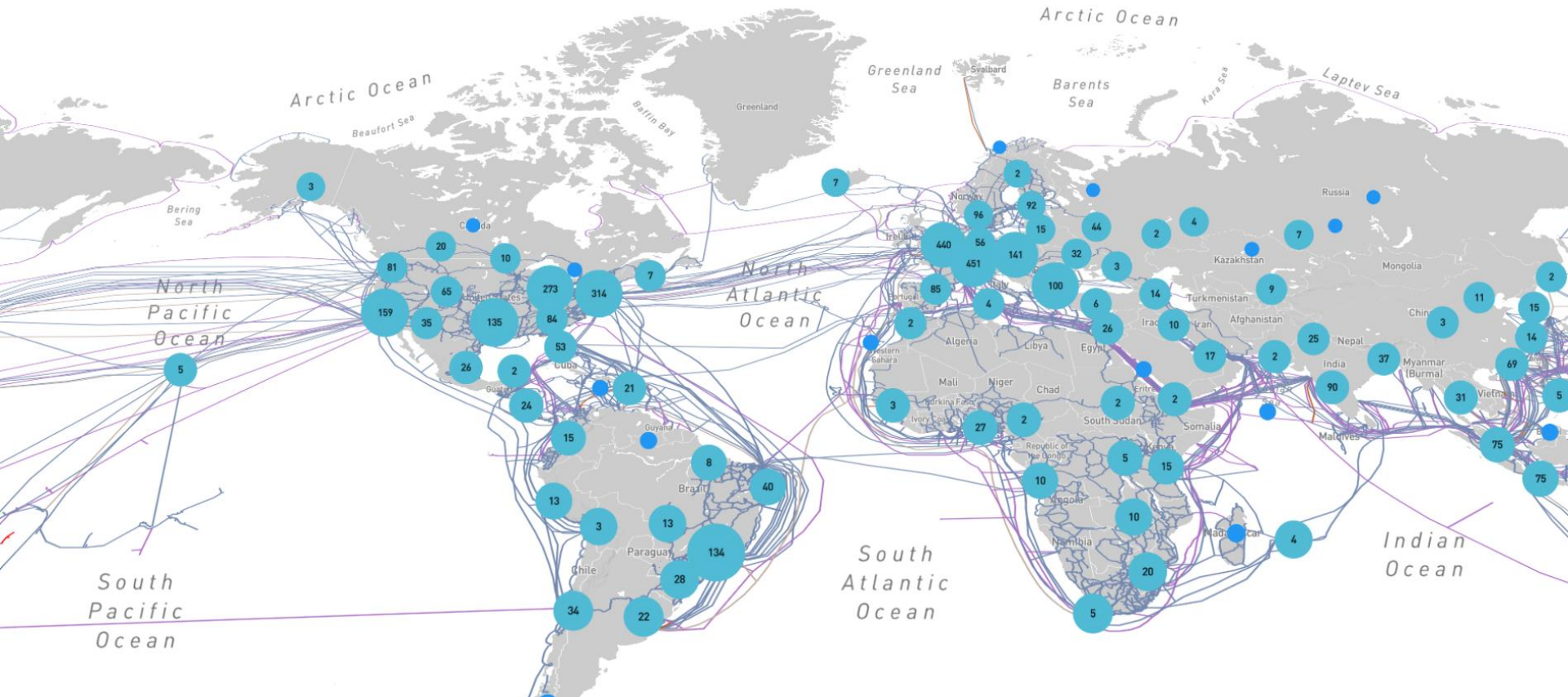
ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980



(NOTE: THIS MAP DOES NOT SHOW ARPA'S EXPERIMENTAL SATELLITE CONNECTIONS)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ Internet - 2023



<https://www.infrapedia.com/>

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ INTERNET ΑΝΑ ΗΠΕΙΡΟ (1)

WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS 2023 Year Estimates

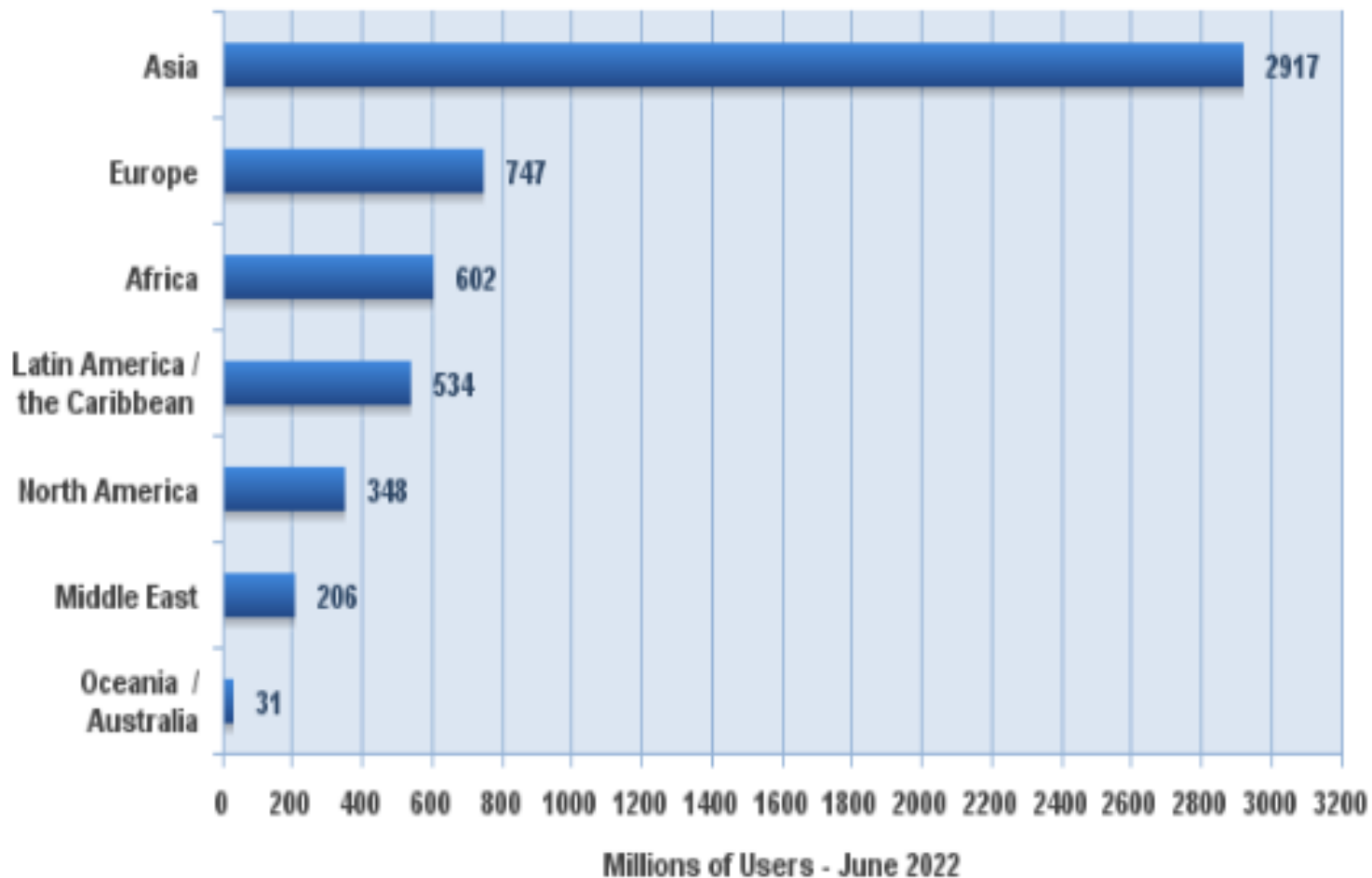
World Regions	Population (2022 Est.)	Population % of World	Internet Users 31 Dec 2021	Penetration Rate (% Pop.)	Growth 2000-2023	Internet World %
Africa	1,394,588,547	17.6 %	601,940,784	43.2 %	13,233 %	11.2 %
Asia	4,352,169,960	54.9 %	2,916,890,209	67.0 %	2,452 %	54.2 %
Europe	837,472,045	10.6 %	747,214,734	89.2 %	611 %	13.9 %
Latin America / Carib.	664,099,841	8.4 %	534,526,057	80.5 %	2,858 %	9.9 %
North America	372,555,585	4.7 %	347,916,694	93.4 %	222 %	6.5 %
Middle East	268,302,801	3.4 %	206,760,743	77.1 %	6,194 %	3.8 %
Oceania / Australia	43,602,955	0.5 %	30,549,185	70.1 %	301 %	0.6 %
WORLD TOTAL	7,932,791,734	100.0 %	5,385,798,406	67.9 %	1,392 %	100.0 %

NOTES: (1) Internet Usage and World Population Statistics estimates are for June 30, 2022. (2) CLICK on each world region name for detailed regional usage information. (3) Demographic (Population) numbers are based on data from the [United Nations Population Division](#). (4) Internet usage information comes from data published by [Nielsen Online](#), by the [International Telecommunications Union](#), by [GfK](#), by local ICT Regulators and other reliable sources. (5) For definitions, navigation help and disclaimers, please refer to the [Website Surfing Guide](#). (6) The information from this website may be cited, giving the due credit to www.internetworldstats.com. Copyright © 2022, Miniwatts Marketing Group. All rights reserved worldwide.

<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ INTERNET ΑΝΑ ΗΠΕΙΡΟ (2)

Internet Users in the World by Geographic Regions - 2022



ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΣΤΟ INTERNET (1)

- Το Internet αποτελεί ένα μεγάλο σύνολο από διασυνδεδεμένα ανεξάρτητα δίκτυα μέσω απλών μεταγωγέων πακέτου - ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ (routers)
- Ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε πόρους σε οποιοδήποτε από αυτά τα δίκτυα
- Τα IP datagrams διασχίζουν πλήθος δικτύων για να φτάσουν στο δίκτυο προορισμό με διαφανή τρόπο για το χρήστη
- Δρομολόγηση:
 - Εντός Αυτόνομης Διαχειριστικής Οντότητας (π.χ. ISP): **Interior Gateway Protocols**, IGP π.χ. OSPF, IS-IS
 - Μεταξύ Διαχειριστικών Οντοτήτων: **Exterior Gateway Protocols**, EGP
→ **Border Gateway Protocol**, BGP

ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΣΤΟ INTERNET (2)

- Το μόνο που πρέπει να γνωρίζει ο τελικός χρήστης είναι η διεύθυνση IP του προορισμού (λογική διεύθυνση) ή το όνομα αν υπάρχει αντιστοίχιση μέσω DNS (Domain Name System)
- **IPv4 Address:** 147.102.13.10 (**32 bits** - 4,200,000,000 διευθύνσεις)
- **IPv6 Address:** 2001:648:2000:d::a (**128 bits**)
- Η IP Address περιέχει πληροφορίες όπως:
 - 147.102.0.0/16, 2001:648:2000::/48 (δίκτυο)
 - 147.102.13.0/24, 2001:648:2000:d::/64 (υποδίκτυο)
 - 147.102.13.10/32, 2001:648:2000:d::a (μεμονωμένο interface δρομολογητή ή σταθμού εργασίας)

ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΓΝΩΣΤΑ IP & ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Announced Networks, Autonomous Systems, Border Gateway Protocol - BGP

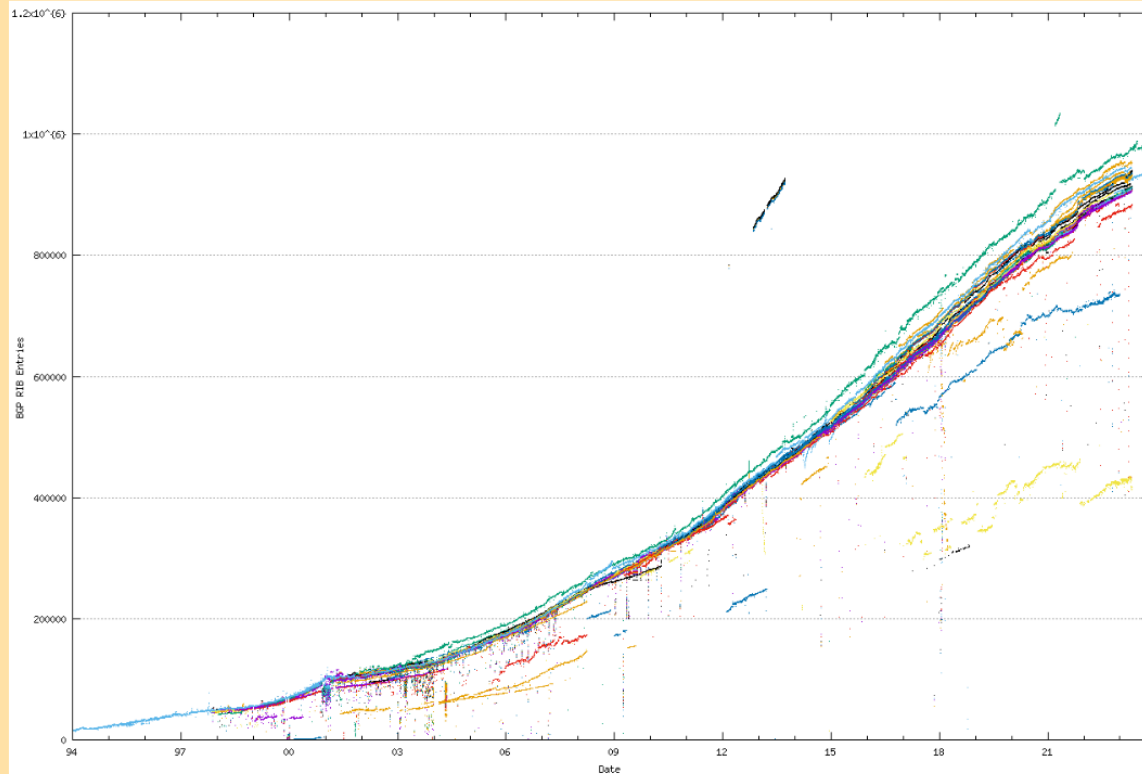
- Το Internet σήμερα (εκτίμηση 2023 της ITU <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>)
 - Πάνω από **5.4 billion** τελικοί χρήστες (συνδέσεις) σε συνολικό πληθυσμό ~**8 billion**, διείσδυση **67%**
 - Γύρω στα **1.200.000** ανακοινώσιμα δίκτυα – γνωστοί προορισμοί (announced public IPv4 & IPv6 networks via **BGP announcements**)
 - Ιεραρχικά ταξινομημένα σε ~**112.000** Αυτόνομες Διαχειριστικές Περιοχές **AS's** (Autonomous Systems) με μοναδικό αριθμό **ASN** (Autonomous System Number, 16 bits ή 32 bits)
- Καταχώρηση IP & ASN σε blocks των 1024 AS's με διεθνή συντονισμό από **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names & Numbers) - **IANA** (Internet Assigned Number Authority) μέσω **RIR's** (Regional Internet Registries): **ARIN** (American Registry for Internet Numbers), **RIPE NCC** (Réseaux IP Européens Network Coordination Centre), **APNIC** (Asia Pacific Network Information Centre), **AFRINIC** (African Network Information Center), **LATNIC** (Latin America and Caribbean Network Information Centre)
- **10/10/2023**: Αριθμός καταχωρημένων & ανακοινώσιμων (**advertised**) AS's μέσω BGP announcements: **73.806** και μη ανακοινώσιμων (**unadvertised**) **38.278** (σύνολο **112.3084** καταχωρημένα ASN από τα RIRs και **2.174** διαθέσιμα για καταχώρηση) <http://bgp.potaroo.net/>

RIR	RIR Pool	Unadv	Adv	16-bit	Unadv	Adv	32-bit	Unadv	Adv
AFRINIC	1077	527	1722	378	224	676	699	303	1046
APNIC	1939	14047	13348	601	3093	4848	1338	10954	8500
ARIN	1973	12413	19211	1325	9663	14516	648	2750	4695
RIPE NCC	4654	9479	28408	3341	4995	17407	1313	4484	11001
LACNIC	2174	1812	11117	493	577	2356	1681	1235	8761
TOTAL	11817	38278	73806	6138	18552	39803	5679	19726	34003

BGP TABLES: ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΝΩΣΤΩΝ (PUBLIC) ΔΙΚΤΥΩΝ - ΠΡΟΟΡΙΣΜΩΝ

<http://bgp.potaroo.net/>

Growth of the BGP Table - 1994 to Present



BGP Table Data

Report last updated at Tue, 10 Oct 2023 13:06:36 GMT

IPv4 BGP Reports

AS131072 APNIC R&D 937905
AS6447 Route-Views.Oregon-ix.net 983196

IPv4 Route-Views

IPv6 BGP Reports

AS131072 APNIC R&D 196607
AS6447 Route-Views.Oregon-ix.net 203392

ΠΛΗΘΟΣ ΑΡΙΘΜΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

(ASN/RIR: Autonomous System Numbers ανά Regional Internet Registry & Συνολικά από ICAAN - IANA)

<http://bgp.potaroo.net/>

Χρονική Εξέλιξη Κατανομής ASN ανά RIR
(Regional Internet Registry)

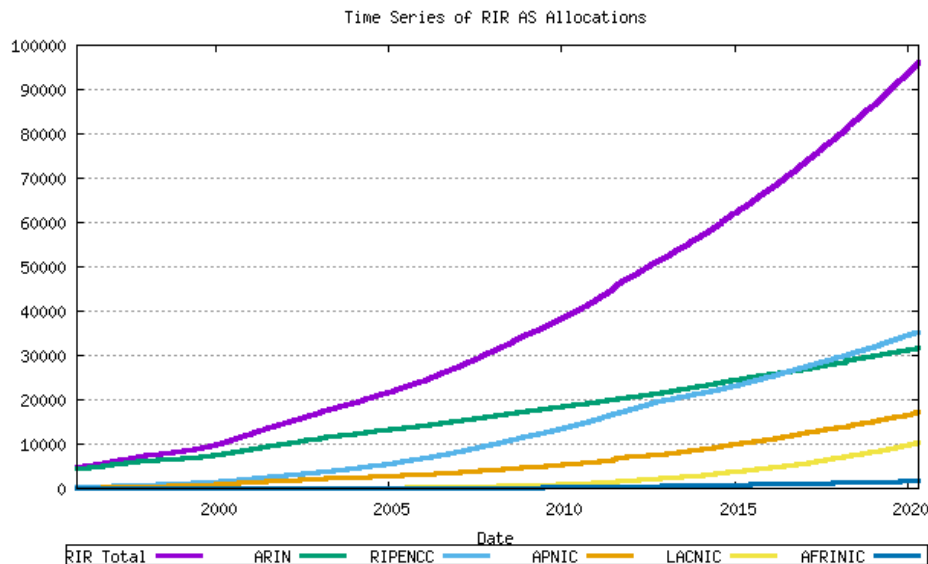


Figure 5 - Cumulative RIR AS assignments per RIR

Χρονική Εξέλιξη Συνολικού Αριθμού Διαφημιζόμενων AS's μέσω BGP & Συνολικού Αριθμού μη Διαφημιζόμενων AS's

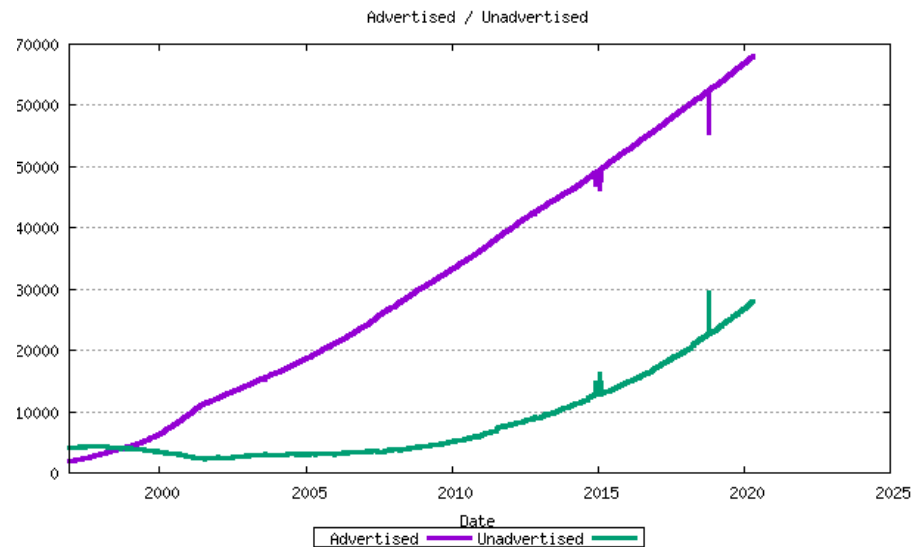
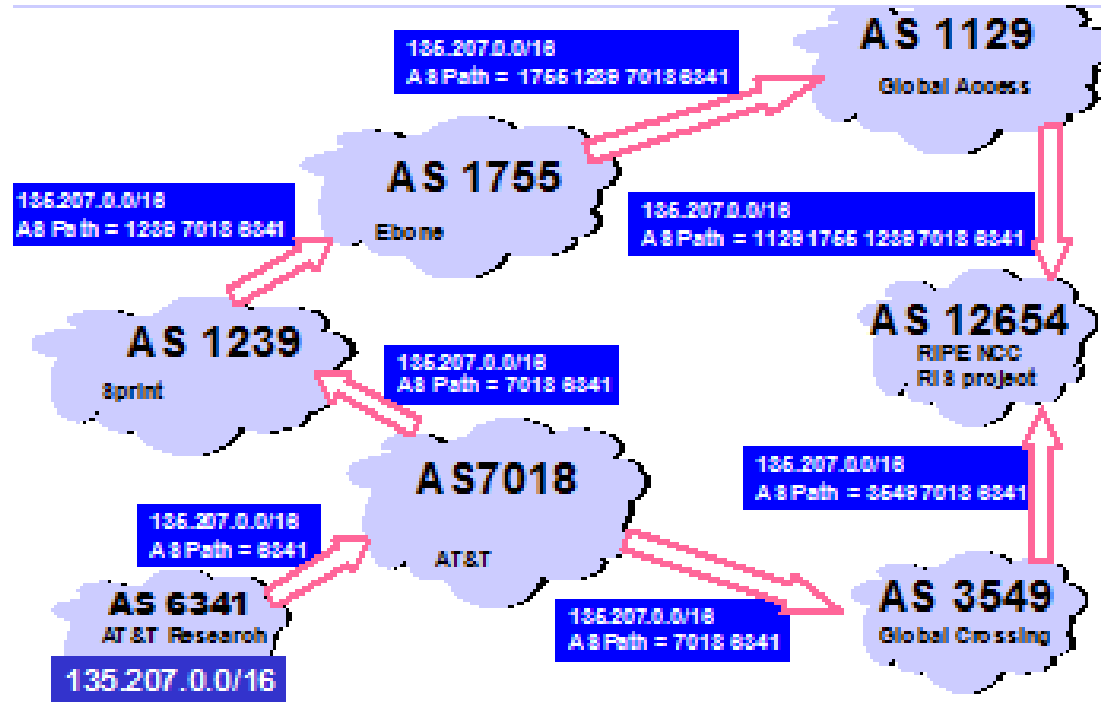


Figure 8 - Advertised / Unadvertised AS Count

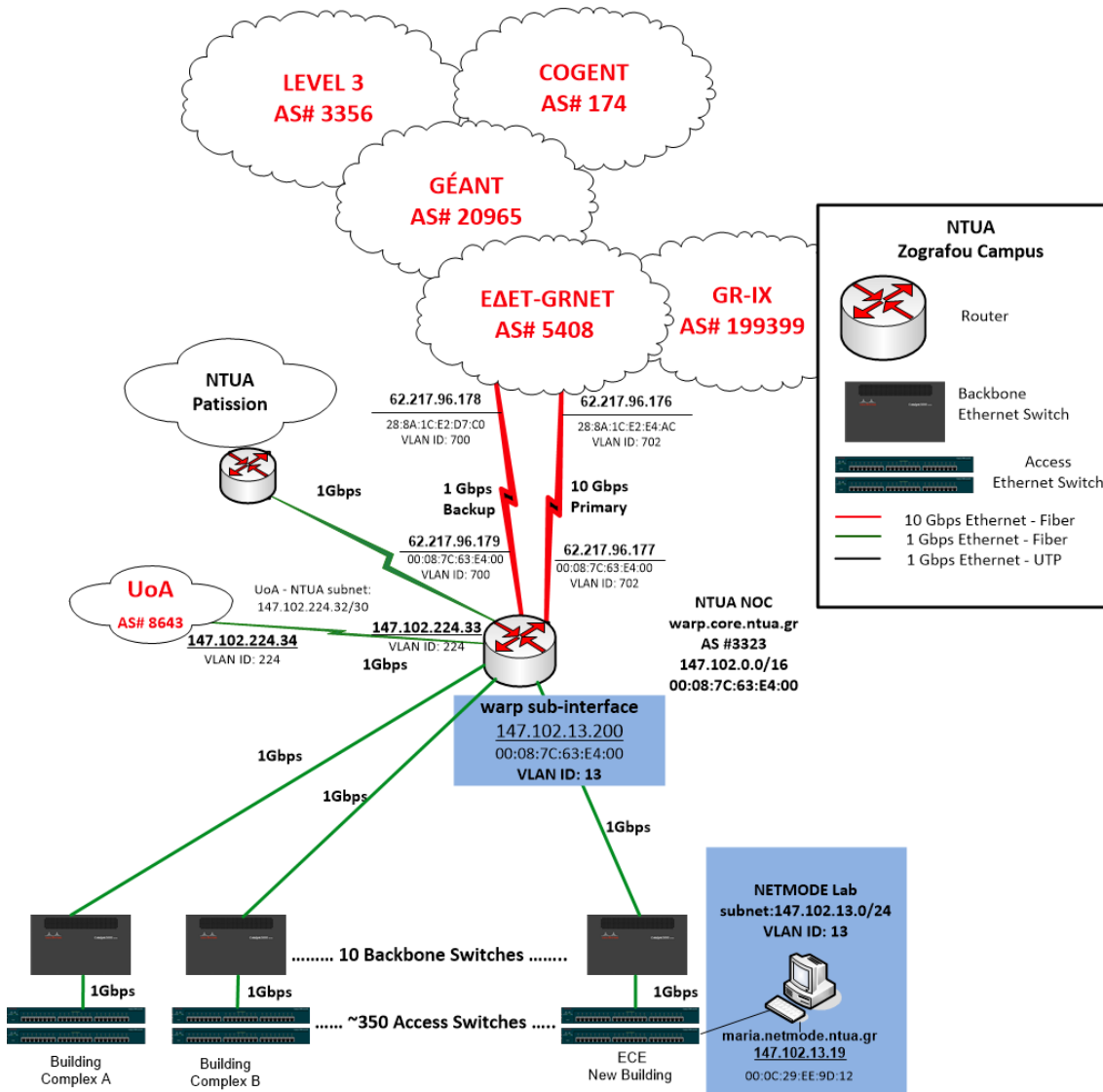
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ 135.207.0.0/16 ΜΕΣΩ BGP

(από παρουσίαση του *Timothy G. Griffin, AT&T Research, Paris 2002*)



ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ Ε.Μ.Π. (2016 – Collapsed Backbone)

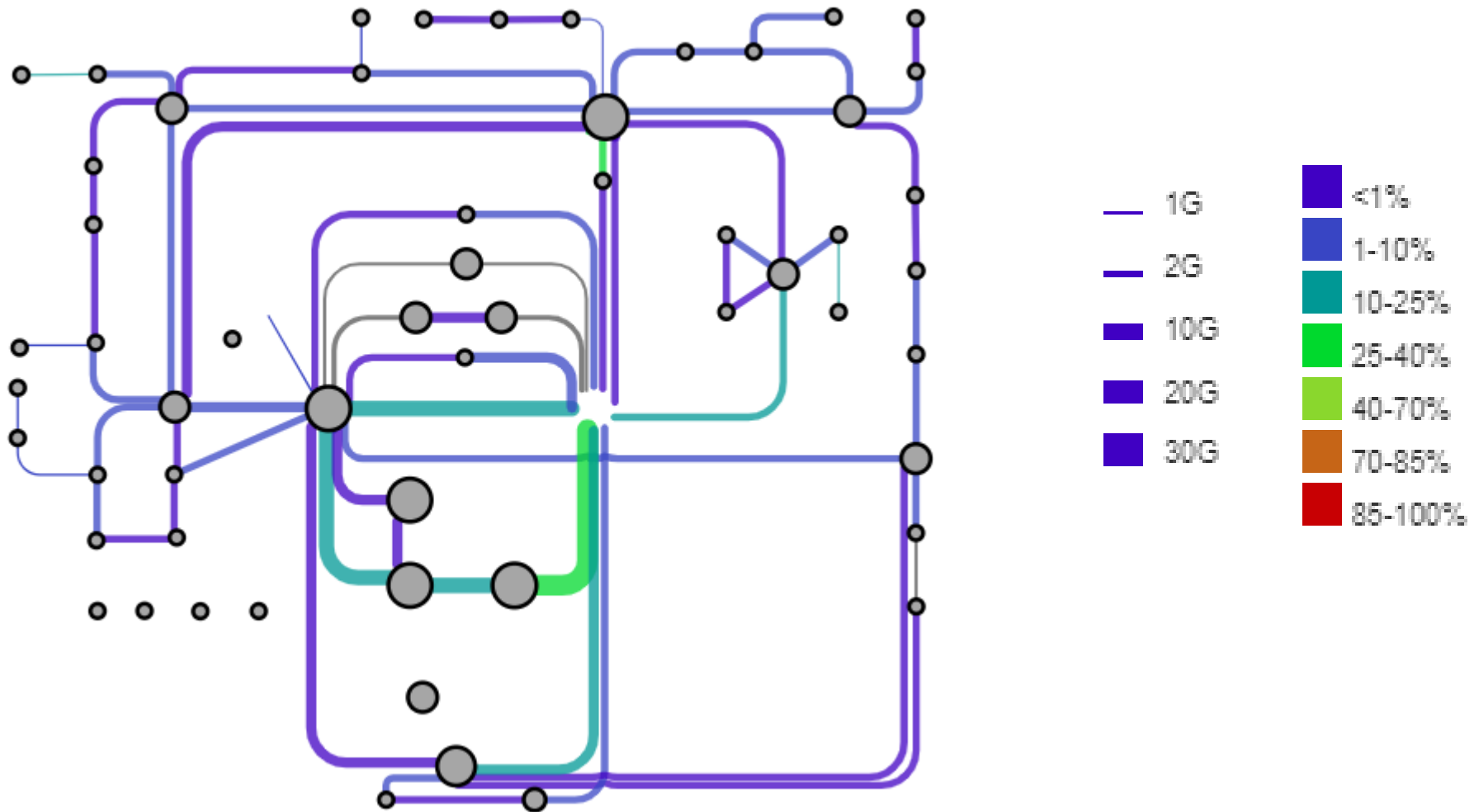
ntua.gr (147.102.0.0/16, 2001:648:2000::/48, AS# 3323)



- **Αρχικό Στάδιο (1994): Distributed Topology** με 50+ IP Routers, κοντά στα υποδίκτυα. Η εσωτερική και εξωτερική δρομολόγηση γινόταν σε επίπεδο 3 (IP). Γειτονικοί τελικοί χρήστες του ίδιου υποδικτύου Ethernet μπορούσαν να επικοινωνήσουν σε επίπεδο 2 (Medium Access Control - MAC)
- **Ενδιάμεσο Στάδιο: Collapsed Backbone Topology**, αστέρας με δενδρική διασύνδεση τελικών υποδικτύων μέσω ενδιάμεσων διαφανών μεταγωγών (**Ethernet Switches**) και δρομολόγηση εντός υποδικτύου σε επίπεδο 2 σαν Virtual LANs (VLAN), χωρίς περιορισμούς φυσικής γειτνίασης. Έχουν διαμορφωθεί από το Κέντρο Διαχείρισης (**ΚΕΔ**) – Network Operation Center (**NOC**) πάνω από 200 VLANs. Η δρομολόγηση σε επίπεδο 3 (IP) γίνεται στο κεντρικό σύστημα για κίνηση μεταξύ VLANs και με το **Internet**
- **Σύγχρονη Τάση:** Τεχνολογία **Data Center** με Extended VLANs (**VXLAN**) επιπέδου 2 διαμορφωμένα σαν Ethernet VPNs (**EVPN**) overlays πάνω από εικονικά υποδίκτυα IP (IP Virtual Private Network – **VPN**)

ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ - IP Overlay (10/10/2023)

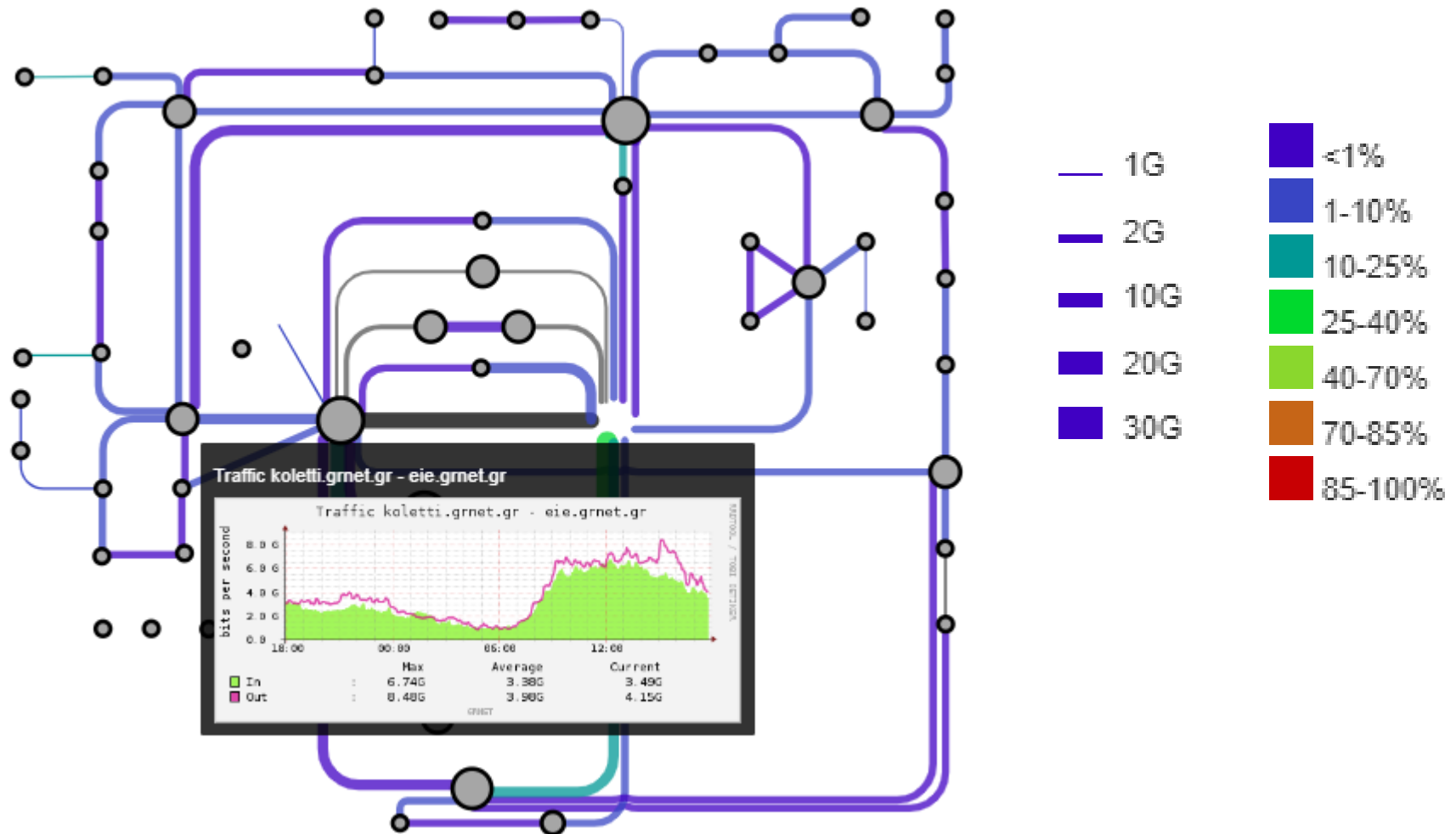
<https://netmon.grnet.gr/networkmap/>



Σχήματα διαθέσιμα από το
Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων - ΚΕΔ του GRNET
(GRNET Network Operations Center - NOC)

ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ - IP Overlay (10/10/2023)

<https://netmon.grnet.gr/networkmap/>



Κίνηση σε Πραγματικό Χρόνο (MRTG):

Σύνδεση Κόμβων koletti ↔ eie

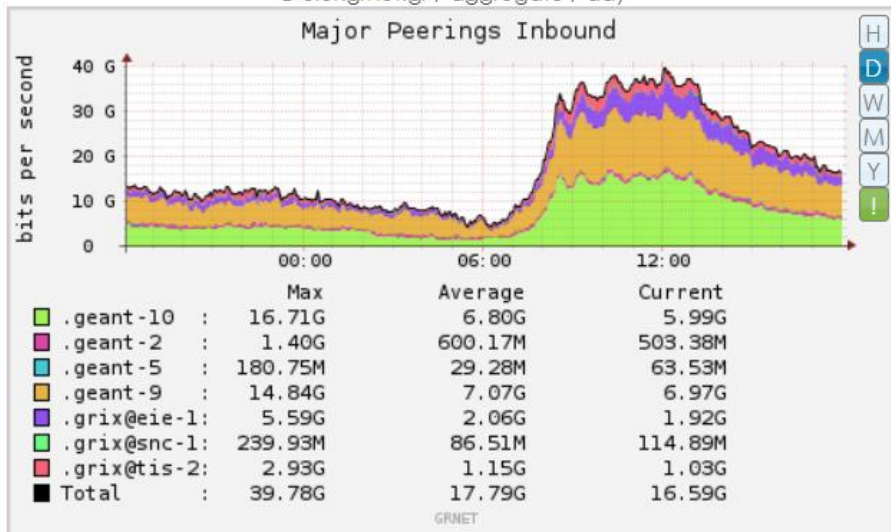
ΕΔΥΤΕ - GRNET: IP Peering Traffic MRTG (10/10/2023)

<https://mon.grnet.gr/rg/>

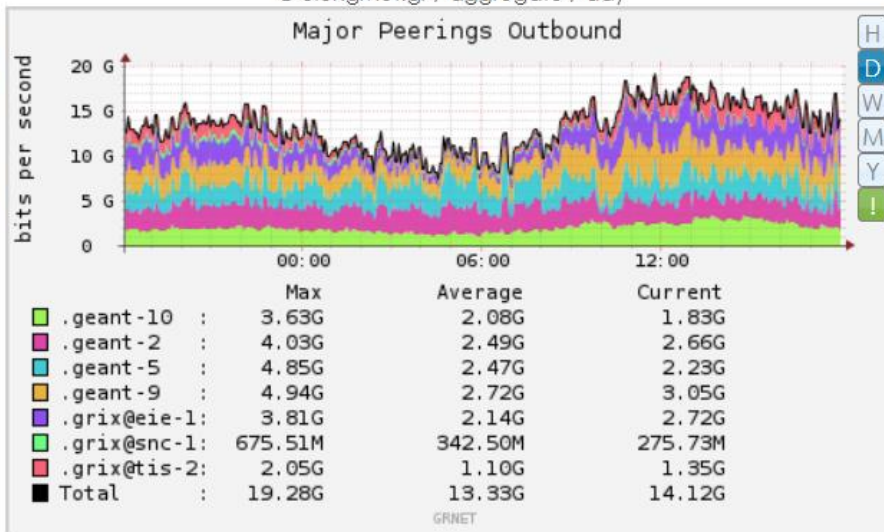
GRNET graphs home

Welcome to GRNET's graph monitoring tool - now showing results for "type: aggregate descr:Peerings"

Major Peerings Inbound
@ eier.grnet.gr / aggregate / day



Major Peerings Outbound
@ eier.grnet.gr / aggregate / day



Γραφήματα κίνησης 10-10-2023, διαθέσιμα από το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων - ΚΕΔ του GRNET (GRNET Network Operations Center - NOC)


ΤΟ ΠΑΝΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΕΑΝΤ - 2023

ΓΕΑΝΤ  the pan-European research and education network

ΔΙΑΣΥΝΔΕΕΙ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ

10-100 Gbps:

42 Εθνικά Δίκτυα Έρευνας & Εκπαίδευσης (National Research & Education Networks – NRENs)

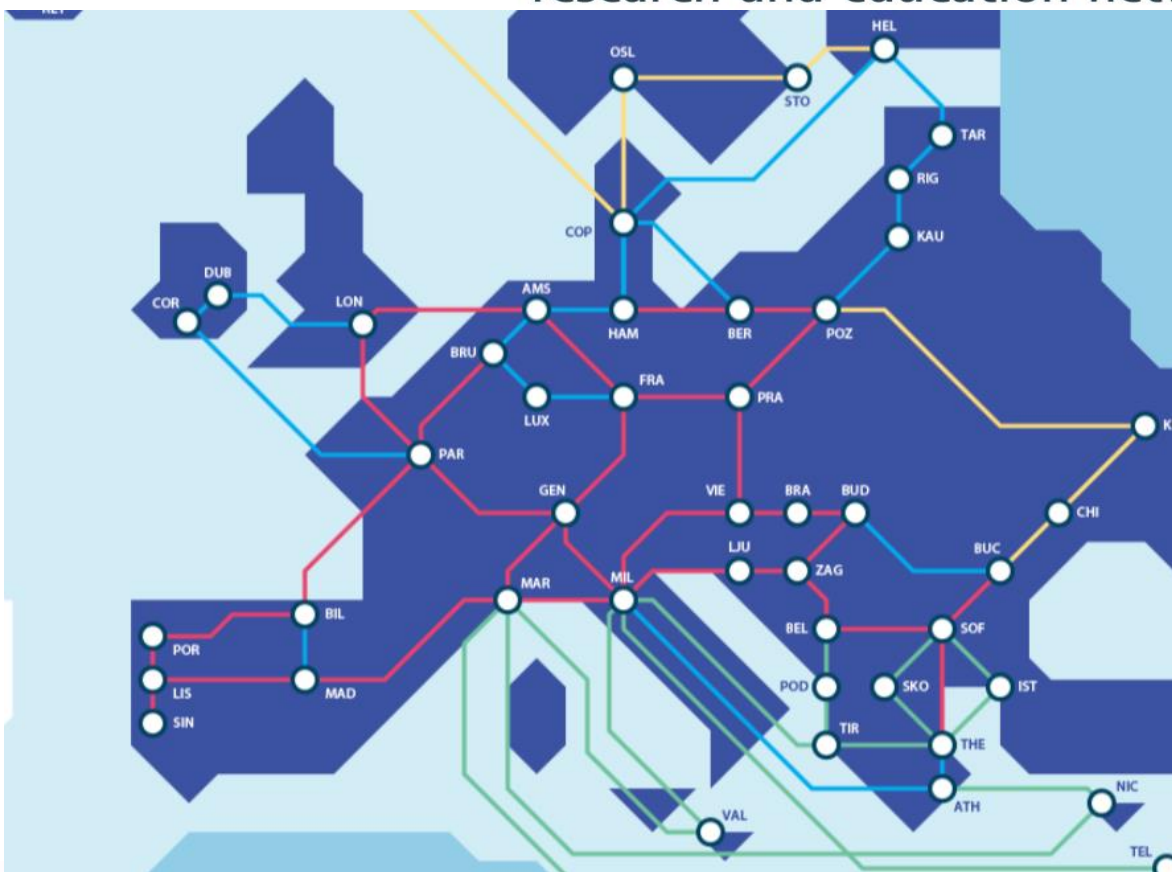
-  Fibre
-  Spectrum
-  Connected Regional Network
-  Leased Capacity

ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ:

10.000 ++ Ιδρύματα

Ερευνητικές υποδομές παγκόσμιας εμβέλειας (CERN/HEP, ITER, ESFRI...)

50 εκ. ++ φοιτητές, μαθητές, εκπαιδευτικό προσωπικό, ερευνητές

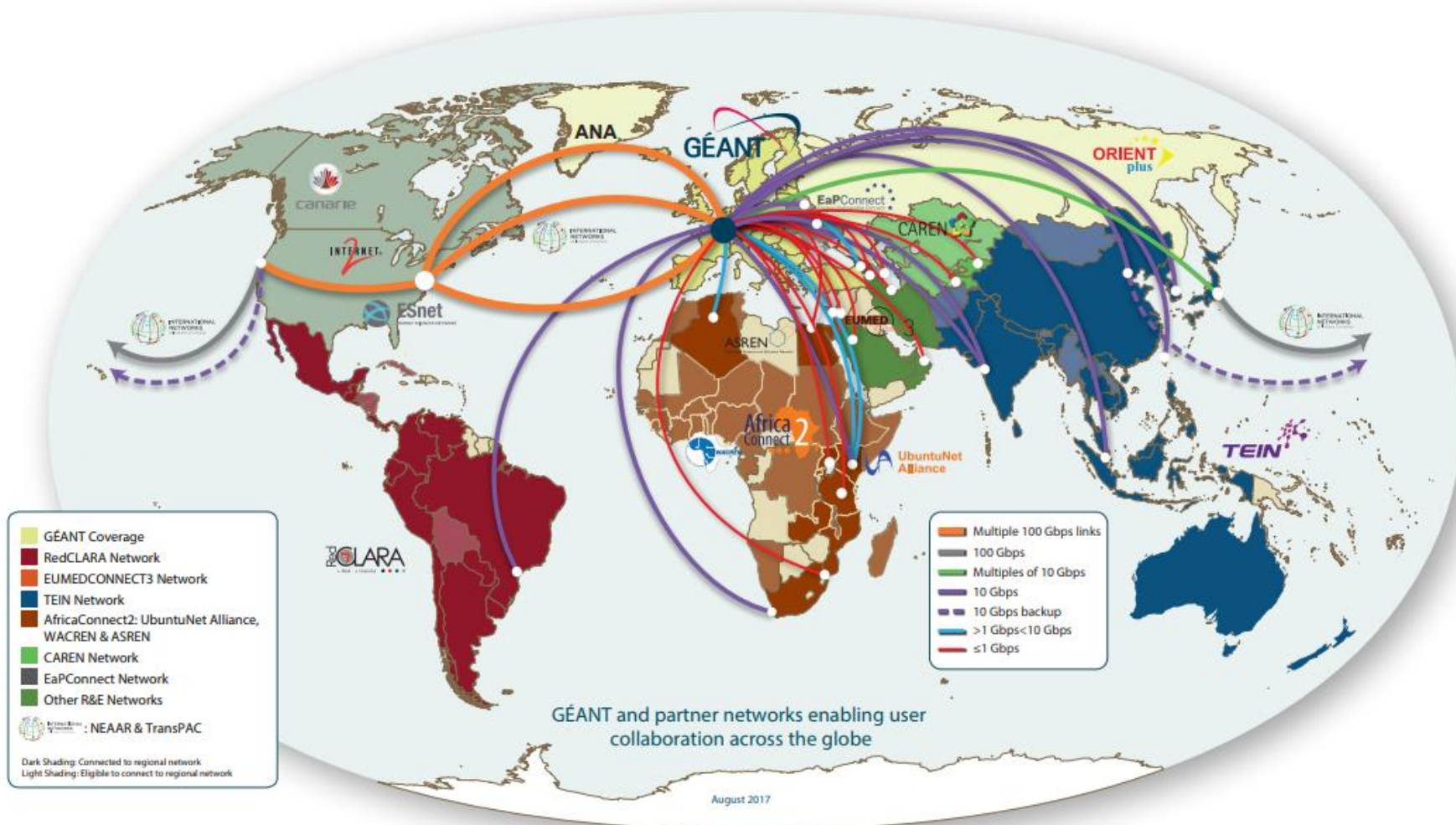


 RASH	 DFN	 NORDUnet	 CARNET	 NORDUnet	 EUNet	 Jisc				
AL Albania	BG Bulgaria	DE Germany	FI Finland*	HR Croatia	IS Iceland*	LV Latvia	NL Netherlands	RO Romania	SI Slovenia	UK United Kingdom
 Armenet	 SWITCH	 NORDUnet	 RENATER	 GARR	 OMREN	 NORDUnet	 Serbia	 Moldova	 Ukraine	
AM Armenia	CH Switzerland	DK Denmark*	FR France	HU Hungary	IT Italy	ME Montenegro	NO Norway*	RS Serbia	MD Moldova	UA Ukraine
 oconet	 Cyprus	 EENet	 GEMNet	 HEAnet	 LITNET	 MARnet	 PSM	 BASNET	 Slovakia	
AT Austria	CY Cyprus	EE Estonia	GE Georgia	IE Ireland	LT Lithuania	MK F.Y.R Macedonia	PL Poland	BY Belarus*	SK Slovakia	
 Belnet	 CERNET	 Spain	 Greece	 Israel	 Luxembourg	 Malta	 FCT	 Sweden	 Turkey	
BE Belgium	CZ Czech Republic	ES Spain	GR Greece	IL Israel	LU Luxembourg	MT Malta	PT Portugal	SE Sweden	TR Turkey	

ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΓÉΑΝΤ (8/2017)



At the Heart of Global Research and Education Networking



ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΓΕΑΝΤ (2023)

<https://map.geant.org/>

