

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

18/10/2021

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



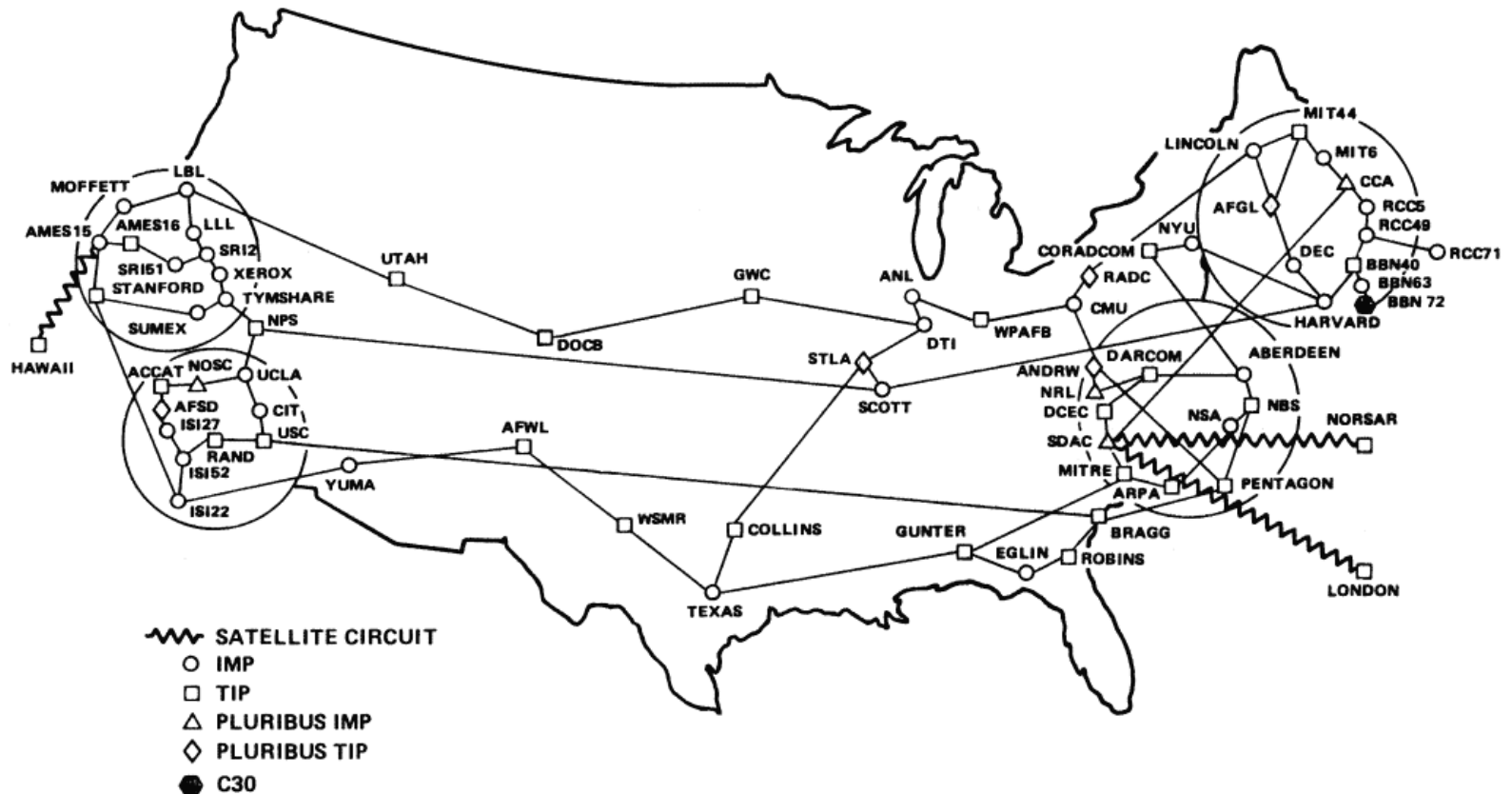
Mark Zuckerberg (1984): Facebook

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



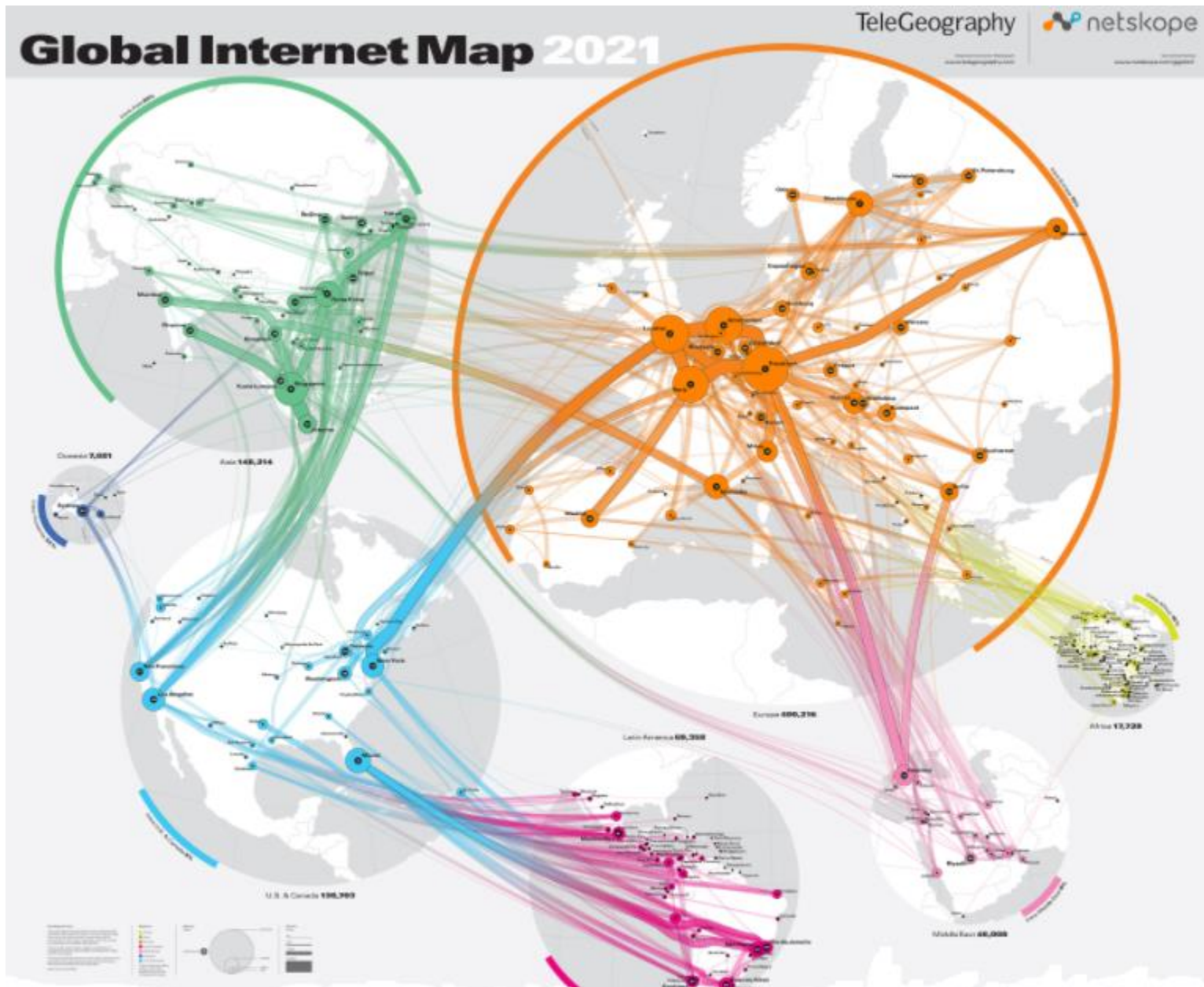
ARPAnet – Ο ΠΡΟΓΟΝΟΣ ΤΟΥ INTERNET

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

Global Internet Map 2021



<https://blog.telegeography.com/2021-global-internet-map-tracks-global-capacity-traffic-and-cloud-infrastructure>

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ INTERNET ΑΝΑ ΗΠΕΙΡΟ (1)

INTERNET USAGE STATISTICS

The Internet Big Picture

World Internet Users and 2021 Population Stats

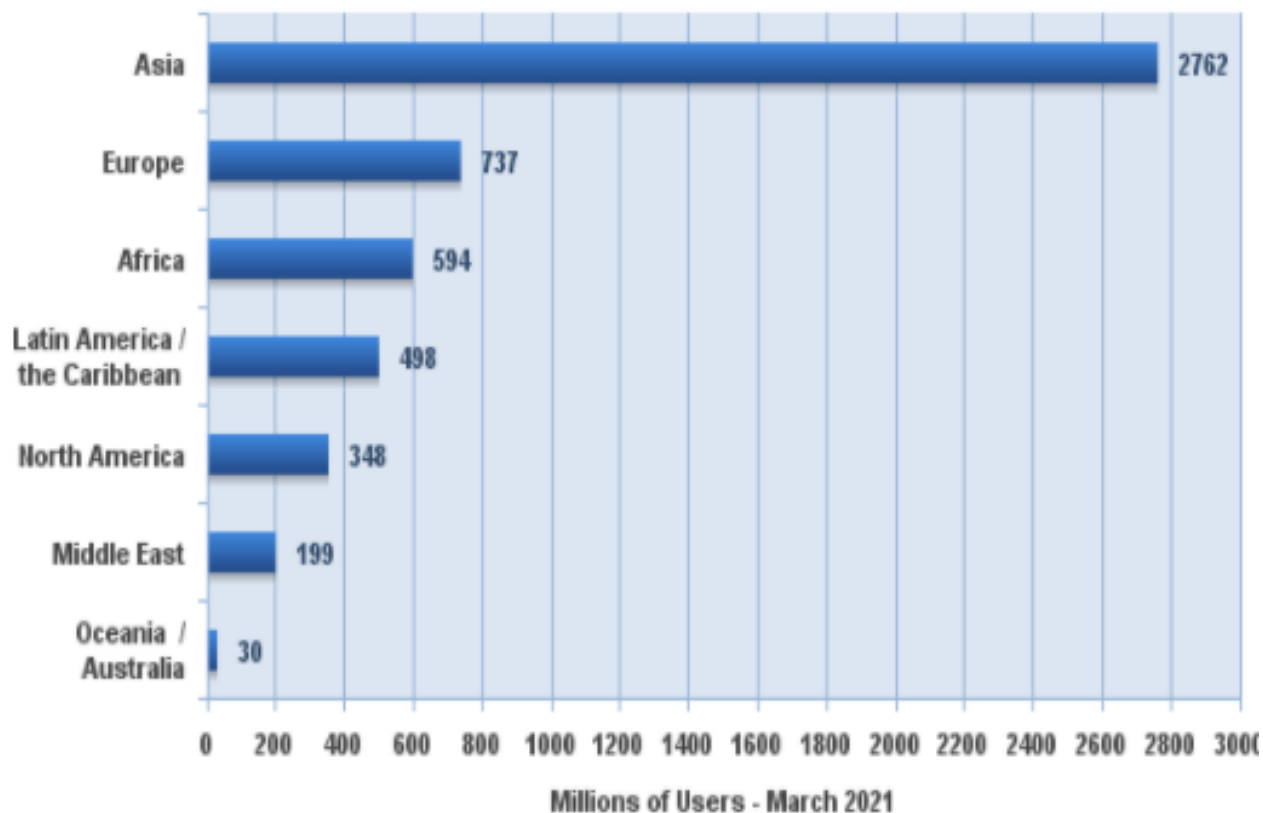
WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS 2021 Year-Q1 Estimates

World Regions	Population (2021 Est.)	Population % of World	Internet Users 31 Mar 2021	Penetration Rate (% Pop.)	Growth 2000-2021	Internet World %
Asia	4,327,333,821	54.9 %	2,762,187,516	63.8 %	2,316.5 %	53.4 %
Europe	835,817,920	10.6 %	736,995,638	88.2 %	601.3 %	14.3 %
Africa	1,373,486,514	17.4 %	594,008,009	43.2 %	13,058 %	11.5 %
Latin America / Carib.	659,743,522	8.4 %	498,437,116	75.6 %	2,658.5 %	9.6 %
North America	370,322,393	4.7 %	347,916,627	93.9 %	221.9 %	6.7 %
Middle East	265,587,661	3.4 %	198,850,130	74.9 %	5,953.6 %	3.9 %
Oceania / Australia	43,473,756	0.6 %	30,385,571	69.9 %	298.7 %	0.6 %
WORLD TOTAL	7,875,765,587	100.0 %	5,168,780,607	65.6 %	1,331.9 %	100.0 %

NOTES: (1) Internet Usage and World Population Statistics estimates are for March 31, 2021. (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 and placing a link back to www.internetworldstats.com. Copyright © 2021, Miniwatts Marketing Group. All rights reserved worldwide.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ INTERNET ΑΝΑ ΗΠΕΙΡΟ (2)

Internet Users in the World by Geographic Regions - 2021



Source: Internet World Stats - www.internetworldstats.com/stats.htm

Basis: 5,168,780,607 Internet users estimated in March 31, 2021

Copyright © 2021, Miniwatts Marketing Group

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 (31/3/2021)
 - Πάνω από **5.168.780.607** τελικοί χρήστες (συνδέσεις) σε συνολικό πληθυσμό **7.875.765.587**, διείσδυση **65,6%**
 - Γύρω στα **900.000** ανακοινώσιμα δίκτυα – γνωστοί προορισμοί (announced public IPv4 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)
 - Αριθμός διαφημιζόμενων (advertised) AS's μέσω BGP announcements, 13/10/2021: **77.679** (από **106.683** καταχωρημένα ASN)
 - Διάθεση 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)

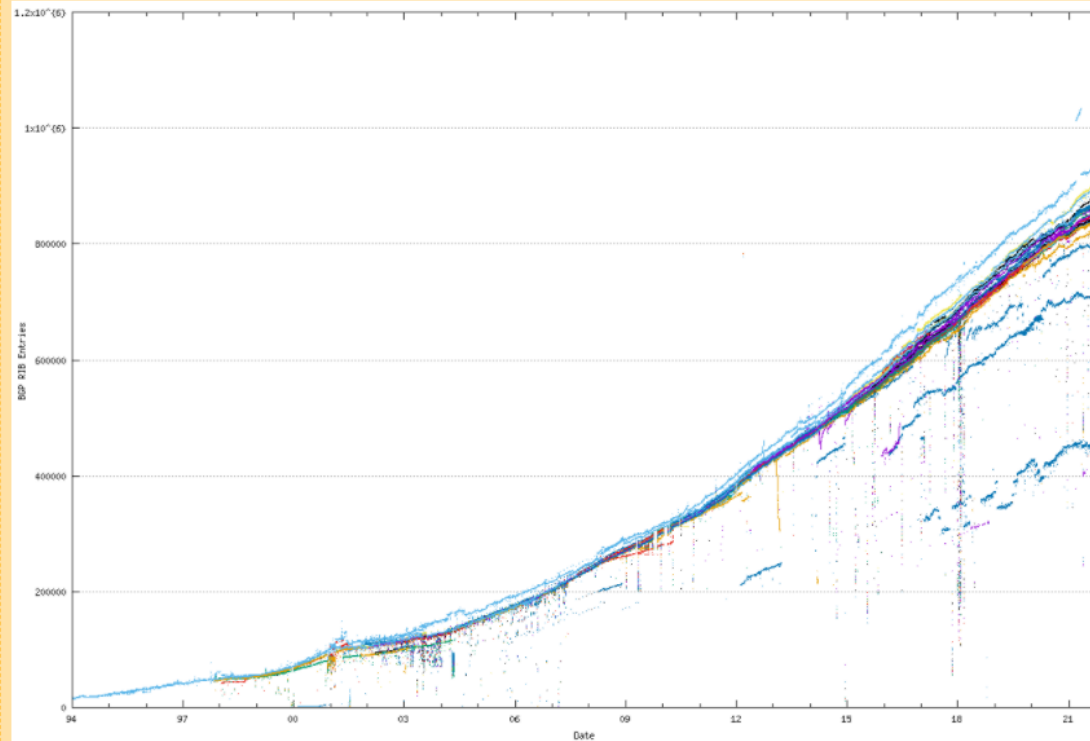
Resource allocations by Regional Registry

Registry	Advertised ASNs	Unadvertised ASNs	Allocated ASNs	Reserved ASNs	Available ASNs	Total ASNs
AFRINIC	1580	466	2046	296	984	3326
APNIC	16590	7411	24001	0	5334	29335
ARIN	19273	11693	30966	1453	1182	33601
RIPENCC	29062	8190	37252	701	4583	42536
LACNIC	11174	1244	12418	439	1222	14079
IANA	0	0	0	0	0	0
TOTAL	77679	29004	106683	2889	13305	122877

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, 13 Oct 2021 12:16:55 GMT

IPv4 BGP Reports

AS131072 APNIC R&D	898414
AS6447 Route-Views.Oregon-ix.net	935209

IPv4 Route-Views

IPv6 BGP Reports

AS131072 APNIC R&D	140959
AS6447 Route-Views.Oregon-ix.net	135298

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)

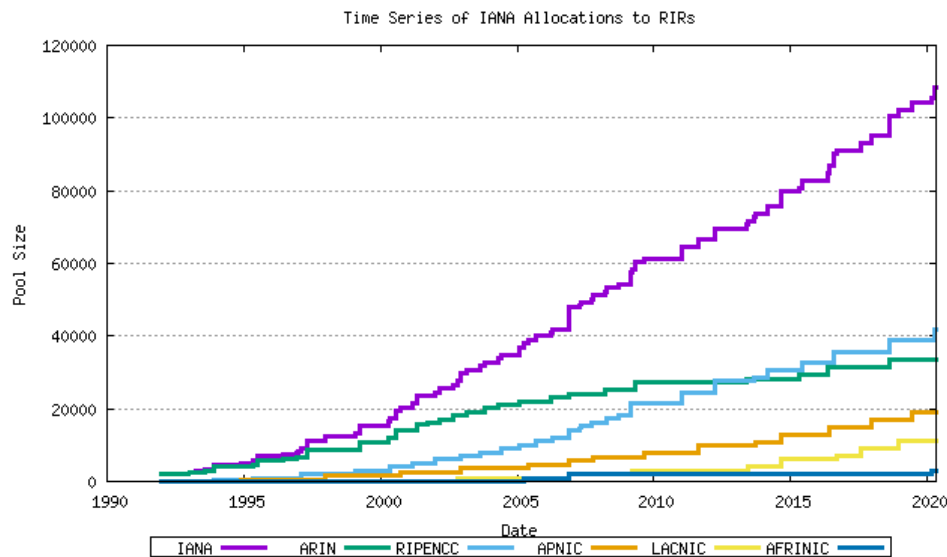


Figure 3 - Cumulative IANA AS block allocations per RIR

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

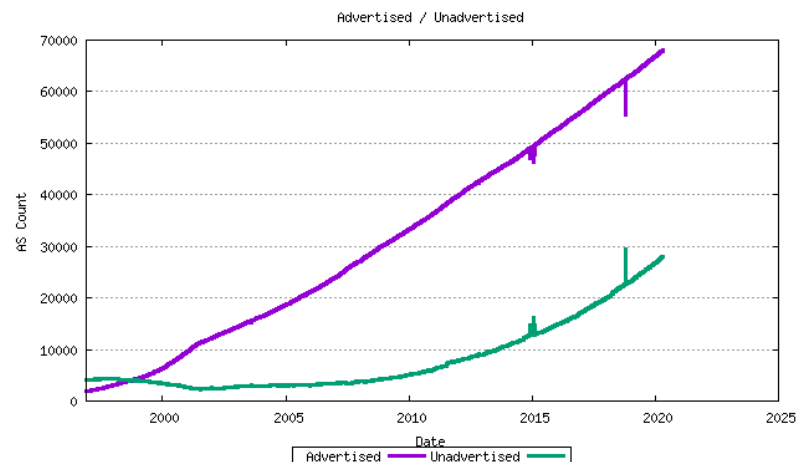
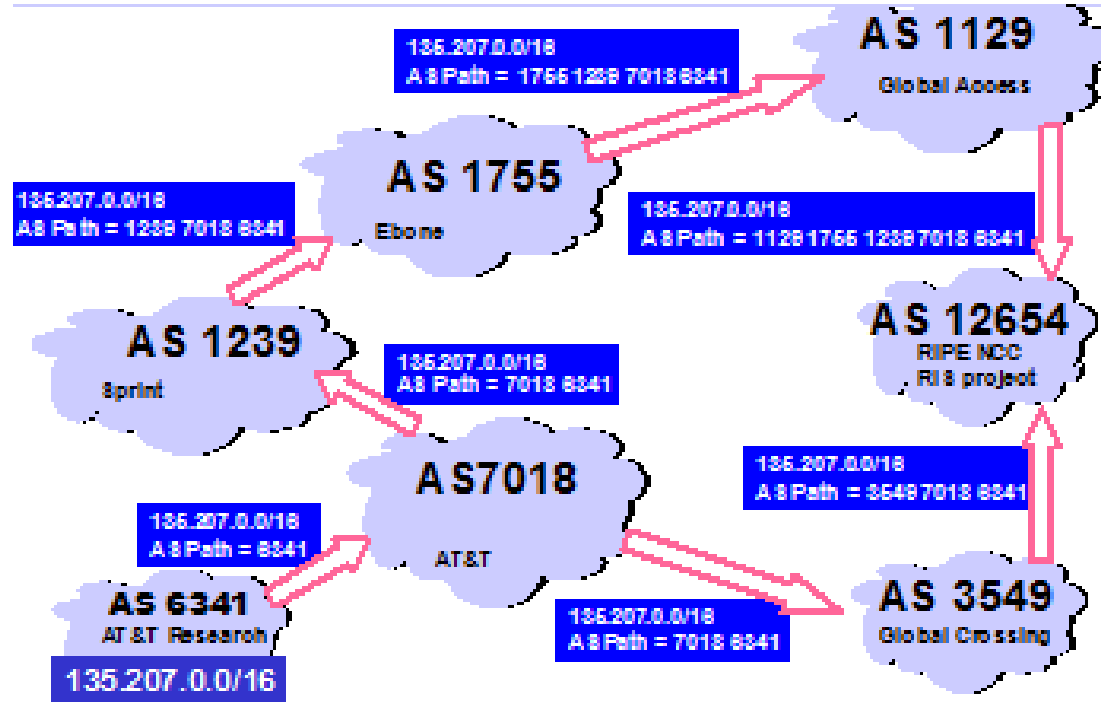


Figure 8 - Advertised / Unadvertised AS Count

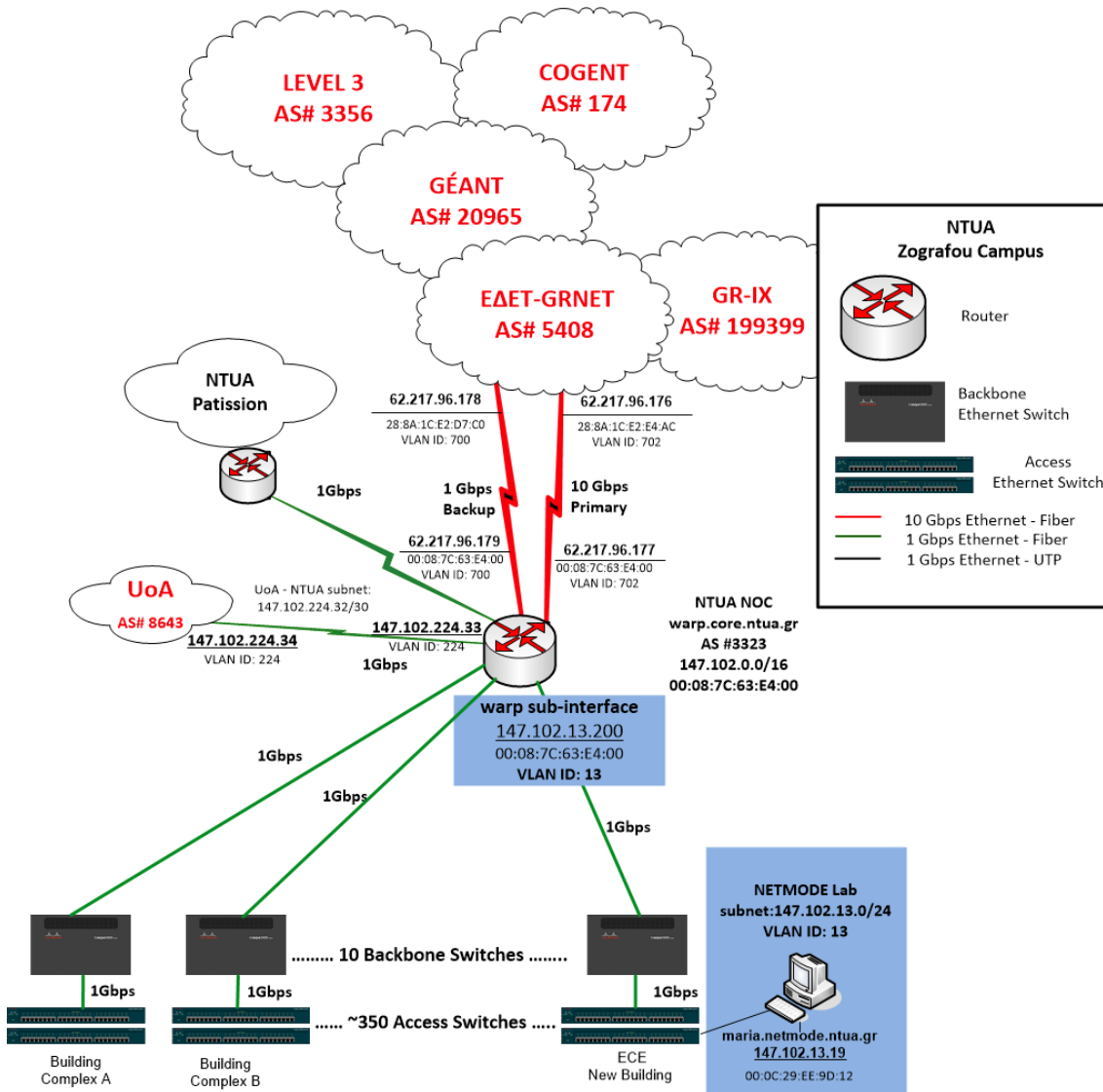
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ 135.207.0.0/16 ΜΕΣΩ BGP

(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)

ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΥ ΕΔΥΤΕ - GRNET (2018)

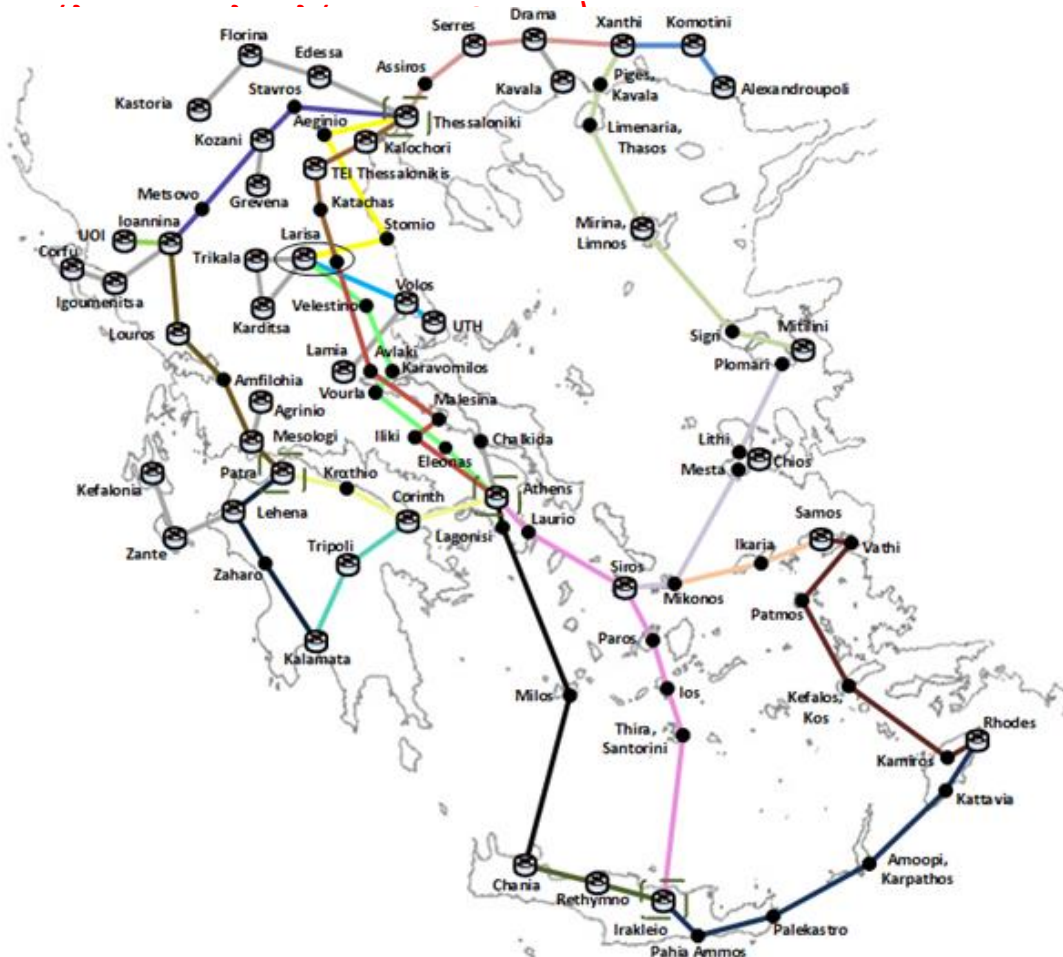
Εθνικό Δίκτυο Έρευνας & Τεχνολογίας – Greek Research & Technology Network

Το Οπτικό Δίκτυο (Layer1 Topology)

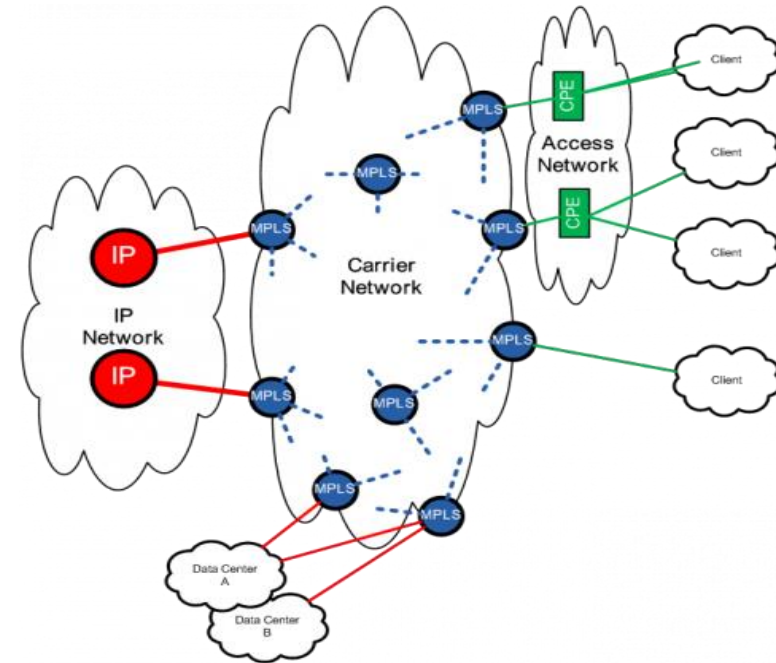
www.grnet.gr

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

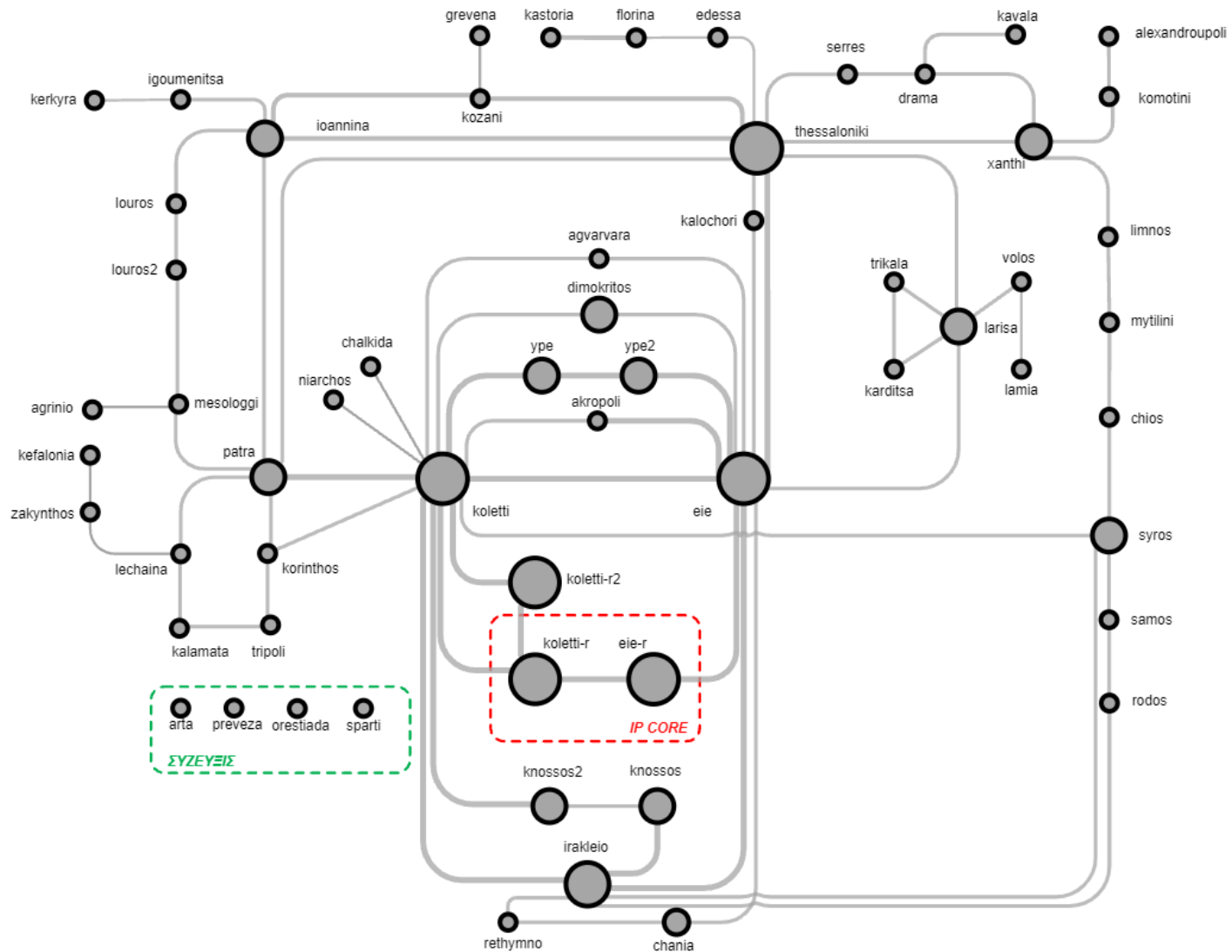
50 Πόλεις, **340** Σημεία Παρουσίας (PoP's)

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

Διασύνδεση με GÉANT & Εμπορικό Internet

ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΣΗΜΕΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ (Points-of-Presence, PoP) (13/10/2021)

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



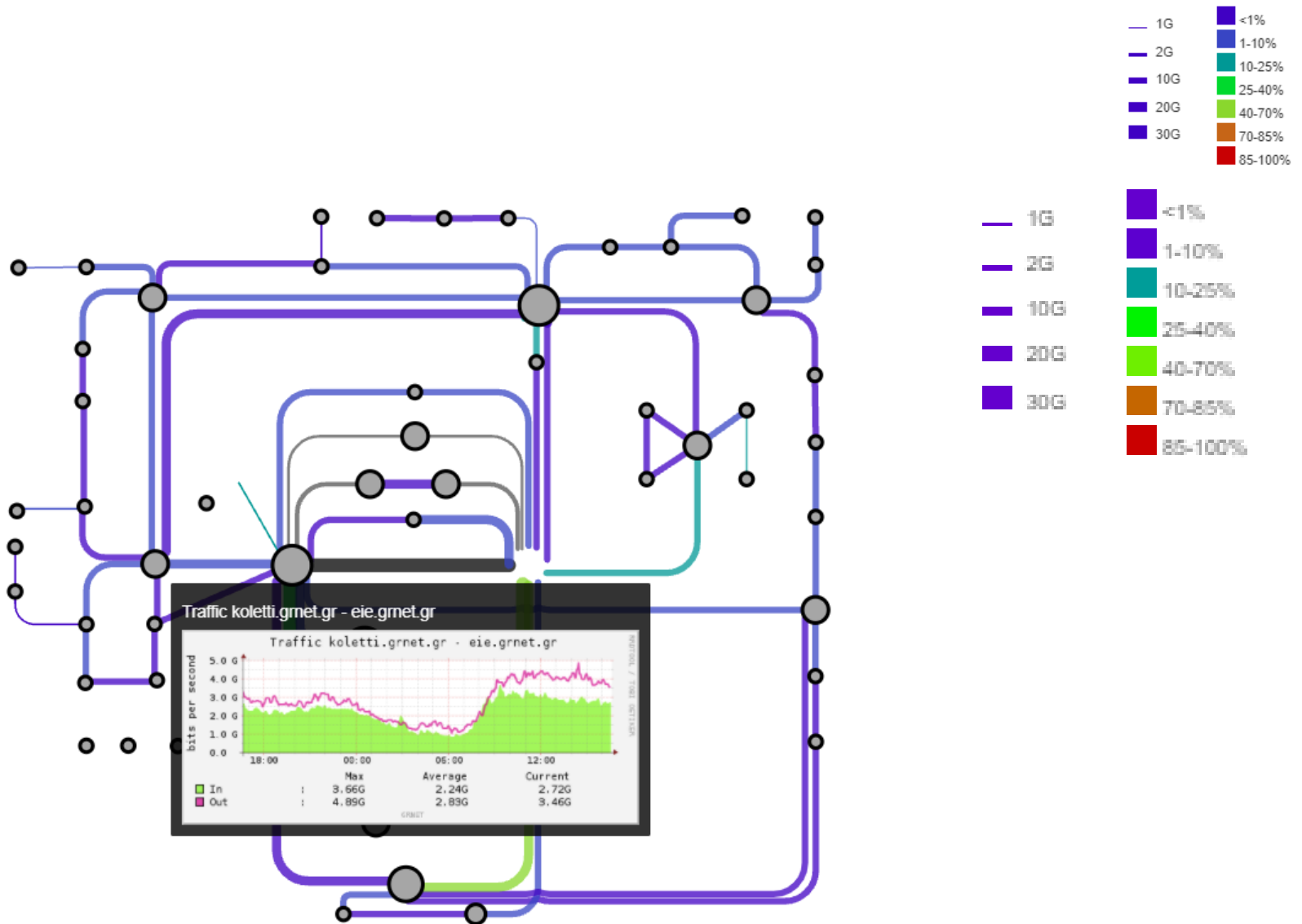
ΕΔΥΤΕ - GRNET: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ - IP Overlay (13/10/2021)

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

October 13, 2021 - October 12, 2021

Last Updated: 4:36:36

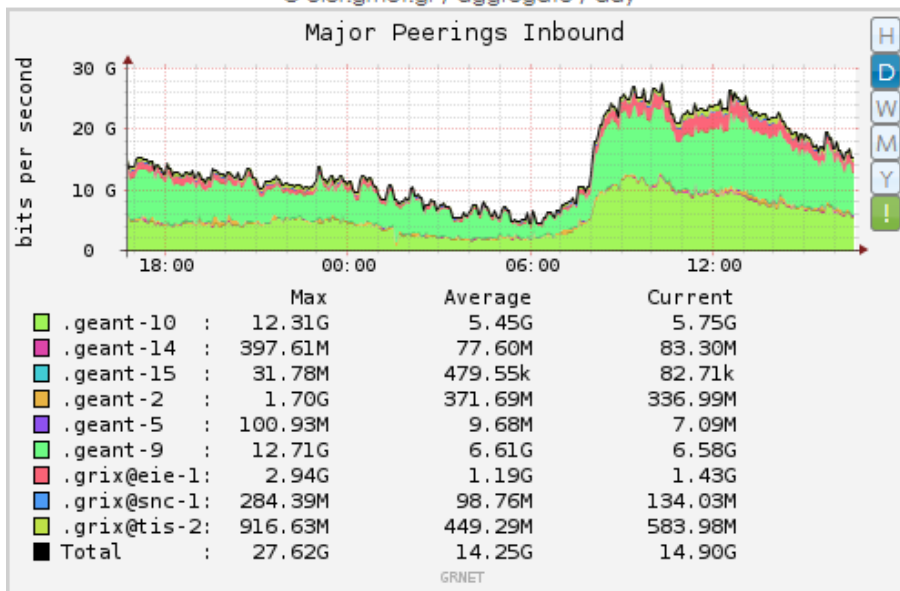
Carrier Links
IP Links



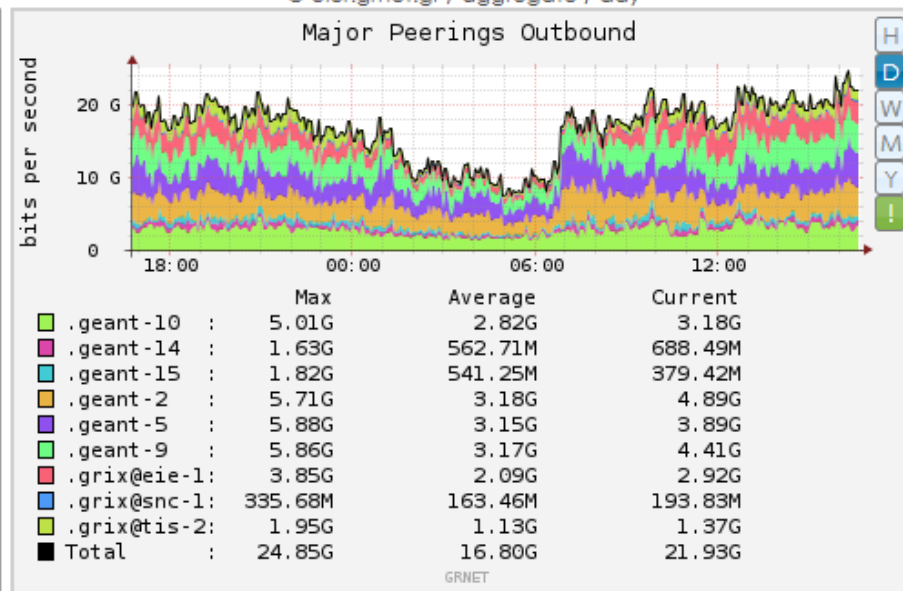
ΕΔΥΤΕ - GRNET: IP Peering Traffic MRTG (13/10/2021)

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

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

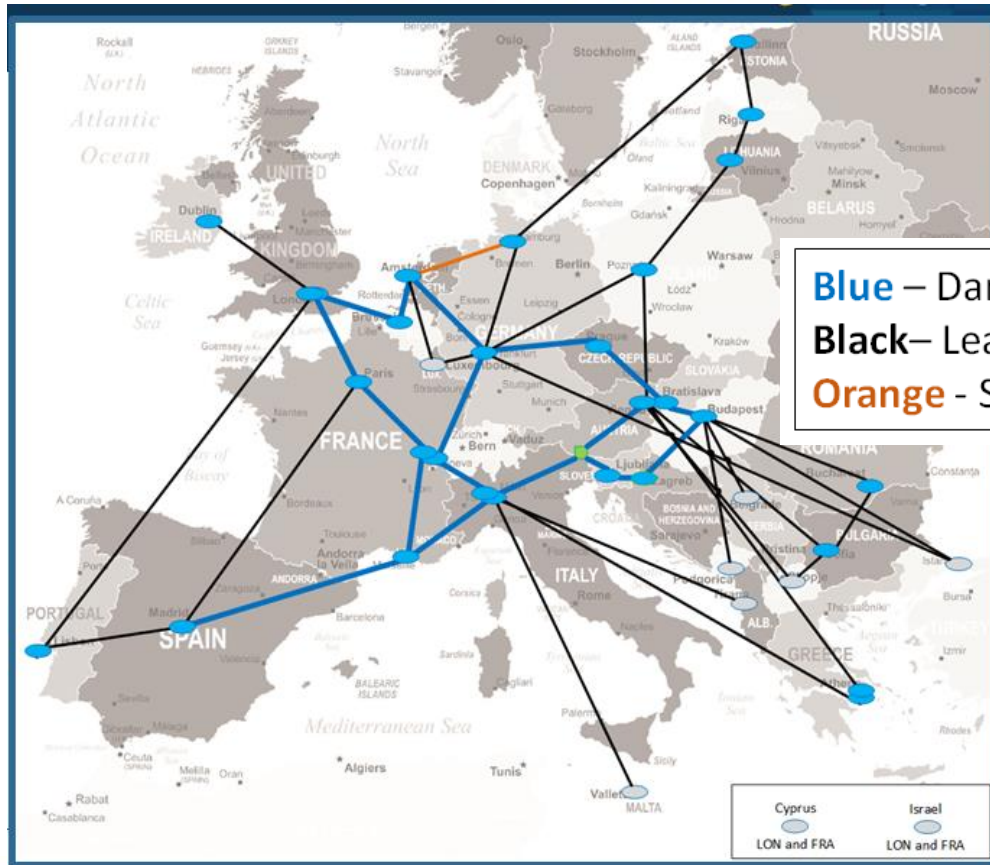


Major Peerings Outbound
@ eier.grnet.gr / aggregate / day



ΤΟ ΠΑΝΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓÉΑΝΤ <http://www.geant.org/>

ΓÉΑΝΤ★ 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:

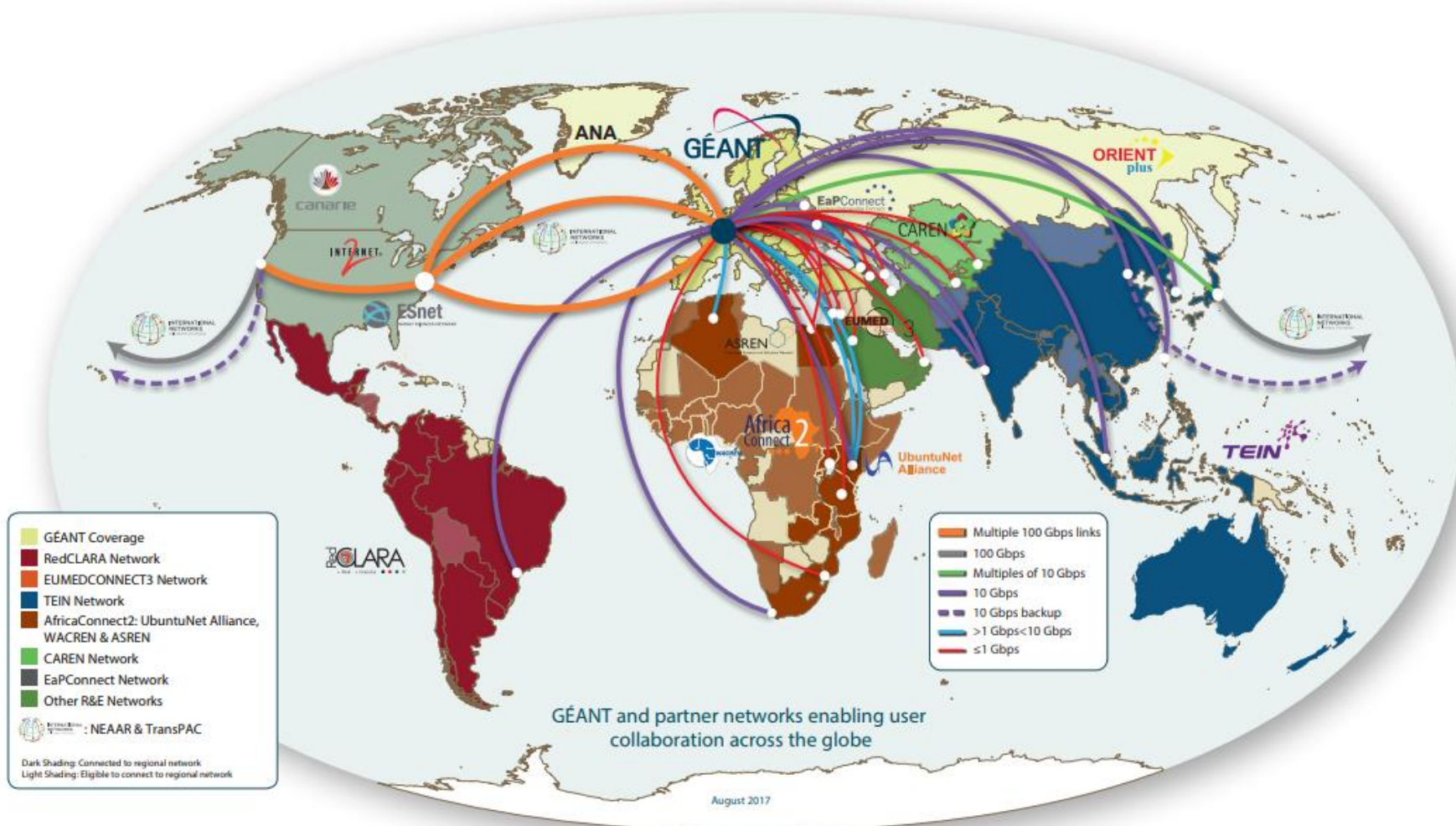
DANTE + TERENA → ΓÉΑΝΤ
Association



ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΓÉΑΝΤ (8/2017)



At the Heart of Global Research and Education Networking



ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΓΕΑΝΤ (13/10/2021)

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

