

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGEMENT

Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα & Πρωτόκολλα Tunneling
Virtual Private Networks (VPNs), Tunneling Protocols
Διαχειριστικό Πρωτόκολλο SNMP

Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα - Virtual Private Networks (VPNs)
Πρωτόκολλα Tunneling, Virtual eXtended LANs (VXLANs)
IPsec & GRE
SNMP (Simple Network Management Protocol) Υποδομών IP

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

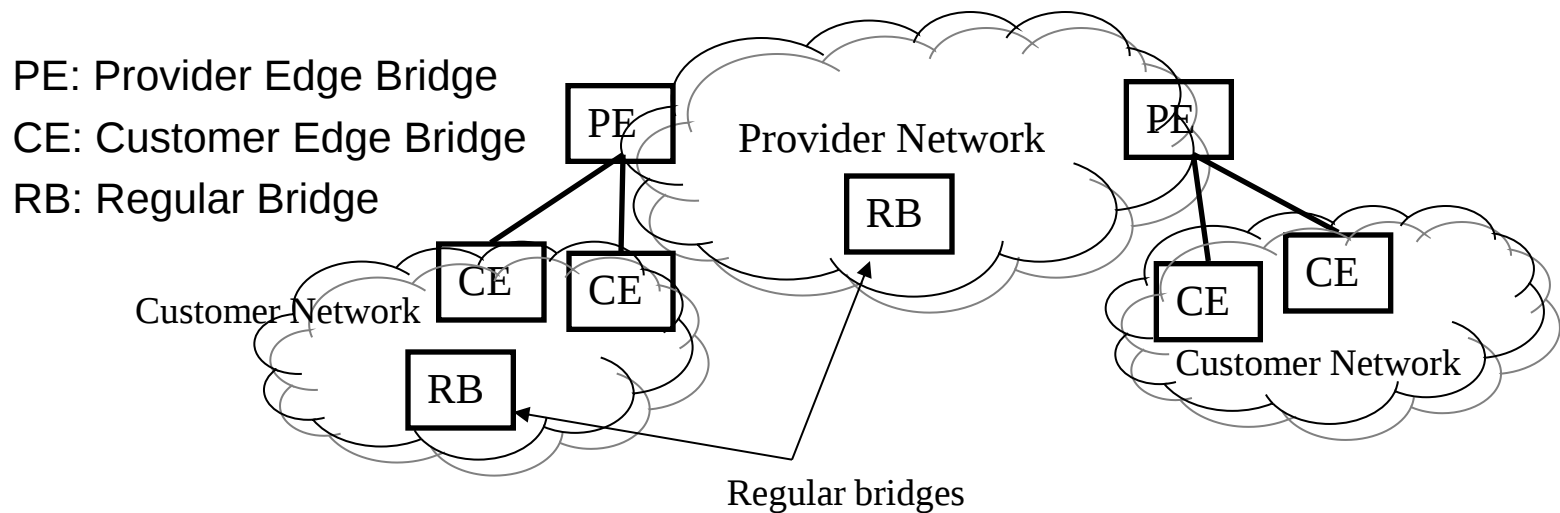
Νέα Κτίρια ΣΗΜΜΥ - Αίθουσα 013

4/11/2024

ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2

ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΠΑΡΟΧΩΝ (επανάληψη)

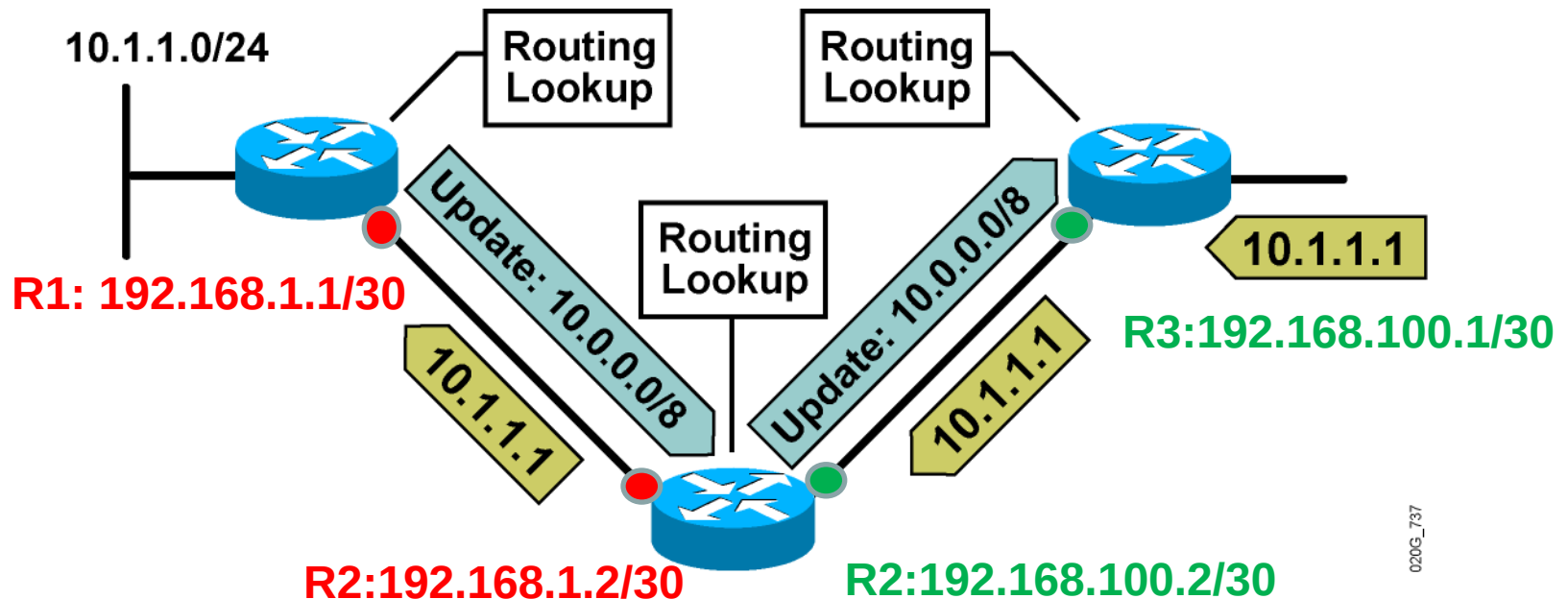
Provider Backbone Bridges – PBB (mac-in-mac, IEEE 802.1ah)



IEEE 802.1ah (2008): Επέκταση Ethernet **LAN's** (**IEEE 802.3z: 1 GigE, IEEE 802.3ae: 10 GigE**) σε Μητροπολιτικά Δίκτυα **MAN** & Δίκτυα Κορμού Ευρείας Περιοχής **WAN** (**1-10-40-100 GigE**)

- Τυποποίηση πρωτοκόλλων **VPLS**, **mac-in-mac** και **QinQ** tunnels για επέκταση VLAN's μεταξύ τοπικών δικτύων LAN's μέσω Layer 2 VPNs
- Προς συρρίκνωση τοπολογίας επιπέδου 3 → collapsed backbone με μηχανισμούς μεταφοράς επιπέδου 2: **10-100 Gig point-to-point Ethernet transport**

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 3 (επανάληψη)



Σε κάθε κόμβο κάθε πακέτο δρομολογείται στο interface του επόμενου κόμβου IP με βάση το longest prefix match της διεύθυνσης IP τελικού προορισμού στον πίνακα δρομολόγησης

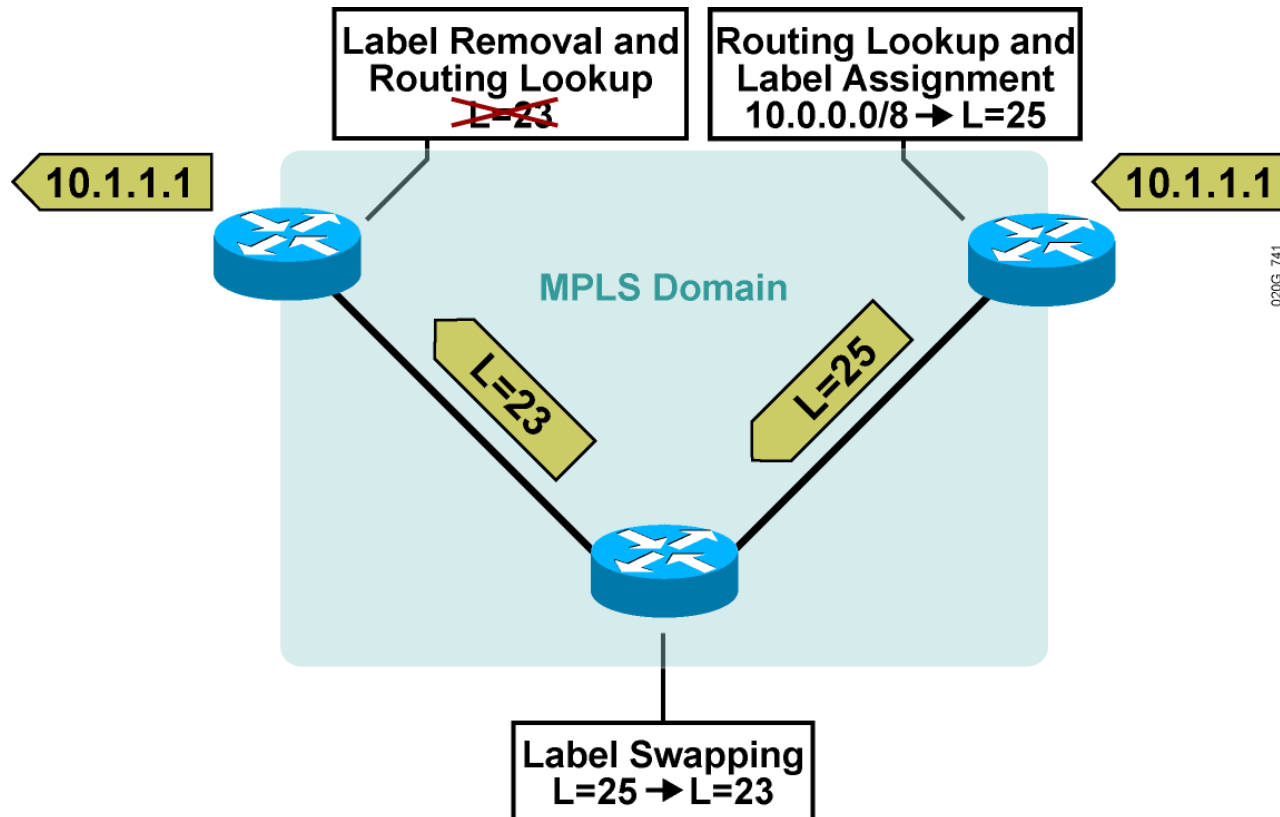
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ Router 2 (R2)

Destination Network	Next-Hop
10.1.1.0/24	192.168.1.1
10.0.0.0/8	192.168.1.1

← Longest-prefix match (24bits)

ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2.5:

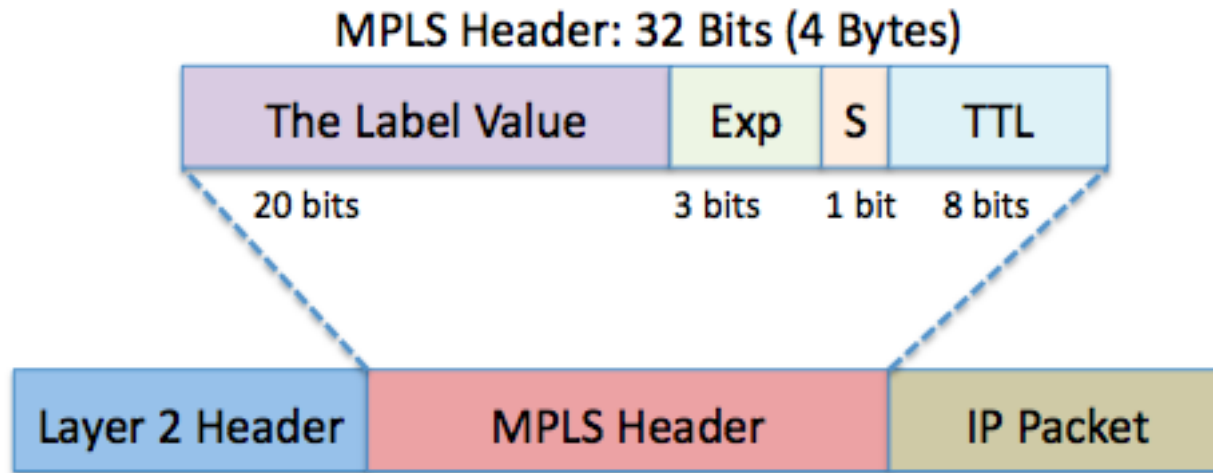
MPLS (Multi-Protocol Label Switching) (επανάληψη)



MPLS core routers : Label Switch Router – LSR
Αντικαθιστούν (swap) Labels
Πρωθούν τα πακέτα με βάση πίνακες δρομολόγησης ανά Label

MPLS edge routers: Edge LSR, Label Edge Router – LER
Εισάγουν/διαγράφουν επικεφαλίδες MPLS
Δρομολογούν με βάση πίνακες δρομολόγησης IP και Labels

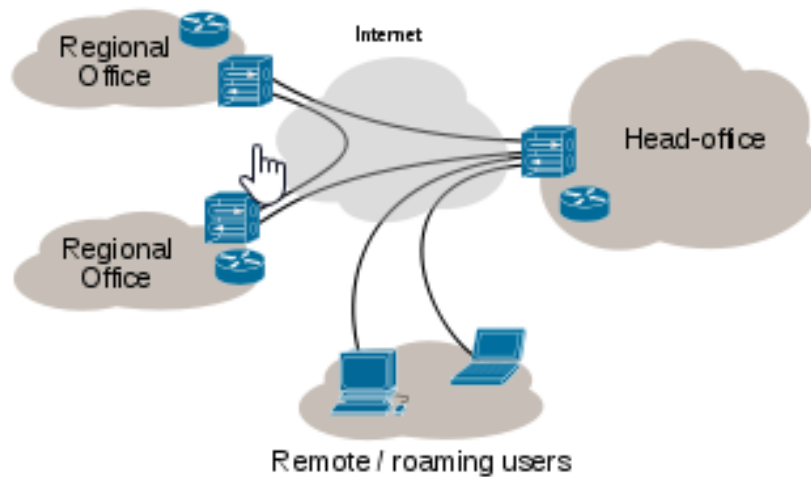
MPLS HEADER (επανάληψη)



- **Label :** Label value (0 to 15 are reserved for special use) assigned to **source & destination IP (flows)** **(traffic engineering option)**
- **Exp :** Experimental Use
- **S :** Bottom of Stack (set to 1 for the last entry in the label)
- **TTL :** Time To Live

ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΙΔΙΩΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (επανάληψη)

Virtual Private Networks - VPNs

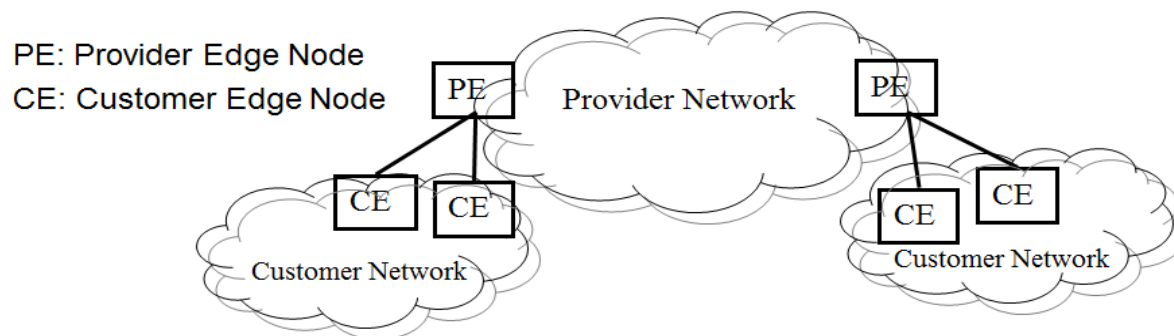


https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_private_network

Με τα **VPNs** χρήστες κοινών κατανεμημένων πόρων δημιουργούν **ιδιωτικές** υποδομές **Overlay Networks** ή εταιρικά δίκτυα **Intranet/Extranet** πάνω από **δημόσια** δίκτυα όπως το **Internet** ή δίκτυο μακράς αποστάσεως (Wide Area Network – WAN) ενός ISP αρχιτεκτονικής **IP/MPLS** ή **Enterprise Local Area Networks - LANs & Data Centers** με πολλαπλές αυτόνομες κοινότητες χρηστών, διασφαλίζοντας:

- Απομόνωση από άλλες κοινότητες π.χ. μέσω ενθυλάκωσης πακέτων του VPN (μαζί με τους ιδιωτικούς headers) σε πακέτα συμβατά με πρωτόκολλα Δημοσίου Δικτύου (**tunneling**)
- Διαχείριση δικτυακών πόρων & υπηρεσιών ανά VPN:
 - Επέκταση πεδίου διευθύνσεων **VLAN tags** ή **IP** σε απομακρυσμένες νησίδες ενός VPN
 - Δρομολόγηση με περιορισμούς ασφαλείας και διαμοιρασμού φορτίου – **traffic engineering**
 - Ασφαλής μετάδοση και σηματοδότηση όπως σε αυστηρά ελεγχόμενο τοπικό δίκτυο (LAN)

ΕΙΔΗ VPNs & Tunneling Protocols (1/2)



Layer 2 VPN (L2VPN): Επέκταση L2/VLAN over Provider WAN π.χ.

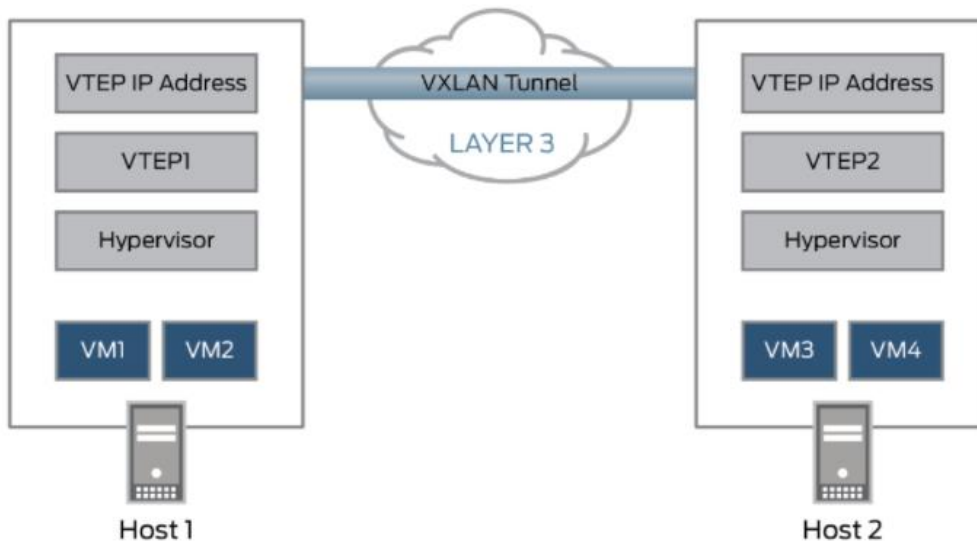
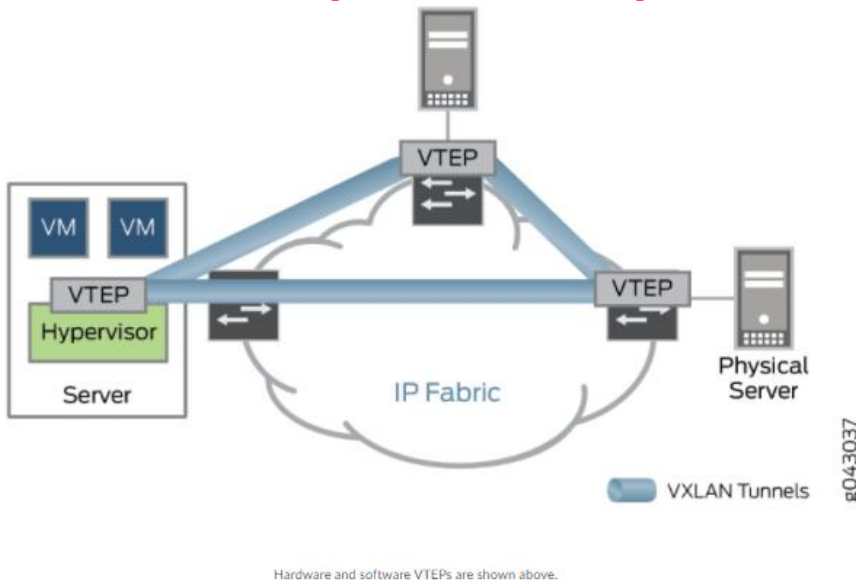
- Point-to-point **L2TP** (Layer 2 Tunneling Protocol) πάνω από IP/MPLS Provider Network
- Point-to-point Επεκτάσεις **PW** (Pseudo-Wire) πάνω από IP/MPLS Provider Network
- Multipoint **VPLS** (Virtual Private LAN Service) πάνω από MPLS Provider Network
- Επέκταση **Mac-in-Mac** (IEEE 802.1ah) πάνω από L2 Provider Bridge Network

Layer 3 VPN (L3VPN): Λογικές Νησίδες IP σε υποδομές Intranet/Extranet

- IP ή MPLS tunnels μεταξύ εικονικών δρομολογητών (Virtual Routing & Forwarding, **VRF**) ορισμένων στους PE Nodes (Routers) ανά VPN
- Διαδικασία Ασφαλούς Επικοινωνίας **IPsec Tunnels** μεταξύ PE's BGP/IP Provider Network(s)
- Generic Routing Encapsulation **GRE Tunnels** μεταξύ PE's BGP/IP Provider Network(s)
- Διαδικασία Ασφαλούς Επικοινωνίας **OpenVPN Tunnels** μεταξύ τερματικών συσκευών χρηστών client - server, hosted σε διαφορετικά διαχειριστικά περιβάλλοντα μέσω SSL/TLS (προτιμάται η χρήση πρωτοκόλλων UDP και η προ-εγκατάσταση certificates στον client) 7

ΕΙΔΗ VPNs & Tunneling Protocols (2/2)

ETHERNET VPN (EVPN) - Virtual eXtensible LAN (VXLAN): Layer 2 Overlays over IP Substrates



Επέκταση από VLAN σε **VXLAN** – Virtual eXtensible LAN για **Layer 2** υπερκείμενη (**overlay**) διασύνδεση τοπικών υποδικτύων **Ethernet** και **Data Centers** σε λογικά (virtual) LANs πάνω από **IP/UDP** υποκείμενα (**substrate**) tunnels μεταξύ **VTEPs** (VXLAN Tunnel Endpoints)

- VLAN ID: 12 bits (< 4096 VLANs)
- **VXLAN ID: 24bits/VTEP**

Σηματοδοσία μέσω επέκτασης του πρωτοκόλλου **BGP** για **MAC/IP address announcements** μεταξύ διασυνδεόμενων με IP tunnels υποδικτύων **Layer 2/3** και κατανεμημένων **Data Centers**

<https://www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-vxlan.html>

IPsec

ECE 454/CS 594, Jinyuan (Stella) Sun, Univ. of Tennessee, Fall 2011

IPsec: Ανεξάρτητο Εφαρμογών
ενώ

TLS: για Web

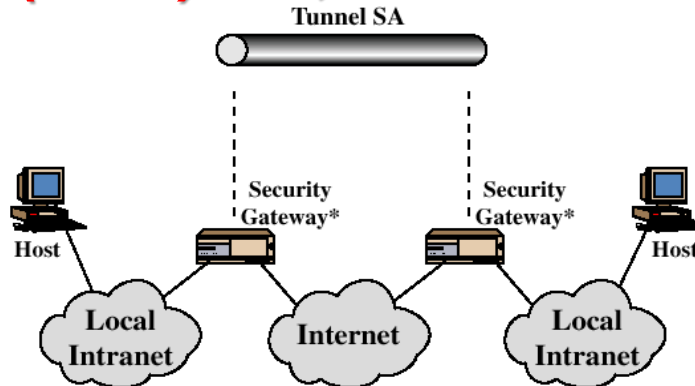
SSH: για Remote Login

Transport Mode

Ασφάλεια Περιεχομένου σε
υποσύνολα της σύνδεσης e2e
(*encryption του payload*)

Tunnel Mode

Ασφάλεια Πακέτου σε tunnel
μεταξύ Security Gateways
(*encryption αρχικού πακέτου*)



IP header (real dest)	IPsec header	TCP/UDP header + data	
IP header (gateway)	IPsec header	IP header (real dest)	TCP/UDP header + data

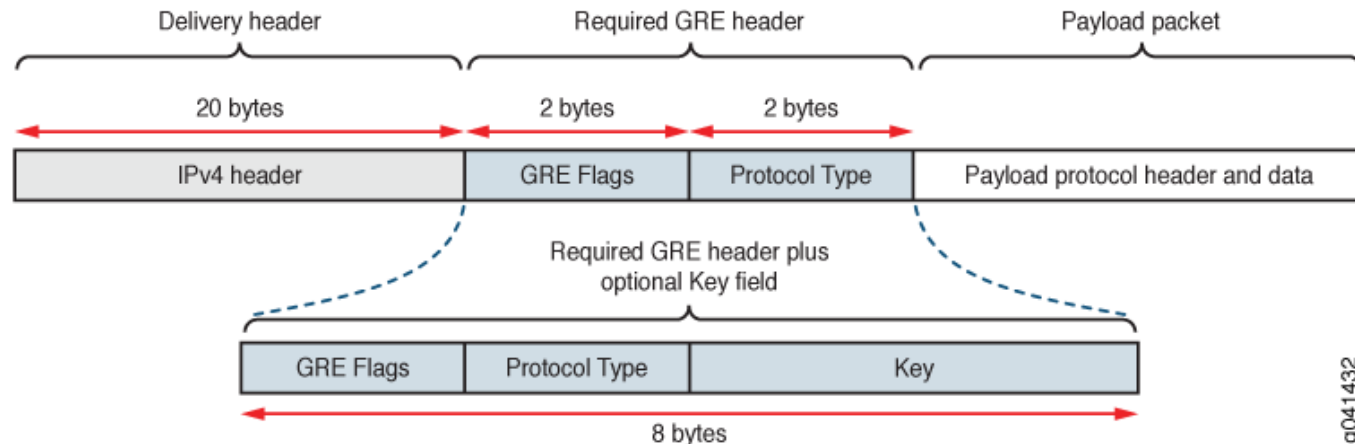
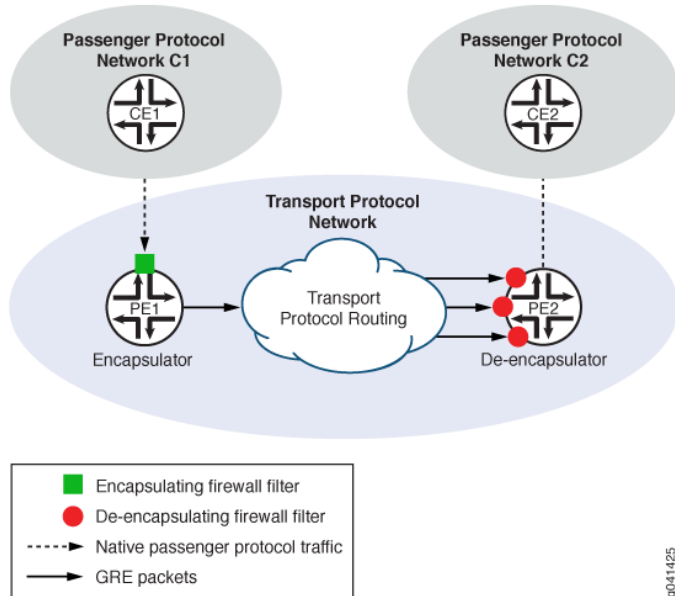
- **SA:** Security Associations (one way)
 - SPI: Security Parameter Index (Cryptographic algorithms, keys, lifetimes, sequence numbers, mode - transport or tunnel)
 - Εναλλακτικές SA, αποθηκευμένες σε IPsec nodes, ενεργοποιούνται με επιλογή του πακέτου
- **AH:** Authentication Header
 - Επιβεβαίωση ταυτότητας αποστολέα (Sender Authentication) & μη παραποίησης μηνύματος (Message Integrity)
- **ESP:** Encapsulating Security Payload
 - Εμπιστευτικότητα (Confidentiality)
- **IKE:** Internet Key Exchange
 - Handshaking protocol για συμφωνία SA

Generic Routing Encapsulation (GRE)

http://www.juniper.net/documentation/en_US/junos13.2/topics/concept/firewall-filter-tunneling-ipv4-gre-components.html

ΔΙΑΔΙΑΚΑΣΙΑ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ - GRE Tunneling

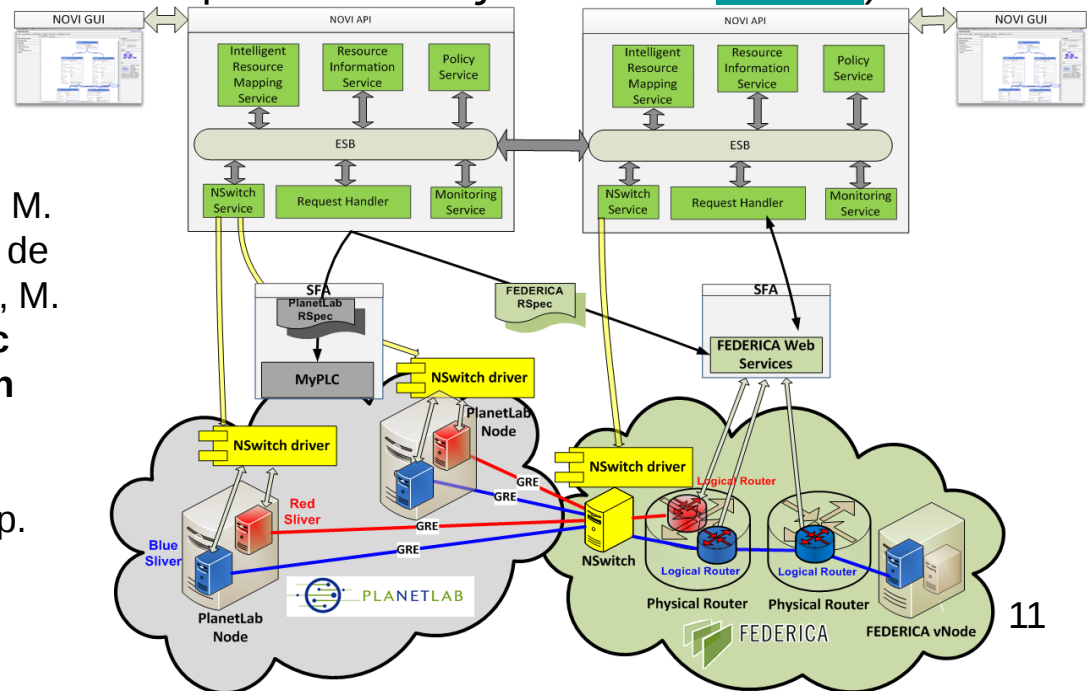
- Το payload packet πρέπει να μεταφερθεί από Customer (εφαρμογή) **C1** σε απομακρυσμένο Customer **C2** όπως σε απευθείας μονοκατευθυντική σύνδεση μεταξύ τοπικών κόμβων ζεύξης **CE1** (Customer Edge 1) και **CE2** (Customer Edge 2)
- Το Encapsulation filter στον διαδικτυακό κόμβο εισόδου **PE1** (Provider Edge 1) εισάγει GRE header με μοναδικό κλειδί για πακέτα **C1 → C2** (δεν ισχύει για **C2 → C1**)
- Το αποτέλεσμα ενθυλακώνεται με IPv4 header και προωθείται σαν IP datagram από τον Encapsulator **PE1** στον De-encapsulator **PE2** μέσω TCP/IP WAN (Internet)
- Το De-encapsulation filter στον διαδικτυακό κόμβο εξόδου **PE2** (Provider Edge 2) ανακτά το payload packet και το προωθεί στον **C2**



VPNs ΣΕ ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Κοινοτικό Έργο NOVI (Networking innovations Over Virtualized Infrastructures)

- Συνύπαρξη σε διασυνδεόμενα δίκτυα πολλαπλών VPNs μέσω απομονωμένων εικονικών υποδομών με ασφαλή πρόσβαση τελικών χρηστών
- Οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες δημιουργούν εικονικές φέτες - **slices** από «αφιερωμένα» στοιχεία - **slivers**: Virtual Machines (VMs), Virtual (Logical) Routers, Ethernet switches...
- Μη κρυπτογραφημένες συνδέσεις WAN: **GRE over IP tunnels** στο Internet & **layer 2 VLANs**
- Πειραματική υλοποίηση: Δημιουργία & λειτουργία απομονωμένων virtual slices με VM's στις εικονικές πειραματικές υποδομές PlanetLab (πάνω από το Internet) και FEDERICA (με Ethernet/VLANs των Ευρωπαϊκών ΑΕΙ & Ερευνητικών Κέντρων, των Εθνικών Ερευνητικών - Ακαδημαϊκών Δικτύων **NRENs** και του Πανευρωπαϊκού τους Διαδικτύου GÉANT)



Κύρια Αναφορά:

V. Maglaris, C. Papagianni, G. Androulidakis, M. Grammatikou, P. Grosso, J. van der Ham, C. de Laat, B. Pietrzak, B. Belter, J. Steger, S. Laki, M. Campanella & S. Sallent, "Toward a Holistic Federated Future Internet Experimentation Environment: The Experience of NOVI Research & Experimentation", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 53, No. 7, pp. 136-147, July 2015

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

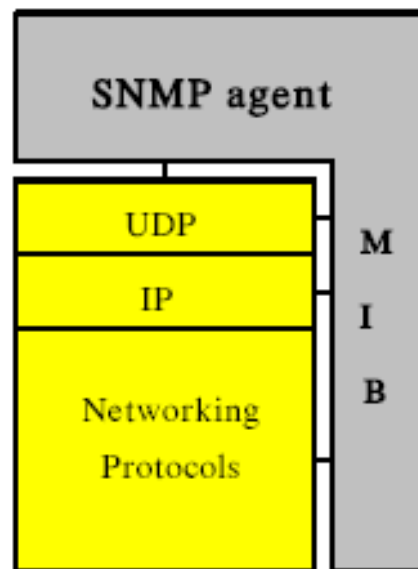
FCAPS (ISO – OSI) (επανάληψη)

- **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)

ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ **SNMP** (επανάληψη)

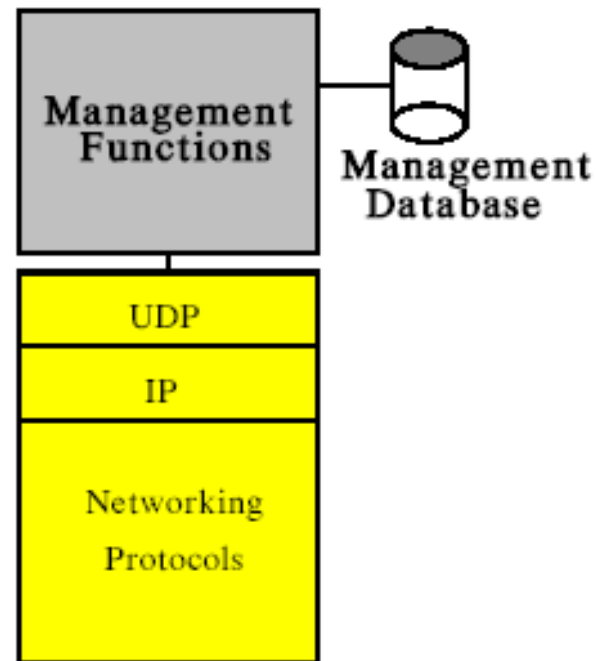
Σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο που μπορεί να εκτελεί οποιαδήποτε εργασία

Agent



Manager

Network Management Station (NMS)



← Κλήση SNMP

Απάντηση στην ερώτηση →

Ασύγχρονο μήνυμα (Trap) προς το manager →

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Client (Manager) – Server (Agent)

- **Server:**

- **NE** (Network Element, Στοιχεία Δικτύου: Δρομολογητές, Μεταγωγείς, Γραμμές, Υπολογιστές...)
- **Agent** (Management Information Base – MIB για Διαχείριση SNMP, YANG Core Models για Διαχείριση NETCONF)

- **Client Applications:**

- **OSS** (Operation Support System: Σύστημα Λειτουργίας στη τηλεφωνία)
- **NMS** (Network Management System: Διαχειριστική Πλατφόρμα SNMP, NETCONF Applications)
- **EMS** (Element Management System: Πλατφόρμα ενοποιημένου περιβάλλοντος Telecommunications Management Network -TMN)

- **Management Protocols:**

- **SNMP IETF RFC 1157; SNMPv2 RFC 1441/1452; SNMPv3 RFC 3411** (Simple Network Management Protocol, UDP σε δίκτυα TCP/IP)
- **NETCONF IETF RFC 6241** (Network Configuration Protocol, SSH/TCP για μεταβίβαση δεδομένων XML με RPC σε δίκτυα Internet/Intranet)
- **CMIP ITU-T X.711** (Common Management Information Protocol, σε δίκτυα TMN με πρωτόκολλα επιπέδων 4, 5, 6 & 7 της στοίβας OSI)

Simple Network Management Protocol – SNMP

https://www.alliedtelesis.com/sites/default/files/documents/configuration-guides/snmp_feature_overview_guide.pdf

- Πρωτόκολλο του στρώματος εφαρμογής για τη διαχείριση συσκευών συνδεδεμένων στο δίκτυο με TCP/IP stack (**IP addressable Network Elements**).
 - Οι συσκευές μπορεί να είναι routers, switches με 1 IP interface για management, H/Y, monitoring devices, sensors, έξυπνες συσκευές διαχειριζόμενες από το Internet ...
- Ο διαχειριστής υλοποιεί απλές διαχειριστικές λειτουργίες με εντολές **CLI** (Command-Line Interface), τυποποιημένες σύμφωνα με το πρωτόκολλο **SNMP**
- Ακολουθεί το μοντέλο **Manager** (που ρωτά) - **Agent** (που απαντά).
- Χρησιμοποιεί υπόβαθρο **UDP** στα **Ports UDP 161** (agent daemon) και **UDP 162** (manager daemon για αυτόνομα μηνύματα κοινοποιήσεις/notifications των agents - SNMP traps)
 - Υπενθύμιση: το UDP είναι πρωτόκολλο χωρίς επιβεβαίωση.
- Προτυποποίηση: **RFC** (Request for Comments) της **IETF** (Internet Engineering Task Force):
 - RFC 1157 SNMPv1 και RFCs 1155,1212 SMIv1
 - RFCs 1905-1907 SNMPv2 και RFCs 2578-2580 SMIv2
 - RFC 1905-1907 & 2571-2575 SNMPv3

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

SNMP MIB - SMI

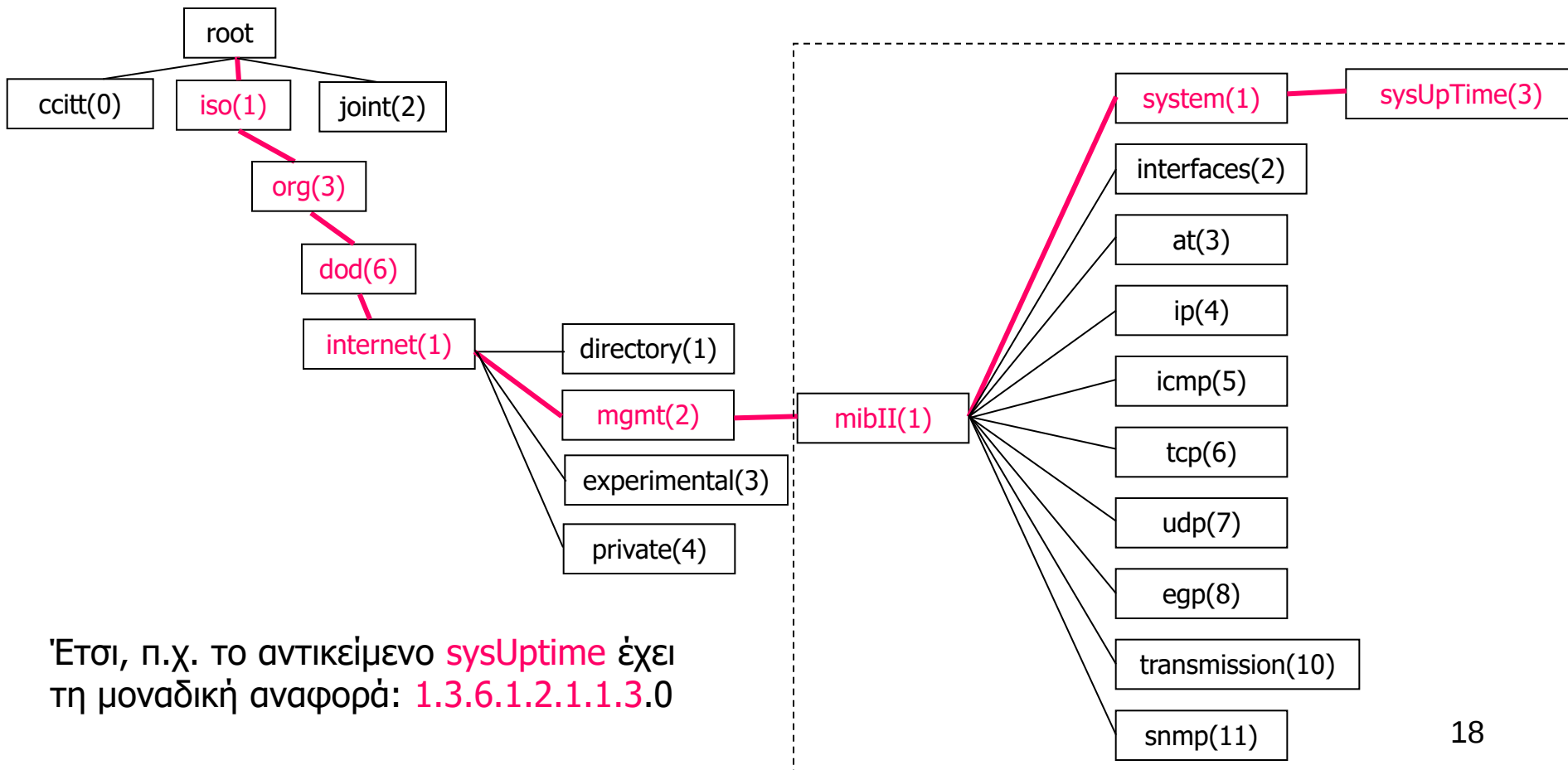
- Χρειαζόμαστε ένα κοινό (**standard**) τρόπο για να ορίζουμε τα αντικείμενα που διαχειριζόμαστε και τη συμπεριφορά τους
- Χρειάζεται να γνωρίζουμε ποια αντικείμενα είναι διαθέσιμα στον agent και ποιες είναι οι ιδιότητες τους
 - π.χ. κατάσταση ενός Router Interface: Up, Down, Testing
- Τις πληροφορίες αυτές τις ορίζει η **Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης (Management Information Base - MIB)**
 - Η MIB δεν είναι βάση δεδομένων – απλά τυποποιεί αντικείμενα / δείκτες ώστε να απευθύνεται σε αυτά ο manager ανεξάρτητα από κατασκευαστή, λειτουργικό κ.λπ.
- Η πληροφορία στη MIB δομείται σύμφωνα με τους κανόνες (**data model**) του **Structure of Management Information - SMI**
- Υπάρχουν πολλές MIB ανάλογα με το είδος εργασιών
 - π.χ. ATM MIB (RFC 2515), DNS MIB (RFC 1611) κ.λπ.
- Όλοι οι agent σε routers στο Internet υλοποιούν τουλάχιστον την **MIB II (RFC 1213)**

ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΤΗ **MIB**

- Η MIB είναι δενδρική δομή δεδομένων (**data structure**) που ορίζει διαχειριζόμενα αντικείμενα (managed objects) με τυποποιημένο τρόπο
- Κάθε διαχειριζόμενο αντικείμενο έχει ορισμένο τύπο και θέση στη MIB
 - Όπου & όταν χρειάζεται, ο agent αναλαμβάνει την αντιστοίχιση των αντικειμένων της MIB με μεταβλητές τιμές που του αποδίδει το συγκεκριμένο σύστημα - operating system, π.χ. χρόνος που το σύστημα είναι σε λειτουργία, System Uptime
 - Οι agents γίνονται compiled για κάθε operating system που υπάρχει στα στοιχεία του δικτύου
- Ο ορισμός - κωδικοποίηση των αντικειμένων για να περιληφθούν στη MIB γίνεται με την συντακτική αφηρημένη γλώσσα **ASN.1 (Abstract Syntax Notation)** και τους κανόνες **BER (Basic Encoding Rules)**
- Ο διαχειριστής χρειάζεται να γνωρίζει μόνο το είδος - τύπο της πληροφορίας και που θα τη βρει και όχι τον τρόπο που αυτή είναι εσωτερικά κωδικοποιημένη
- Σύνοψη των ορισμών
 - **ASN.1**: "αφηρημένη" γλώσσα περιγραφής δομών και τύπων ανεξάρτητα από την εφαρμογή
 - **BER**: Κανόνες κωδικοποίησης σε ASN.1 για τον ορισμό MIBs
 - **SMI**: Γενική περιγραφή (data model) δομών που πρέπει να έχει μια MIB

ΔΕΝΔΡΙΚΗ ΔΟΜΗ MIB

- Τα διαχειριζόμενα αντικείμενα οργανώνονται σε μια δενδρική δομή, βάση της οποίας προκύπτει και το όνομα τους (που υποδηλώνει τη μοναδική τους θέση στο δένδρο)



ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ MIB-II

https://docstore.mik.ua/oreilly/networking_2ndEd/snmp/ch02_05.htm

Table 2-5. Brief Description of the MIB-II Groups

Subtree Name	OID	Description
<i>system</i>	1.3.6.1.2.1.1	Defines a list of objects that pertain to system operation, such as the system uptime, system contact, and system name.
<i>interfaces</i>	1.3.6.1.2.1.2	Keeps track of the status of each interface on a managed entity. The <i>interfaces</i> group monitors which interfaces are up or down and tracks such things as octets sent and received, errors and discards, etc.
<i>at</i>	1.3.6.1.2.1.3	The address translation (<i>at</i>) group is deprecated and is provided only for backward compatibility. It will probably be dropped from MIB-III.
<i>ip</i>	1.3.6.1.2.1.4	Keeps track of many aspects of IP, including IP routing.
<i>icmp</i>	1.3.6.1.2.1.5	Tracks things such as ICMP errors, discards, etc.
<i>tcp</i>	1.3.6.1.2.1.6	Tracks, among other things, the state of the TCP connection (e.g., <i>closed</i> , <i>listen</i> , <i>synSent</i> , etc.).
<i>udp</i>	1.3.6.1.2.1.7	Tracks UDP statistics, datagrams in and out, etc.
<i>egp</i>	1.3.6.1.2.1.8	Tracks various statistics about EGP and keeps an EGP neighbor table.
<i>transmission</i>	1.3.6.1.2.1.10	There are currently no objects defined for this group, but other media-specific MIBs are defined using this subtree.
<i>snmp</i>	1.3.6.1.2.1.11	Measures the performance of the underlying SNMP implementation on the managed entity and tracks things such as the number of SNMP packets sent and received.

ΠΑΚΕΤΑ - ΕΝΤΟΛΕΣ **SNMP Queries**

- get-request (NMS → Agent, *UDP port 161*)
- get-response (Agent → NMS)
- get-next-request (NMS → Agent)
 - walk (NMS → Agent)
- get-bulk-request (NMS → Agent)
- set-request (NMS → Agent)
- trap (Agent → NMS, *UDP port 162*)

Παραδείγματα Εντολών **SNMP v1/v2**

```
snmpget -c public 147.102.13.19 system.sysUpTime.0
```

(ερώτημα για τιμή `system.sysUpTime` του
IP 147.102.13.19)

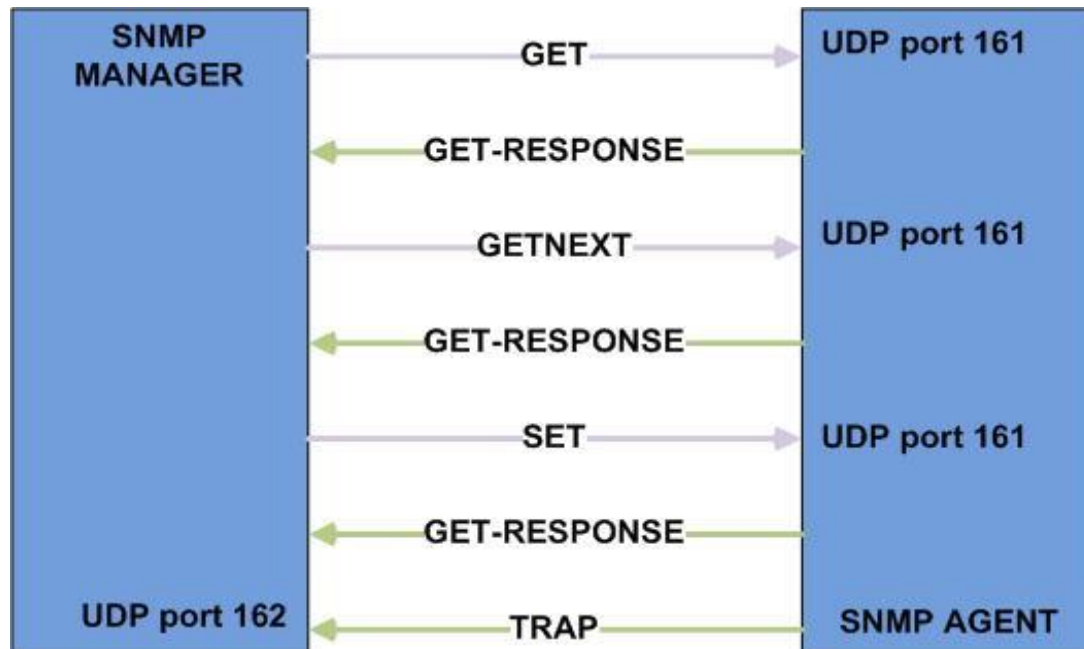
```
snmpwalk -c private maria.netmode.ece.ntua.gr
```

(ερώτημα για όλο το υποδένδρο της `mibII` που αφορά
στον κόμβο `maria.netmode.ece.ntua.gr`)

`-c (community)options: {public, private}`

ΤΥΠΟΙ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ **SNMP**

Client – Server UDP



Message	Manager UDP Port	Agent UDP Port
GET	Any →	→ 161
GET-RESPONSE	Any ←	← 161
GETNEXT	Any →	→ 161
SET	Any →	→ 161
TRAP	162 ←	← Any

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΝΤΟΛΩΝ **snmpget – snmpwalk** (1/2)

- **snmpget:** είναι μια εφαρμογή του SNMP που χρησιμοποιεί SNMP **GET** αιτήσεις για να ζητήσει πληροφορίες από μια οντότητα του δικτύου. Ένα ή περισσότερα αναγνωριστικά αντικειμένων (**object identifiers - OIDs**) μπορούν να δοθούν ως arguments στη γραμμή εντολών. Συντάσσεται ως εξής:

```
snmpget -c <community> <hostname or IP> <object ID>
```

- **snmpwalk:** είναι μια εφαρμογή του SNMP που χρησιμοποιεί SNMP **GETNEXT** αιτήσεις για να ζητήσει από μια οντότητα του δικτύου ένα δένδρο πληροφοριών. Ένα **OID** μπορεί να δοθεί στη γραμμή εντολών, το οποίο καθορίζει ποιο τμήμα του χώρου αντικειμένων της MIB θα αναζητηθεί από την **GETNEXT** αίτηση. Όλες οι μεταβλητές του υποδένδρου κάτω από το δοθέν **OID** εξετάζονται και οι τιμές τους δίνονται στο χρήστη. Η εντολή συντάσσεται ως εξής:

```
snmpwalk -c <community> <hostname or IP> <object ID>
```

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΝΤΟΛΩΝ **snmpget – snmpwalk** (2/2)

- **Ερώτημα:**

```
snmpget -c public mariana.netmode.ntua.gr system.sysDescr.0
```

- **Απάντηση:**

```
system.sysDescr.0 = OpenBSD mariana.netmode.ece.ntua.gr 3.8 GENERIC#632 sparc64
```

- **Ερώτημα:**

```
snmpwalk -c public mariana.netmode.ntua.gr at
```

- **Απάντηση:**

```
at.atTable.atEntry.atIfIndex.1.1.0.0.0.0 = 1  
at.atTable.atEntry.atPhysAddress.1.1.0.0.0.0 = "00 0E A6 D0 8D FC "  
at.atTable.atEntry.atNetAddress.1.1.0.0.0.0 = 00:00:00:00:93:66:0D:01
```

ΣΥΝΤΑΞΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΤΗΣ **MIB-II**

Τα διαχειριζόμενα αντικείμενα κωδικοποιούνται σε μορφή **SNMPv2 SMI**

<όνομα> **OBJECT-TYPE**

SYNTAX <τύπος αντικειμένου>

MAX-ACCESS <"not-accessible" | "accessible-for-notify"
| "read-only" | "read-write" | "read-create">

STATUS <"current" | "deprecated" | "obsolete">

DESCRIPTION <κείμενο>

INDEX {για πίνακες}

DEFVAL {<default value>}

::= {<προηγούμενος κόμβος/αντικείμενο στο δένδρο
της MIB-II> <αριθμός νέου αντικειμένου>}

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΡΙΣΜΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ **MIB-II:** **sysUpTime**

sysUpTime OBJECT-TYPE

SYNTAX TimeTicks

ACCESS read-only

STATUS mandatory

DESCRIPTION

"The time (in hundredths of a second) since the network management portion of the system was last re-initialized."

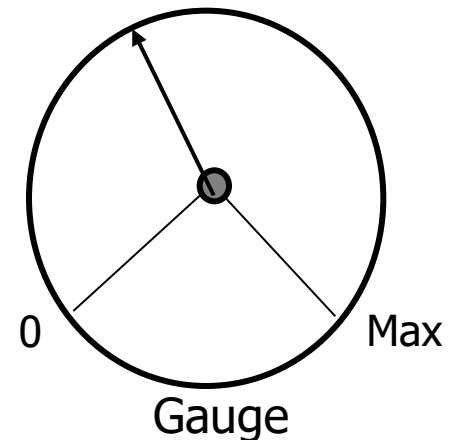
::= { system 3 }

(Το αντικείμενο **sysUpTime** είναι το 3^ο κάτω από τον κόμβο system της MIB-II)

ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Object Types

- INTEGER (μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για λίστα απαρίθμησης)
- Integer32
- Unsigned32
- Counter32 & Counter64
- Gauge32
- Timeticks (εκατοστά του δευτερολέπτου, όπως μετρούνται στο σύστημα)
- OCTET STRING
- OBJECT IDENTIFIER
- Opaque
- RowStatus (TC)
- DisplayString (TC)
- IpAddress (TC)



ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ (1/3)

Table Definitions

- Η **SMI** υποστηρίζει μόνο μια μορφή **δομημένων** δεδομένων, και πιο συγκεκριμένα έναν απλό **πίνακα** δύο διαστάσεων με βαθμωτές τιμές (π.χ. ο πίνακας δρομολόγησης, ο πίνακας των συνδέσεων του πρωτοκόλλου TCP)
- Ένας πίνακας είναι ένα μόνο αντικείμενο και επομένως χρειαζόμαστε κάποιο δείκτη (**INDEX**) για να καταλήξουμε σε μια συγκεκριμένη γραμμή του
- Η **SMI** δεν επιτρέπει το φύλλιασμα δεδομένων, δηλαδή ένα στοιχείο του πίνακα να είναι πίνακας
- Για τη δημιουργία ενός πίνακα χρησιμοποιείται ο τύπος **SEQUENCE OF** (ταξινομημένη λίστα στοιχείων ίδιου τύπου)

ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ (2/3)

Table Definitions

- ❖ Παράδειγμα ορισμού πίνακα από την MIB-II RFC 1213 (SMIv1)

```
ifTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX  SEQUENCE OF IfEntry
    ...
    ::= { interfaces 2 }
```

```
ifEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX  IfEntry
    ...
    INDEX   { ifIndex }
    ::= { ifTable 1 }
```

```
IfEntry ::=
    SEQUENCE {
        ifIndex  INTEGER,
        ifType   INTEGER,
        ifInOctets Counter,
        ifOutOctets Counter }
```

ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ (3/3)

Table Definitions

- ❖ Παράδειγμα ορισμού πίνακα από την **MIB-II RFC 1213** (συνέχεια)

```
ifIndex OBJECT-TYPE  
    SYNTAX  INTEGER
```

```
...
```

```
 ::= { ifEntry 1 }
```

```
ifType OBJECT-TYPE  
    SYNTAX  INTEGER {  
        ethernet-csmacd(6)  
        loopback(24) }  
...
```

```
...
```

```
 ::= { ifEntry 2 }
```

```
ifInOctets OBJECT-TYPE  
    SYNTAX  Counter
```

```
...
```

```
 ::= { ifEntry 3 }
```

```
ifOutOctets OBJECT-TYPE
```

```
...
```

```
...
```

```
...
```

ifIndex	ifType	ifInOctets	ifOutOctets
1	loopback (24)	0	0
2	ethernet-csmacd (6)	25	40
3	ethernet-csmacd (6)	300	500

ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΙΝΑΚΑ ΤΗΣ MIB

Example of Table Search

