

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGEMENT

Αρχιτεκτονική του Internet - Internet Architecture

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

17/10/2022

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



Steve Jobs (1955 -2011): Apple

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



Larry Page (1973): Google

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



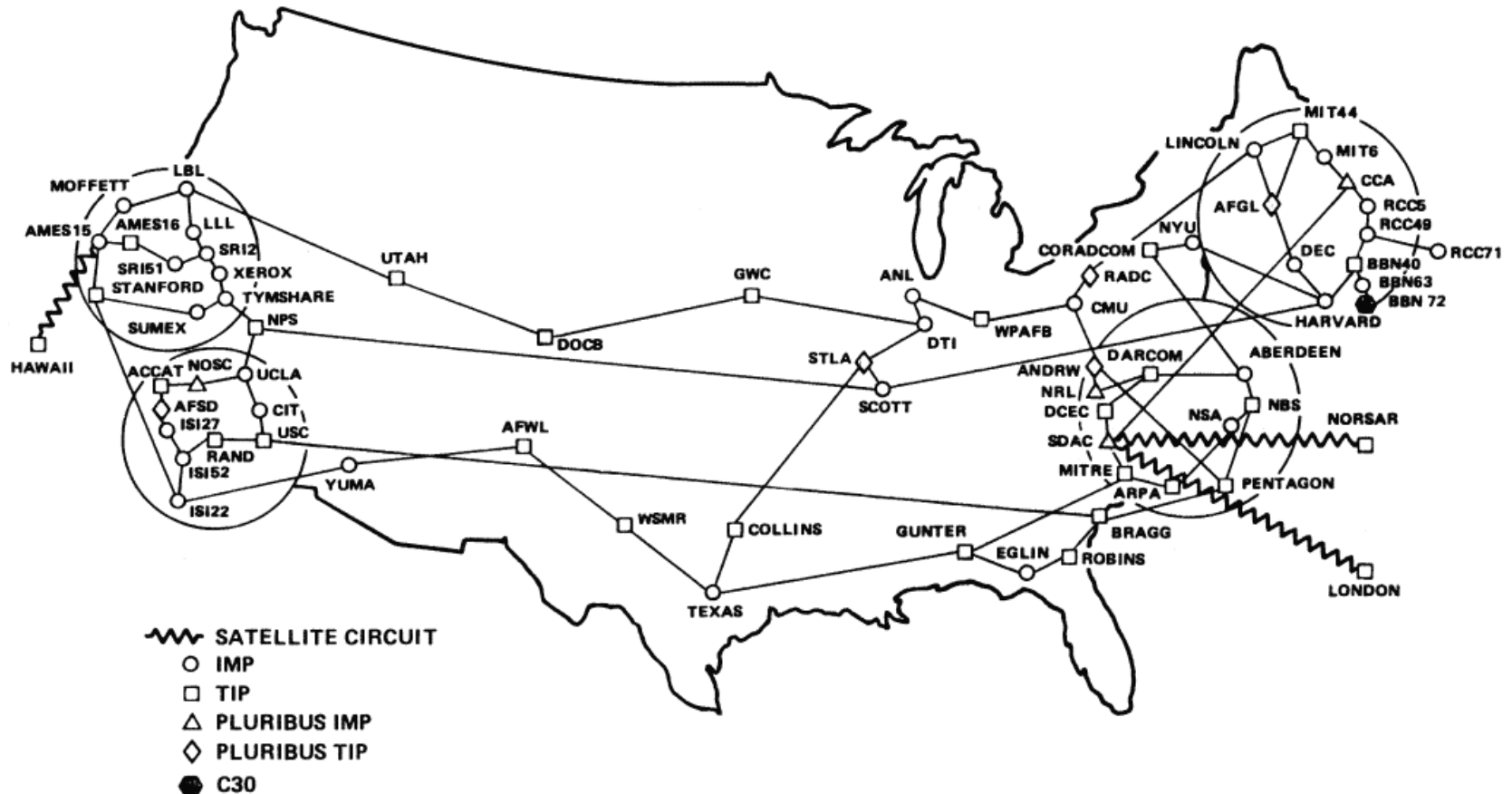
Mark Zuckerberg (1984): Facebook

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



ARPAnet – Ο ΠΡΟΓΟΝΟΣ ΤΟΥ INTERNET

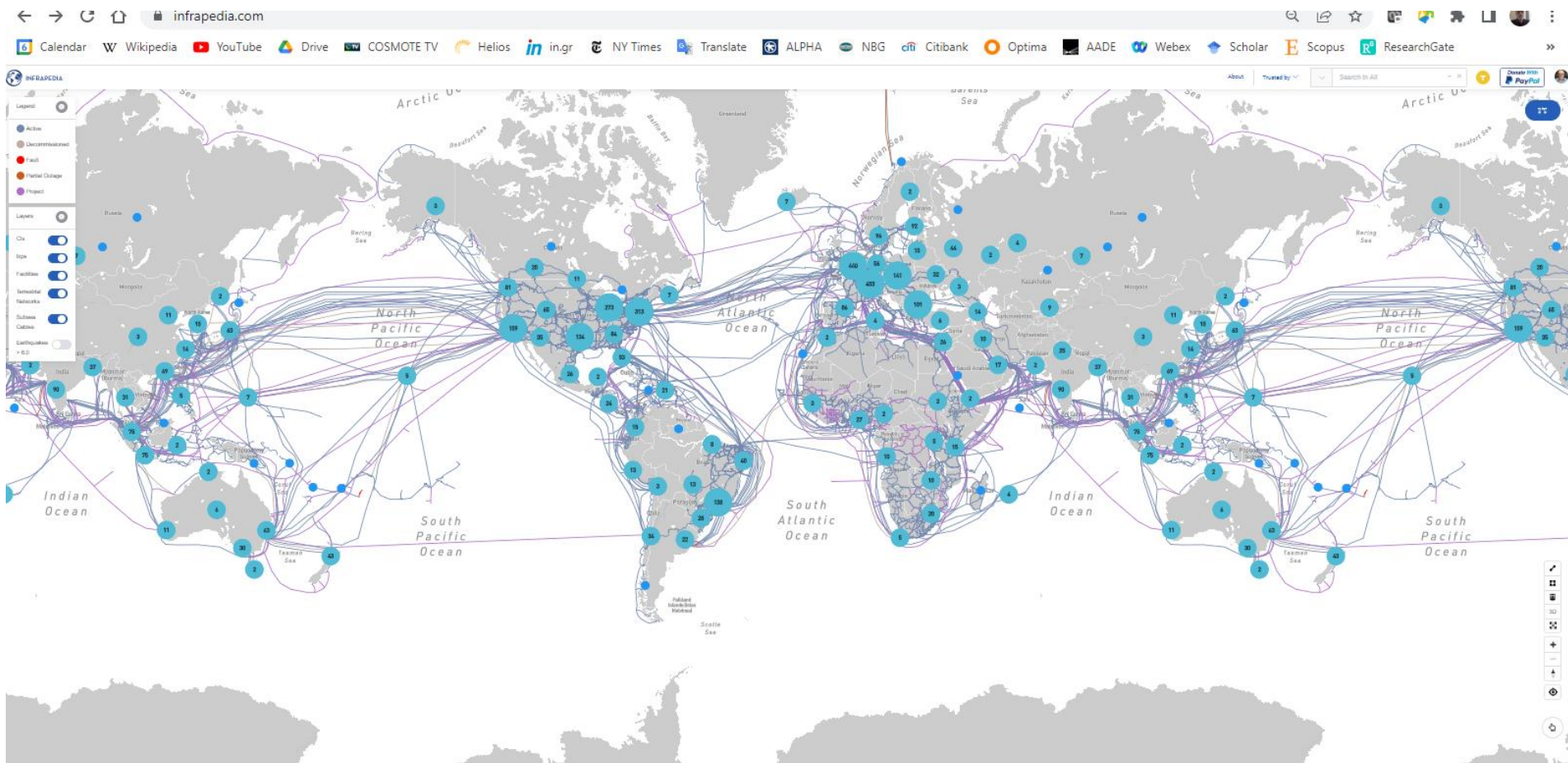
ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980



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

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

ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ Internet - 2022



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

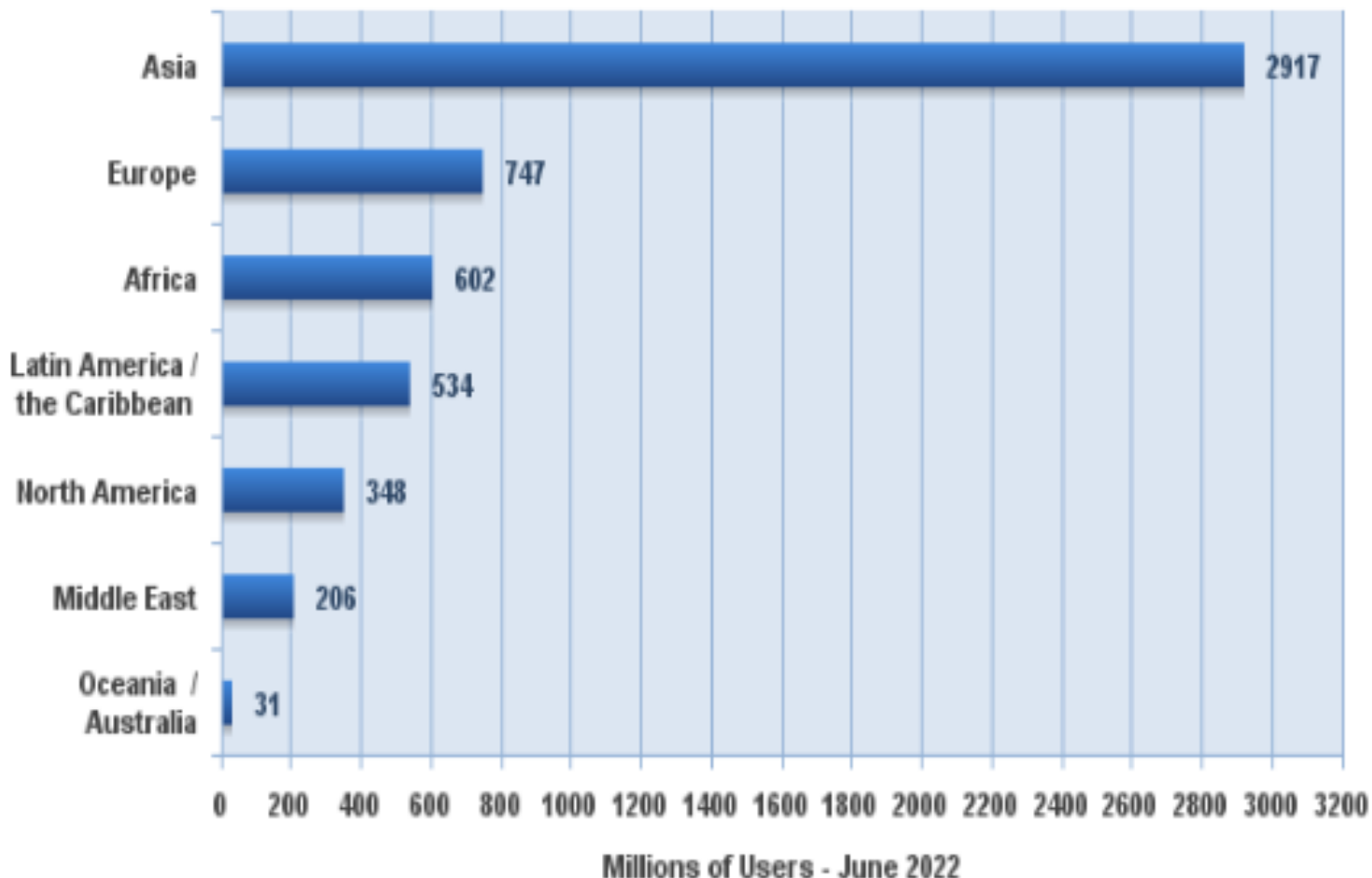
KATANOMH XΡΗΣΗΣ ΤΟΥ INTERNET ΑΝΑ ΗΠΕΙΡΟ (1)

WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS 2022 Year Estimates						
World Regions	Population (2022 Est.)	Population % of World	Internet Users 30 June 2022	Penetration Rate (% Pop.)	Growth 2000-2022	Internet World %
Africa	1,394,588,547	17.6 %	652,865,628	46.8 %	14,362 %	11.9 %
Asia	4,352,169,960	54.9 %	2,934,186,678	67.4 %	2,467 %	53.6 %
Europe	837,472,045	10.6 %	750,045,495	89.6 %	614 %	13.7 %
Latin America / Carib.	664,099,841	8.4 %	543,396,621	81.8 %	2,907 %	9.9 %
North America	374,226,482	4.7 %	349,572,583	93.4 %	223 %	6.4 %
Middle East	268,302,801	3.4 %	211,796,760	78.9 %	6,378 %	3.9 %
Oceania / Australia	43,602,955	0.5 %	31,191,971	71.5 %	309 %	0.6 %
WORLD TOTAL	7,934,462,631	100.0 %	5,473,055,736	69.0 %	1,416 %	100.0 %
NOTES: (1) Internet Usage and World Population Statistics estimates are for July 31, 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 Public IP Networks, Autonomous Domains

Autonomous System Numbers - ASN, Border Gateway Protocol - BGP

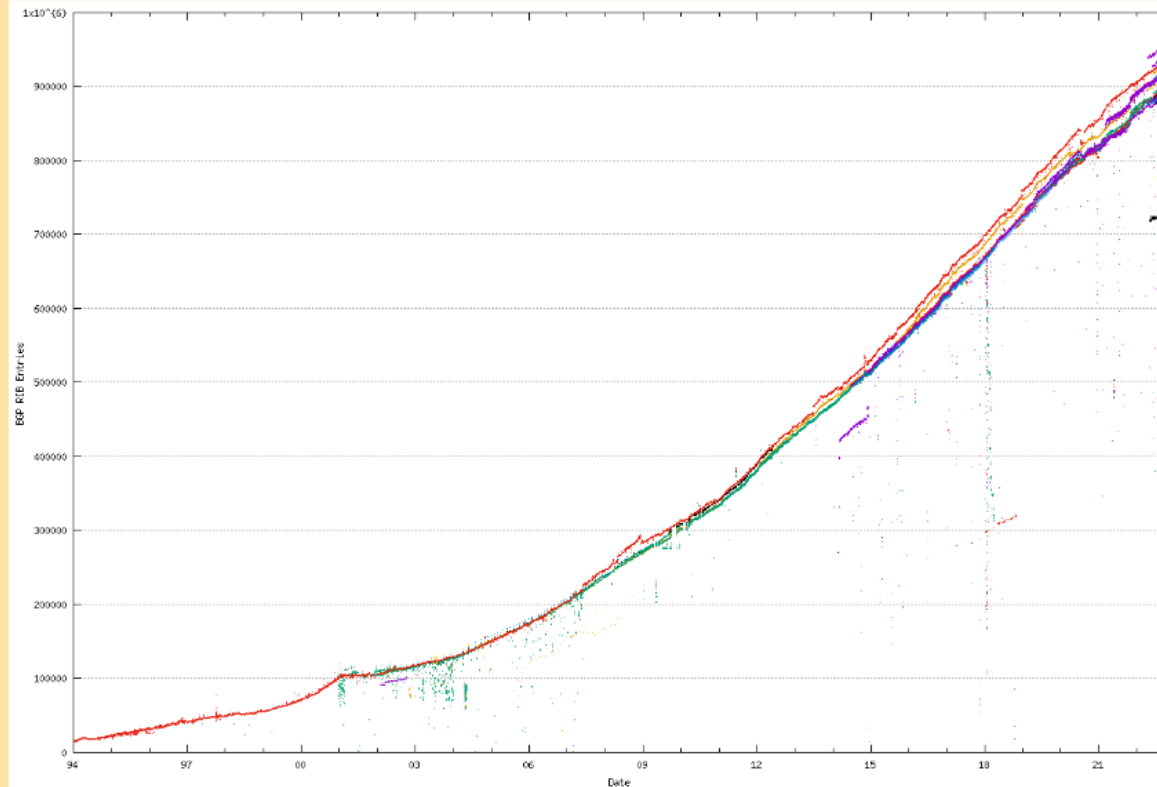
- Το Internet σήμερα (εκτίμηση **31/7/2022**)
 - Πάνω από **5.473.055.736** τελικοί χρήστες (συνδέσεις) σε συνολικό πληθυσμό **7.934.462.631**, διείσδυση **69%**
 - Γύρω στα **1.100.000** ανακοινώσιμα δίκτυα – γνωστοί προορισμοί (announced public IPv4 & IPv6 networks via **BGP announcements**)
 - Ιεραρχικά ταξινομημένα σε Αυτόνομες Διαχειριστικές Περιοχές **AS** (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)
- **12/10/2022**: Αριθμός ανακοινώσιμων (**advertised**) AS's μέσω BGP announcements: **73.477** και μη ανακοινώσιμων (**unadvertised**) **37.876** (σύνολο **111.353** από **123.901** καταχωρημένα ASN από τον IANA)

RIR	RIR Pool	Unadv	Adv	16-bit	Unadv	Adv	32-bit	Unadv	Adv
AFRINIC	1098	520	1708	376	218	684	722	302	1024
APNIC	2299	13891	13144	599	3082	4861	1700	10809	8283
ARIN	2087	12324	19187	1340	9575	14589	747	2749	4598
RIPE NCC	4814	9383	28343	3178	5070	17495	1636	4313	10848
LACNIC	2250	1758	11095	485	574	2367	1765	1184	8728
TOTAL	12548	37876	73477	5978	18519	39996	6570	19357	33481

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 Wed, 12 Oct 2022 12:17:22 GMT

IPv4 BGP Reports

AS131072 APNIC R&D	935683
AS6447 Route-Views.Oregon-ix.net	960916

IPv4 Route-Views

IPv6 BGP Reports

AS131072 APNIC R&D	164611
AS6447 Route-Views.Oregon-ix.net	171225

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)

Time Series of RIR AS Allocations

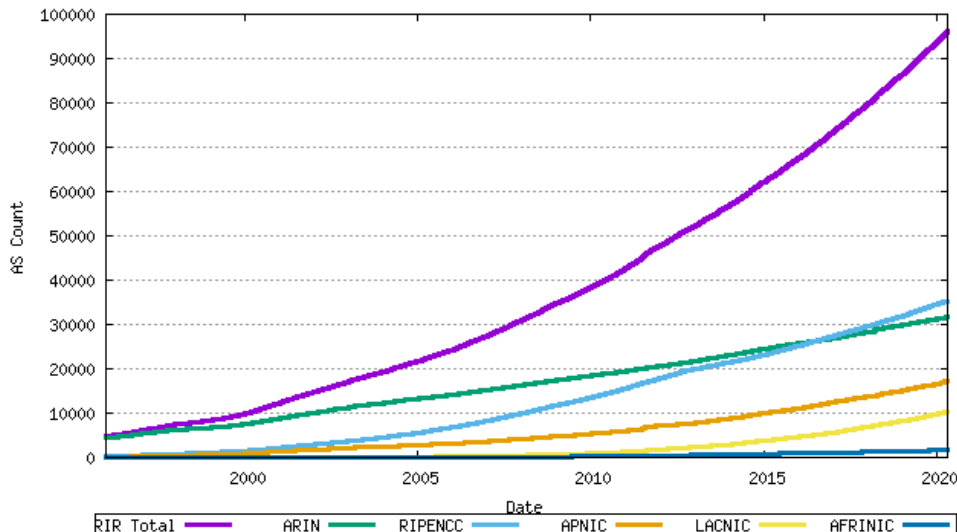


Figure 5 - Cumulative RIR AS assignments per RIR

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

Advertised / Unadvertised

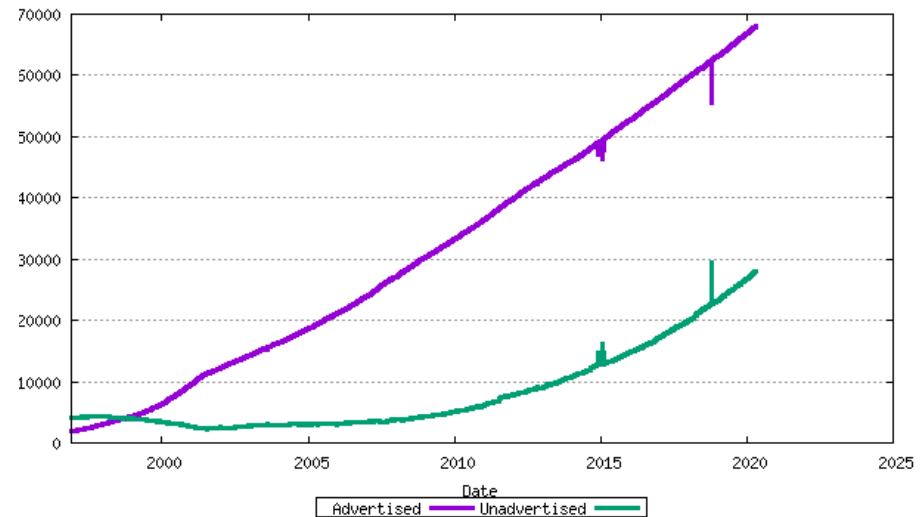
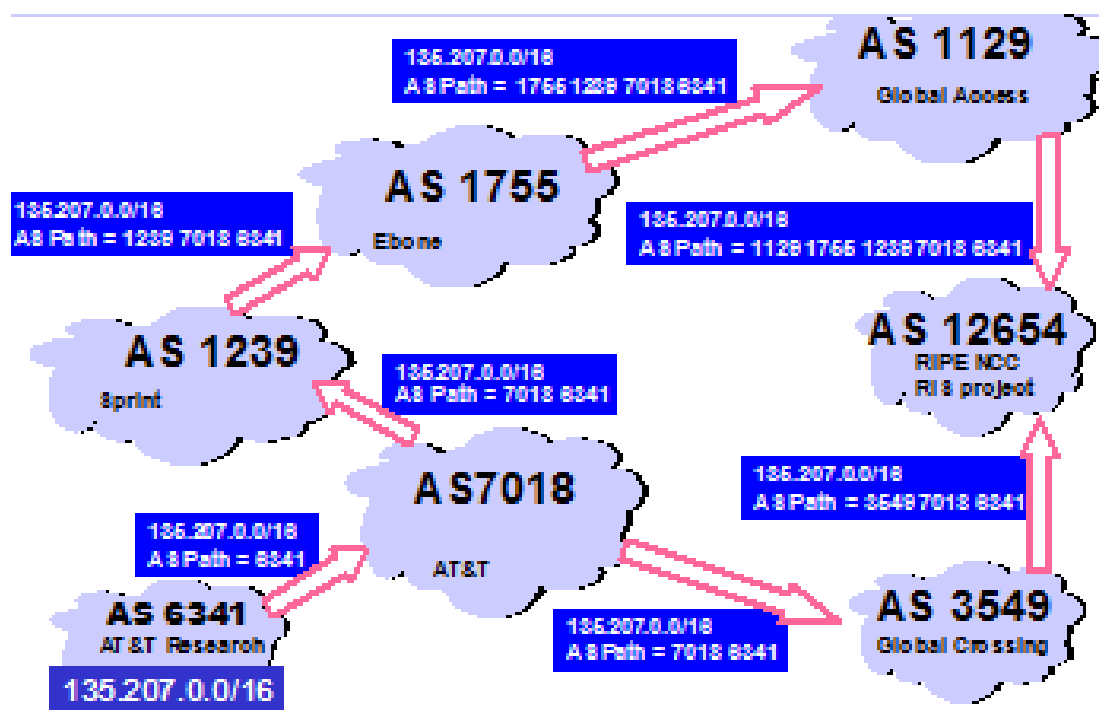


Figure 8 - Advertised / Unadvertised AS Count

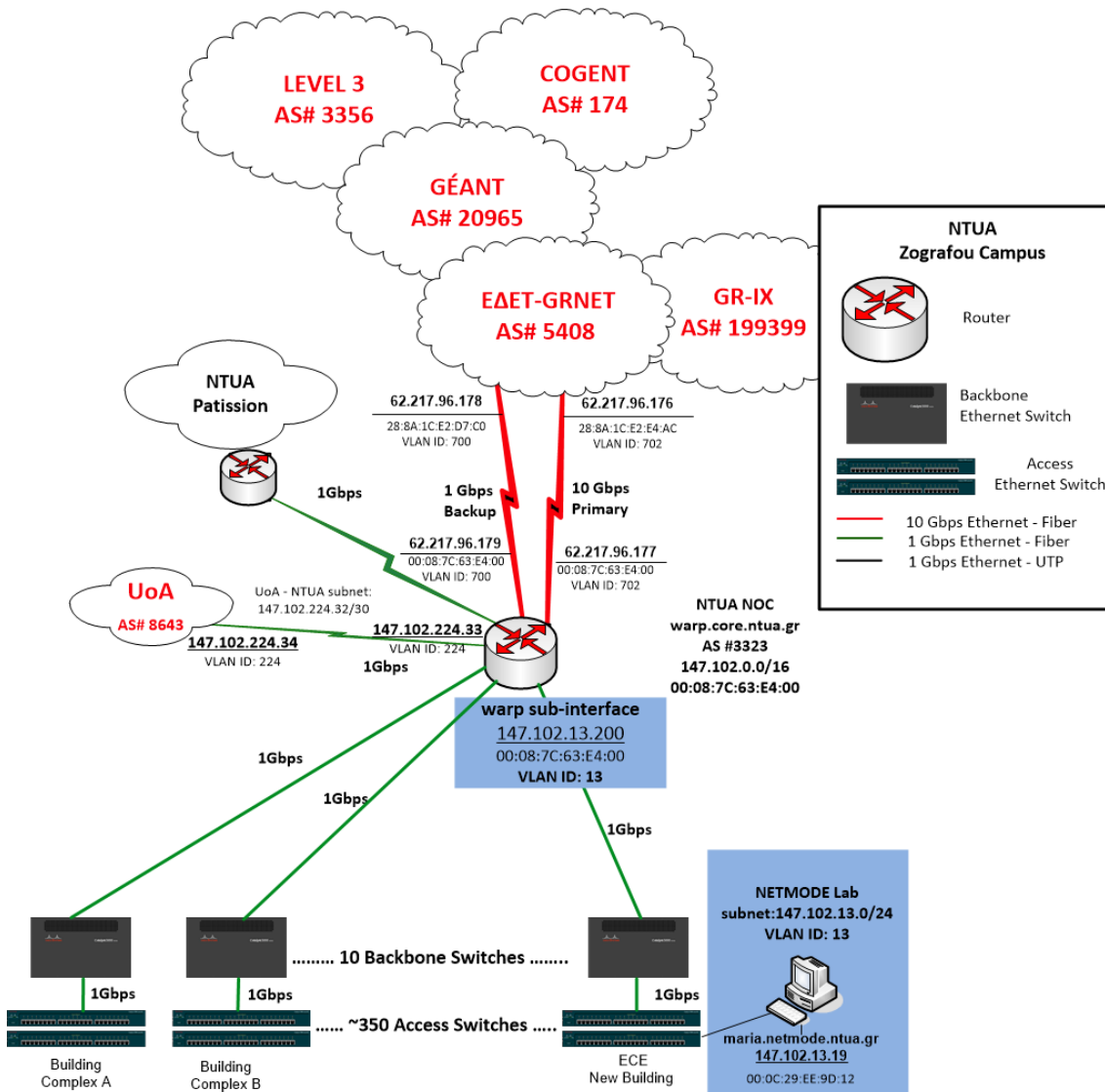
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ 135.207.0.0/16 ΜΕΣΩ BGP

(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 ιδίου 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**)

ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΥ ΕΔΥΤΕ - GRNET (2018)

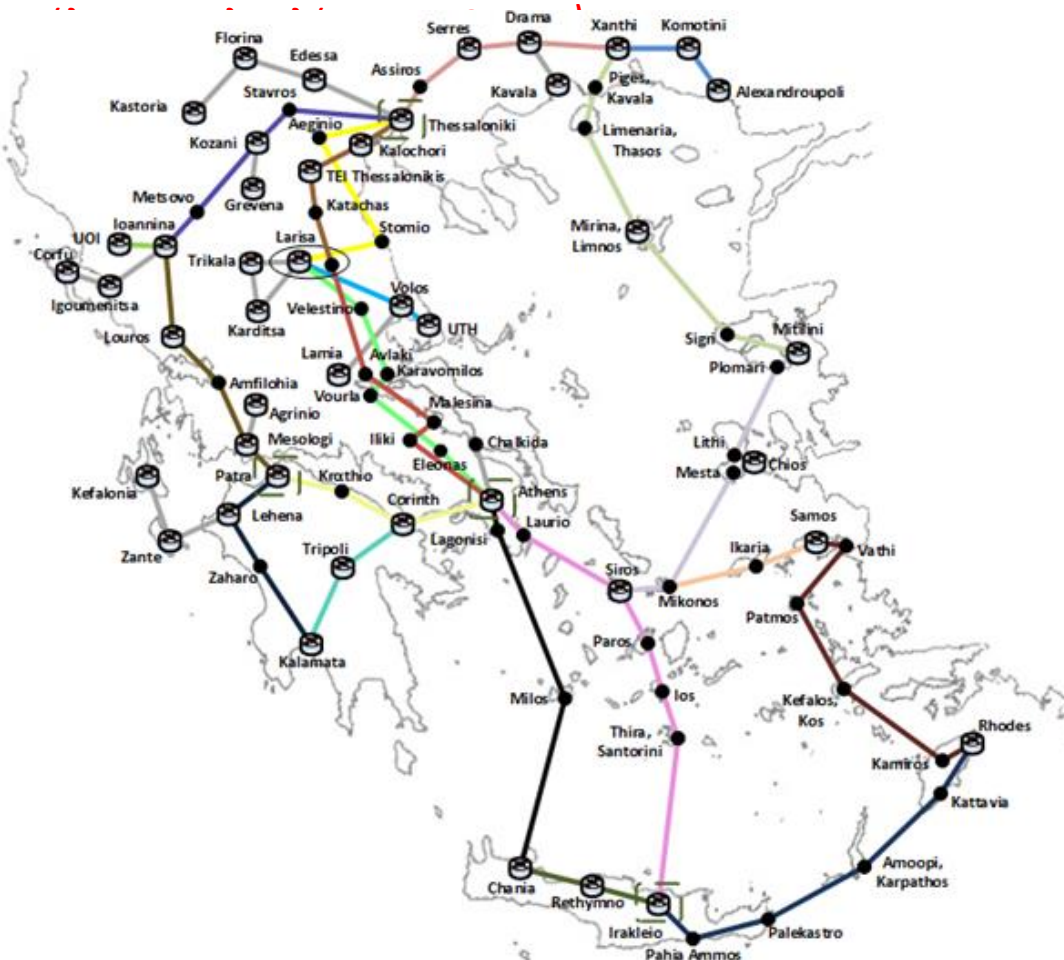
Εθνικό Δίκτυο Έρευνας & Τεχνολογίας – Greek Research & Technology Network

Το Οπτικό Δίκτυο (Layer1 Topology)

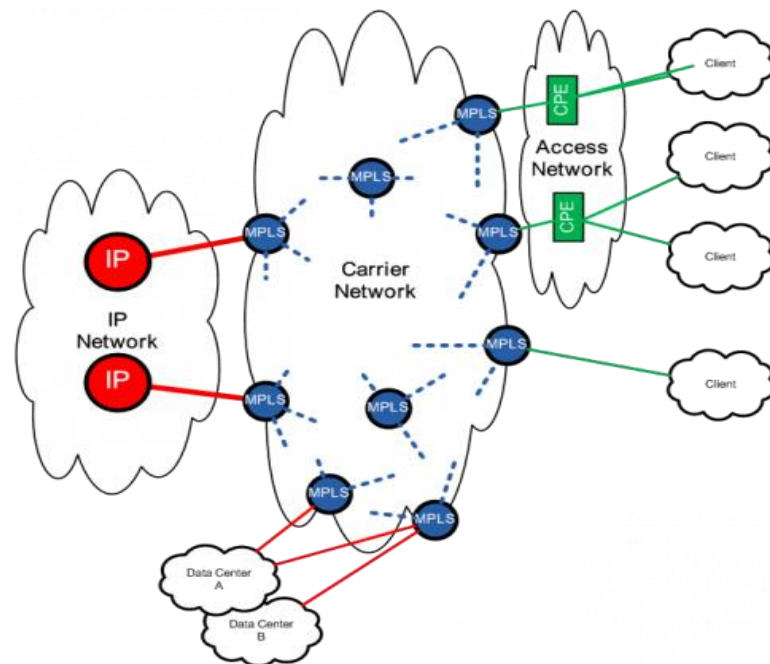
www.grnet.gr

Managed Dark Fibers

DWDM - Dense Wavelength Division Multiplexing



Το Υπερκείμενο Δίκτυο IP/MPLS
(Layer 2.5, Layer 3 Overlay Topology)



151 Φορείς (ΑΕΙ, ΤΕΙ, Ερευνητικά Κέντρα, Σχολικό Δίκτυο)

400.000 Τελικοί Χρήστες

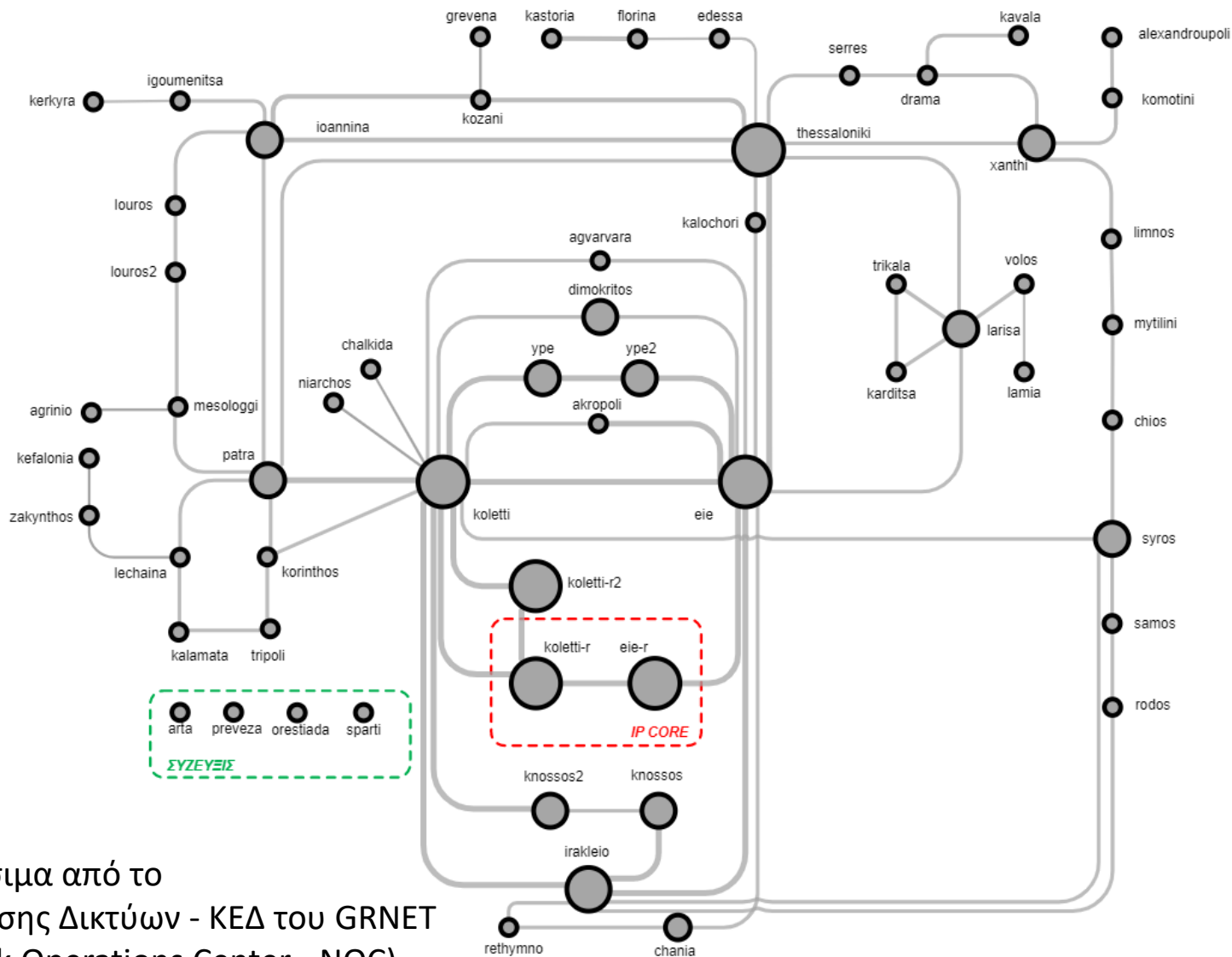
50 Πόλεις, **340** Σημεία Παρουσίας (PoP's)

1, 10 (100) Gbps/λ (DWDM 1-10 λ/fiber)

Διασύνδεση με GÉANT & Εμπορικό Internet

ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΣΗΜΕΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ (Points-of-Presence, PoP) (12/10/2022)

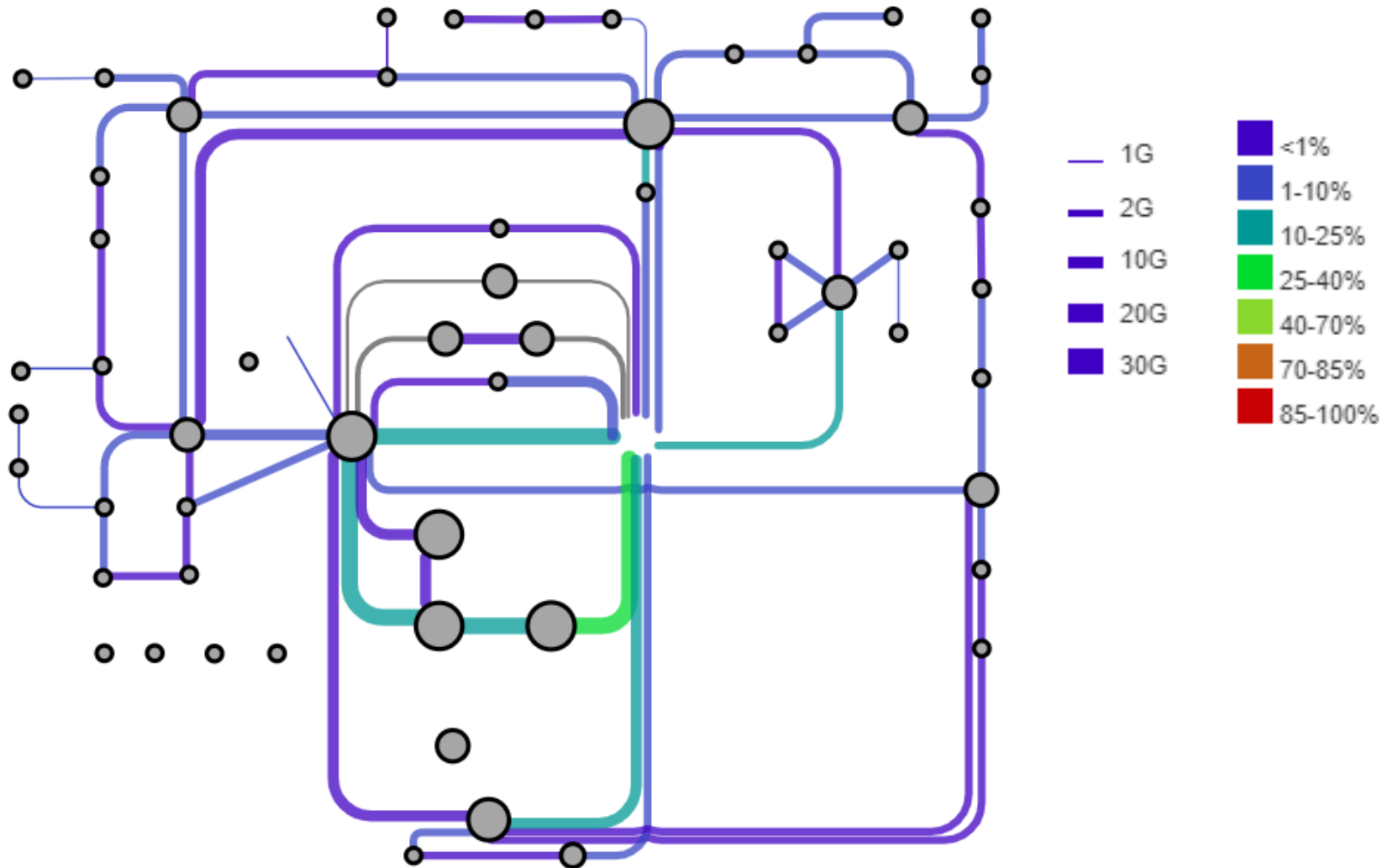
<https://netmon.grnet.gr/networkmap/?raw=True>



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

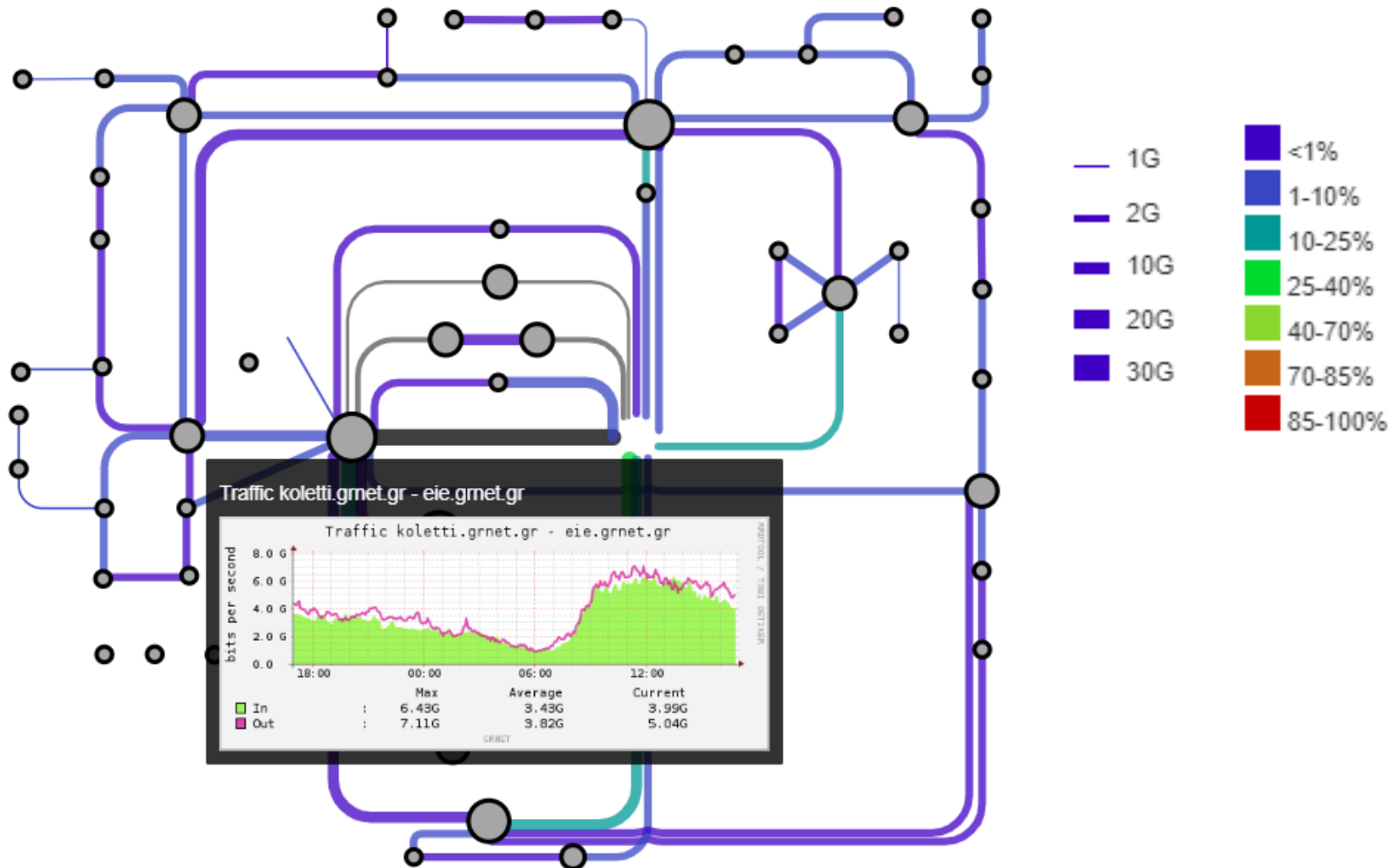
ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ - IP Overlay (13/10/2021)

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



ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ - IP Overlay (13/10/2021)

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



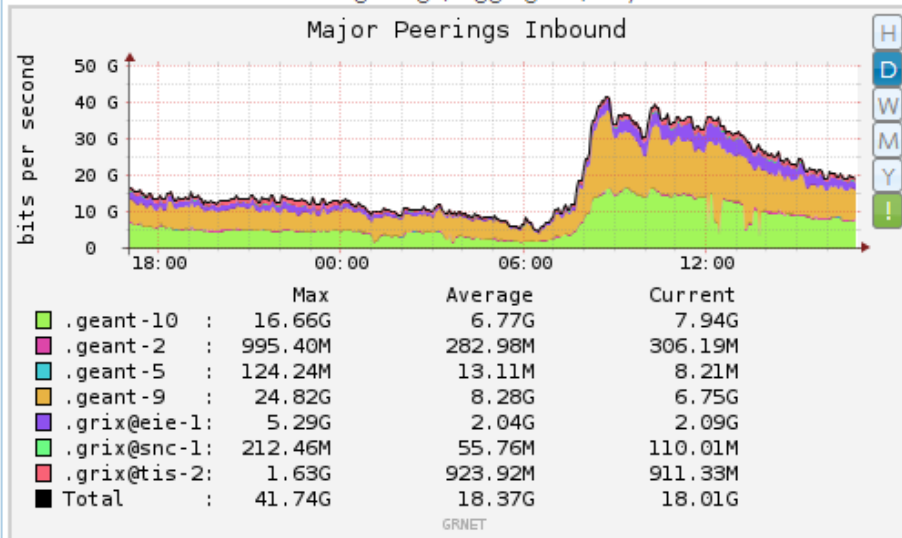
ΕΔΥΤΕ - GRNET: IP Peering Traffic MRTG (12/10/2022)

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

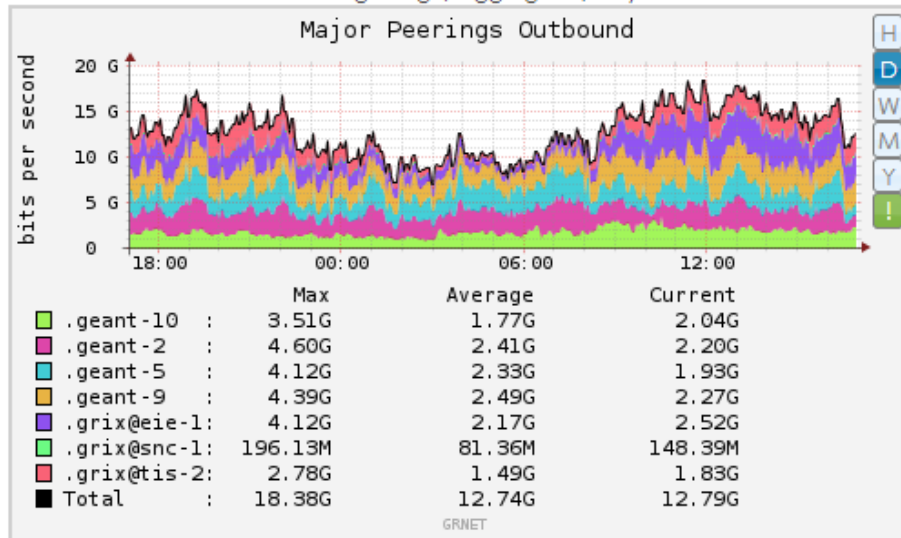
GRNET graphs home

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 12-10-2022, διαθέσιμα από το
Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων - ΚΕΔ του GRNET
(GRNET Network Operations Center - NOC)

ΤΟ ΠΑΝΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓÉANT - 2022

ΓÉANT 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)

ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ:

10.000 ++ Ιδρύματα

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

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

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ:

DANTE + TERENA → ΓÉANT
Association

<http://www.geant.org/>

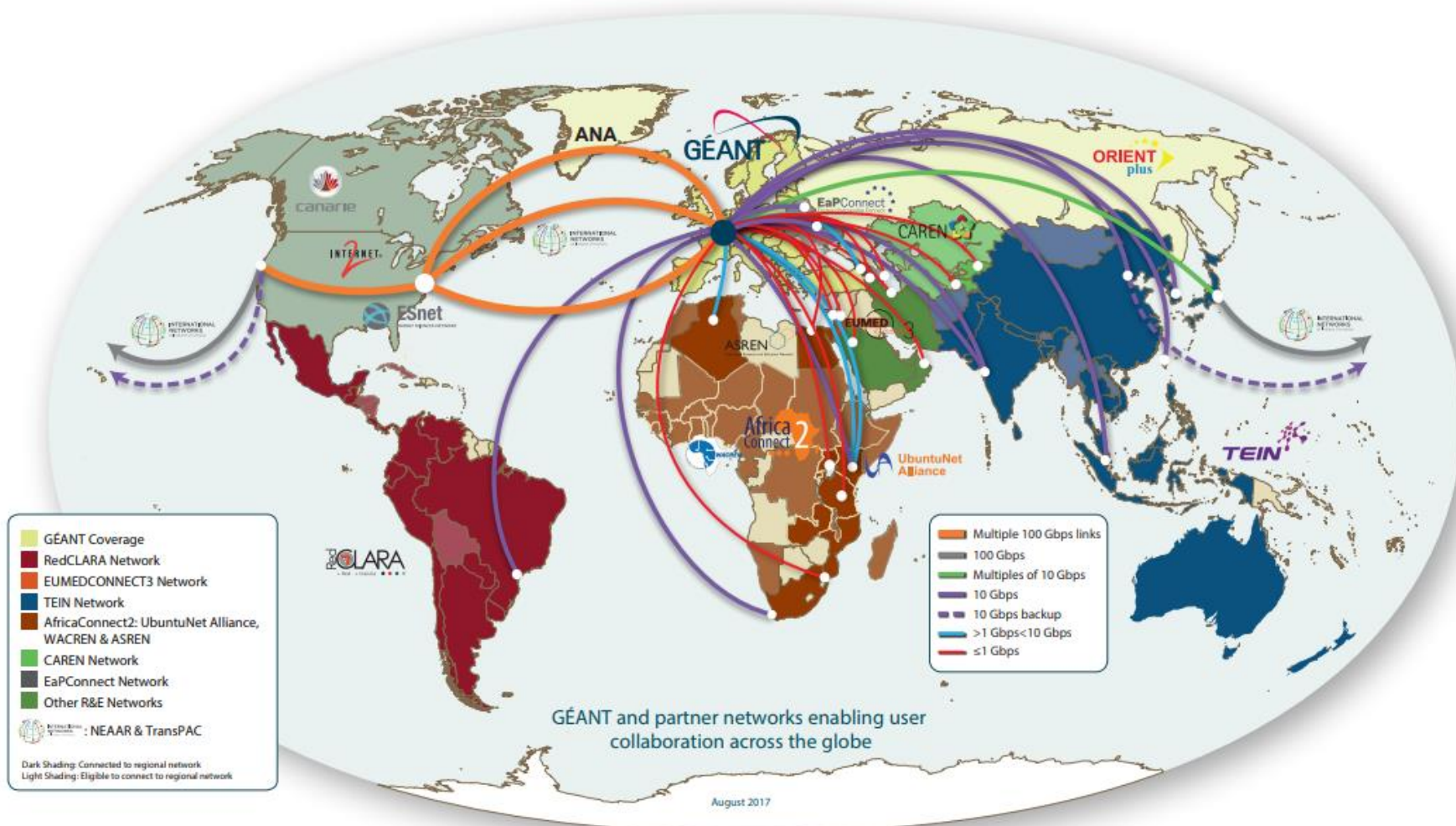
Fibre
Spectrum
Connected Regional Network
Leased Capacity



ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΓÉΑΝΤ (8/2017)



At the Heart of Global Research and Education Networking



ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΓΕΑΝΤ (12/10/2022)

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

