

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

Επίπεδα Μετάδοσης – Ελέγχου – Διαχείρισης
Ενοποιημένων Ψηφιακών Τηλεπικοινωνιακών Υποδομών

Μετάδοση – Έλεγχος Οπτικής Ιεραρχίας SDH
Σηματοδοσία ISDN, SS7

Ευφυή Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα (IN)
Σύγκληση Τηλεπικοινωνιών, IMS – 5G

B. Μάγκλαρης

maglaris@netmode.ntua.gr

www.netmode.ntua.gr

10/12/2018

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (1)

Επίπεδο Μετάδοσης Δεδομένων – Data Plane (1/2)

Μέθοδοι Μεταγωγής

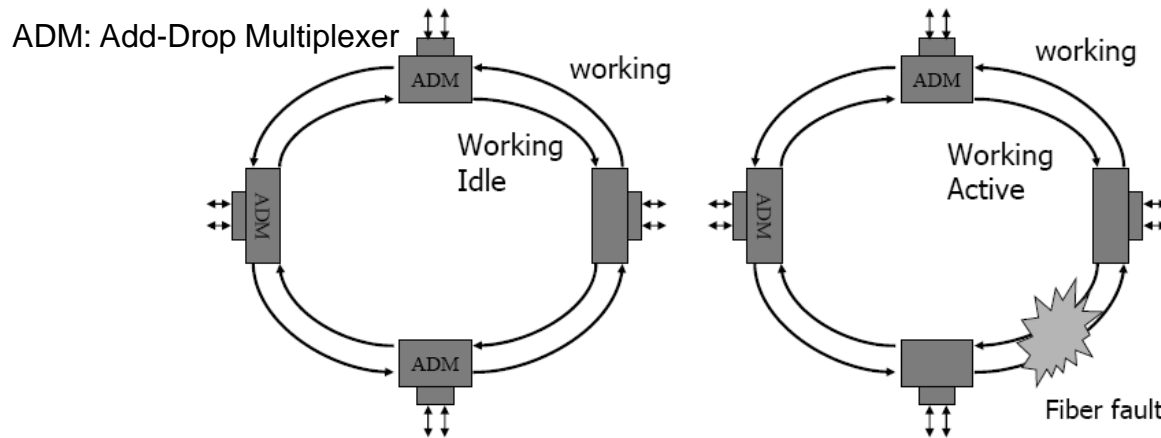
- Προώθηση (forwarding) μέσω καναλιών σταθερού εύρους: **Μεταγωγή κυκλώματος - circuit switching** π.χ. Παραδοσιακή Τηλεφωνία **POTS** (Plain Old Telephone Service) ή **PSTN** (Public Switched Telephone Network), κινητή τηλεφωνία **GSM**
- Προώθηση με ημι-μόνιμα κυκλώματα **cross-connects**, π.χ. ευφυείς 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

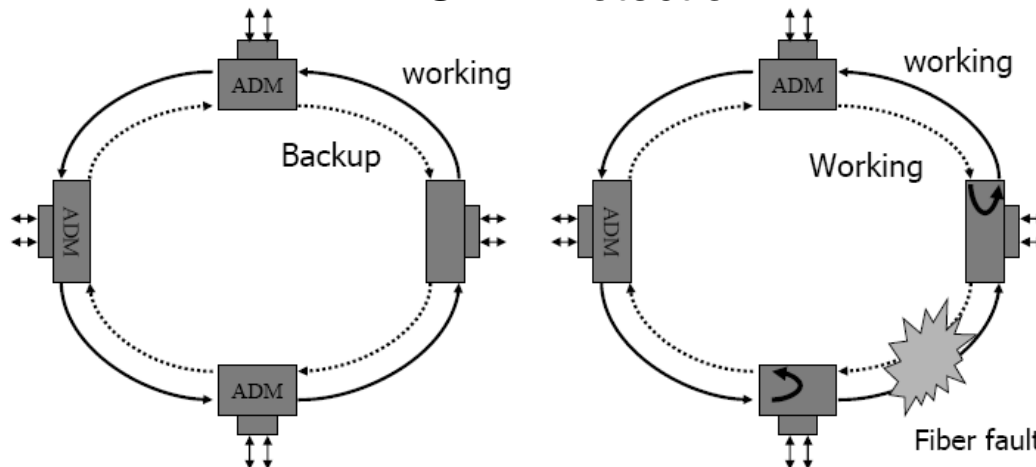
1+1 SDH Protection



Χρόνος Αντίδρασης
σε Βλάβη: **50 msec**

ΠΡΙΝ ΤΗ ΒΛΑΒΗ → ΜΕΤΑ ΤΗ ΒΛΑΒΗ (FIBER CUT)

1:1 SDH Protection



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (1)

Επίπεδο Μετάδοσης Δεδομένων – Data Plane (2/2)

Πρόσβαση Ψηφιακών Δεδομένων σε Δίκτυα Κορμού

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): Πρόσβαση Ψηφιακών πάνω από Αναλογικούς Συνδρομητικούς Βρόχους Παραδοσιακής Τηλεφωνίας (POTS)

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



Version	Standard name	Common name	Downstream rate \blacklozenge	Upstream rate \blacklozenge	Approved on \blacklozenge
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 (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” 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)

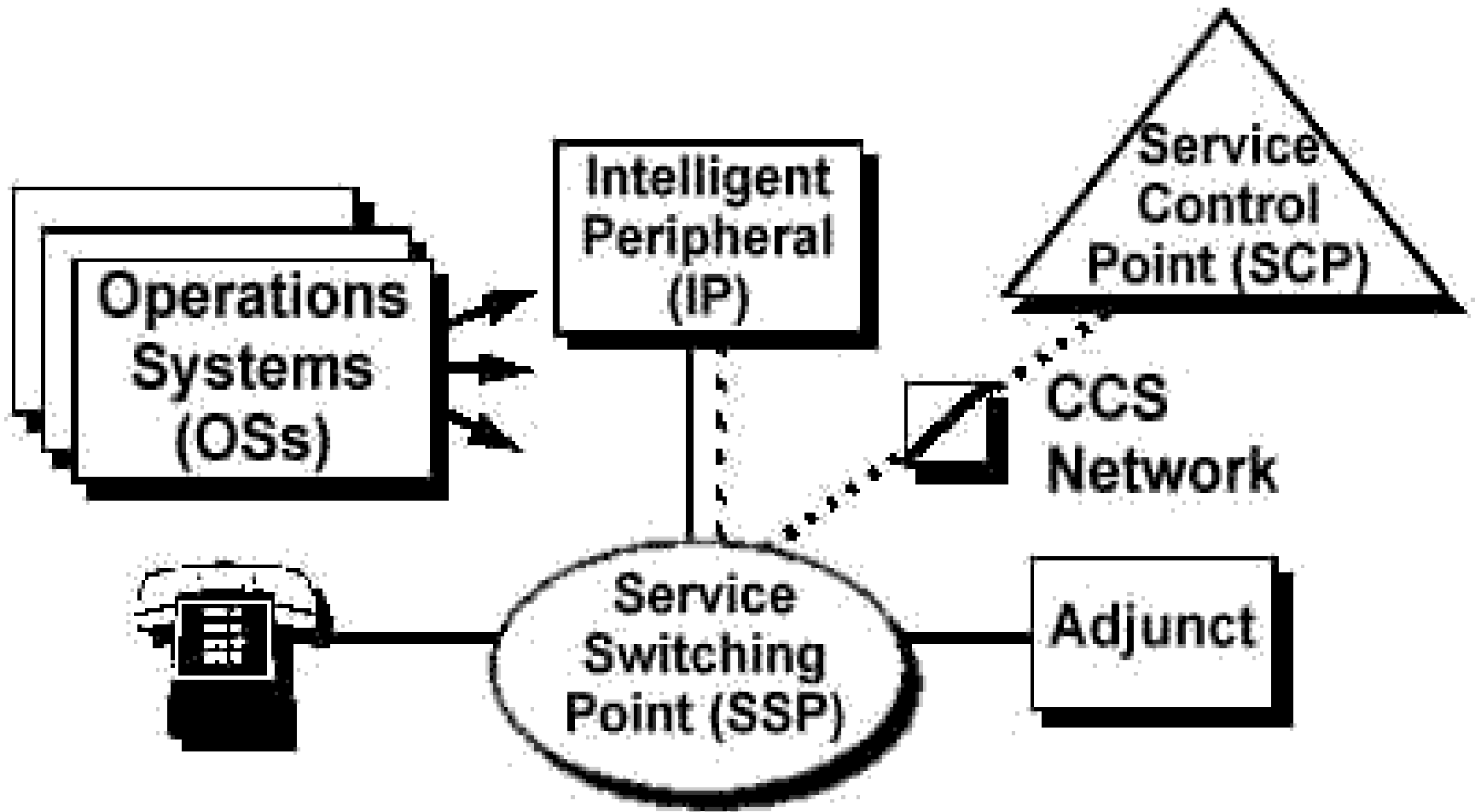
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ:

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)

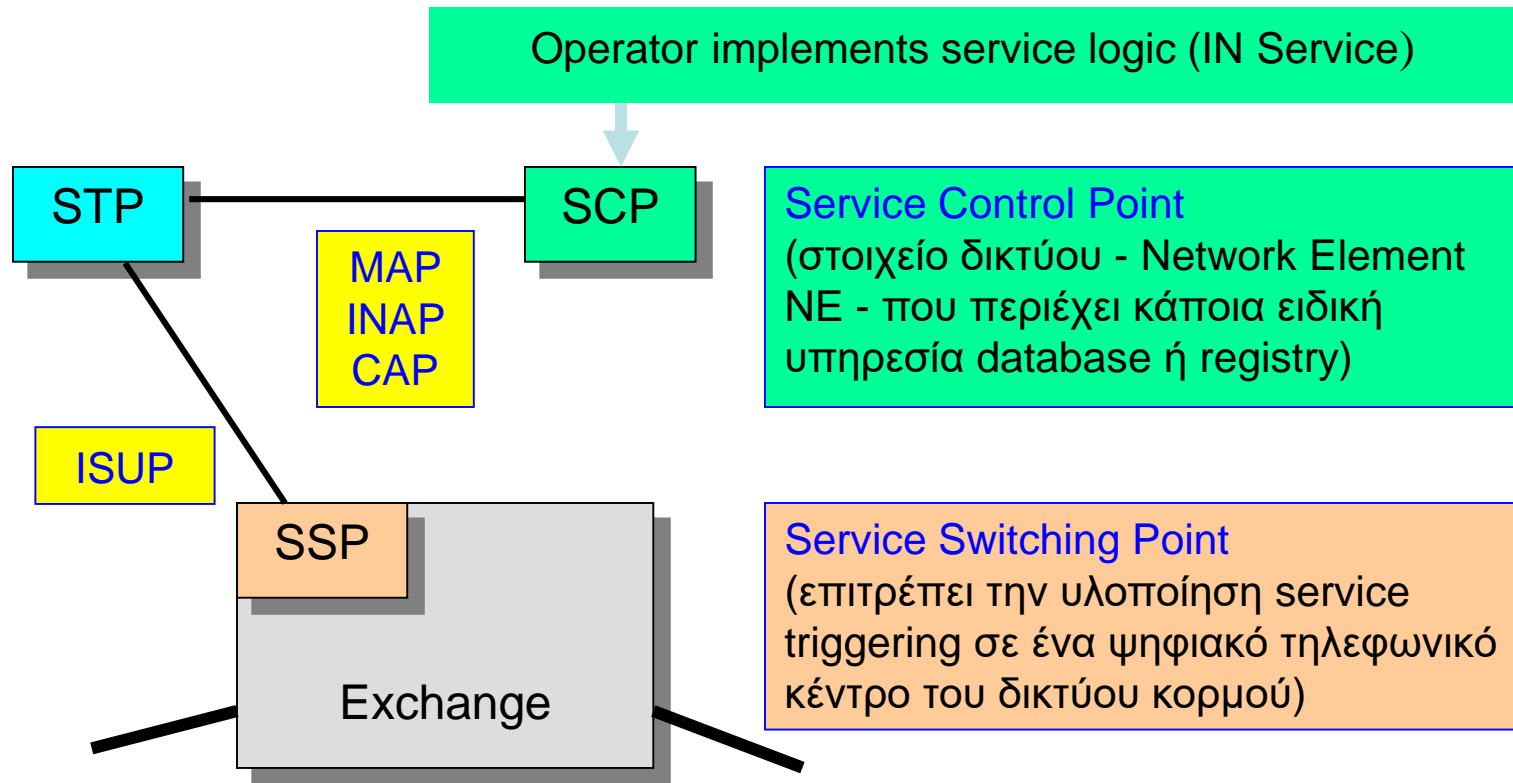
- **SPC** Stored Program Control – 1960/70
- **CCS** Common Channel Signaling Network
 - Σηματοδοσία – πριν την εγκατάσταση κλήσης (call setup)
 - Σηματοδοσία ξεχωριστή από την κλήση
 - Προδιαγραφή **SS7** (*Signaling System 7*) της **CCITT**, (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique* 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)

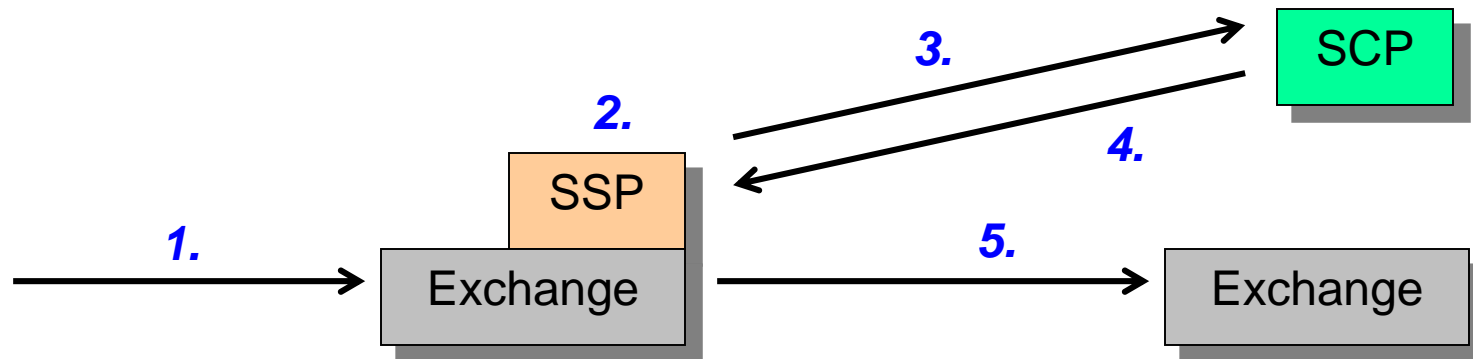


IN - ENNOIΕΣ

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

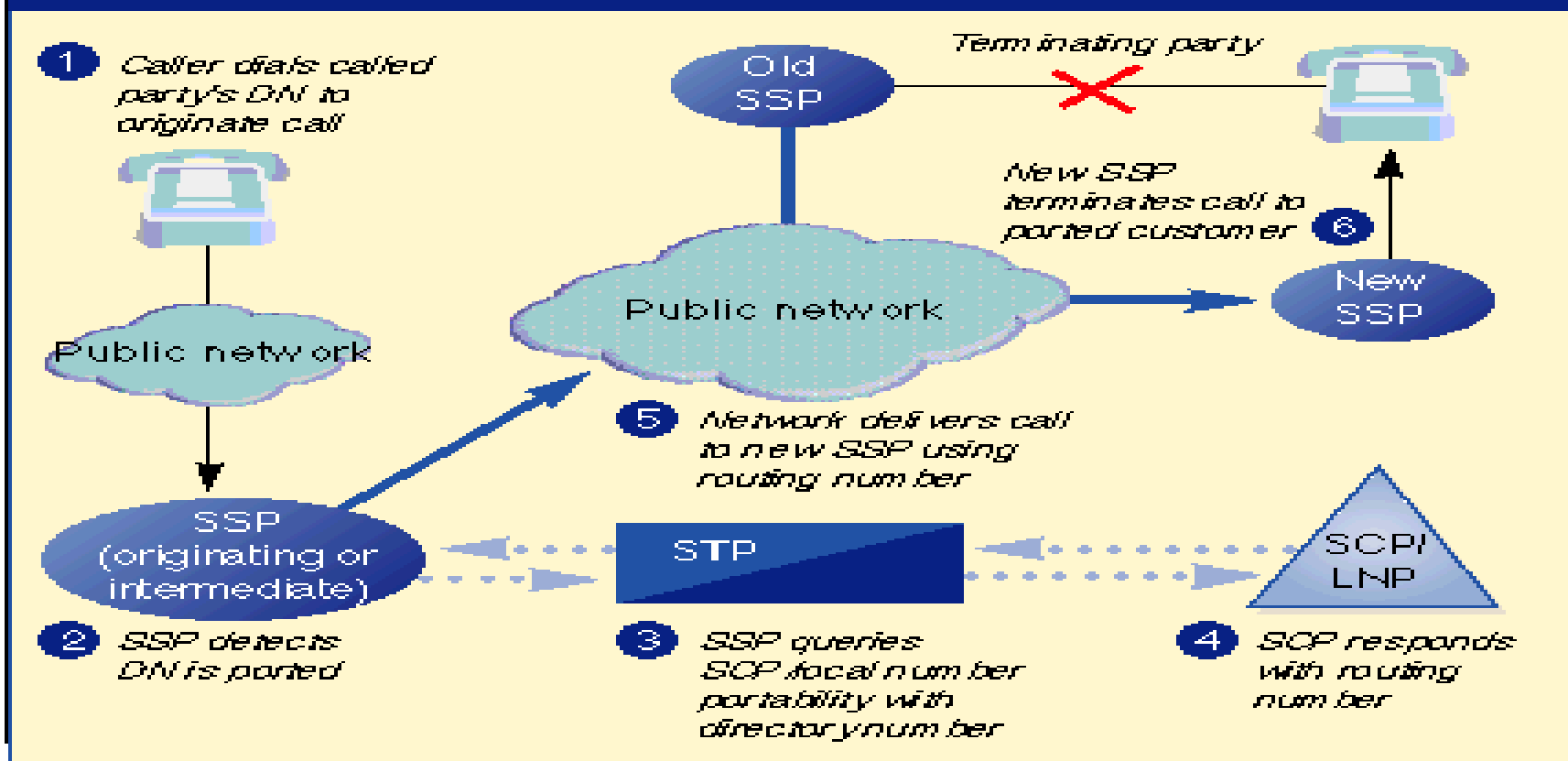
SSP: Service Switching Point (Client-EXC)

SCP: Service Control Point (Data Base)

LNP: Local Number Portability (Φορητότητα)

FIGURE 2

LOCAL NUMBER PORTABILITY CALL SCENARIO



ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

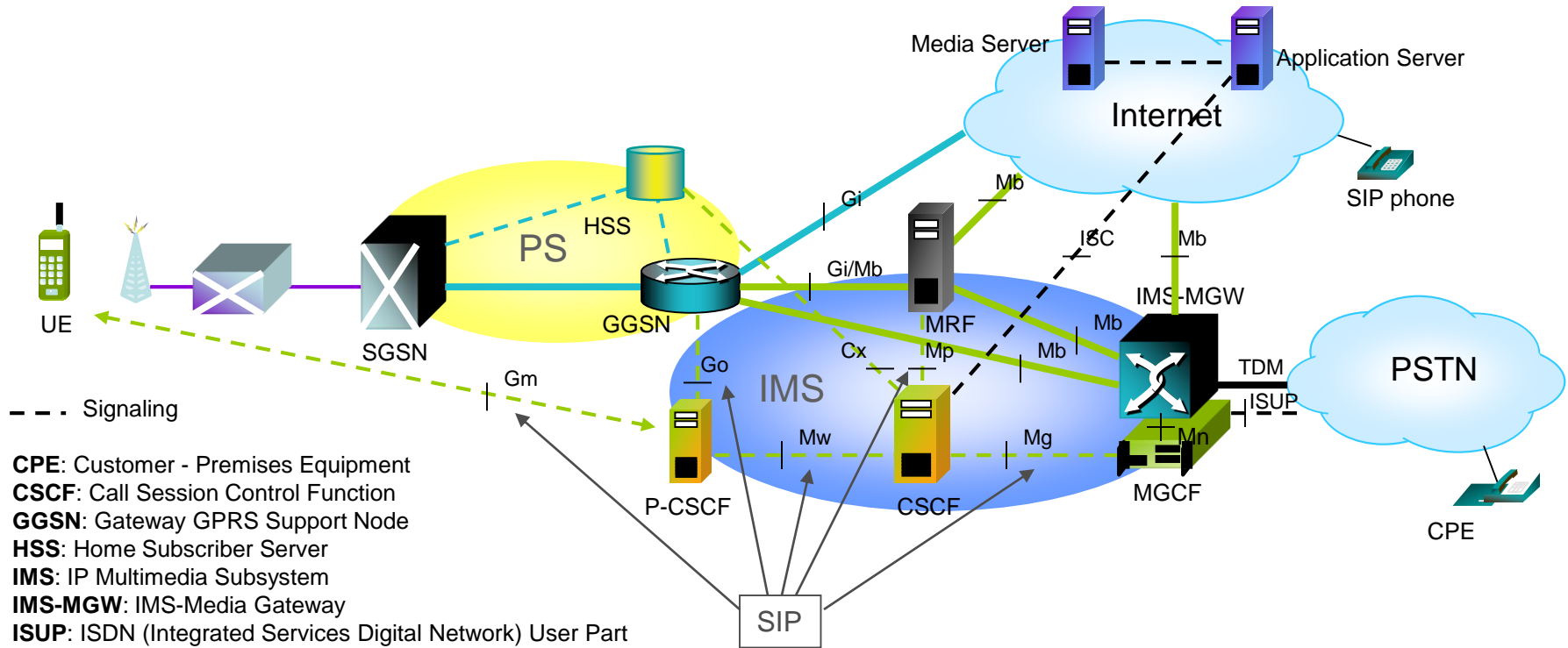
- **SS7 & IN** σε περιβάλλον εναλλακτικών παρόχων σταθερής και κινητής τηλεφωνίας
- Περιαγωγή (roaming), φορητότητα αριθμών (number portability)
- 2G (GSM) → 3G (UMTS) → 3.5 G (LTE) → **5G**
- ISDN Signaling → VoIP **SIP** (Session Initiation Protocol, IETF)
- IP Telephony (Real-time Transport Protocol - **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

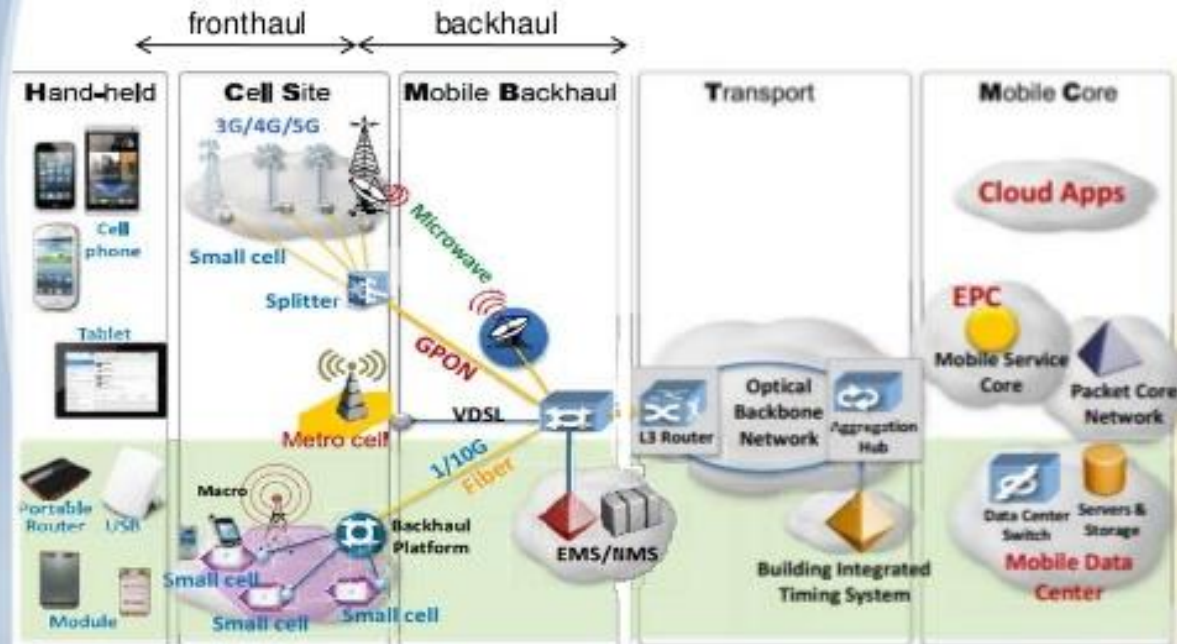


- Signaling
- CPE:** Customer - Premises Equipment
- CSCF:** Call Session Control Function
- GGSN:** Gateway GPRS Support Node
- HSS:** Home Subscriber Server
- IMS:** IP Multimedia Subsystem
- IMS-MGW:** IMS-Media Gateway
- ISUP:** ISDN (Integrated Services Digital Network) User Part
- MGCF:** Media 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

- 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 (διεθνής τηλεφωνία)
BGP (Internet)