

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGMENT

**Επίπεδα Μετάδοσης - Ελέγχου - Διαχείρισης Ενοποιημένων
Ψηφιακών Τηλεπικοινωνιακών Υποδομών
Data - Control - Management Planes of Integrated Digital
Communication Infrastructures**

**Μετάδοση – Έλεγχος Οπτικής Ιεραρχίας, SDH Optical Hierarchy
Ψηφιακή Σηματοδοσία, ISDN - SS7 Signaling
Ευφυή Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, IN Intelligent Networks
Ευρυζωνική Πρόσβαση, Next Generation Access (NGA)
Σύγκληση Τηλεπικοινωνιών, Convergent Architectures IMS - 5G**

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

13/1/2020

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (1)

Επίπεδο Μετάδοσης Δεδομένων - Data Plane (1/2)

Μέθοδοι Μεταγωγής – Switching Methods

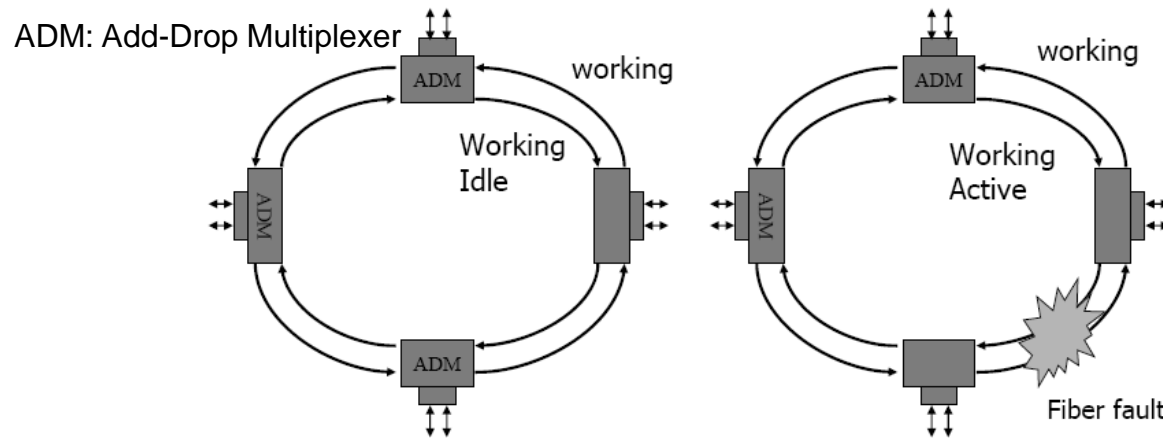
- Προώθηση (forwarding) μέσω καναλιών σταθερού εύρους: **Μεταγωγή κυκλώματος - circuit switching** π.χ. Παραδοσιακή Τηλεφωνία **POTS** (Plain Old Telephone Service) ή **PSTN** (Public Switched Telephone Network), κινητή τηλεφωνία **GSM**
- Προώθηση με ημι-μόνιμα κυκλώματα **cross-connects**, π.χ. ευφυείς πολυπλέκτες TDM (64Kbps – 34 Mbps), δακτύλιοι **SDH/SONET με εφεδρία** (έως 10 Gbps) & οπτικοί πολυπλέκτες χρώματος **DWDM** (έως 80 χρώματα, 10 - 100 Gbps/χρώμα)
 - Διαμόρφωση πλαισίων TDM: ITU-T SDH/GFP framing (από STM-1=155 Mbps → STM-, εφεδρεία ring protection, VC-4 (150 Mbps) virtual concatenation (π.χ. VC-4-7v = 7 x VC-4 → 1 Gbps)
 - Optical Digital Wrapper (ITU-T G.709: 2.5, 10, 40, 100 Gbps + **Forward Error Correction - FEC**)
- Κωδικοποίηση σε πακέτα/πλαίσια Ethernet, WiFi (IEEE 802.11), MPLS, TCP/IP
- Προώθηση πακέτων δεδομένων δια μέσου μεταγωγέων (switches) & δρομολογητών (routers): **Μεταγωγή πακέτου – packet switching** για δυναμική κατανομή δικτυακών πόρων με στατιστική πολυπλεξία
 - Μεταγωγή επιπέδου 3 (TCP/IP, Internet)
 - Μεταγωγή επιπέδου 2 (Ethernet)
 - Μεταγωγή επιπέδου 2 ½ (MPLS)

**ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΕΡΑΡΧΙΕΣ TDM:
SONET (ANSI T1.105) & SDH (ITU-T G.707, G.708)**
Περιοδικότητα Πλαισίου: 125 μ sec από φωνή PCM 64 Kbps

SONET Frame Format (Synchronous Optical Networking)	SDH (Synchronous Digital Hierarchy)	SONET Optical Carrier Level	LINE RATE (Mbps)
STS-1	-	OC-1	51.85
STS-3	STM-1	OC-3	155.52
STS-12	STM-4	OC-12	622.08
STS-48	STM-16	OC-18	2488.32
STS-192	STM-64	OC-192	9953.28

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΕ ΒΛΑΒΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ SDH PROTECTION

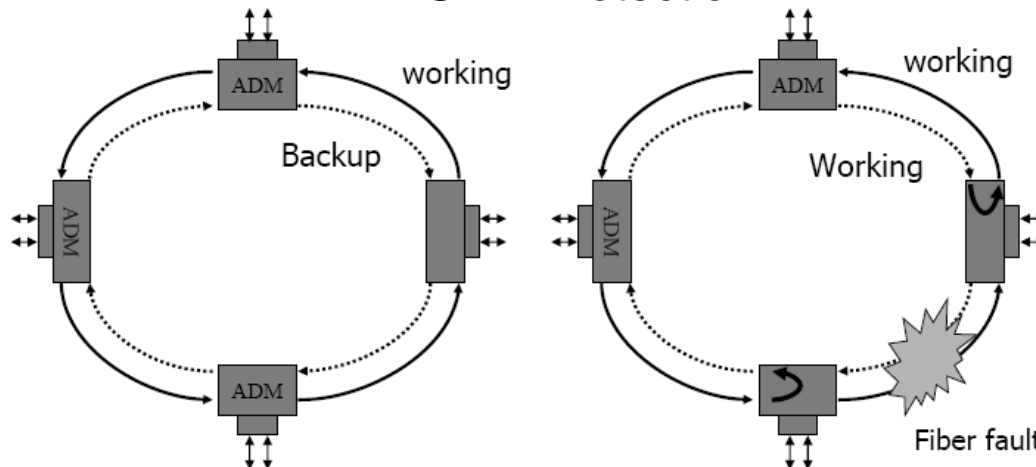
1+1 SDH Protection



Χρόνος Αντίδρασης
σε Βλάβη: **50 msec**

ΠΡΙΝ ΤΗ ΒΛΑΒΗ → ΜΕΤΑ ΤΗ ΒΛΑΒΗ (FIBER CUT)

1:1 SDH Protection



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (1)

Επίπεδο Μετάδοσης Ψηφιακών Δεδομένων – Data Plane (1/2)

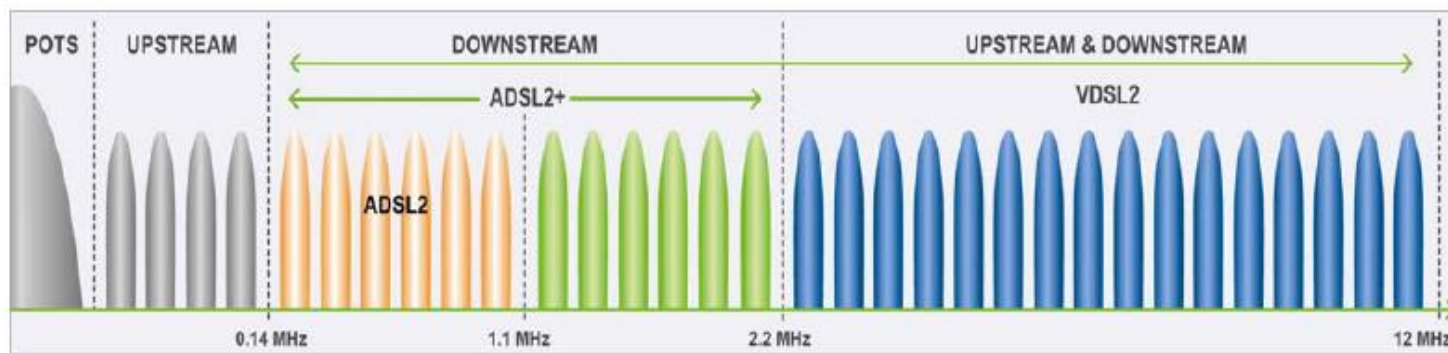
Ενσύρματη Πρόσβαση – Wired Digital Local Access Technologies

ISDN (Integrated **S**ervices **D**igital **N**etwork): Πρόσβαση ψηφιακών καναλιών PCM @ 64 Kbps με σύγχρονη πολυπλεξία χρόνου (TDM)

- Basic Rate 2B+D
- Primary Rate 30B+D

ADSL, VDSL, VDSL2 Vectoring (**A**symmetric **D**igital **S**ubscriber **L**ine, **V**ery high bit rate **D**igital **S**ubscriber **L**ine): Βασική Ψηφιακή Πρόσβαση (**B**asic **B**roadband) πάνω από Αναλογικούς Συνδρομητικούς Βρόχους Παραδοσιακής Τηλεφωνίας (POTS)

<https://en.wikipedia.org/wiki/VDSL>



Version	Standard name	Common name	Downstream rate ⇅	Upstream rate ⇅	Approved on ⇅
VDSL	ITU G.993.1	VDSL	55 Mbit/s	3 Mbit/s	2001-11-29
VDSL2	ITU G.993.2	VDSL2	200 Mbit/s	100 Mbit/s	2006-02-17
VDSL2-Vplus	ITU G.993.2 Amendment 1 (11/15)	VDSL2 Annex Q VPlus/35b	300 Mbit/s	100 Mbit/s	2015-11-06

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (1)

Επίπεδο Μετάδοσης Ψηφιακών Δεδομένων – Data Plane (2/2)

Ενσύρματη Πρόσβαση – Wired Digital Local Access Technologies

Next Generation Access (NGA)

Οπτικά Δίκτυα Ευρυζωνικής Πρόσβασης

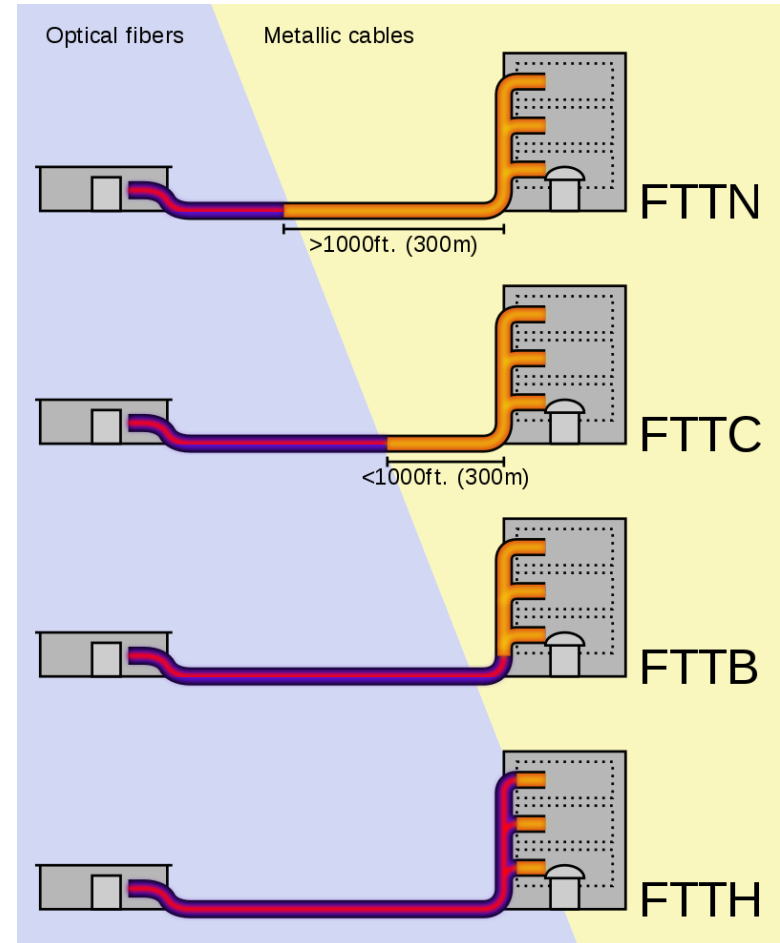
FTTX (Fiber To The X):

> 24 Mbps (1 Gbps) από TELCO Central Office σε X (Node, Curb, Building, Home)

Digital Agenda της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Καθολική βασική ευρυζωνική πρόσβαση (**basic broadband**) το 2013 και πρόσβαση στο Internet σε >30 Mbit/s το 2020.

Το 2020 πάνω από το 50% των σπιτιών πρέπει να έχουν πρόσβαση στο Internet σε ταχύτητες >100 Mbit/s μέσω **NGA**.



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

Εναλλακτική Ευρυζωνική Πρόσβαση: Μέσω **ασύρματων** δικτύων WiFi, 4G (LTE) → 5G

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (2)

• Επίπεδο Ελέγχου – Control Plane (1/2)

- Σηματοδοσία κατανομής καναλιού - ελέγχου μεταγωγής - δρομολόγησης μονίμων συνδέσεων **circuit switching**
 - Σηματοδοσία **Channel Associated Signaling - CAS** (π.χ. ψηφιακή τηλεφωνία + υπηρεσίες call forwarding, caller ID...)
 - Σηματοδοσία κοινού καναλιού **Common Channel Signaling - CCS**, ανεξάρτητη από την δρομολόγηση της υπό έλεγχο κλήσης
- Ψηφιακή πρόσβαση **Integrated Services Digital Network – ISDN**
 - **Συγχρονισμός** χρονικού πλαισίου (**TDM frame synchronization**): επαναλήψεις κάθε **125 μsec**
 - **Πολυπλεξία** καναλιών **B** σύγχρονης μετάδοσης φωνής (PCM @ 64 Kbps FDX) και Καναλιού **D** σηματοδοσίας (FDX) - μπορεί να μεταδίδει και ασύγχρονα πακέτα δεδομένων
 - **2B+D, Basic Rate Interface (BRI) @ 144 Kbps FDX**: **2B** κανάλια PCM @ 64 Kbps, **1D** κοινό κανάλι σηματοδοσίας @ 16 Kbps
 - **30B+D, Primary Rate Interface (PRI) @ 2 Mbps FDX**: **30B** κανάλια PCM @ 64 Kbps, **1D** κοινό κανάλι σηματοδοσίας @ 64 Kbps
- Πρωτόκολλο **Signaling System 7 – SS7**, έλεγχος διασύνδεσης παρόχων ψηφιακής τηλεφωνίας, περιαγωγή λειτουργιών ευφυούς δικτύου (**Intelligent Networks**) μέσω ξεχωριστών υποδικτύων σηματοδοσίας: **Common Channel Signaling – CCS Networks** (π.χ. διεθνής περιαγωγή – roaming κινητής τηλεφωνίας GSM)

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (2)

• Επίπεδο Ελέγχου – Control Plane (2/2)

- Σηματοδοσία ελέγχου μεταγωγής - δρομολόγησης - δέσμευσης πόρων μέσα από συνδέσεις data-plane δικτύων packet switching (TCP/IP, Internet)
 - Σηματοδοσία με μορφή πεδίων επικεφαλίδων (π.χ. πεδία επικεφαλίδων Ethernet, TCP/IP, MPLS) στα υπό έλεγχο πακέτα δεδομένων (τύπου **associated in-band signaling**)
 - Αυτόνομα πακέτα υλοποίησης πρωτοκόλλων (π.χ. DNS, ARP, δρομολόγησης μέσα σε αυτόνομο σύστημα OSPF, δρομολόγησης μεταξύ αυτόνομων συστημάτων BGP), διακινούμενα μαζί με πακέτα δεδομένων (in-band signaling)
 - Σηματοδοσία για video – voice conference over IP: H323 (Multi-Conference Unit, MCU)
- Σηματοδοσία για Ευφυή Προγραμματιζόμενα Δίκτυα Νέας Γενιάς (Software Defined Networking - SDN)
 - Έλεγχος συνυπαρχόντων σε κοινές δικτυακές υποδομές (substrate) αλλά «απομονωμένων» εικονικών δικτύων VPN ανά κοινότητες σε επίπεδα 2 (VLAN), 3 (IP VPN) ή και 4 (εφαρμογές – πόρτες TCP/UDP)
 - Σηματοδοσία - έλεγχος - ευφυΐα έξω από το δίκτυο διακίνησης δεδομένων (out-of-band signaling), π.χ. **OpenFlow Controllers** προγραμματιζόμενα ανά **ιδιοκτήτη (tenant)** εικονικού δικτύου, έξω από το δίκτυο δεδομένων αλλά με αμφίδρομη πρόσβαση σε πολιτικές δρομολόγησης μεταγωγέων δεδομένων των εικονικών δικτύων

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (3)

• Επίπεδο Διαχείρισης – Management Plane

- Τηλεφωνικά δίκτυα (σταθερά & κινητά): Κλειστά διαχειριστικά συστήματα ανάλογα με τον προμηθευτή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού κέντρων μεταγωγής, εξοπλισμού πολυπλεξίας SDH κλπ.
 - Μοντέλο OS/NE (Operation System / Network Element)
- Διαχείριση δικτύων TCP/IP (Internet – Intranet – Extranet) μέσω SNMP (UDP)
 - Μοντέλο Manager/Agent (Network Management System - NMS / Management Information Base - MIB)
- [Διαχείριση δικτύων μέσω πρωτοκόλλων OSI: CMIP/CMIS]
- Δίκτυα ενοποιημένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών: Συστήματα διαχείρισης TMN (Telecommunications Management Network) βασισμένα σε πρωτόκολλα OSI
- Διαχείριση οπτικών δικτύων DWDM: Με χρήση scripts, Java - JMX, Web Services, Q3 - TL1 - Corba...
- Διαχειριστικές λειτουργίες OSI, **CFAPS** (υλοποίηση σε πλατφόρμα OS ή NMS)
 - **C**onfiguration (Διαχείριση Διάρθρωσης)
 - **F**ault (Διαχείριση Βλαβών)
 - **A**ccounting (Λογιστική Διαχείριση)
 - **P**erformance (Διαχείριση Απόδοσης)
 - **S**ecurity (Διαχείριση Ασφαλείας)

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

IN, Intelligent Network

Εξαγωγή ευφυΐας έξω από το ψηφιακό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο κορμού, σε εξωτερικές βάσεις δεδομένων για παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας:

- Προσαρμογή σε ανάγκες συνδρομητών
- Δυνατότητα αυτοδιαχείρισης συνδρομητών
- Εκμετάλλευση πολλαπλών παρόχων από συνδρομητές, βελτιστοποίηση διασύνδεσης δικτύων
- Βελτιστοποίηση παροχής υπηρεσιών (π.χ. δρομολόγηση ελαχίστου κόστους – least cost routing μέσα από εναλλακτικές λύσεις παρόχων, περιαγωγή - roaming)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΕΥΦΥΟΥΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

- Τηλεφώνημα χωρίς χρέωση (800 XXX...)
- Υπηρεσίες πληροφόρησης (900 XXX ...)
- Χρέωση με πιστωτική κάρτα
- Universal Personal Telecommunications
- Τηλε-ψηφοφορία
- Εταιρικά Εικονικά Δίκτυα (VPN)
- Φραγές, προωθήσεις, διασκέψεις, χρεώσεις καλουμένου, Caller ID κλπ.
- Δυναμική δρομολόγηση κλήσεων ελαχίστου κόστους
- Φορητότητα αριθμού (Number Portability)

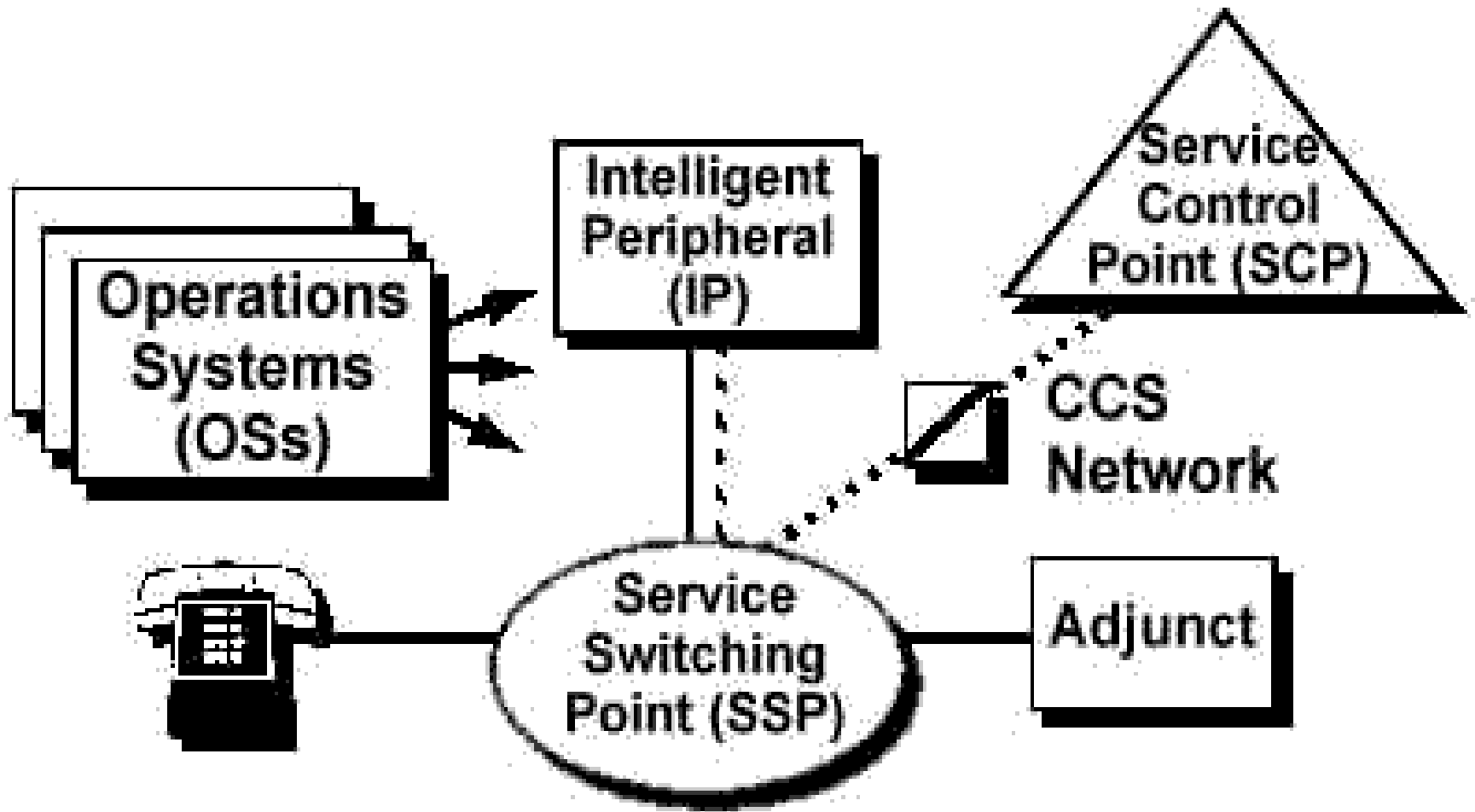
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ:

Από Μονολιθικό Μονοπώλιο σε Απελευθερωμένη Αγορά Εναλλακτικών Ευφυών Λύσεων

POTS (Plain Old Telephone Service), **PSTN** (Public Switched Telephone Network), **ISDN** (Integrated Services Digital Network), **GSM/GPRS** (κινητή τηλεφωνία 2^{ης} γενιάς)

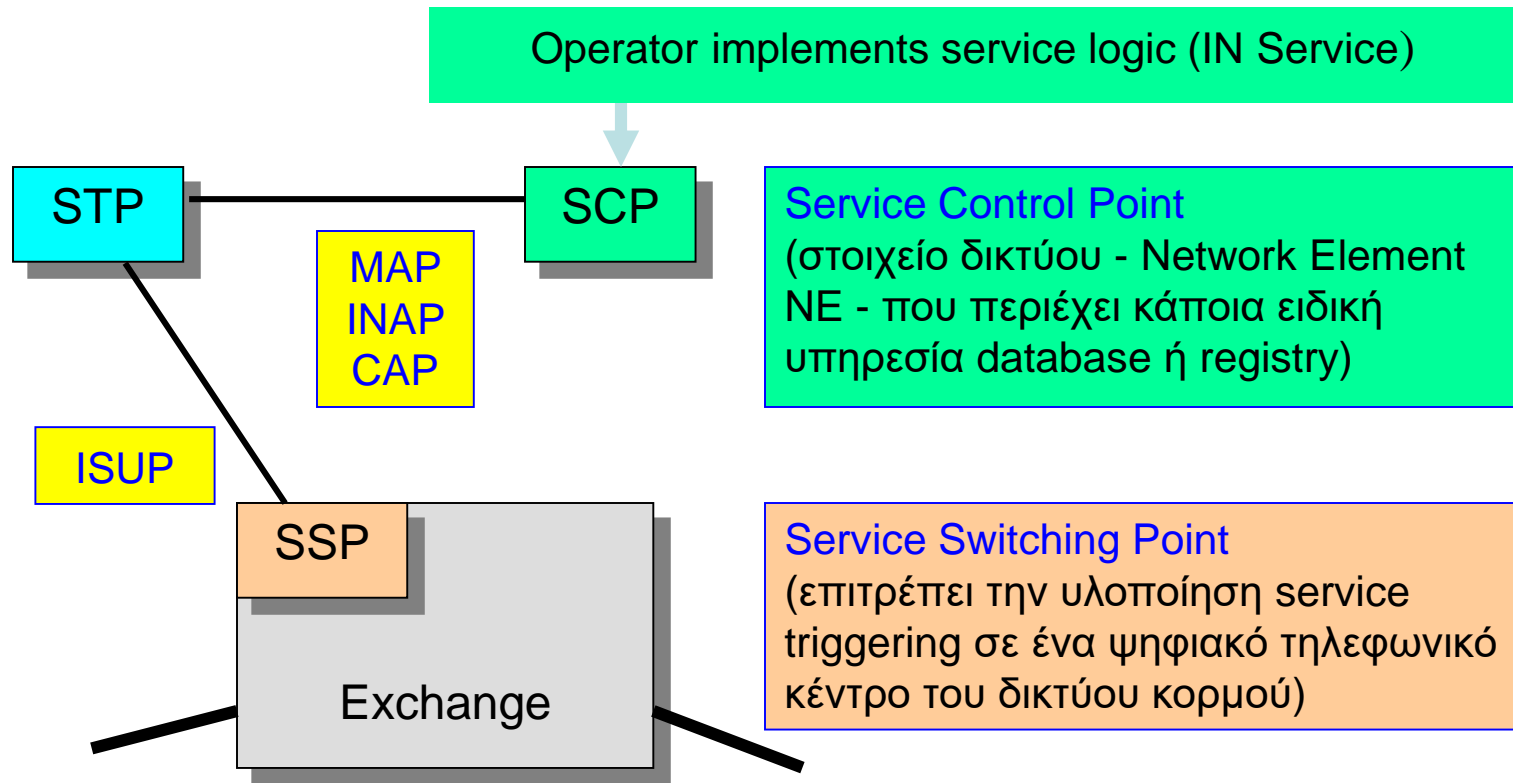
- **SPC** Stored Program Control – 1960/70
- **CCS** Common Channel Signaling Network
 - Σηματοδοσία – πριν την εγκατάσταση κλήσης (call setup)
 - Σηματοδοσία ξεχωριστή από την κλήση
 - Προδιαγραφή **SS7** (*Signaling System 7*) της **CCITT**, (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique* υπό τον ΟΗΕ, από το 1993 **ITU** – **T**, *International Telecommunications Union – Secteur de Télécommunications*) για μετάδοση συμβατής σηματοδοσίας μεταξύ διασυνδεδεμένων παρόχων – 1970/80
- **IN/1** (Intelligent Network) – 1980/1990
 - Service Control Point (SCP) – εξωτερικές βάσεις δεδομένων (π.χ. για 800-XXX..., 900-xxxx κλπ.)
 - ITU: **IN CS-1** (Capability Set 1)
 - Bellcore (USA): **AIN** (Advanced Intelligent Network)
- **3G, UMTS** κινητή τηλεφωνία 3^{ης} γενιάς
- **4G, Long Term Evolution - LTE (WiMAX)** κινητή τηλεφωνία 4^{ης} γενιάς
- **VoIP** (Voice over IP), **H.323** (*ITU - T*) ή **SIP** (Internet – *IETF*) signaling

APXITEKTONIKH *IN* (Intelligent Network)

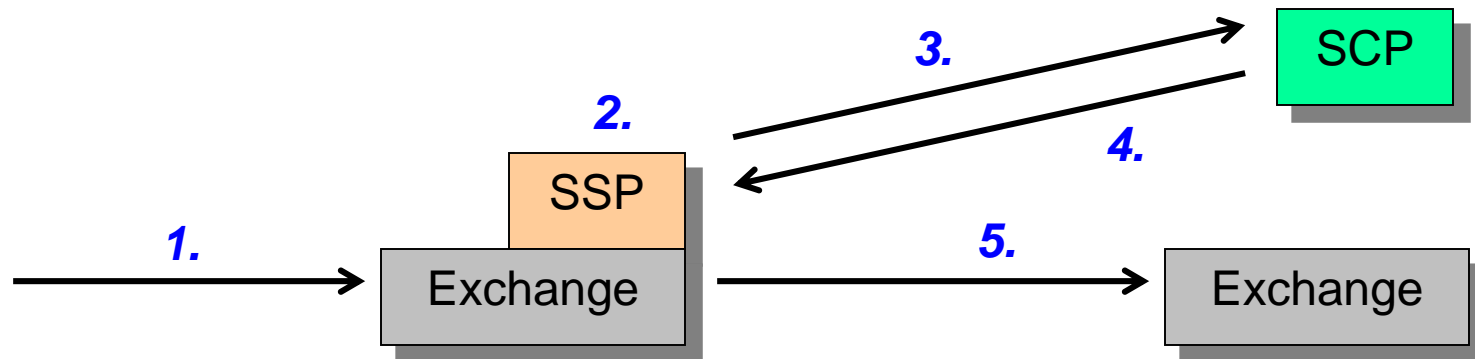


IN - ENNOIΕΣ

Intelligence => Πρόσβαση σε διάφορες databases =(εφαρμογές)



ΤΥΠΙΚΗ ΚΛΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ IN



1. Υποδοχή κλήσης στο Τοπικό Τηλεφωνικό Κέντρο (T/K) – Local Exchange
2. Ενεργοποίηση Trigger στη κλήση Βασικού τύπου στο SSP
3. SSP ζητά πληροφορία από SCP (database)
4. SCP επιστρέφει πληροφορία
5. Δρομολόγηση κλήσης στο επόμενο T/K

Τυπικά παραδείγματα triggers:

Τμήμα ή καλούμενος αριθμός
Access code ή ώρα κλήσης
Time (hour, day) ή Τοποθεσία
(άλλος πάροχος) (mobile system)

ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑ ΑΡΙΘΜΟΥ

DN: Directory Number

STP: Signaling Transfer Point

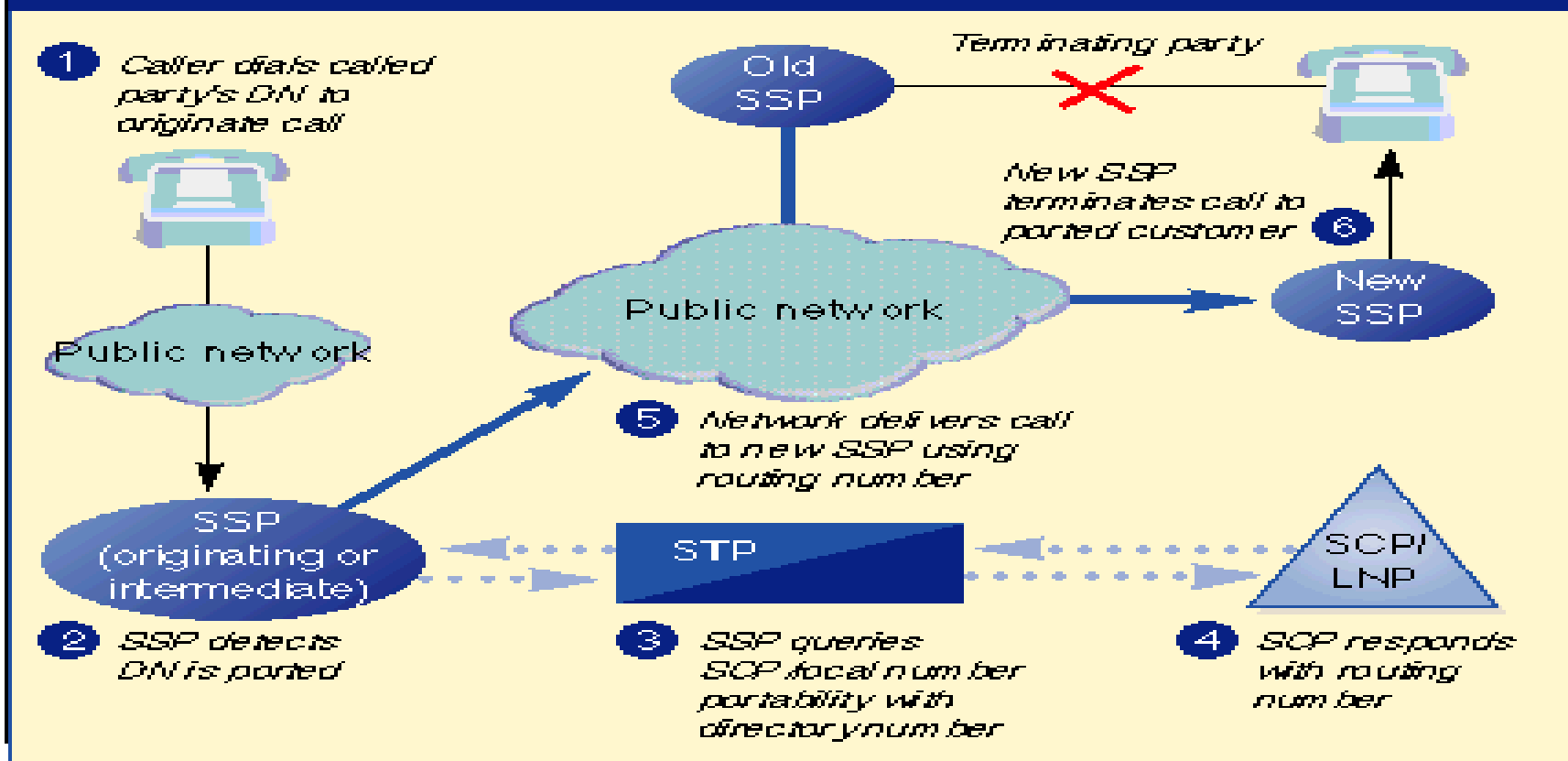
SSP: Service Switching Point (Client-EXC)

SCP: Service Control Point (Data Base)

LNP: Local Number Portability (Φορητότητα)

FIGURE 2

LOCAL NUMBER PORTABILITY CALL SCENARIO



ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

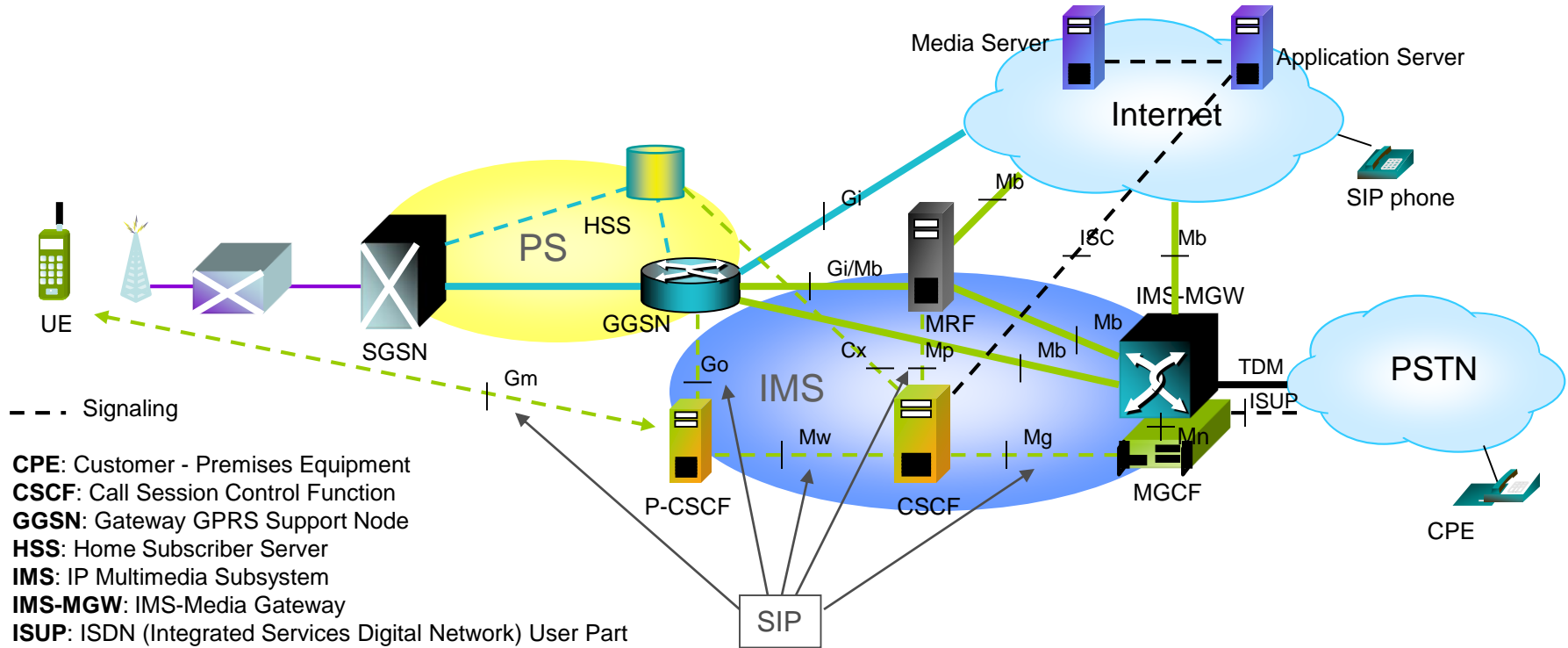
- **SS7 & IN** σε περιβάλλον εναλλακτικών παρόχων σταθερής και κινητής τηλεφωνίας
- Περιαγωγή (roaming), φορητότητα αριθμών (number portability)
- 2G (GSM) → 3G (UMTS) → 3.5 G (LTE) → **5G**
- ISDN Signaling → VoIP **SIP** (Session Initiation Protocol, IETF)
- IP Telephony (Real-time Transport Protocol - **RTP** over UDP, RTP Control Protocol – **RTCP** over TCP)
 - Σαν υπηρεσία των ISPs ή
 - Σαν «ελεύθερη» υπηρεσία στο Internet, π.χ. **Skype**: Αρχιτεκτονική peer-to-peer (p2p) overlay (εξέλιξη **Kazaa**), proprietary voice/video coding
 - Σηματοδοσία: ITU **H.323** → IETF **SIP** (TCP/UDP port 5060), διαλειτουργικότητα με SS7, μεταφορά υπηρεσιών IN σε περιβάλλον IP
 - Υποστήριξη VoIP μέσω ευφυών κινητών τηλεφώνων (iPhone, Android): **Viber** (σύνδεση TCP τηλέφωνα με Viber servers για SIP-like signaling, TCP Port 5242 ή 4244)
- Video Conferencing σε IP
 - H.323 Multi-Conferencing Unit (MCU) → SIP Gateway, Skype p2p
 - Real-Time Transport (RTP), fast video coding
- IPTV: Set-top Box σε τηλεοπτική συσκευή ή Multimedia PC
 - Broadcasting (HD/UHD)TV, Video on Demand, Streaming
- Multimedia Streaming Services (YouTube...): **HTML5**, **HTTP** over TCP

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ H.323 - SIP

- **H.323:** Αριθμοί τύπου E.164 (μέγιστο 15 αριθμοί), IP, email, **URI** (Universal Resource Identifier: **URL** – Universal Resource Locator ή/και **URN** Universal Resource Name)
http://en.wikipedia.org/wiki/Uniform_resource_identifier
 - Αντιστοίχιση IP, H.323 Name (email, **maglaris@netmode.ntua.gr**) με GDS (Global Dialing Scheme, π.χ. **0011892106544721**) μέσω εξυπηρετητών αριθμοδότησης - Gatekeepers (π.χ. Public Gatekeeper **pgk.vc.dfn.de**)
- **SIP:** Μόνο URI και χρήση **DNS**
 - Παράδειγμα: <sip:username:password@host:5860>, ή TLS secure <sips:username:password@host:5061>)

ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ IMS (IP Multimedia Subsystem)

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



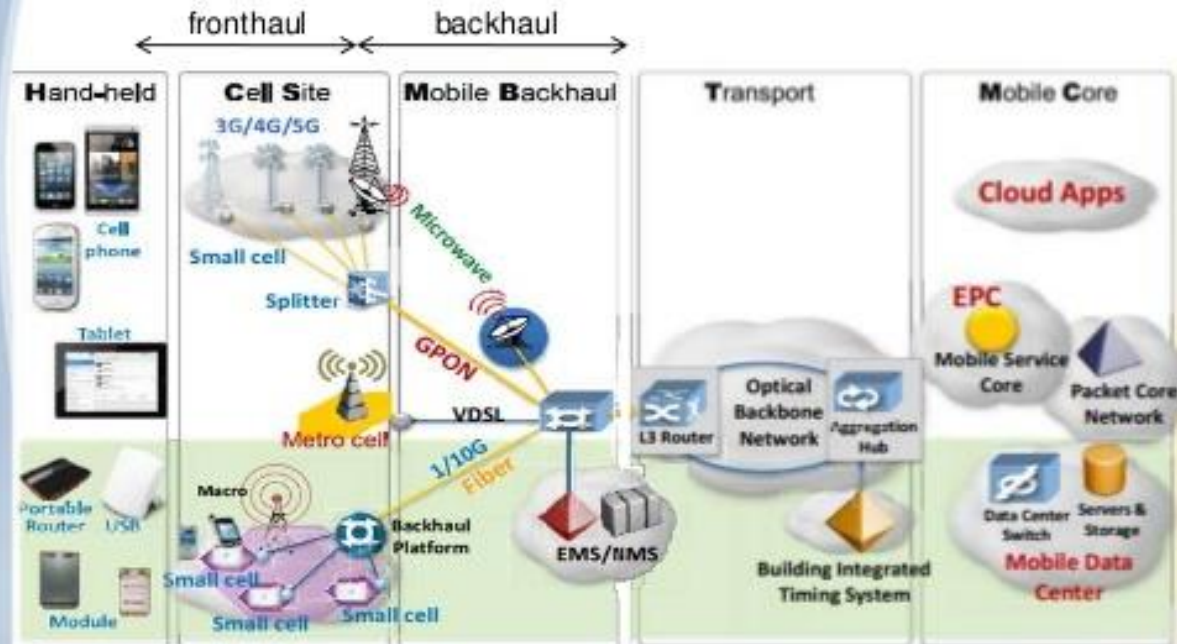
--- Signaling

- 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

Το Ενοποιημένο Internet του Μέλλοντος (2020)

5G Backhaul, Fronthaul network



ΣΥΓΚΛΗΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Telecommunication Network Convergence

- 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 αναμενόμενο τσουνάμι των **Sensor Networks → Internet of Things (IoT)**
- Διασύνδεση Σηματοδοσίας - Επιπέδων Ελέγχου σε ομοσπονδιακό περιβάλλον πολλαπλών διαχειριστικών περιοχών;

ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΟΛΛΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ (Multi-domain Control Protocols) ΟΙ ΜΟΝΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΕΤΥΧΕΙ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ (Success Stories) ΕΙΝΑΙ ΔΥΟ:

SS7 (International telephony)
BGP (Internet)