

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGEMENT

Αρχιτεκτονικές Διαχείρισης Δικτύων - Network Management Architectures

Client - Server Implementations

SNMP (Simple Network Management Protocol)

SNMP MIB (Management Information Base), SNMP SMI (Structure of Management Information)

MIB-II: Αντικείμενα & Ορισμοί Πινάκων - Definitions of Objects & Tables
NETCONF (Network Configuration Protocol)

B. Μάγκλαρης

maglaris@netmode.ntua.gr

www.netmode.ntua.gr

23/11/2020

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

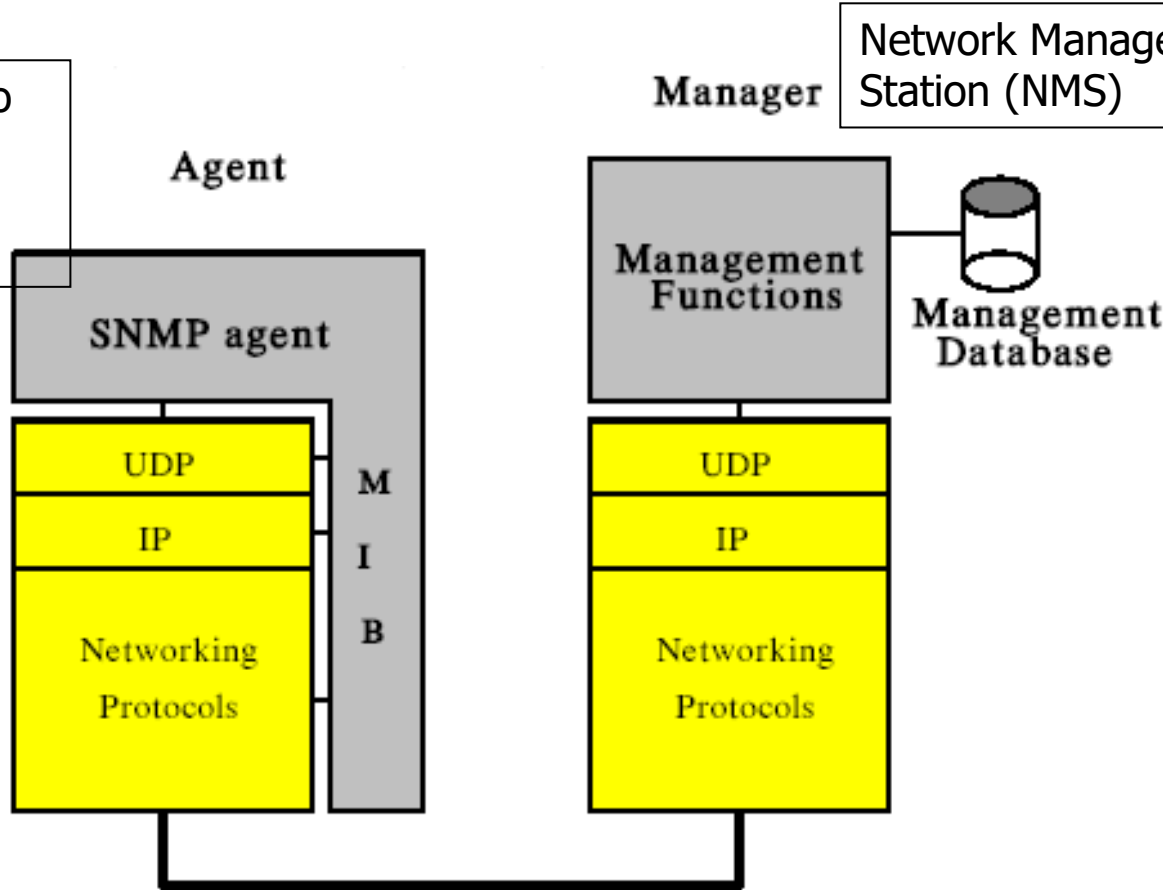
FCAPS (ISO – OSI)

- **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)

ΜΟΝΤΕΛΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ **SNMP**

Σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο που μπορεί να εκτελεί οποιαδήποτε εργασία

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)

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ TCP/IP

Simple Network Management Protocol - SNMP

- 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 ...
- Το SNMP υλοποιεί απλές διαχειριστικές λειτουργίες.
- 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

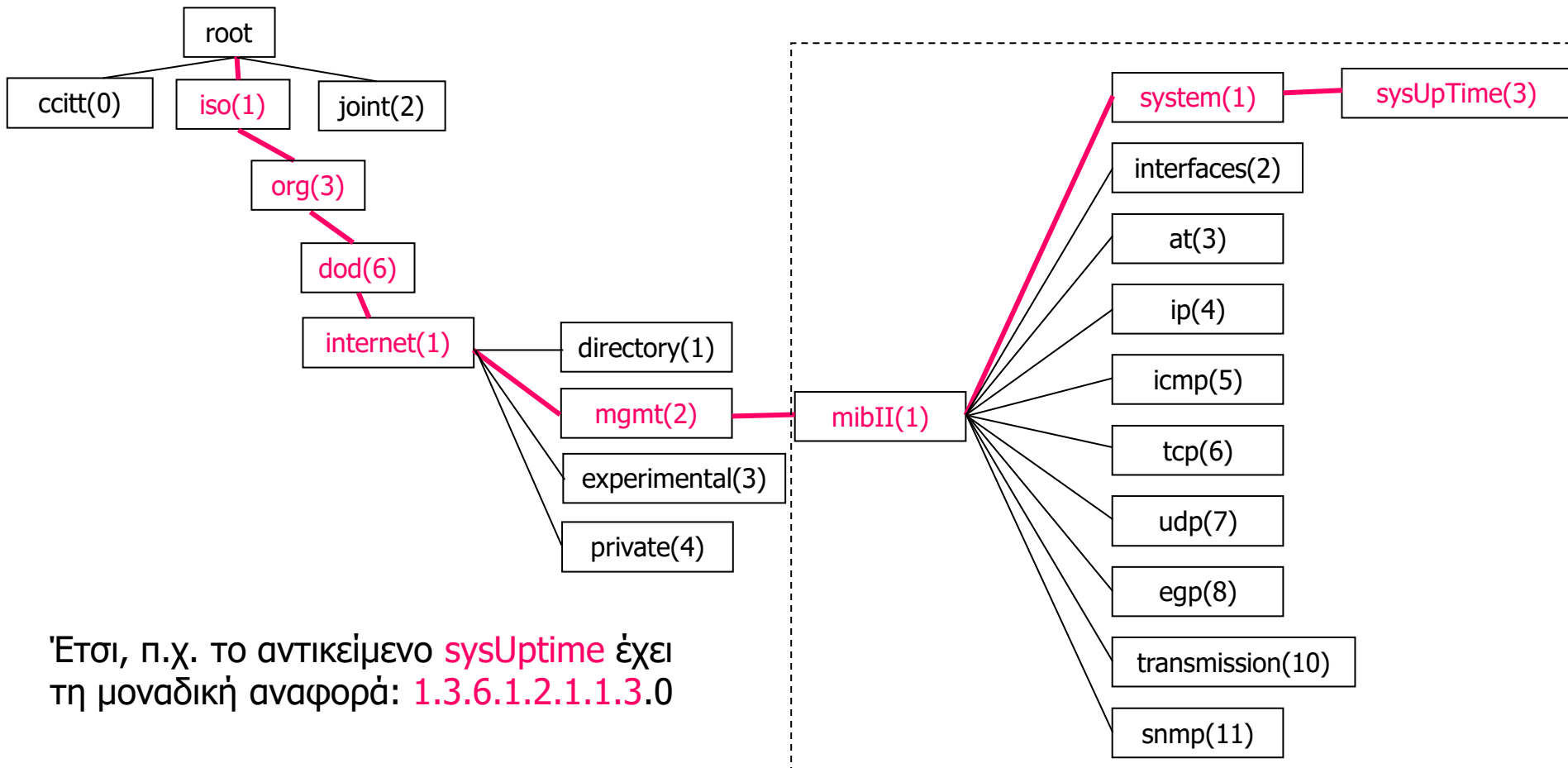
- Χρειαζόμαστε ένα κοινό (**standard**) τρόπο για να ορίζουμε τα αντικείμενα που διαχειριζόμαστε και τη συμπεριφορά τους
- Χρειάζεται να γνωρίζουμε ποια αντικείμενα είναι διαθέσιμα στον agent και ποιες είναι οι ιδιότητες τους
 - π.χ. κατάσταση ενός Router Interface: Up, Down, Testing
- Τις πληροφορίες 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 σε αυτή δομείται σύμφωνα με τους κανόνες **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 της δομής 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**

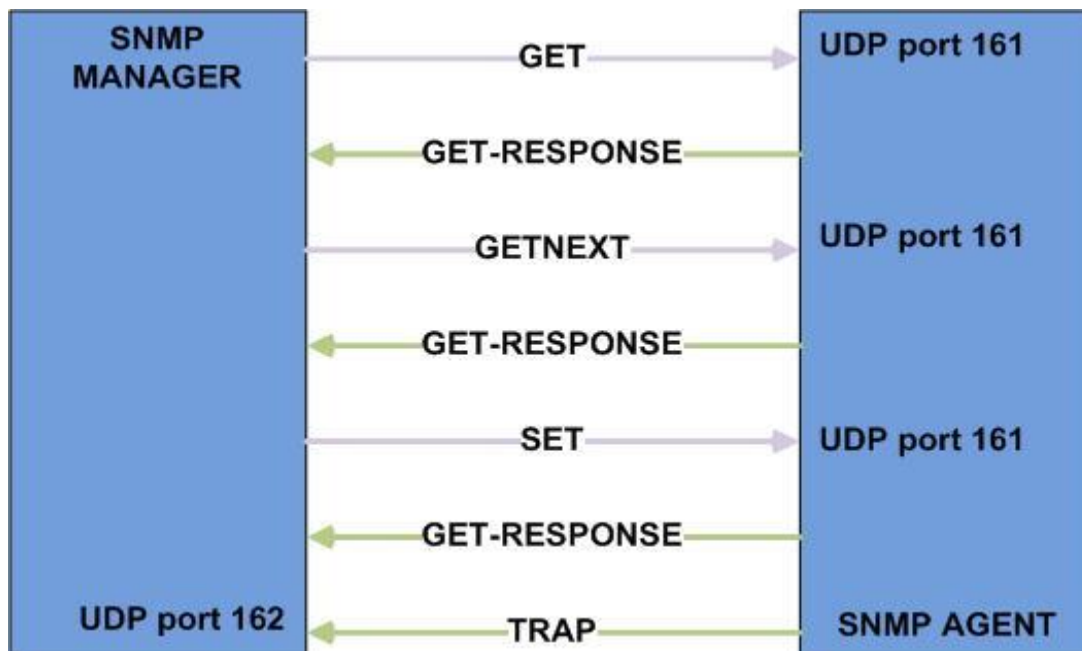
```
snmpget -c public 147.102.13.19 system.sysUpTime.0  
(ερώτημα για τιμή system.sysUpTime του  
IP 147.102.13.19)
```

```
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 ποιό 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 στη 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."

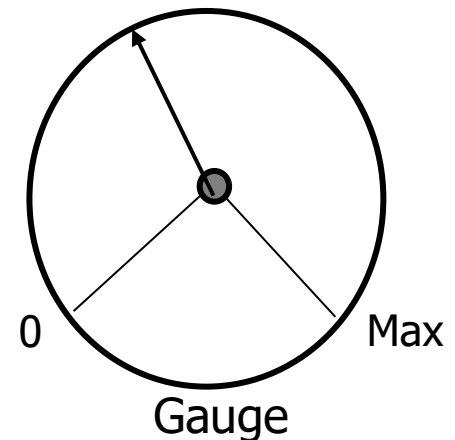
::= { system 3 }

(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

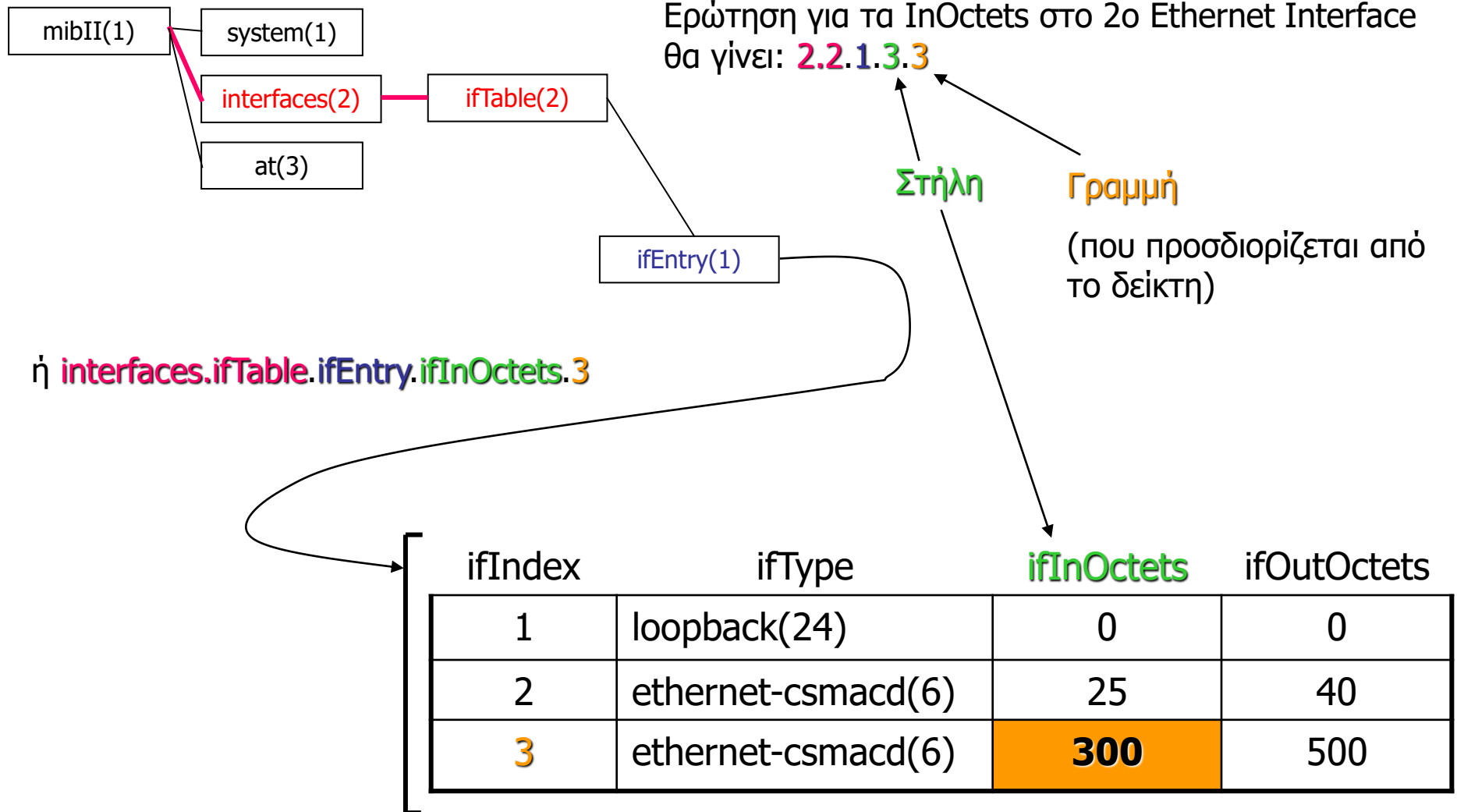
- ❖ Παράδειγμα ορισμού πίνακα από την **MIB-II RFC 1213** (συνέχεια)

```
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

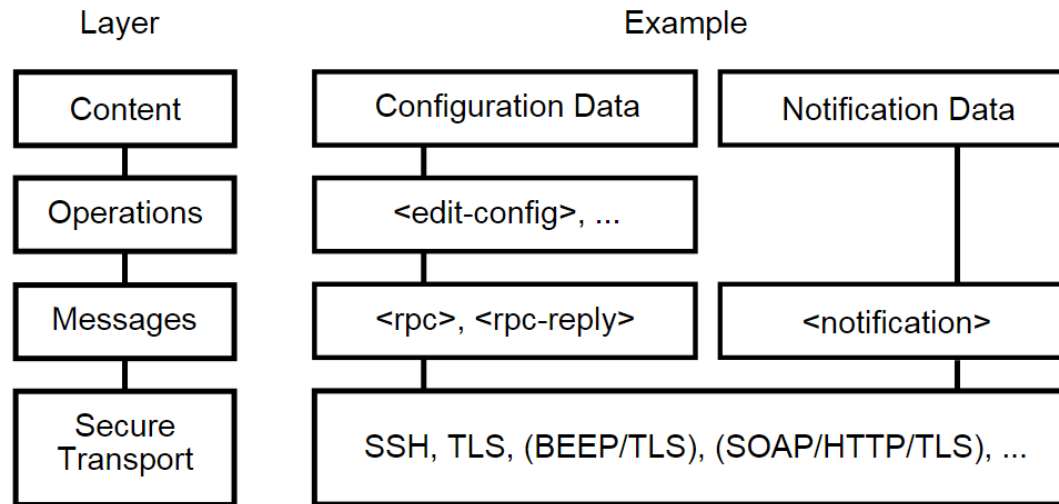
ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΙΝΑΚΑ ΤΗΣ MIB

Example of Table Search



ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

Network Configuration Protocol – NETCONF (1/3)



Tomas Cejka, NETCONF-layers : <http://tools.ietf.org/html/rfc6241>

Licensed under Public Domain via Commons: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NETCONF-layers.svg#/media/File:NETCONF-layers.svg>

Αντιστοίχιση:

SNMP

RFC 6241

MIB's

SMI

BER

UDP

NETCONF

RFC 3411

YANG Core Models (datastore ~ configuration file)

YANG Data Modelling Language

XML

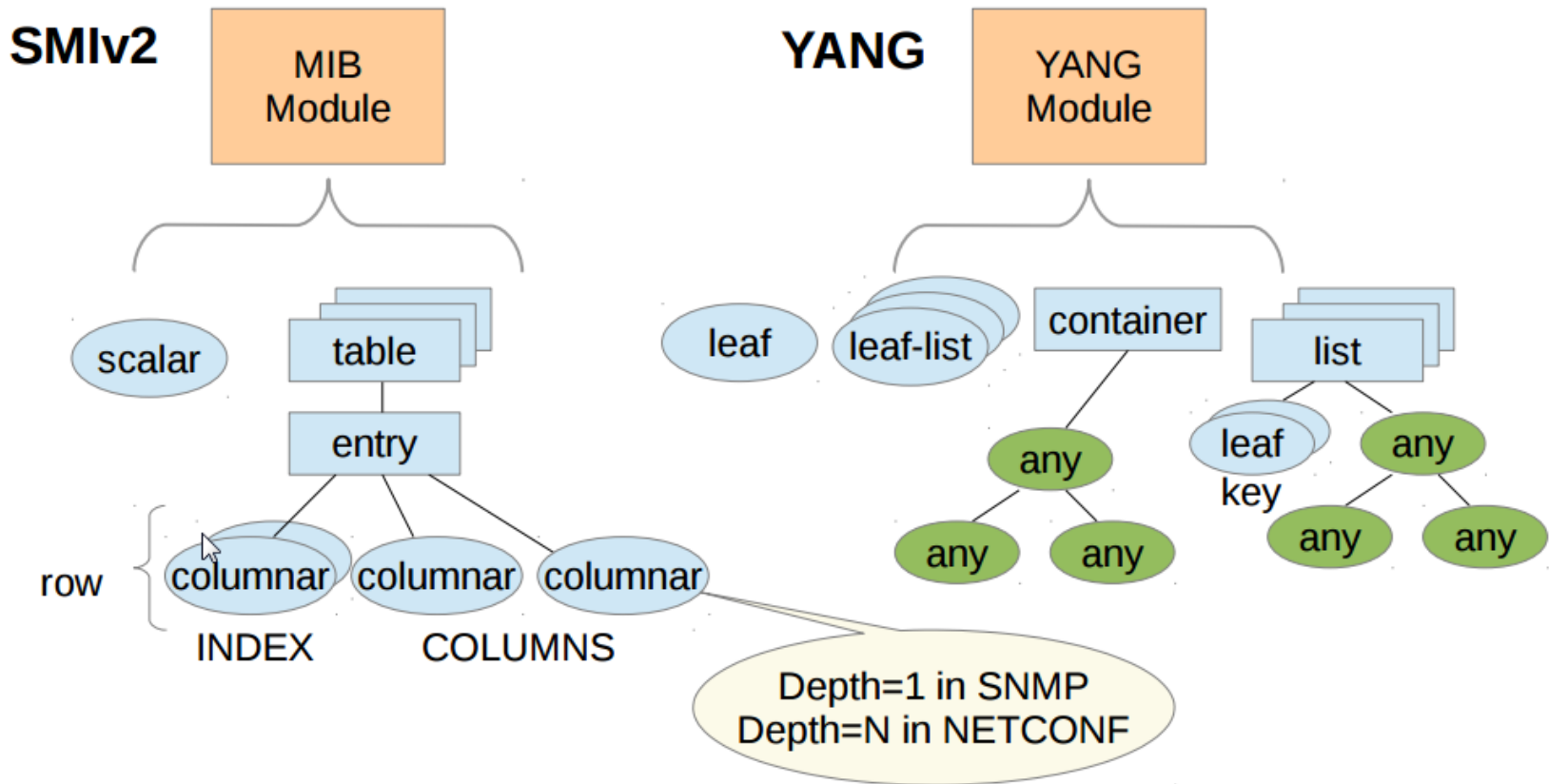
SSH, TLS, SOAP/HTTP/TLS

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

Network Configuration Protocol – NETCONF (2/3)

Αντιστοίχιση SNMPv2 SMI με NETCONF YANG

http://www.ieee802.org/802_tutorials/2014-07/Tutorial_Berman_1407.pdf



ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

Network Configuration Protocol – NETCONF (3/3)

ΜΗΝΥΜΑΤΑ (XML) ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ NETCONF

- Κλήση RPC: **<rpc> messages** (αντίστοιχα SNMP Protocol Data Units/PDUs: *Set, Get, GetNext, GetBulk*)
- Απάντηση RPC: **<rpc-reply> messages** (αντίστοιχο SNMP PDU: *Get-Response*)
- Κοινοποίηση γεγονότος: **<notification> messages** (αντίστοιχο SNMP PDU: *Trap*)

ΚΟΙΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ NETCONF

<https://ripe68.ripe.net/presentations/181-NETCONF-YANG-tutorial-43.pdf>

<get>	Αναζήτηση πληροφοριών λειτουργίας και κατάστασης συσκευών
<get-config>	Αναζήτηση datastore με πληροφορίες διάρθρωσης συσκευής (XML)
<edit-config>	Επεξεργασία δεδομένων σε datastore διάρθρωσης συσκευής
<copy-config>	Αντιγραφή datastore σε άλλο
<delete-config>	Διαγραφή datastore
<lock>	Κλείδωμα datastore συσκευής στο δίκτυο
<unlock>	Ξεκλείδωμα datastore συσκευής
<close-session>	Αίτηση για λήξη συνόδου NETCONF
<kill-session>	Επιβολή διακοπής συνόδου NETCONF
<commit>	Δέσμευση πόρων & υπηρεσιών
<cancel-commit>	Αποδέσμευση πόρων & υπηρεσιών
<get-schema>	Αναζήτηση μετρήσεων