

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

Β. Μάγκλαρης

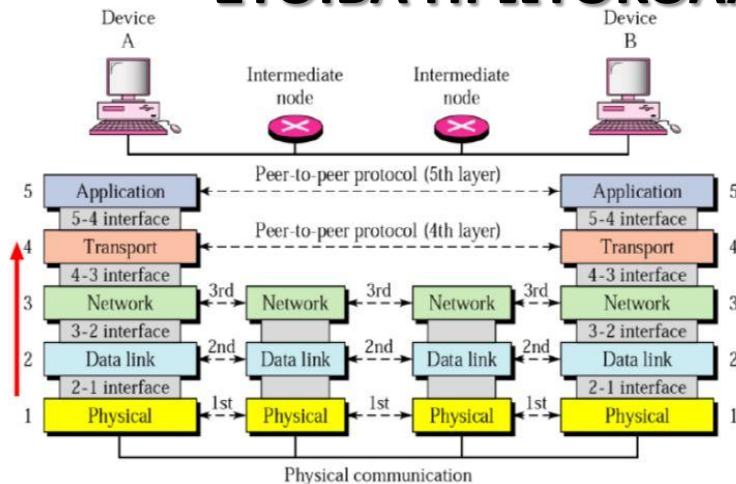
maglaris@netmode.ntua.gr

www.netmode.ntua.gr

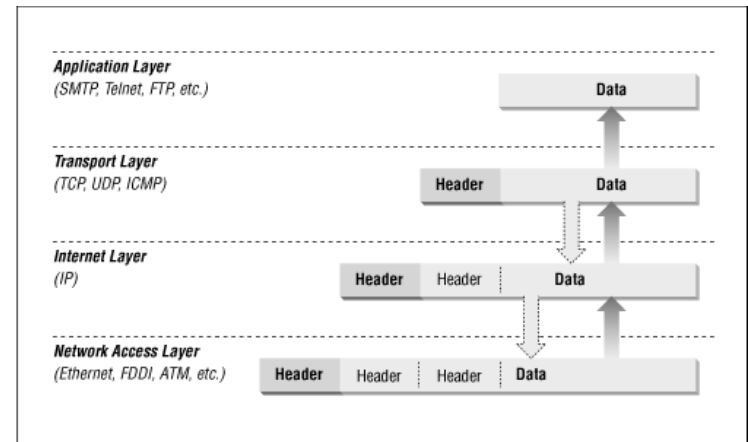
Νέα Κτίρια ΣΗΜΜΥ - Αίθουσα 013

29/9/2025

ΣΤΟΙΒΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ TCP/IP ΣΤΟ INTERNET



<http://www.myreadingroom.co.in/images/stories/docs/dcn/Peer-to-Peer%20process.JPG>

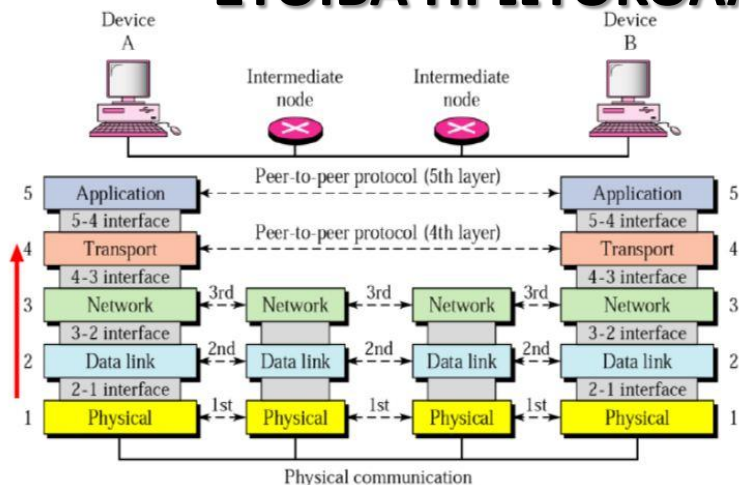


http://docstore.mik.ua/oreilly/networking/firewall/ch06_03.htm

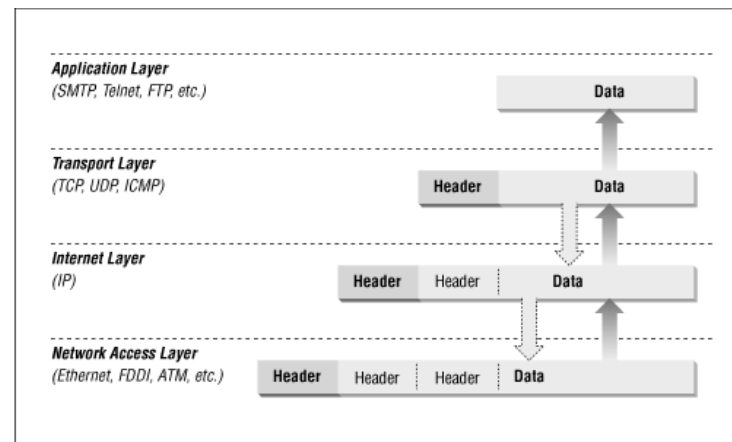
Σε ένα δίκτυο υπολογιστών αρχιτεκτονικής **Internet**:

- 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.myreadingroom.co.in/images/stories/docs/dcn/Peer-to-Peer%20process.JPG>



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

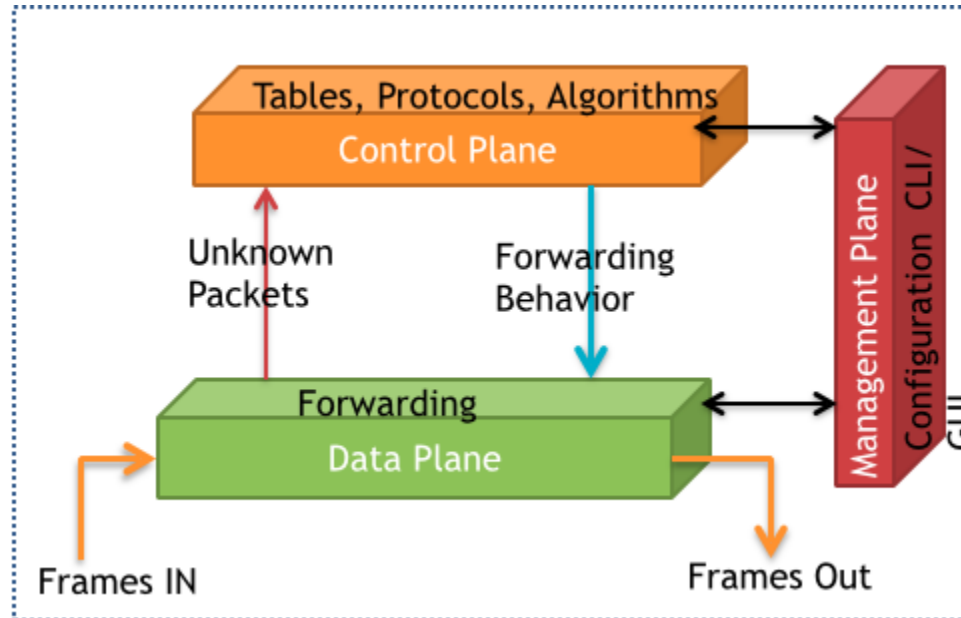
Σε ένα δίκτυο υπολογιστών αρχιτεκτονικής **Internet**:

- 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 - Σηματοδοσία 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

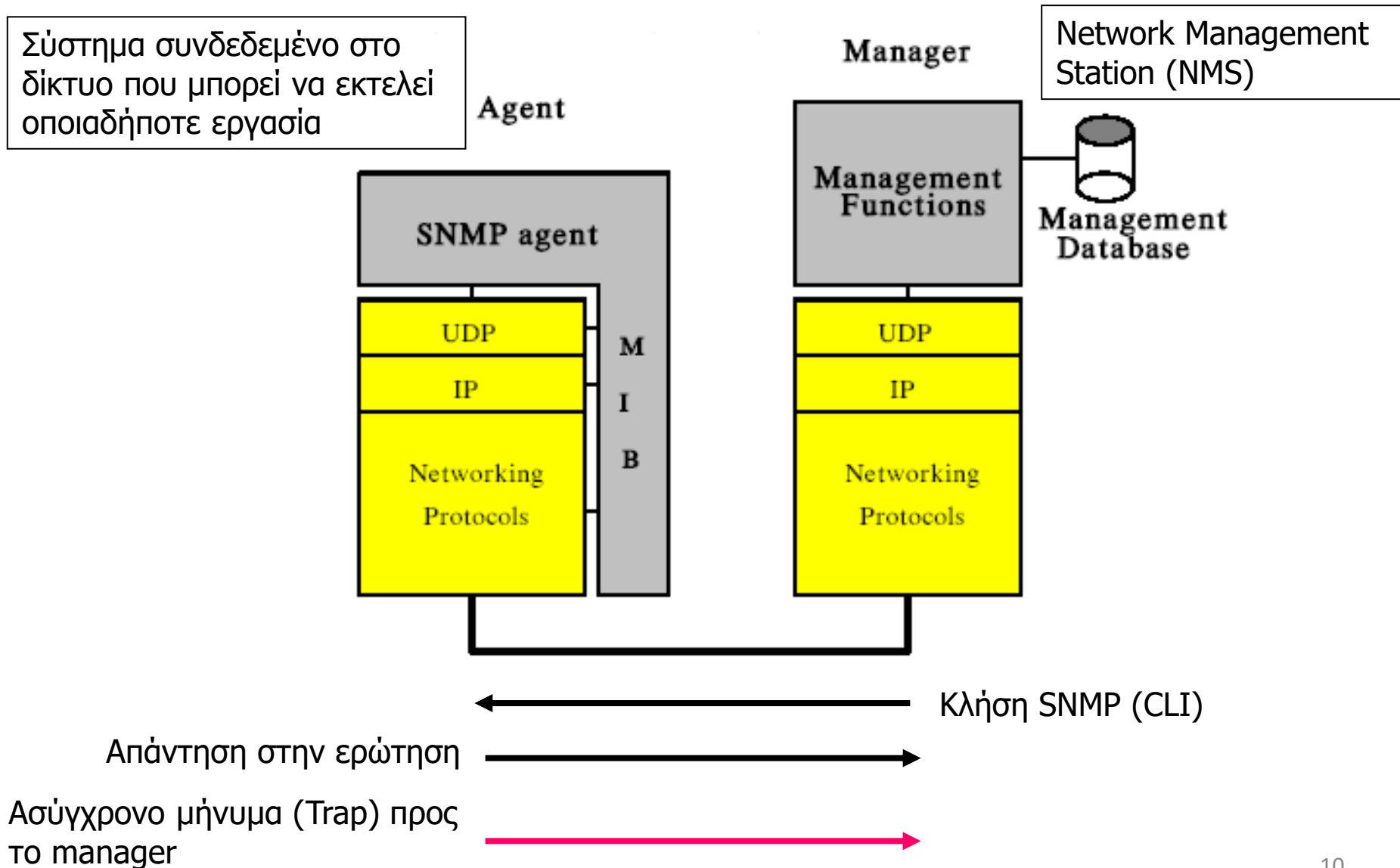
ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (5/6)

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**)



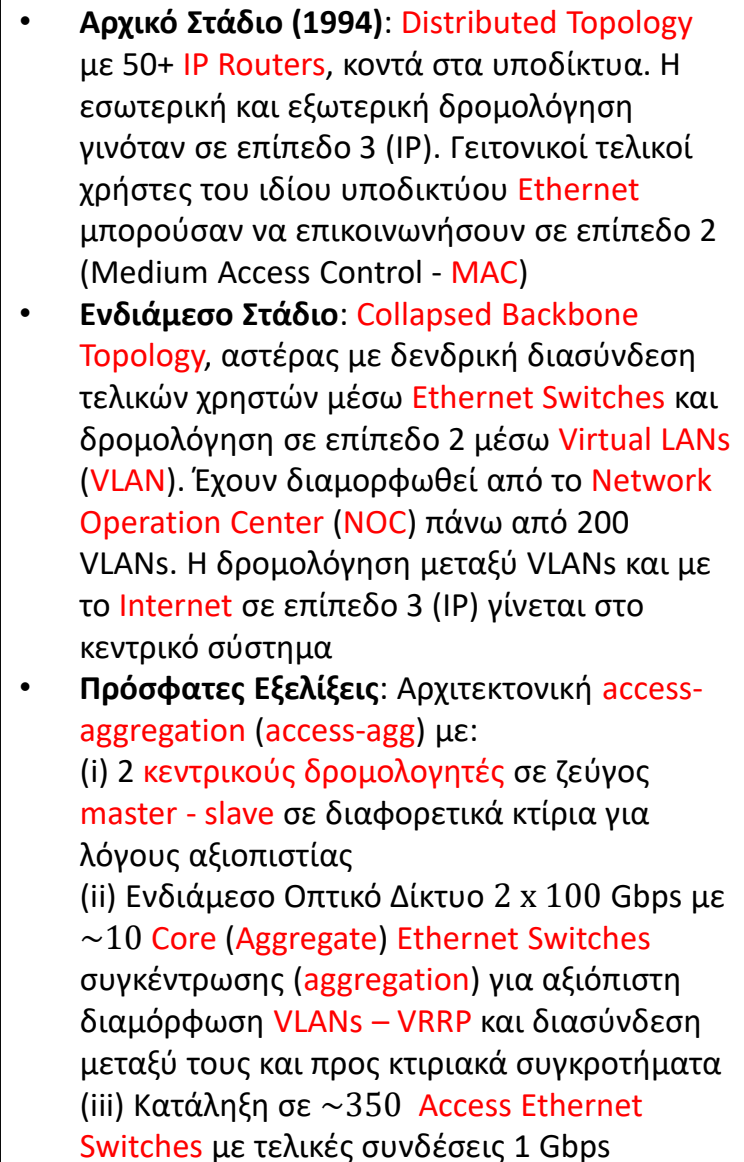
ΕΥΦΥΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

NetDevOps

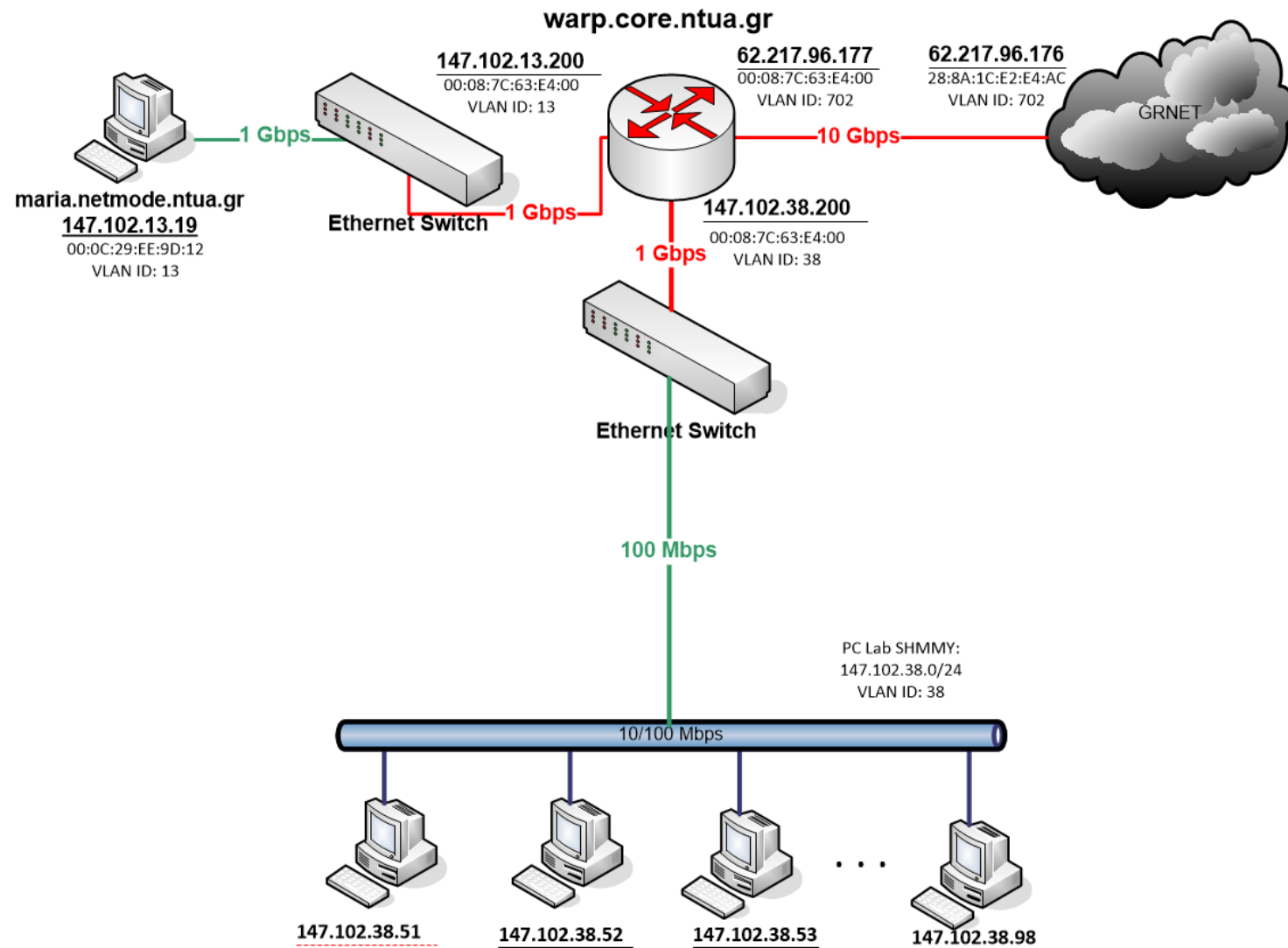
- Αναφορά σε **Data Models** (**YANG...**), χρήση κατάλληλων εργαλείων διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων (**NoSQL**, **Elasticsearch** **Logstash** **Kibana** – **ELK...**)
- Από εργαλεία Command-Line Interface (**CLI**) → Application Programming Interfaces (**API**) σε εξυπηρετητές **Linux**
- Από 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 κατανεμημένα - **federated** - συστήματα **intrusion detection/mitigation** με εγγυήσεις - **Blockchain smart contracts** - και περιορισμούς λόγω **privacy...**

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

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



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



Steve Jobs (1955 -2011): Apple

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



Larry Page (1973): Google

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



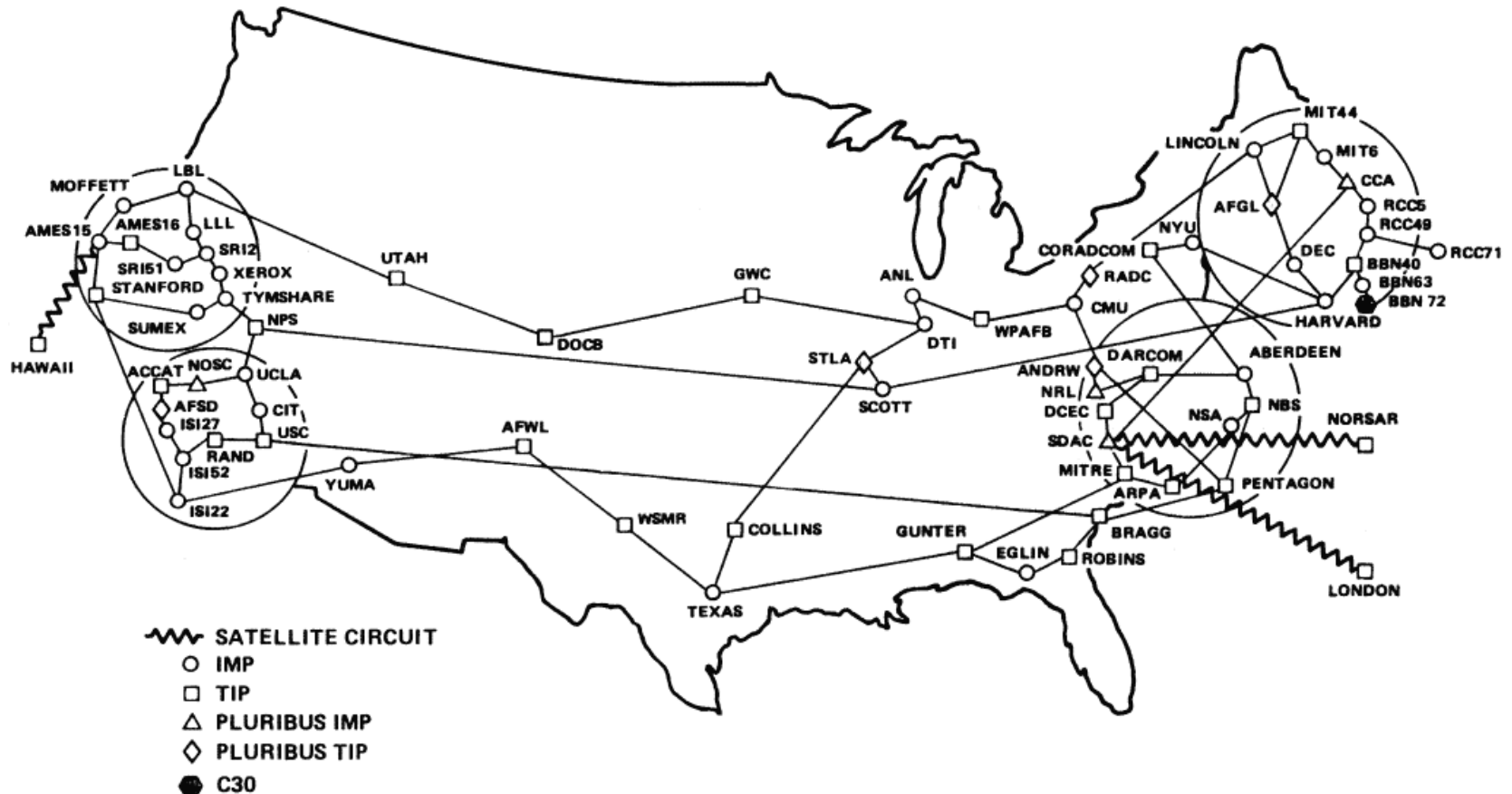
Mark Zuckerberg (1984): Facebook

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



ARPAnet – Ο ΠΡΟΓΟΝΟΣ ΤΟΥ INTERNET

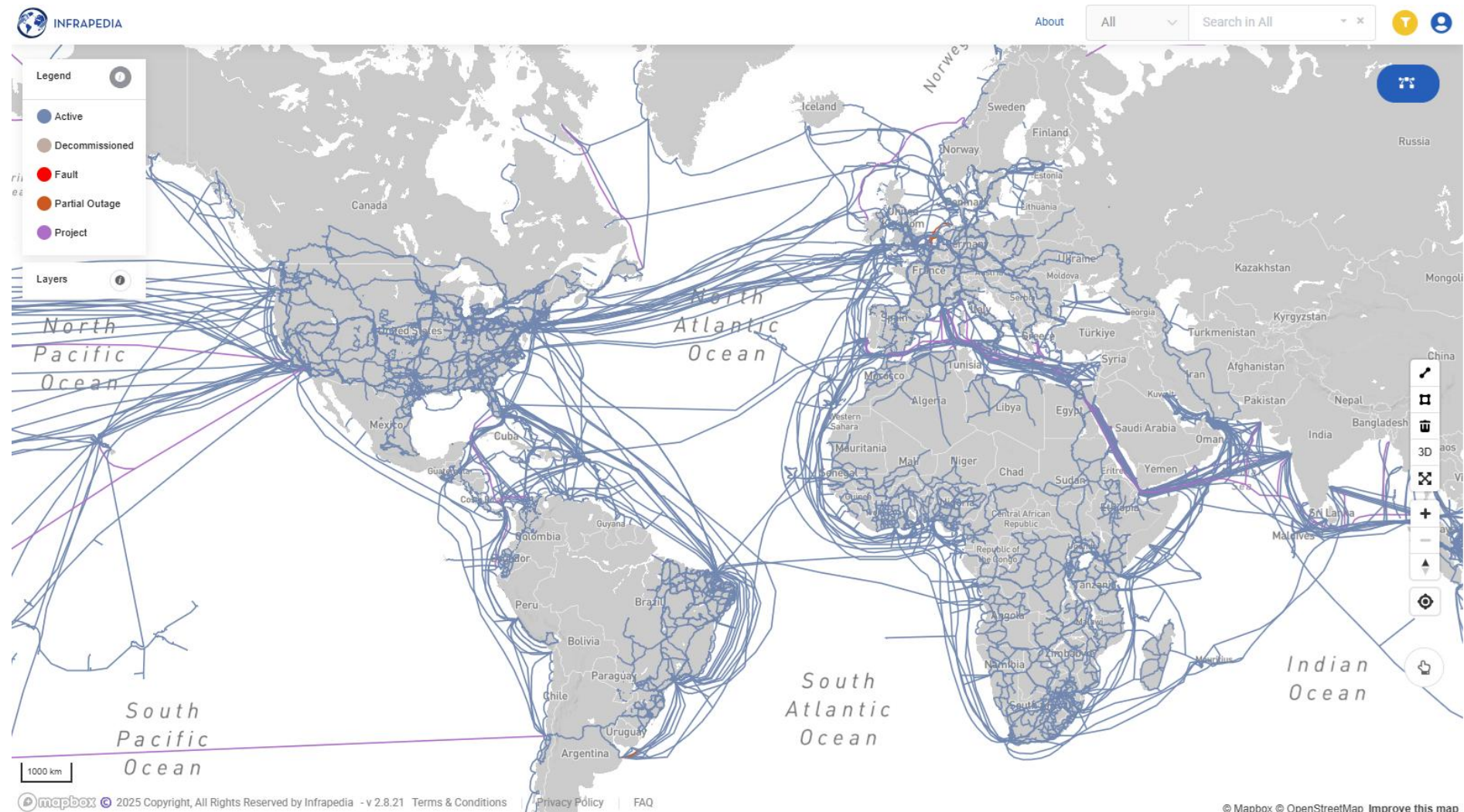
ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980



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

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

ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ Internet - 2025

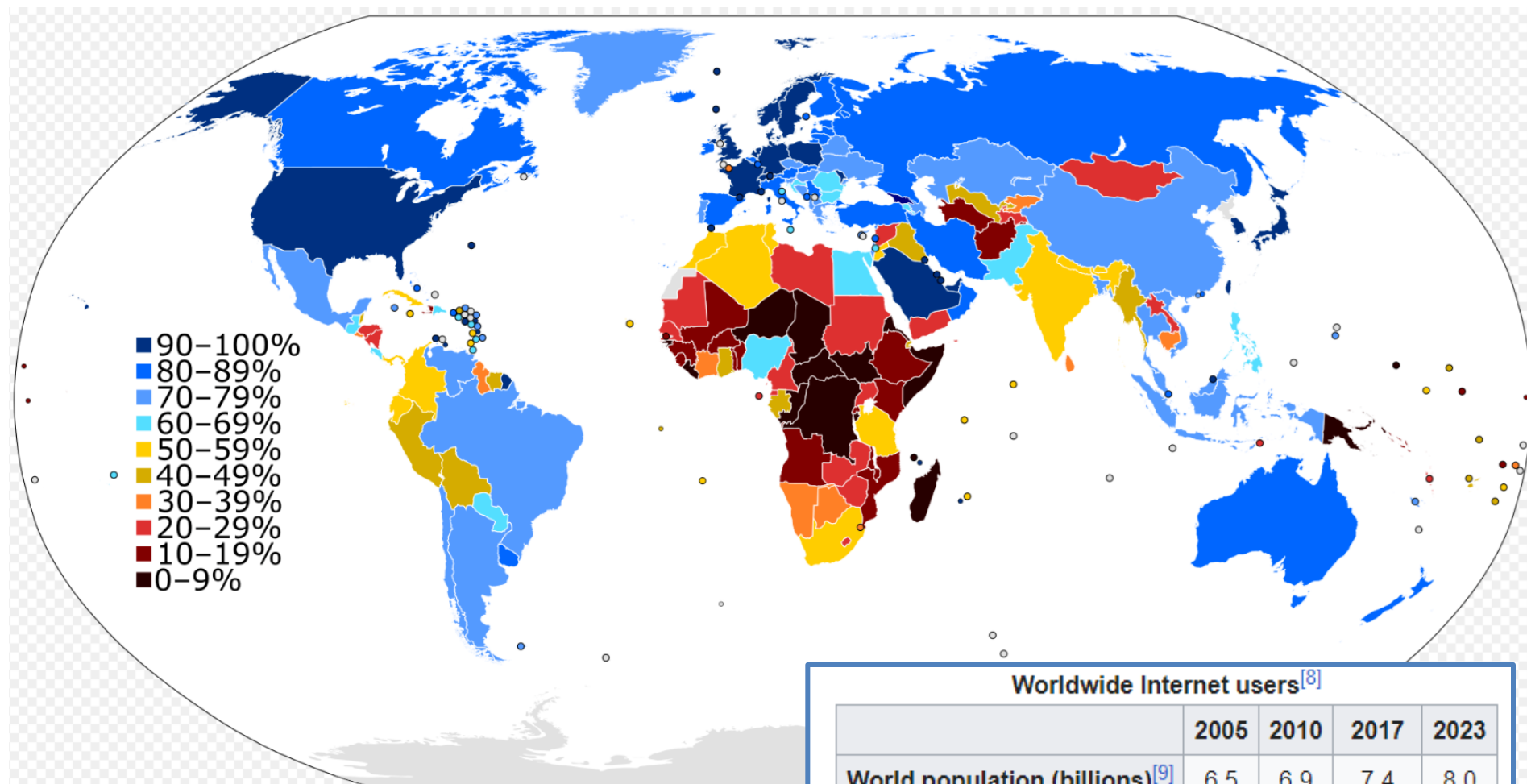


<https://www.infrapedia.com/>

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΤΩΝ ΤΟΥ INTERNET ΑΝΑ ΧΩΡΑ

Ποσοστά Διείσδυσης - 2023

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



Worldwide Internet users^[8]

	2005	2010	2017	2023
World population (billions) ^[9]	6.5	6.9	7.4	8.0
Worldwide	16%	30%	48%	67%
In developing world	8%	21%	41.3%	60%
In developed world	51%	67%	81%	93%