إدارة الشبكات الحاسوبية

د.م. علي ذياب

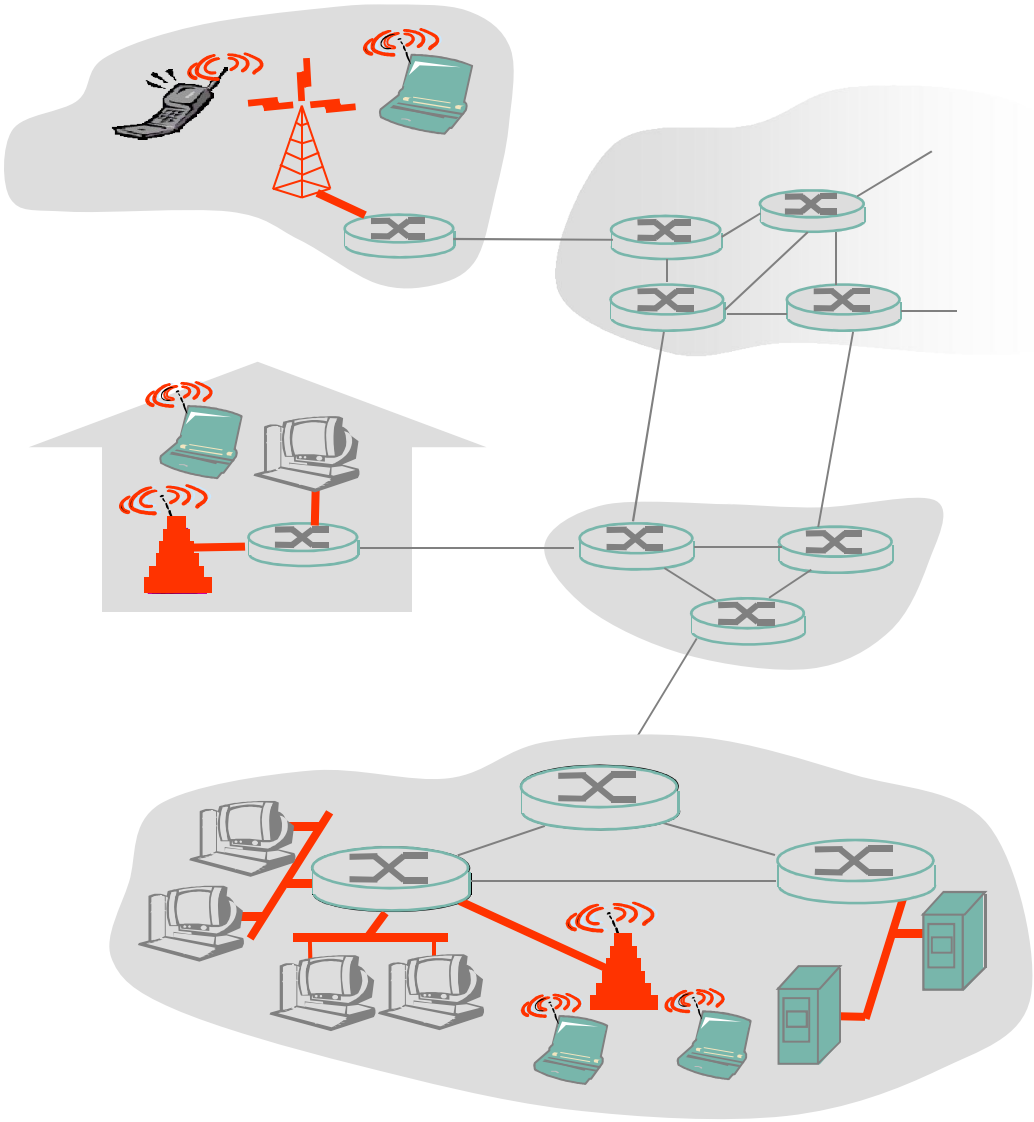
نظرة عامة

محتويات المحاضرة

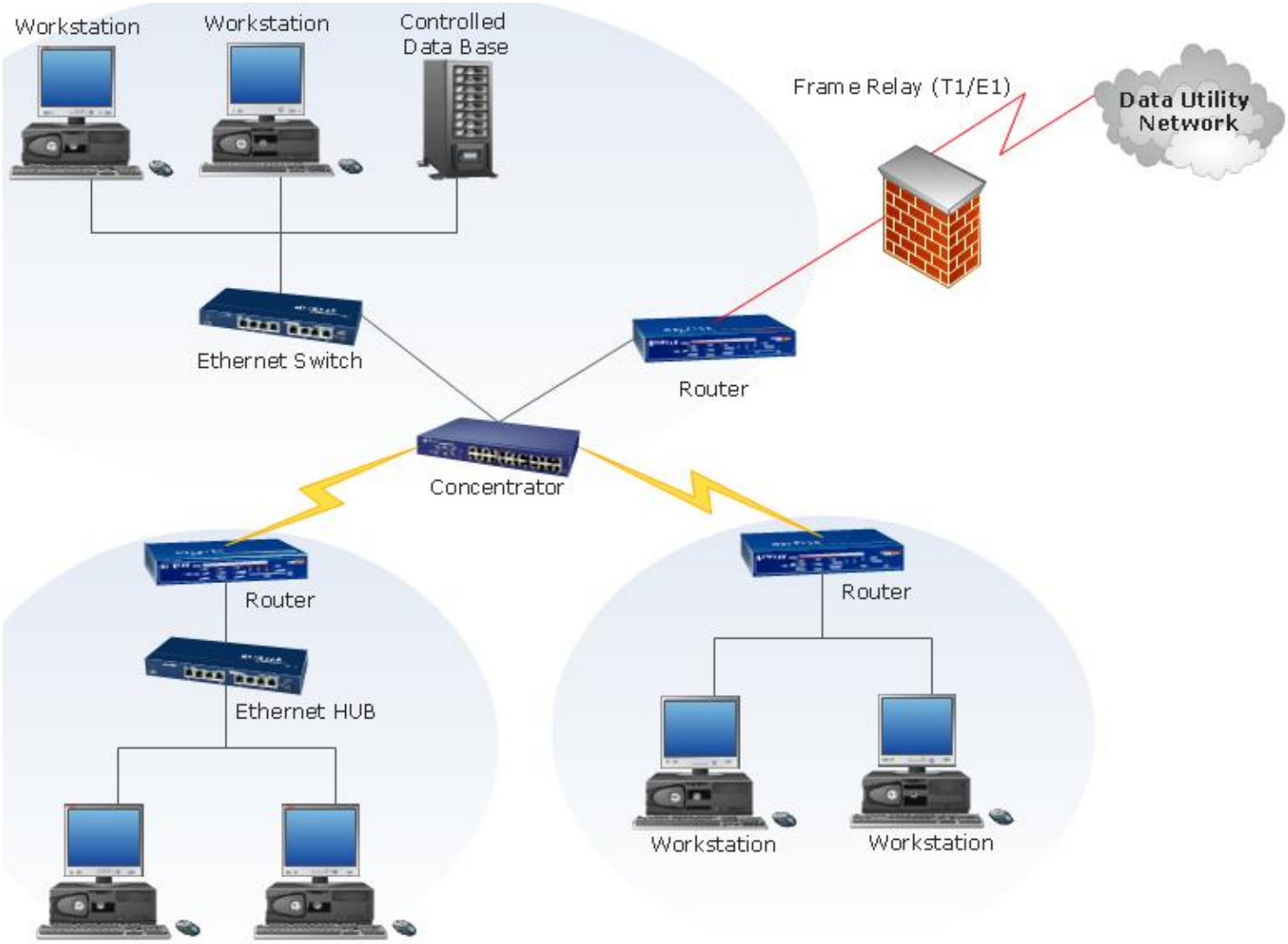
- أهمية إدارة الشبكة
- طبقات الشبكة
- مالمقصود بإدارة الشبكة (Network Management)؟
- أهداف المقرر

أهمية إدارة الشبكة

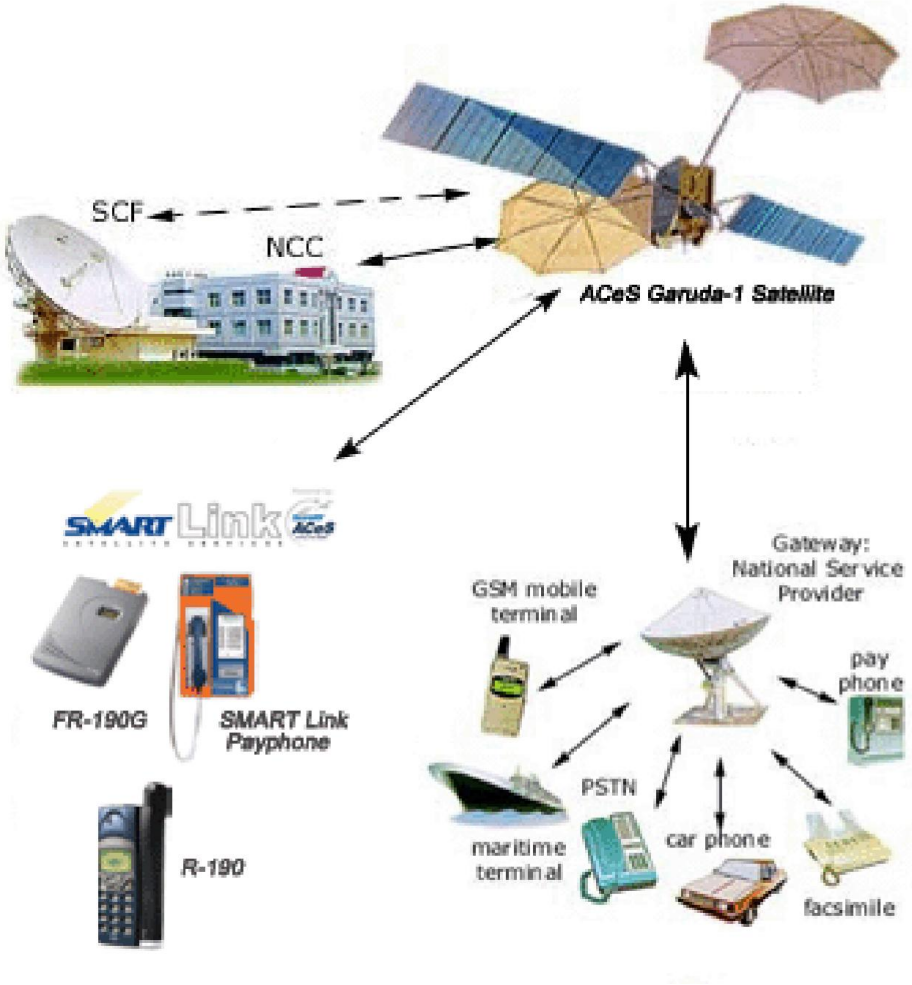
شبكات الإتصالات اللاسلكية

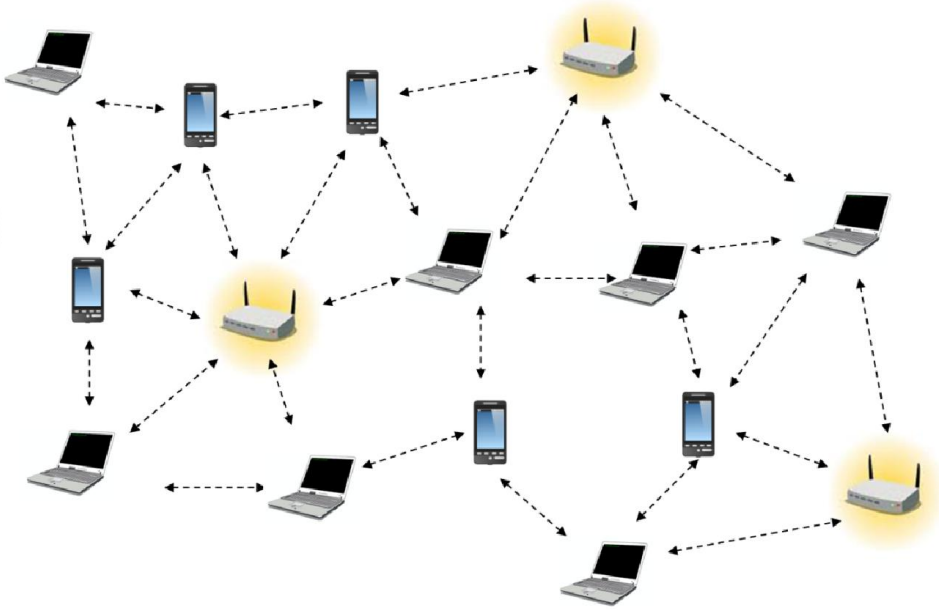


شبكات الإتصالات اللاسلكية

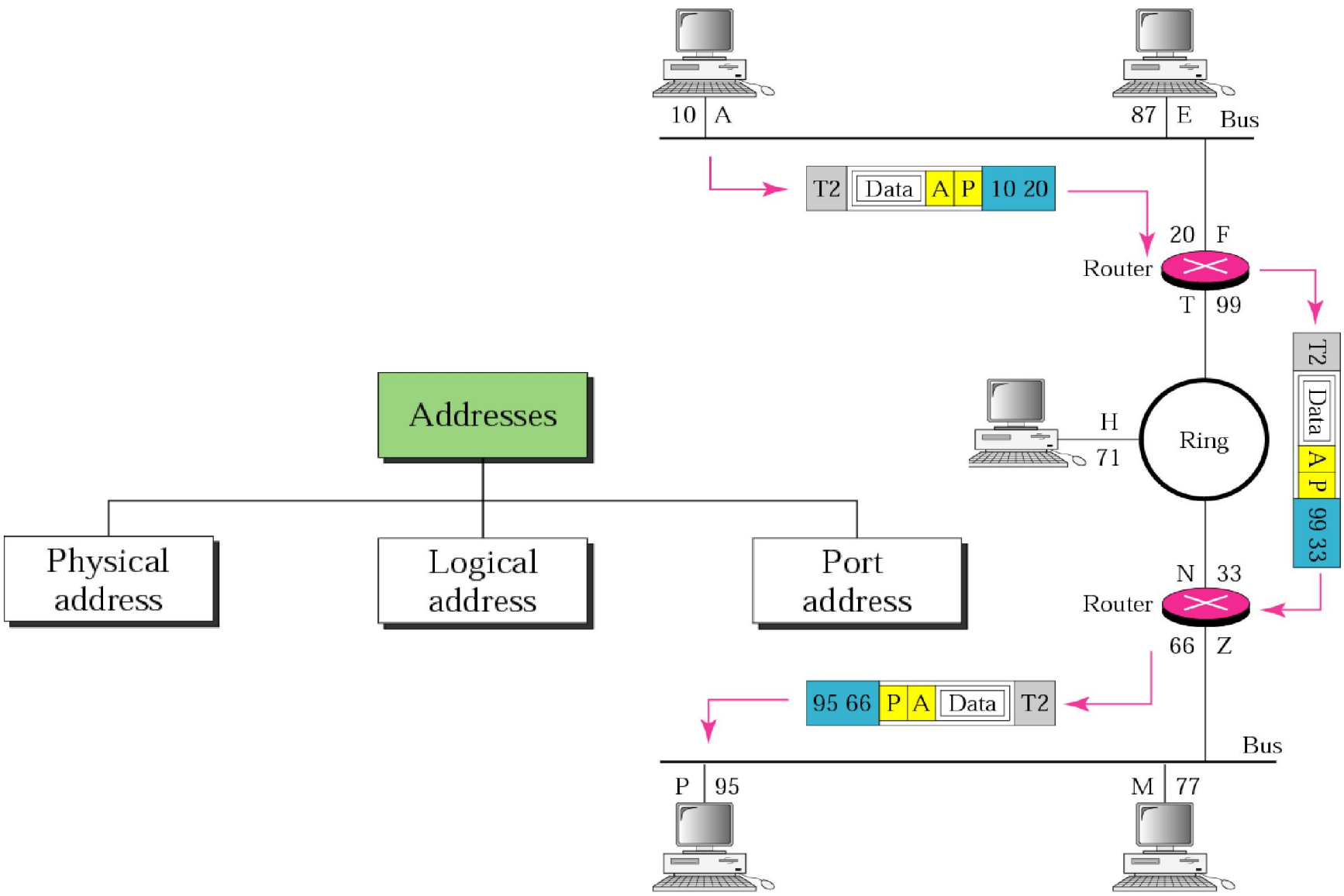


شبكات الإتصالات اللاسلكية



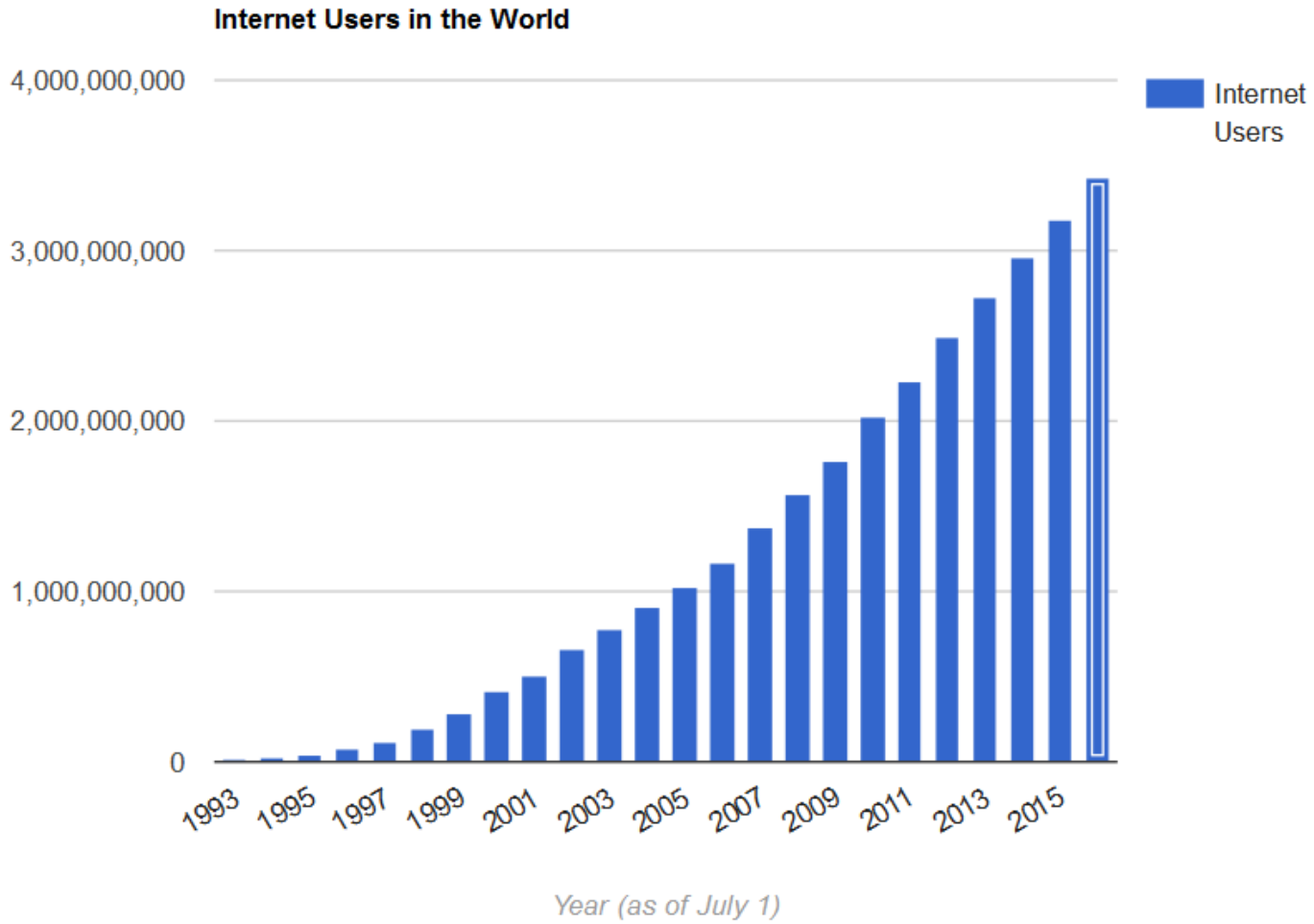


إعدادات الإنترنت



تطور الإنترنت

- The **first billion** was reached in 2005. The **second billion** in 2010. The **third billion** in 2014



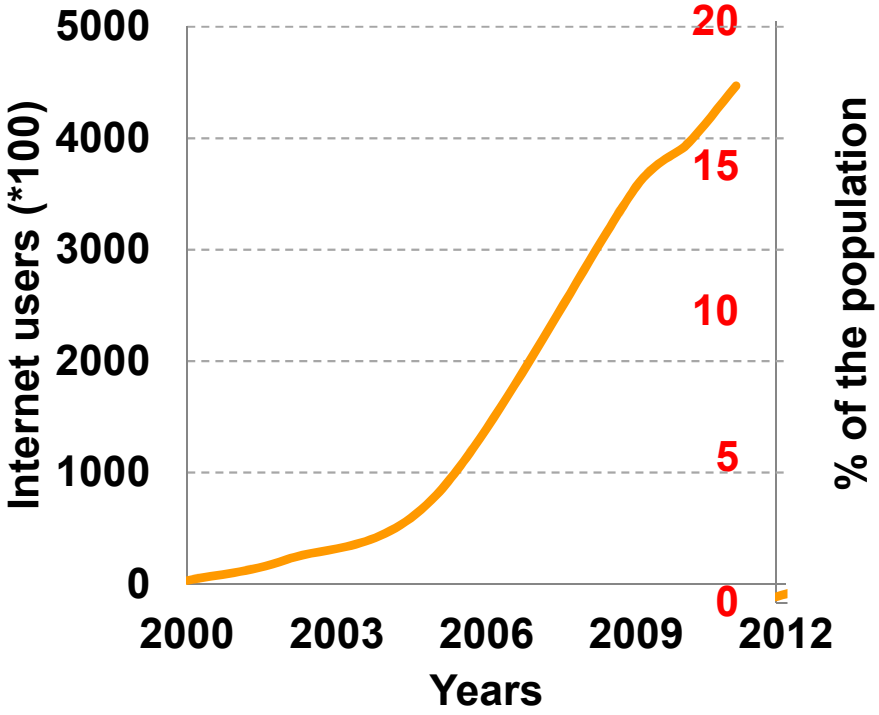
http://www.internetlivestats.com/internet-users/

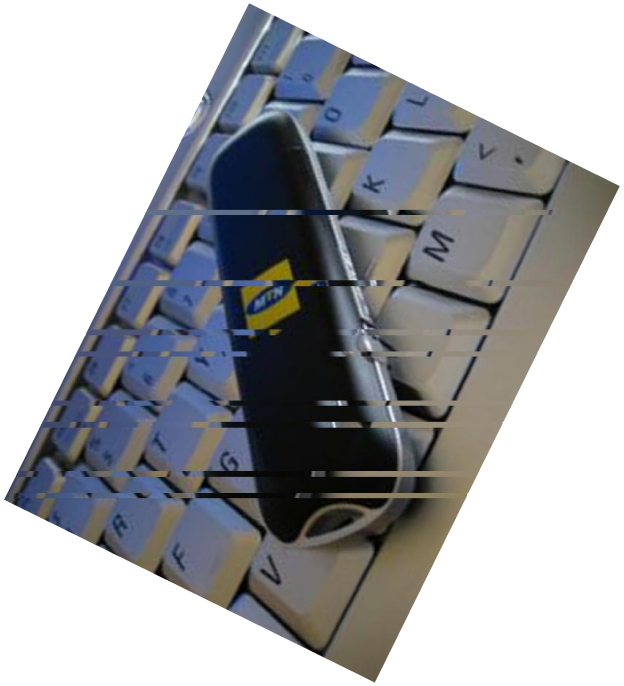
تطور الإنترنت في سوريا

- 8.114 جهاز متصل بالإنترنت حتى 2010
- الجمهورية العربية السورية تحتل الترتيب 133 من أصل 231 دولة في العالم باستخدام الإنترنت
- 5,883,822 مستخدم في العام 2016

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

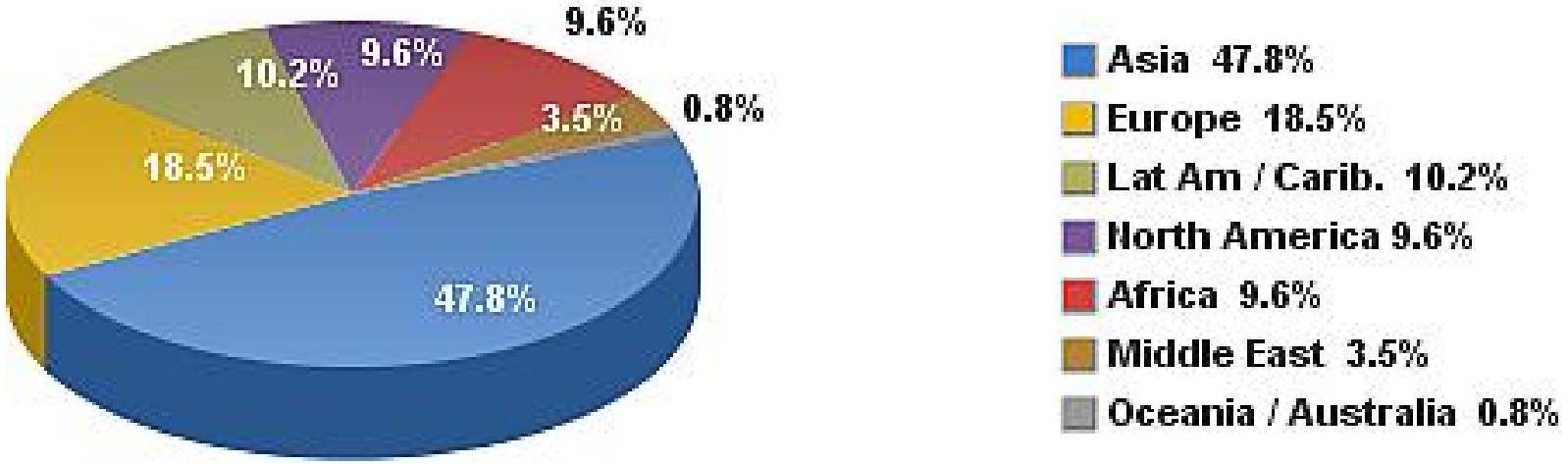
تطور الإنترنت في سوريا





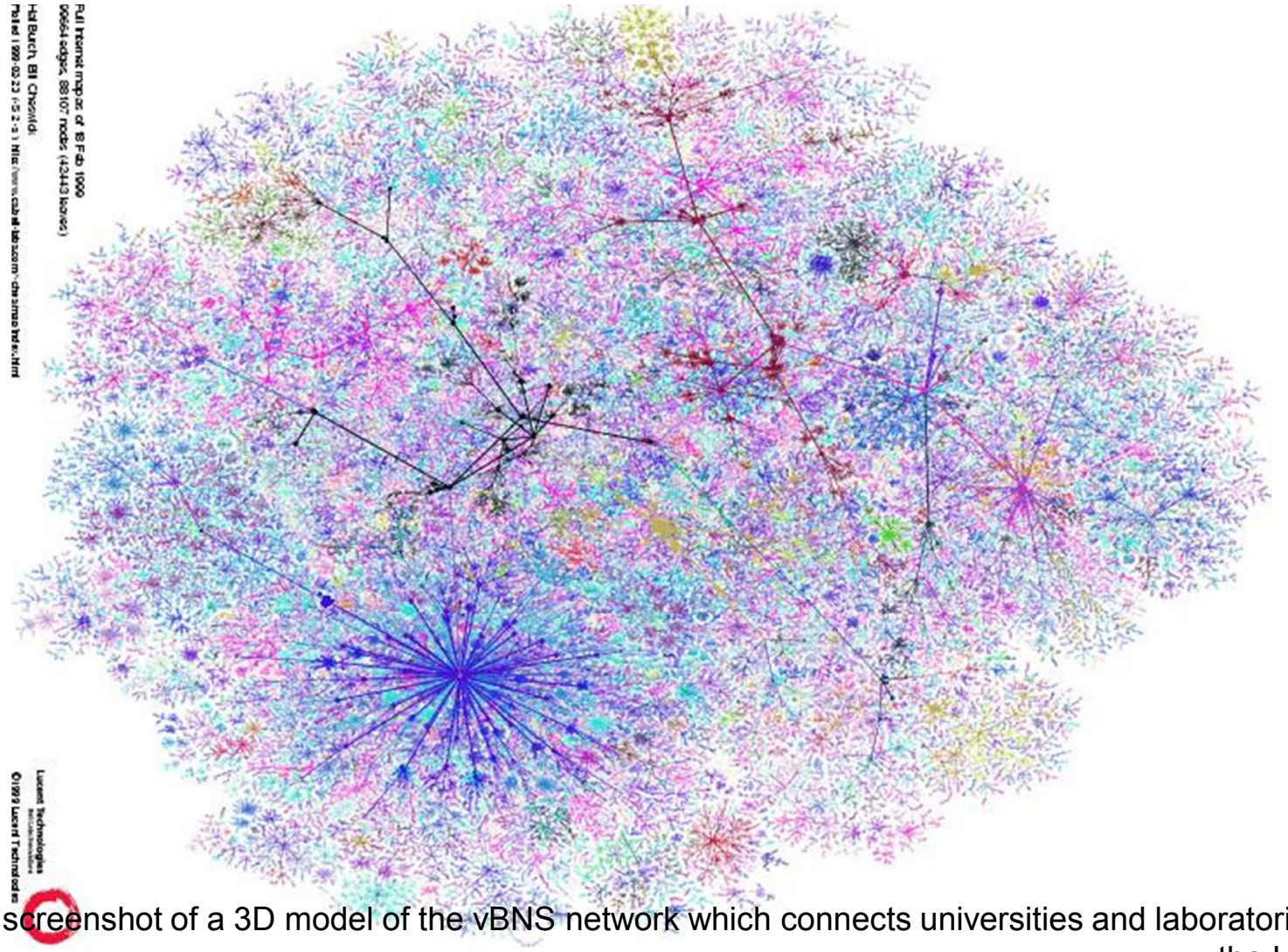
نمو الإنترنت

Internet Users in the World
Distribution by World Regions - 2015 Q2



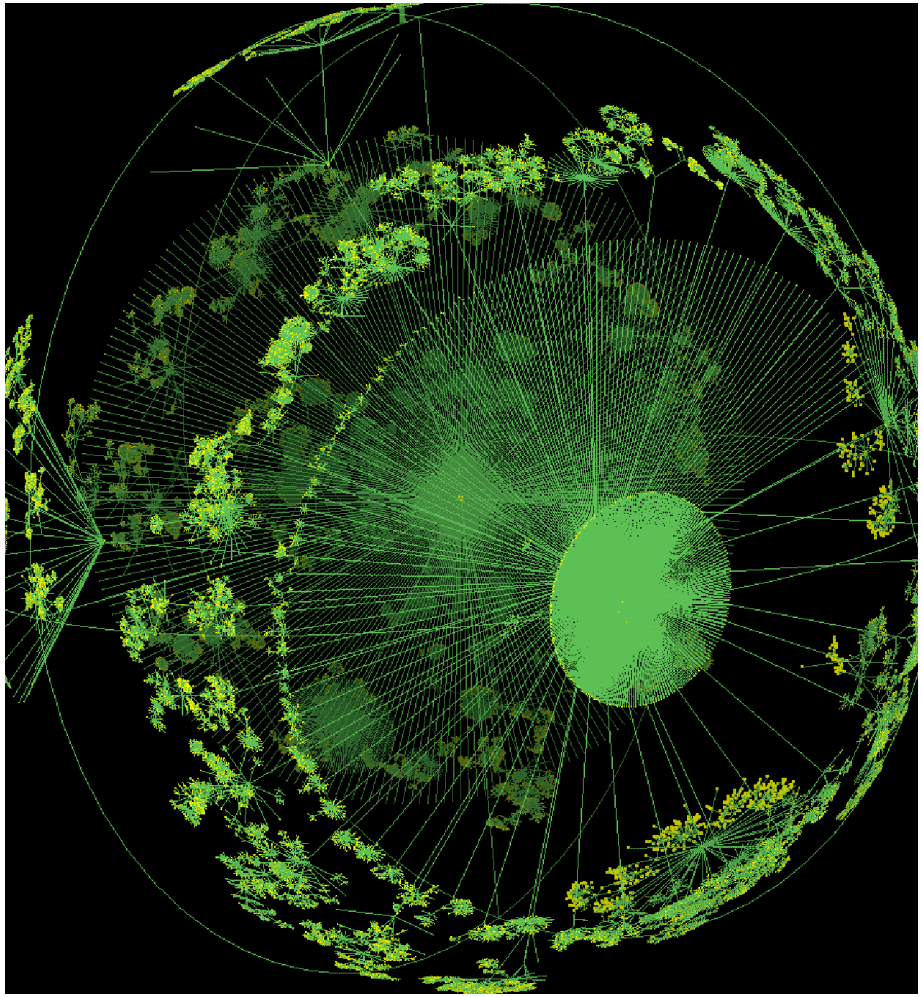
Source: Internet World Stats - www.internetworldstats.com/stats.htm
Basis: 3,270,490,584 Internet users on June 30, 2015
Copyright © 2015, Miniwatts Marketing Group

بنية الإنترنت العالمية



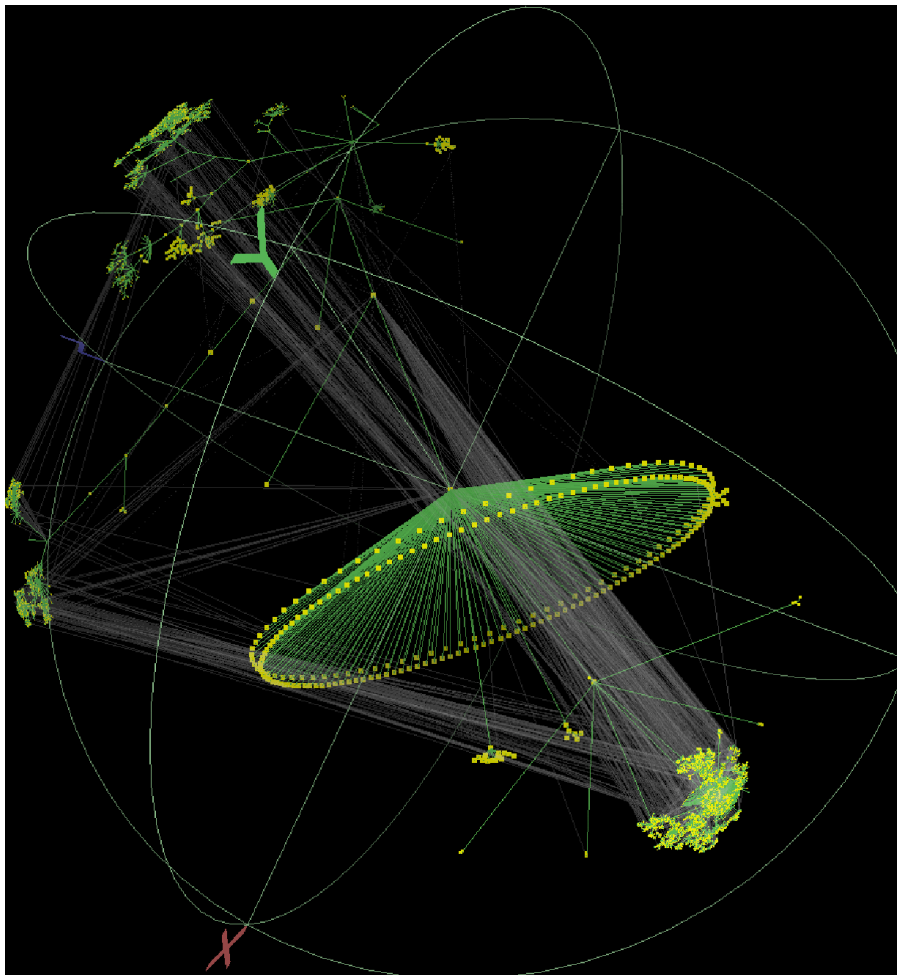
A screenshot of a 3D model of the vBNS network which connects universities and laboratories in the USA - http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/m.dodge/cybergeography/atlas/topology.html

بنية الإنترنت العالمية



These striking images are 3D hyperbolic graphs of Internet topology. They are created using the Walrus visualisation tool developed by Young Hyun at the Cooperative Association for Internet Data Analysis (CAIDA) - http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/m.dodge/cybergeography/atlas/topology.html

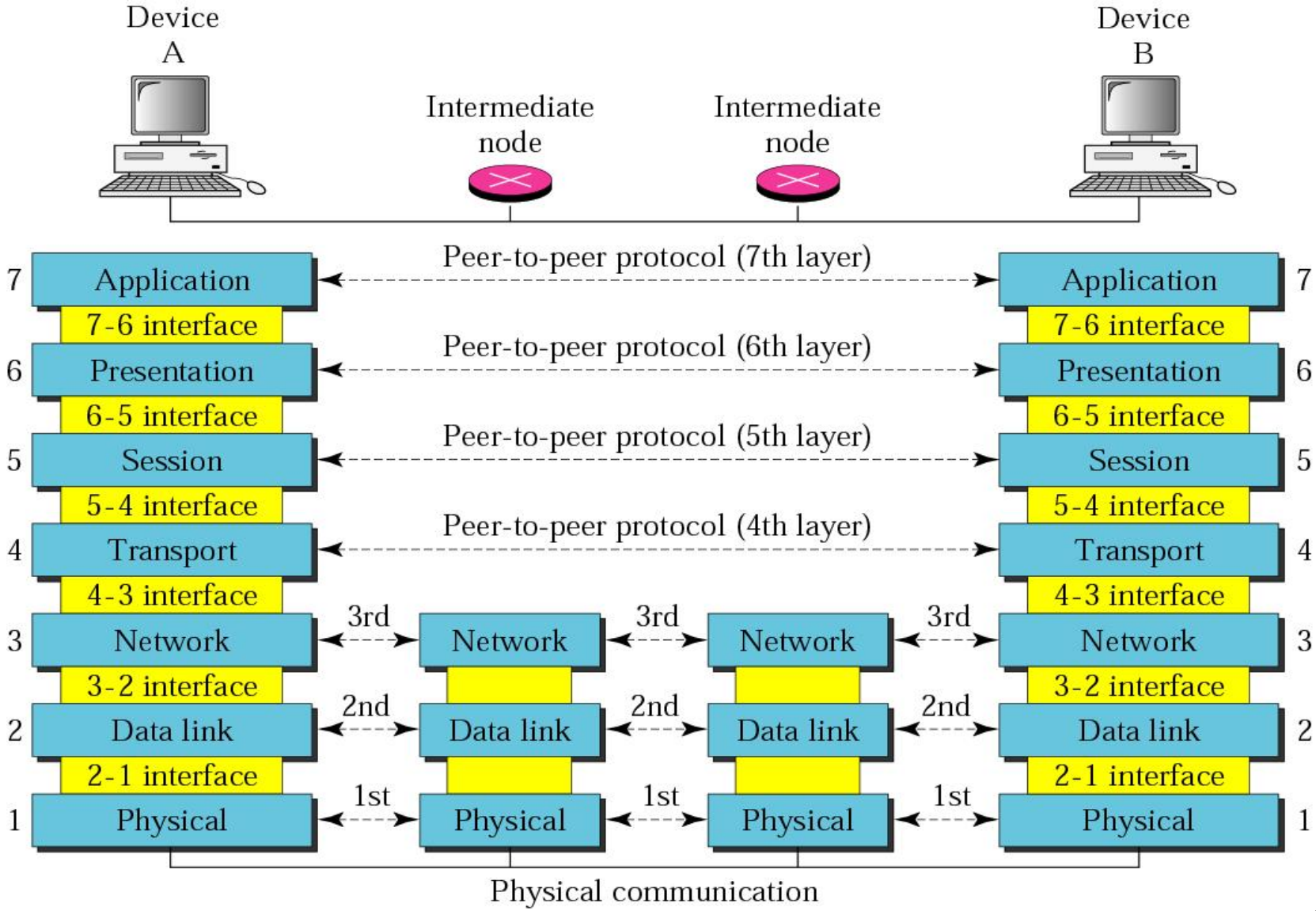
بنية الإنترنت العالمية



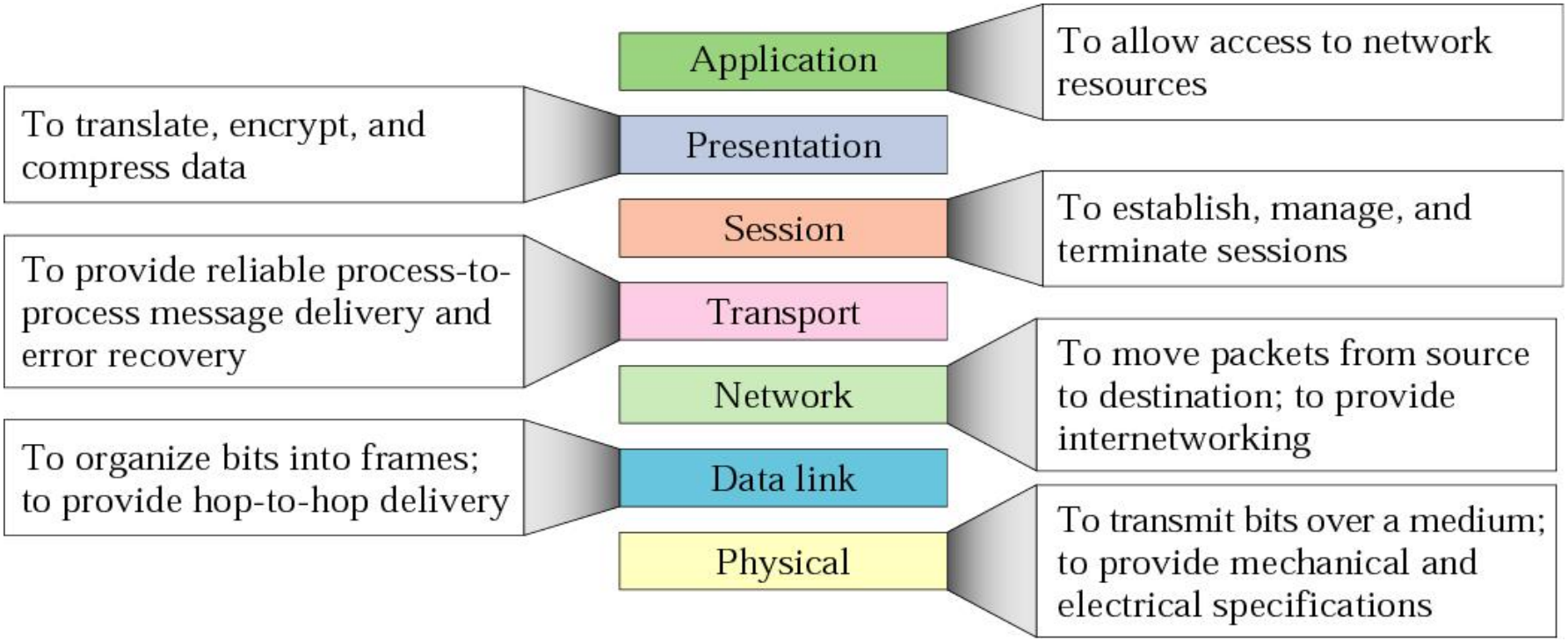
These striking images are 3D hyperbolic graphs of Internet topology. They are created using the Walrus visualisation tool developed by Young Hyun at the Cooperative Association for Internet Data Analysis (CAIDA) - http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/m.dodge/cybergeography/atlas/topology.html

طبقات الشبكة

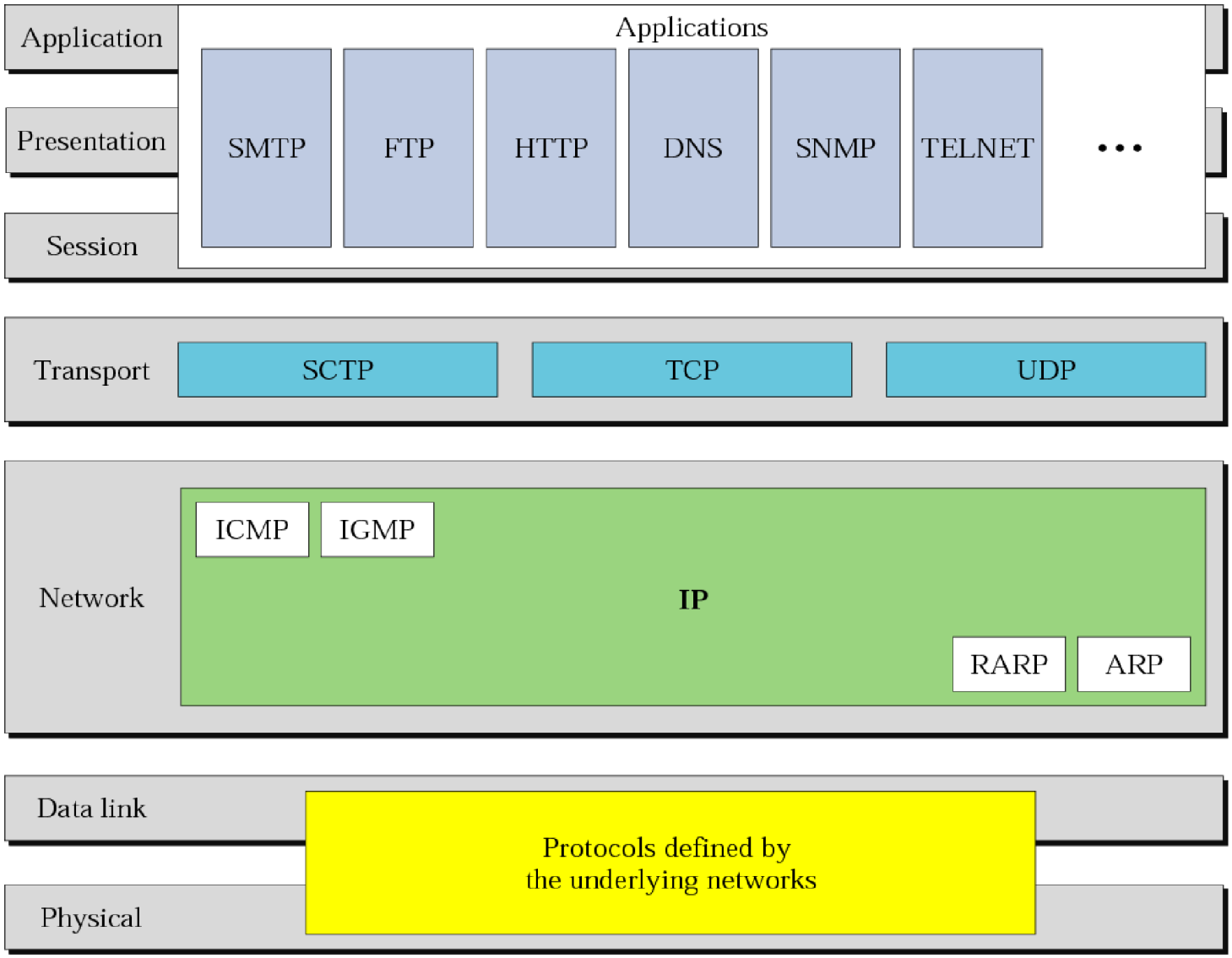
طبقات OSI


Device A
Device B
Intermediate node
Intermediate node
Peer-to-peer protocol (7th layer)
Peer-to-peer protocol (6th layer)
Peer-to-peer protocol (5th layer)
Peer-to-peer protocol (4th layer)
7 Application
7-6 interface
6 Presentation
6-5 interface
5 Session
5-4 interface
4 Transport
4-3 interface
3 Network
3-2 interface
2 Data link
2-1 interface
1 Physical
3rd
2nd
1st
Physical communication

طبقات OSI


Application
To allow access to network resources
Presentation
To translate, encrypt, and compress data
Session
To establish, manage, and terminate sessions
Transport
To provide reliable process-to-process message delivery and error recovery
Network
To move packets from source to destination; to provide internetworking
Data link
To organize bits into frames; to provide hop-to-hop delivery
Physical
To transmit bits over a medium; to provide mechanical and electrical specifications

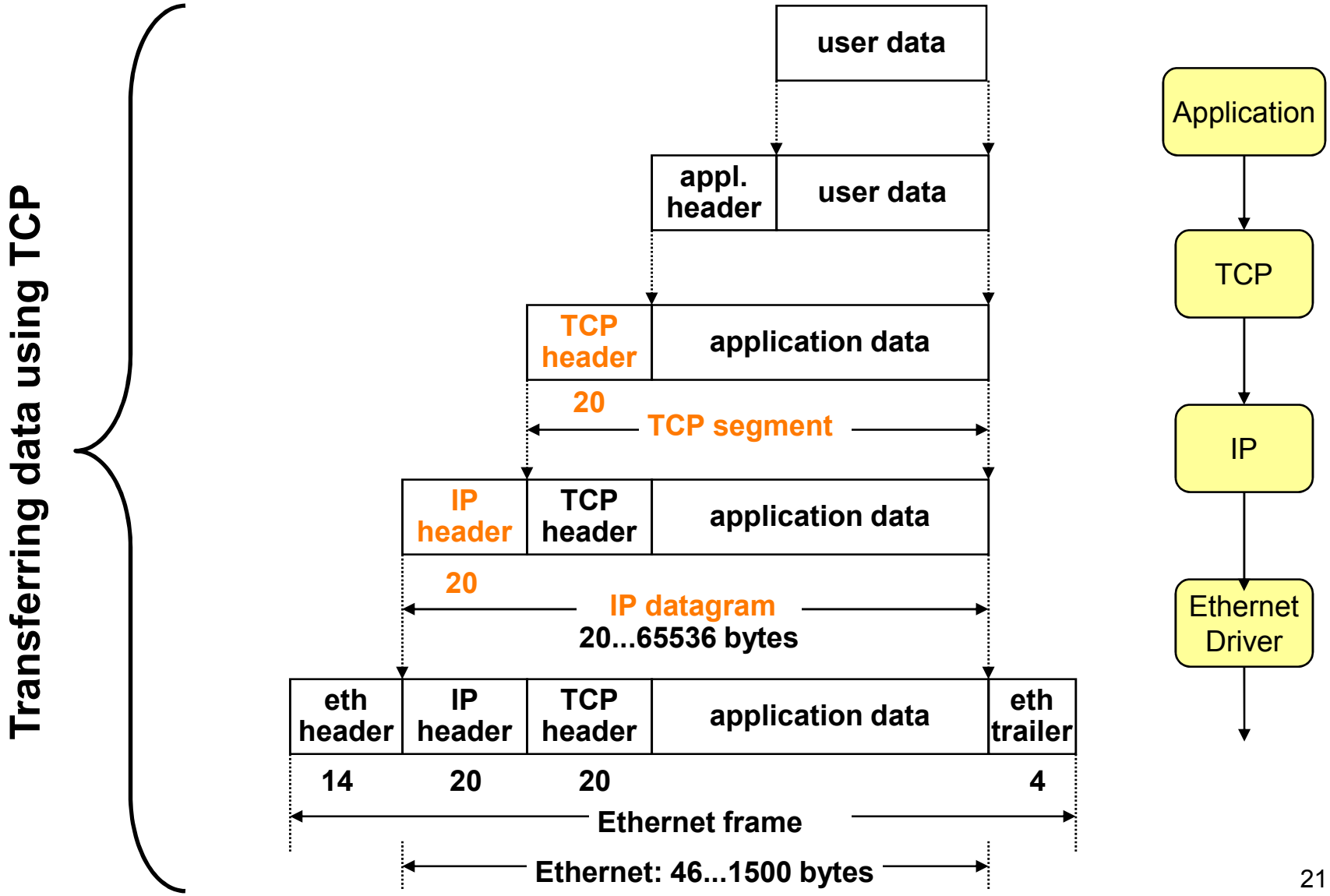
طبقات TCP/IP


Application
Applications
SMTP
FTP
HTTP
DNS
SNMP
TELNET
...
Presentation
Session
Transport
SCTP
TCP
UDP
Network
ICMP
IGMP
IP
RARP
ARP
Data link
Protocols defined by
the underlying networks
Physical

طبقات TCP/IP

TCP/IP Layer	Tasks	Protocol Examples
Application	Application specific	Telnet, rlogin, FTP, SMTP, SNMP, HTTP, etc.
Transport	End-to-end flow of data between application processes	TCP, UDP
Internet	Routing of packets between hosts	IP, ICMP
Network Interface Hardware	Hardware interface (packet transfer be-tween network nodes)	PPP, Ethernet, IEEE 802.x, ARP

التغليف ضمن طبقات TCP/IP



مالمقصود بإدارة الشبكة (Network Management)؟

تعريف الـ ITU

- الإشراف على أداء الشبكة في ظروف العمل الفعلي (التشغيل (**operation**))
- اتخاذ إجراءات فورية للتحكم بالشبكة عند الحاجة (الإعداد (**configuration**))
- استخدام سعة الشبكة بحدها الأقصى (الإستخدام الفعال بالكلفة الأدنى (**cost-effectiveness**))
- التخطيط للأحداث المستقبلية (التطوير (**development**))
- التخطيط للحالات الطارئة (المخاطر (**risk**))

أهداف المقرر

أهداف المقرر

- تزويد الطلاب بمعلومات حديثة حول إدارة الشبكات
- فهم متعمق لكيفية حل المشاكل المتعلقة بهذا المجال
- التركيز على
  - فهم مبادئ الإدارة
  - بروتوكولات وطرائق إدارة الشبكة
  - التحديات العلمية ضمن هذا المجال

مقدمة

محتويات المحاضرة

- أساسيات
  - المشاكل الشائعة في الشبكات
  - مالمقصود بإدارة الشبكة؟

- توابع إدارة الشبكة
  - إدارة الخطأ (Fault Management)
  - إدارة الإعدادات (Configuration Management)
  - إدارة الحسابات (Accounting Management)
  - إدارة الأداء (Performance Management)
  - إدارة الأمن (Security Management)

أساسيات

المشاكل الشائعة في الشبكات

- فقدان الإتصال (الوصلة, العقدة, منفذ الربط, الخ)
- عنوان IP مضاعف (Duplicate IP addresses)
- المشاكل المؤقتة (Intermittent)
  - منفذ الربط مع قناة نقل مشتركة
- القضايا المتعلقة بإعدادات الشبكة (Network configuration issues)

المشاكل الشائعة في الشبكات

- مشاكل غير معروفة السبب (Non-problems)
  - المشكلة مجهولة السبب, والحل عادةً بإيقاف التشغيل وإعادة التشغيل

- مشاكل الأداء (Performance problems)
  - التسبب بزيادة في تأخير الشبكة و بطئ استجابتها

مالمقصود بإدارة الشبكة؟ (تعريف الـ ITU)

- الإشراف على أداء الشبكة في ظروف العمل الفعلي (التشغيل (**operation**))
- اتخاذ إجراءات فورية للتحكم بالشبكة عند الحاجة (الإعداد (**configuration**))
- استخدام سعة الشبكة بحدها الأقصى (الإستخدام الفعال بالكلفة الأدنى (**cost-effectiveness**))
- التخطيط للأحداث المستقبلية (التطوير (**development**))
- التخطيط للحالات الطارئة (المخاطر (**risk**))

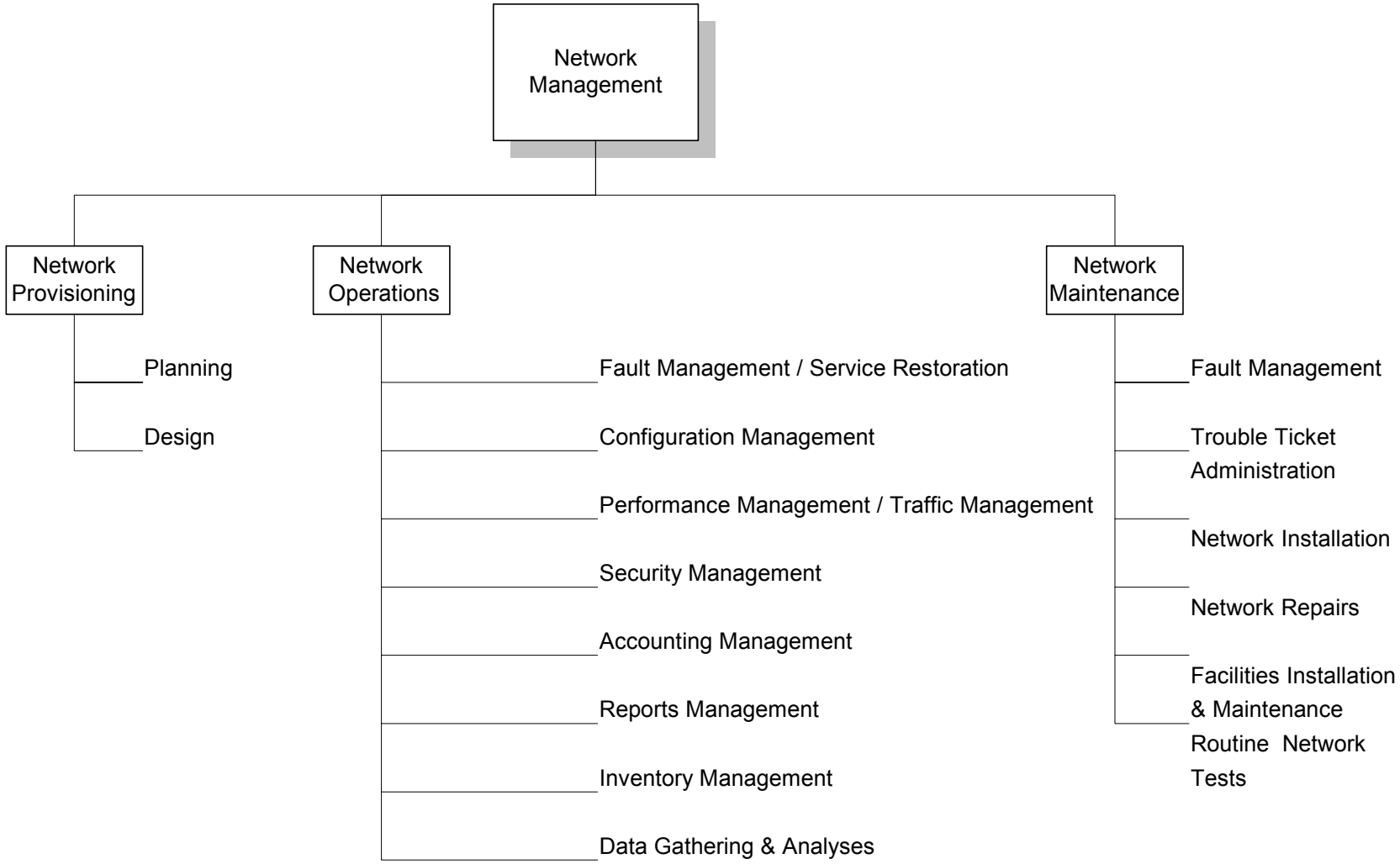
مالمقصود بإدارة الشبكة؟

- الهدف
  - ضمان حصول مستخدمي الشبكة على خدمات الـ IT بالجودة التي يتوقعونها لهذه الخدمات.

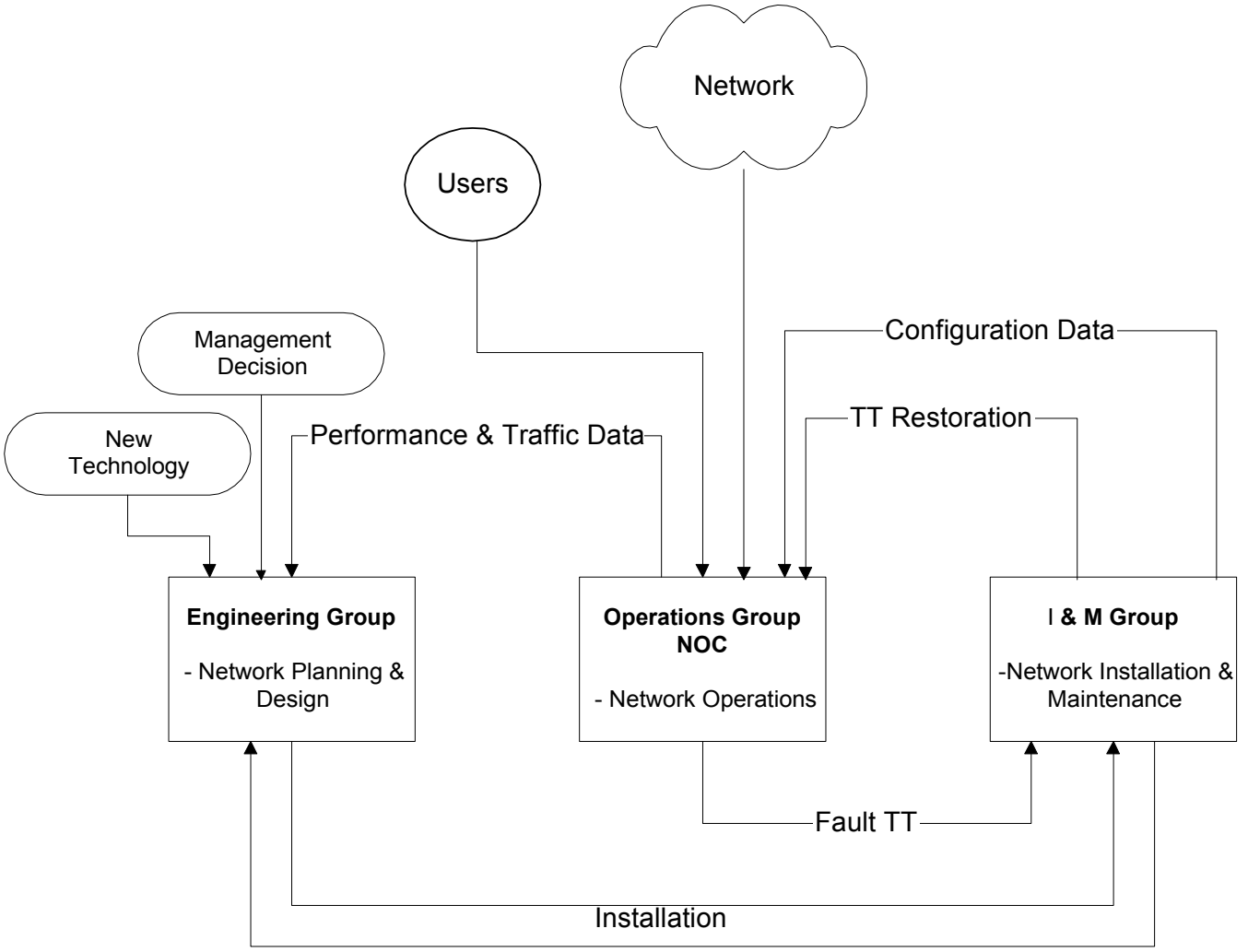
- تتضمن إدارة الشبكة
  - نشر وتحقيق التكامل والتنسيق بين الـ Hardware و الـ Software و العنصر البشري لمراقبة, فحص, إعداد, تحليل, تقييم والتحكم بالشبكة وعناصرها ومصادرها لتحقيق متطلبات الأداء لتشغيل الشبكة في ظروف العمل الفعلي و بالجودة المنشودة و ذلك بكلفة معقولة.

توابع إدارة الشبكة

Top-Down نظرة



المبدأ الوظيفي لإدارة الشبكة



توابع خاصة بخدمات/تطبيقات محددة

- إدارة و تخطيط السعة (Capacity Planning Management)
- التخطيط الإستراتيجي (Strategic Planning)
- إدارة ودعم التشغيل (Operations Support Management)
- إدارة قابلية البرمجة (Programmability Management)

إدارة الخطأ (Fault Management)

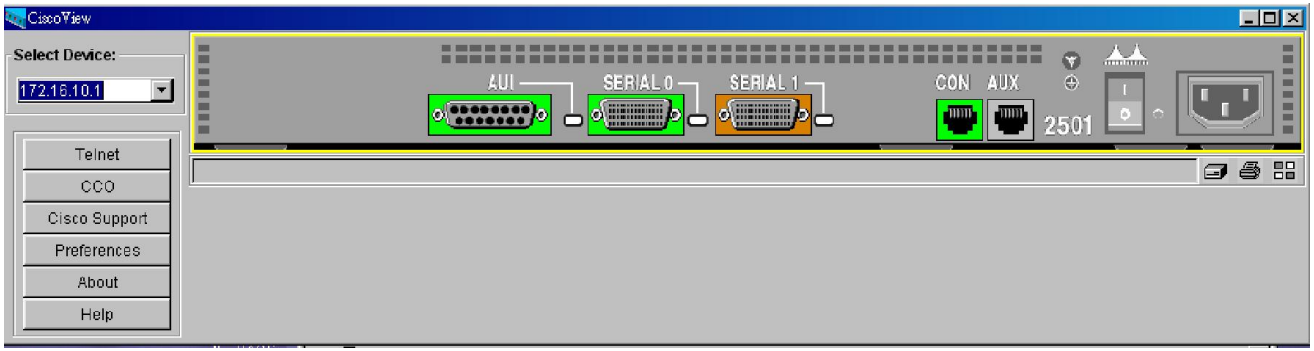
- يقوم بإدارة الأخطاء التي تحصل في الشبكة للحفاظ على الشبكة عاملة بشكل موثوق و فعال

- تتضمن عملية إدارة الخطأ الخطوات التالية
  - اكتشاف وجود الخطأ (Detecting the problem symptoms)
  - عزل المشكلة الحاصلة (Isolating the problem)
  - حل المشكلة (Fixing the problem) المكتشفة بشكل أتوماتيكي إن أمكن أو يدوي
  - تسجيل عملية اكتشاف الخطأ و عملية إصلاحه في ملف Log

إدارة الإعدادات (Configuration Management)

- تراقب توابع إدارة الإعدادات الشبكة, أدائها وإعداداتها, وتقوم بتخزين هذه المعلومات في قاعدة بيانات خاصة بالإعدادات (configuration management database)

- تسمح صيانة قاعدة البيانات الخاصة بالإعدادات لمدراء النظام بتتبع حالة العتاد الصلب (hardware), البرمجيات (software) و مصادر الشبكة الأخرى (other network resources)



إدارة الإعدادات (Configuration Management)

- يمتلك كل جهاز في الشبكة مجموعة متنوعة من المعلومات مرتبطة به, منها

  – معلومات الإصدار البرمجية لنظام التشغيل, البروتوكولات البرمجية, برمجيات الإدارة, الخ.

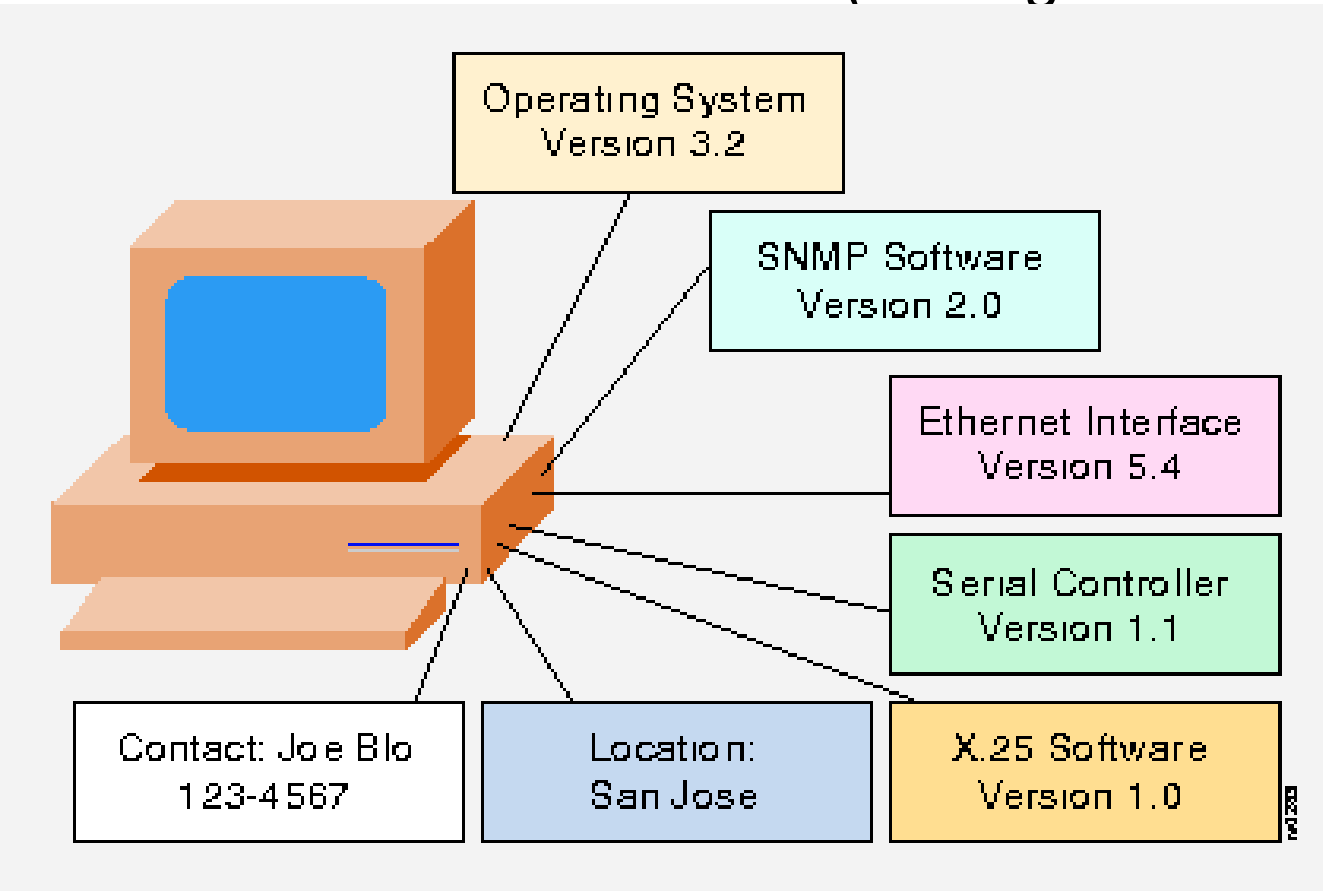
  – معلومات إصدار العتاد الصلب لمنافذ الربط (interfaces) و مشغلات العتاد الصلب (hardware controllers)

  – معلومات التواصل (Contact information) التي تشير إلى الجهة الواجب الإتصال معها في حال ظهور مشكلة في جهاز ما

  – معلومات الموقع (Location information) التي تشير إلى الموقع الفيزيائي للجهاز

إدارة الإعدادات (Configuration Management)

- مثال عن معلومات إدارة الإعداد (CM Information) المرتبطة بجهاز يتم إدارته (Managed Device)



إدارة الحسابات (Accounting Management)

- تقيس بارامترات استخدام الشبكة (Network utilization parameters) لإدارة وترتيب المستخدمين المفردين و مجموعات المستخدمين (User groups)

- تُخفض مشاكل الشبكة للحد الأدنى

- تزيد العدالة في استخدام الشبكة من قبل المستخدمين (fairness of user access) للحد الأقصى, لأن مصادر الشبكة يمكن أن يتم تقسيمها بناءً على

  - سعة الشبكة (Network capacity)

  - حاجات المستخدمين (User needs)

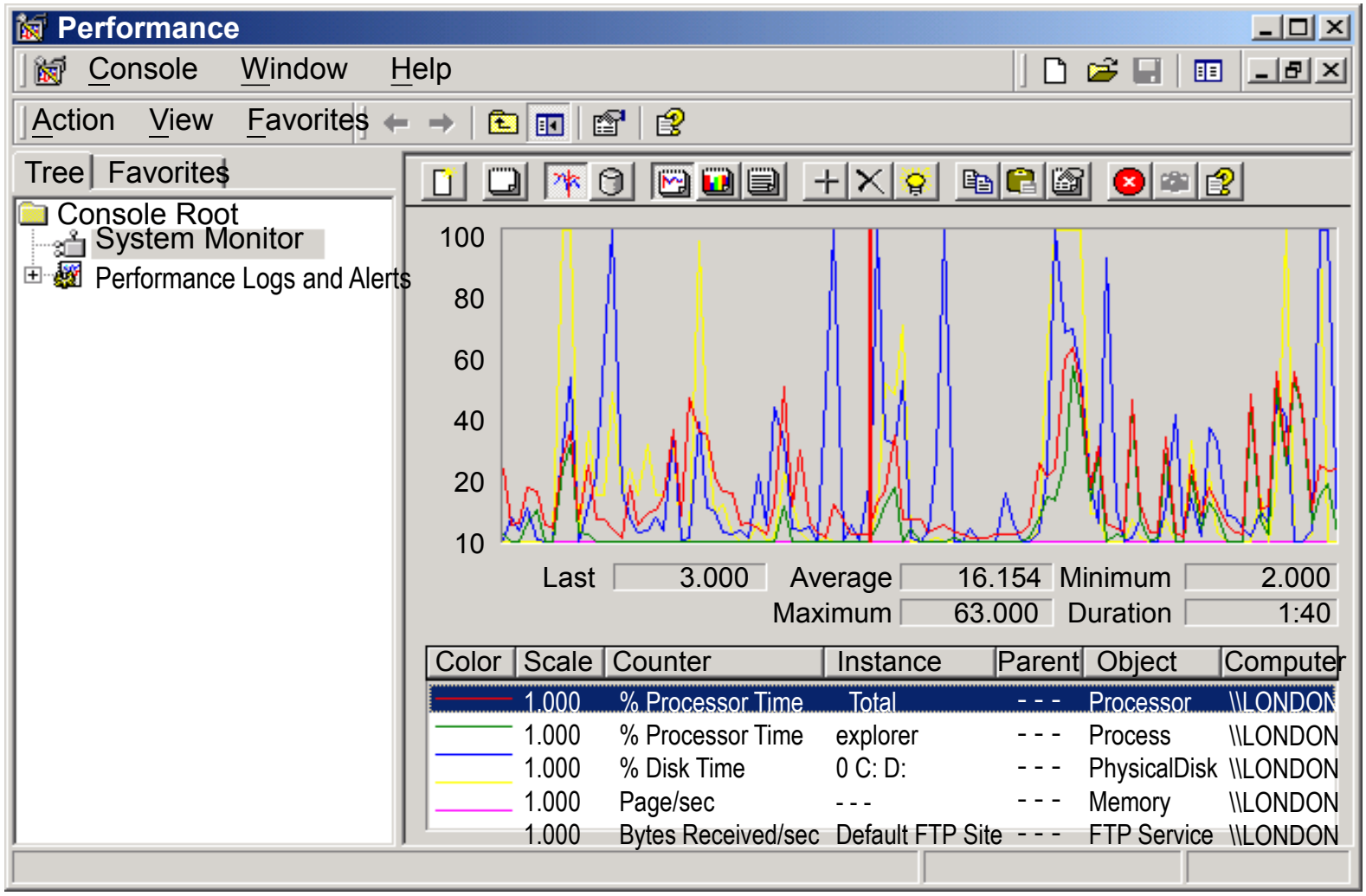
إدارة الأداء (Performance Management)

- يحافظ على أداء الشبكة بمستويات مقبولة عبر قياس و إدارة متغيرات الأداء المختلفة (various network performance variables)

- تتضمن متغيرات الأداء الإنتاجية (network throughput), زمن الإستجابة (user response times), استخدام القناة (line utilization), الخ.

- تتضمن عملية إدارة الأداء الخطوات التالية
  - جمع المعلومات المتعلقة ببارامترات الأداء الأساسية
  - تحليل البيانات التي تم جمعها لتحديد مستويات الأداء المسموحة
  - تحديد عتبات الأداء المناسبة لكل متغير من متغيرات الأداء, بحيث أن تجاوز هذه العتبات يشير إلى وجود مشكلة يجب الإنتباه إليها في الشبكة

إدارة الأداء (Performance Management)



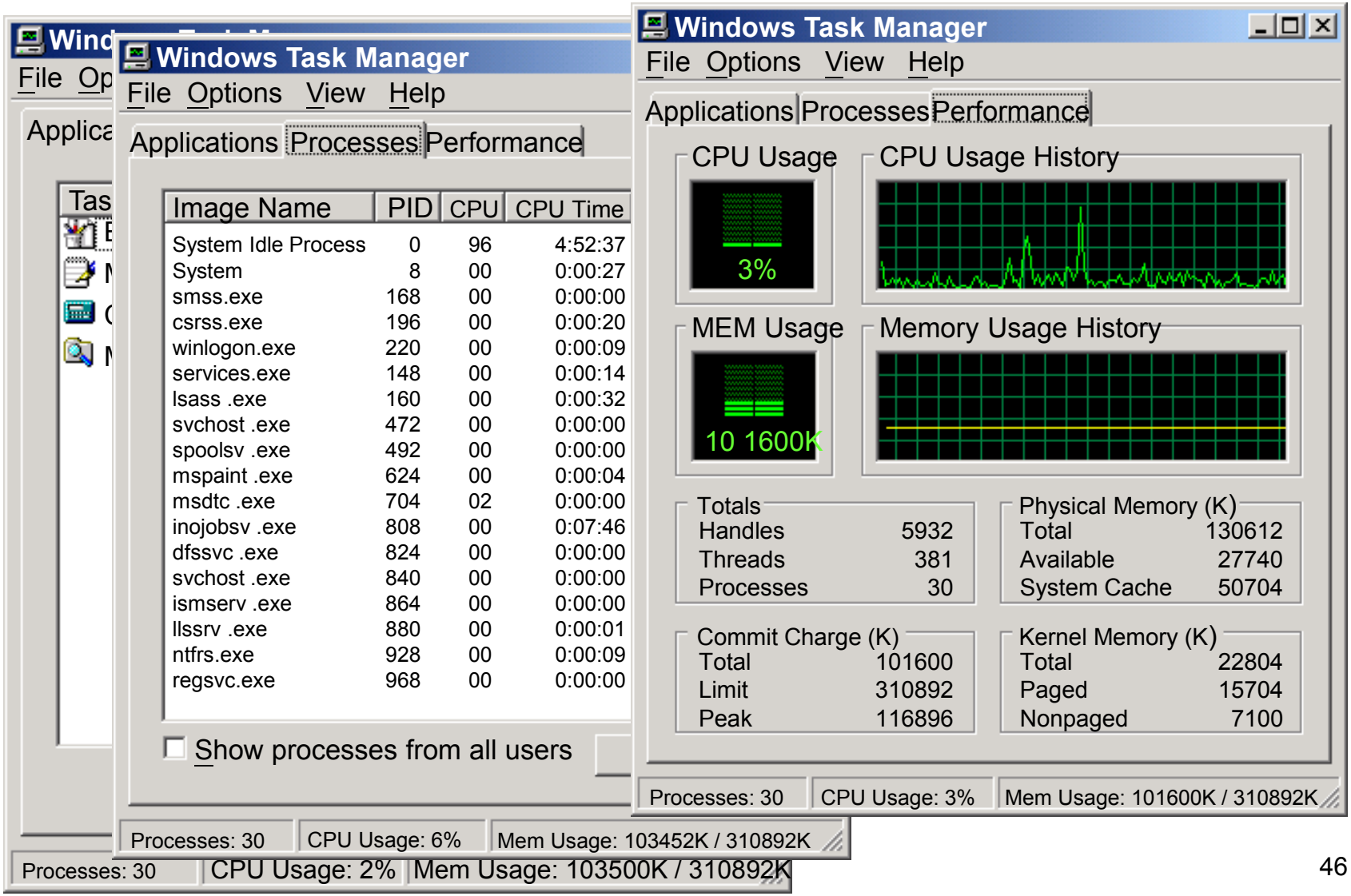
إدارة الأداء (Performance Management)

- Reactive
  - عندما يصبح الأداء غير مقبول, أي أن عتبة الأداء (user-defined threshold) المحددة قد تمّ تجاوزها, يرد الجهاز الجاري إدارته بإرسال تنبيه إلى نظام الإدارة في الشبكة (network management system (NMS)
- Proactive
  - يتم استخدام المحاكاة للتنبؤ بكيفية تأثر بارامترات الأداء (performance metrics) بزيادة حجم الشبكة و زيادة مصادرها (network growth). تُستخدم نتائج المحاكاة لتنبيه مدراء النظام للمشاكل المتوقع حدوثها قبل الحدوث الفعلي لها, وبالتالي تفادي تأثير هذه المشاكل على المستخدمين

إدارة الأداء (Performance Management)

- آلية عمل طريقة Reactive لإدارة الأداء (Reactive PM)
  - تراقب وحدة الإدارة متغيرات الأداء الموجودة في الجهاز الجاري إدارته باستمرار
  - عندما يتم تجاوز عتبة أداء معينة, يقوم نظام إدارة الأداء في الشبكة (NMS) أو الجهاز الجاري إدارته باكتشاف وجود مشكلة في الأداء
  - عند اكتشاف المشكلة من قبل الجهاز الجاري إدارته, يقوم هذا الجهاز بإرسال إشارة تنبيه إلى نظام إدارة الأداء في الشبكة (NMS)
  - يقوم نظام إدارة الأداء في الشبكة (NMS) بالإجراء المناسب, كتنبيه مدير النظام على سبيل المثال

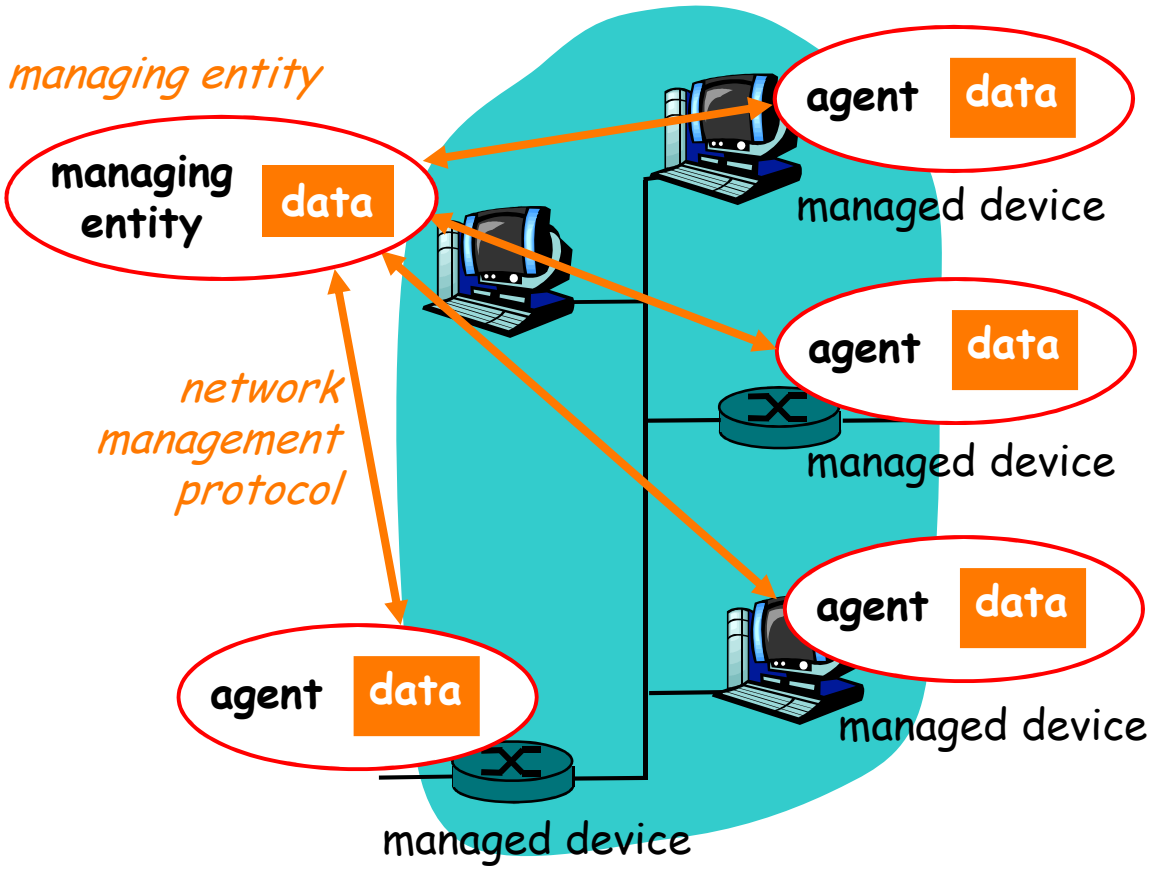
إدارة المهام في نظام Windows



إدارة الأمن (Security Management)

- التحكم بالنفاذ (Access control)
  - يتم التحكم بالدخول لمصادر الشبكة (network resources) و منع الإستخدام الغير صحيح للشبكة (المقصود والغير مقصود) و منع الإستخدام الغير مرخص له للمعلومات الحساسة.
  - يساعد مدراء النظام في خلق بيئة آمنة (secure network environment). يتضمن هذا
    - تقسيم مصادر الشبكة لمصادر مرخصة وغير مرخصة و تخصيص مستخدمين لكل مجموعة
    - مراقبة و وضع قواعد و تسجيل الدخول للمصادر في هذه المناطق
- مراقبة الأمن (Security monitoring)
  - جمع الأحداث المتعلقة بالأمن (Security event collection)
  - تحليل هذه الأحداث وربطها ببعضها و توليد الإنذارات
  - معالجة الإنذارات

البنية التحتية لإدارة الشبكة



managed devices contain *managed objects* whose data is gathered into a *Management Information Base (MIB)*

نظام إدارة الشبكة (Network Management Systems)

- نظام إدارة الشبكة (network management system (NMS)) عبارة عن مجموعة من الأدوات الموجهة لمراقبة والتحكم بالشبكة (network monitoring and control)

- تعتمد على نموذج مدير – عميل (manager-agent)
  - يرسل المدير طلبا إدارة لعميل أو لعدة عملاء
  - يقوم العميل بتنفيذ العمليات المطلوبة و إعادة النتائج
  - عندما يكتشف عميل ما خطأً, يرسل تقريراً للمدير

نظام إدارة الشبكة (Network Management Systems)

- يتواجد في نظام إدارة الشبكة واجهة رسومية (GUI), يتم عبرها إنجاز كل المهام المتعلقة بالإدارة

- يتواجد العديد من أنظمة إدارة الشبكة
  - أنظمة تجارية
    - HP OpenView, IBM NetView, Sun Net Manager, Cisco works and etc.
  - Open source
    - OpenNMS , Nagios and etc

Simple Network Management Protocol (SNMP)

محتويات المحاضرة

- أساسيات (Fundamentals)
- موديل التنظيم (Organization Model)
- النظام و الخدمات (System & Services)
- موديل المعلومات (Information Model)

أساسيات (Fundamentals)

نظرة عامة (Overview)

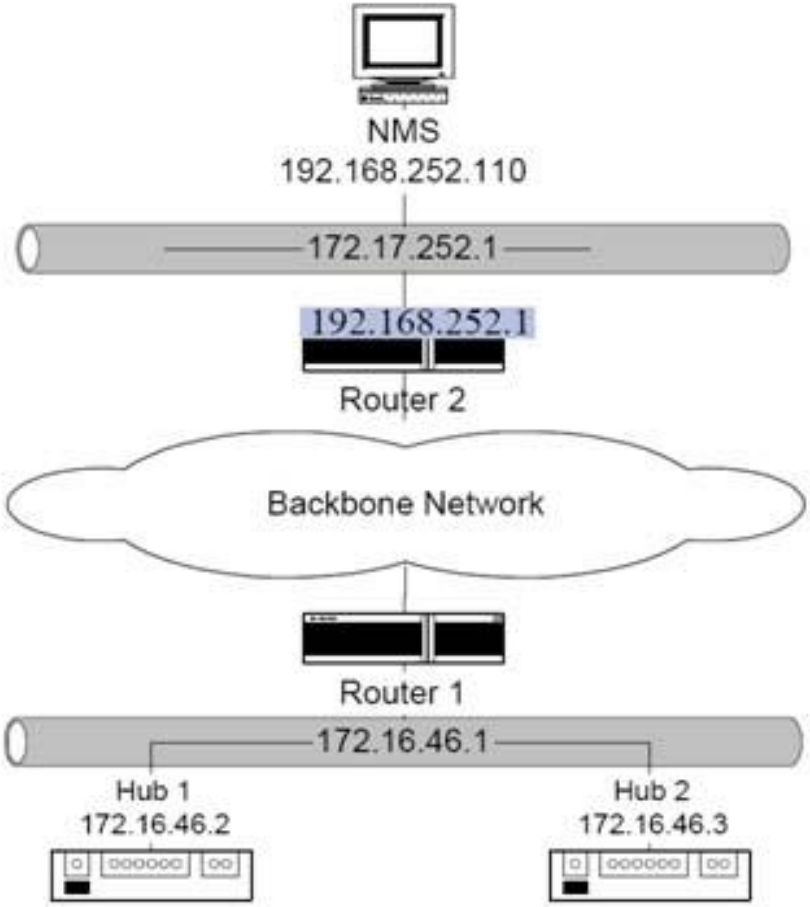
- بروتوكول SNMP هو بروتوكول الإدارة الأكثر استخداماً
- عندما نذكر بروتوكول SNMP, فإننا نشير إلى إدارة الإنترنت (Internet management)
- موديلات الإدارة في بروتوكول SNMP
  - Organization Model –
  - Information Model –
  - Communication Model –

نظرة عامة (Overview)

- موديلات الإدارة في بروتوكول SNMP
  - Organization Model –
    - تحدد العلاقات بين عناصر الشبكة, العملاء و المدير
    - ذات بنية هرمية (Hierarchical architecture)
  - Information Model –
    - تستخدم ASN.1 syntax
    - SMI (Structure of Management Information
    - MIB (Management Information Base)
  - Communication Model –
    - تنقل الـ syntax
    - SNMP over TCP/IP
    - إنجاز خدمات الإتصال بواسطة الرسائل
    - Security framework community-based model

شبكة LAN الجاري إدارتها (Managed LAN)

- NMS on subnet 192.168.252.1 manages the router and the hubs on subnet 172.16.46.1 across the backbone network



جهاز Hub: معلومات النظام (System Information)

- المعلومات التي تم الحصول عليها من الـ hub
- المعلومات تعكس ما هو مخزن فعلياً على الـ hub

Title: System Information: 172.16.46.2
Name or IP Address: 172.16.46.2
System Name:
System Description: 3Com LinkBuilder FMS, SW version:3.02
System Contact:
System Location:
System Object ID: .iso.org.dod.internet.private.enterprises.43.1.8.5
System Up Time: (2475380437) 286 days, 12:03:24.37

جهاز Router: معلومات النظام (System Information)

Title: System Information: router1.gatech.edu
Name or IP Address: 172.16.252.1
System Name: router1.gatech.edu
System Description: Cisco Internetwork Operating System Software
: IOS (tm) 7000 Software (C7000-JS-M), Version
: 11.2(6),RELEASE SOFTWARE (ge1)
: Copyright (c) 1986-1997 by Cisco Systems, Inc.
: Compiled Tue 06-May-97 19:11 by kuong
System Contact:
System Location:
System Object ID:
iso.org.dod.internet.private.enterprises.cisco.ciscoProducts.cisco 7000
System Up Time: (315131795) 36 days, 11:21:57.95

جهاز Hub: عناوين المنافذ (Port Addresses)

- المعلومات التي تم الحصول عليها من الـ hub interfaces
- المعلومات تشير إلى الـ interface الموجودة في الـ hub
- Link address هو الـ MAC address
- السطر الثاني هو الـ serial link

IP address: 172.16.46.2

Index	Interface	IP address	Network Mask	Network Address	Link Address
1	3Com	172.16.46.2	255.255.255.0	172.16 46.0	0x08004E07C25C
2	3Com	192.168.101.1	255.255.255.0	192.168.101.0	<none>

جهاز Router: عناوين المنافذ (Port Addresses)

- Information acquired by NMS on the router interfaces
- Index refers to the interface on the router
- LEC is the LAN emulation card
- Ethernet 2/0 interface refers to the interface card 2 and port 0 in that card

Index	Interface	IP address	Network Mask	Network Address	Link Address
23	LEC.1.0	192.168.3.1	255.255.255.0	192.168.3.0	0x00000C3920B4
25	LEC.3.9	192.168.252.15	255.255.255.0	192.168.252.0	0x00000C3920B4
13	Ethernet2/0	172.16..46.1	255.255.255.0	172.16..46.0	0x00000C3920AC
16	Ethernet2/3	172.16.49.1	255.255.255.0	172.16.49.0	0x00000C3920AF
17	Ethernet2/4	172.16.52.1	255.255.255.0	172.16.52.0	0x00000C3920B0
9	Ethernet1/2	172.16.55.1	255.255.255.0	172.16.55.0	0x00000C3920A6
2	Ethernet 0/1	172.16.56.1	255.255.255.0	172.16.56.0	0x00000C39209D
15	Ethernet2/2	172.16.57.1	255.255.255.0	172.16.57.0	0x00000C3920AE
8	Ethernet1/1	172.16.58.1	255.255.255.0	172.16.58.0	0x00000C3920A5
14	Ethernet2/1	172.16.60.1	255.255.255.0	172.16.60.0	0x00000C3920AD

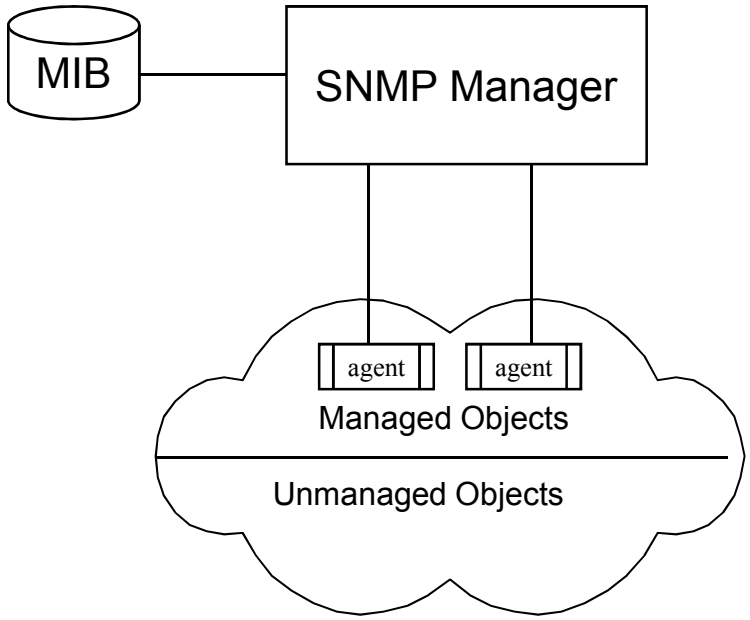
تاريخ إدارة الإنترنت (Internet Management History)

- 1970: Advanced Research Project Agency Network
- ARPANET قامت بتصميم بروتوكول Internet control Message Protocol (ICMP)
- Internet Engineering Task Force (IETF)
  - 1990 SNMPv1
  - 1995 SNMPv2
  - 1998 SNMPv3
- مستندات في الإنترنت
  - Request for Comments (RFC)
  - IETF STD Internet Standard
  - FYI For your information

موديل التنظيم (Organization Model)

البنية الهرمية البسيطة (Simplified Hierarchical (2-Tier))

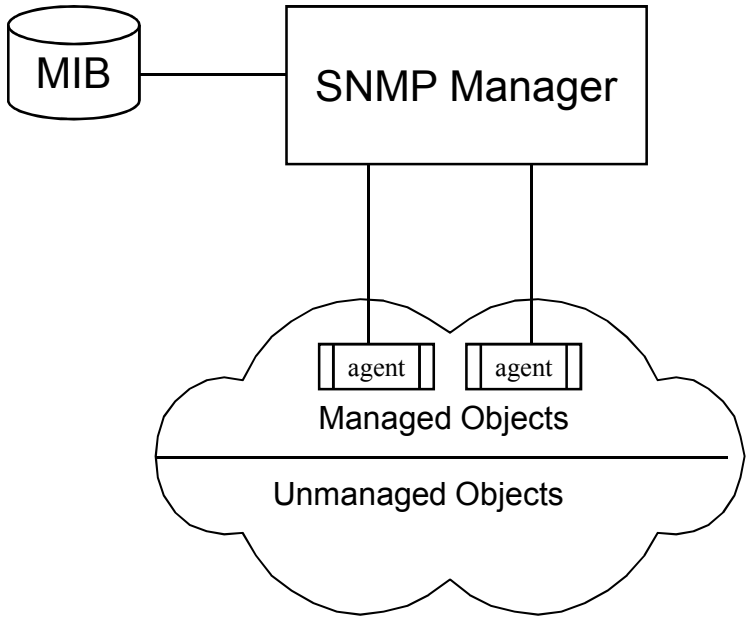
- يصف مكونات نظام إدارة الشبكة NMS
- تركز على التوابع و الوظائف و توزيعها في البنية التحتية
- الأغراض التي يتم إدارتها (Objects) هي عبارة عن عناصر في الشبكة, كـ hubs, bridges, routers, etc.



A simplified hierarchical (2-tier) setup

البنية الهرمية البسيطة (Simplified Hierarchical (2-Tier))

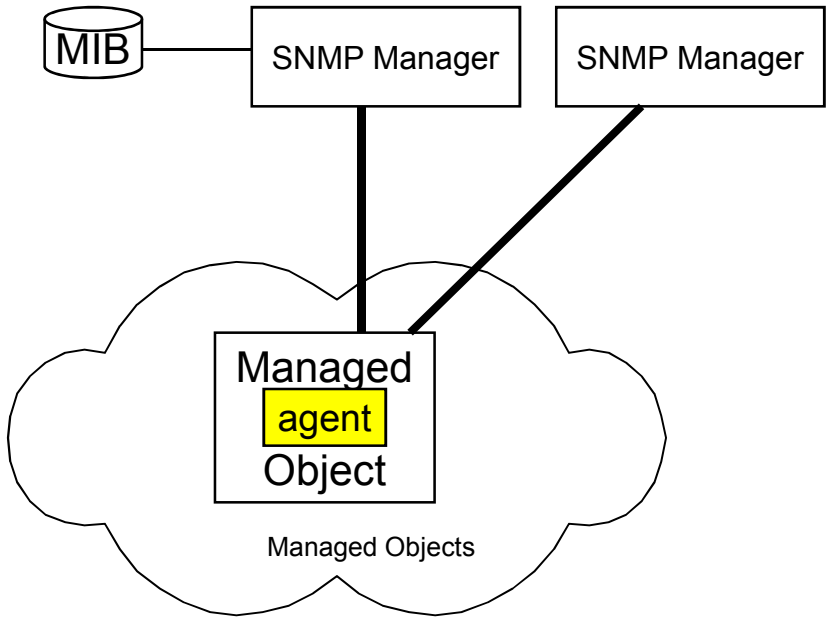
- يوجد برمجيات تسمى عملاء (agents) يتم تنفيذها على الأغراض التي يتم إدارتها
- المدراء (Managers) يرسلون طلب المعلومات إلى العملاء, يستقبلون المعلومات, يعالجونها ومن ثم يخزنونها في قاعدة البيانات الخاصة بمعلومات الإدارة (MIB)



A simplified hierarchical (2-tier) setup

البنية ذات المدراء المتعددين (Multiple Managers)

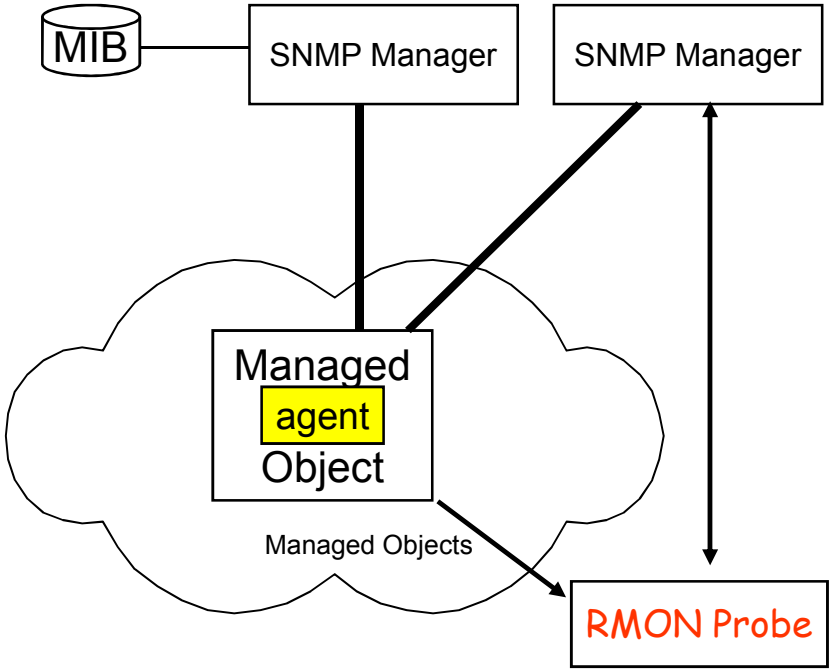
- يستجيب أي عميل لأي نظام إدارة يتواصل معه باستخدام بروتوكول SNMP
- نظام إدارة الشبكة المقدّم من قبل شركة ما يعتبر أفضل نظام للقيام بإدارة و مراقبة و التحكم بإعدادات الأجهزة المصنعة من قبل نفس الشركة



Managers may have restricted access to managed objects

البنية الثلاثية (3-Tier Architecture)

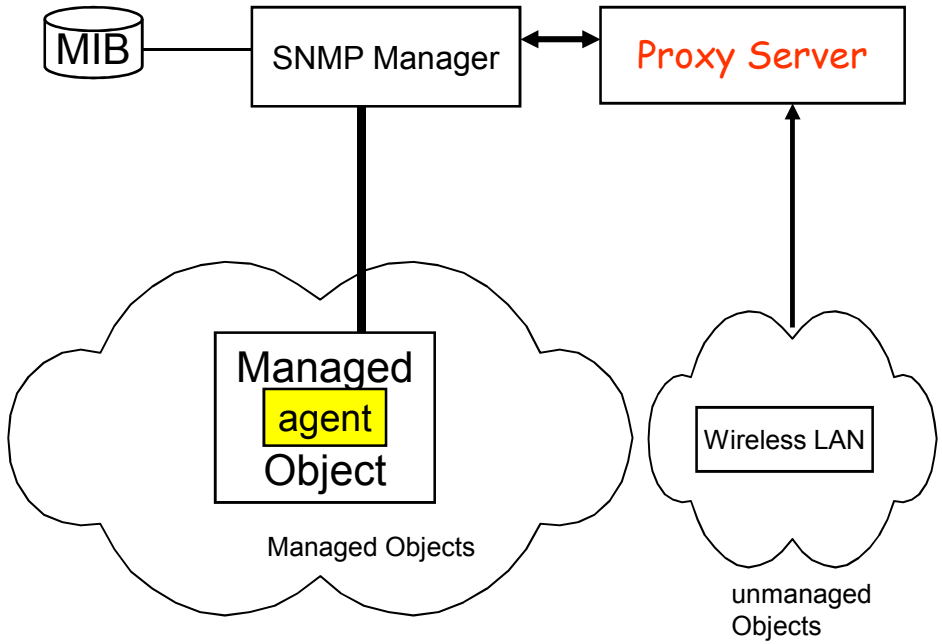
- يقوم بالحد من البيانات التي يرغب المدير بالحصول عليها
- يعمل RMON (Remote Monitoring) كمدير و كعميل
  - يجمع الـ RMON (Remote Monitoring) البيانات من الأغراض التي يتم إدارتها, يحلل هذه البيانات و يقوم بتخزينها
  - يتبادل البيانات و الإحصائيات مع المدير



Managers may have restricted access to managed objects

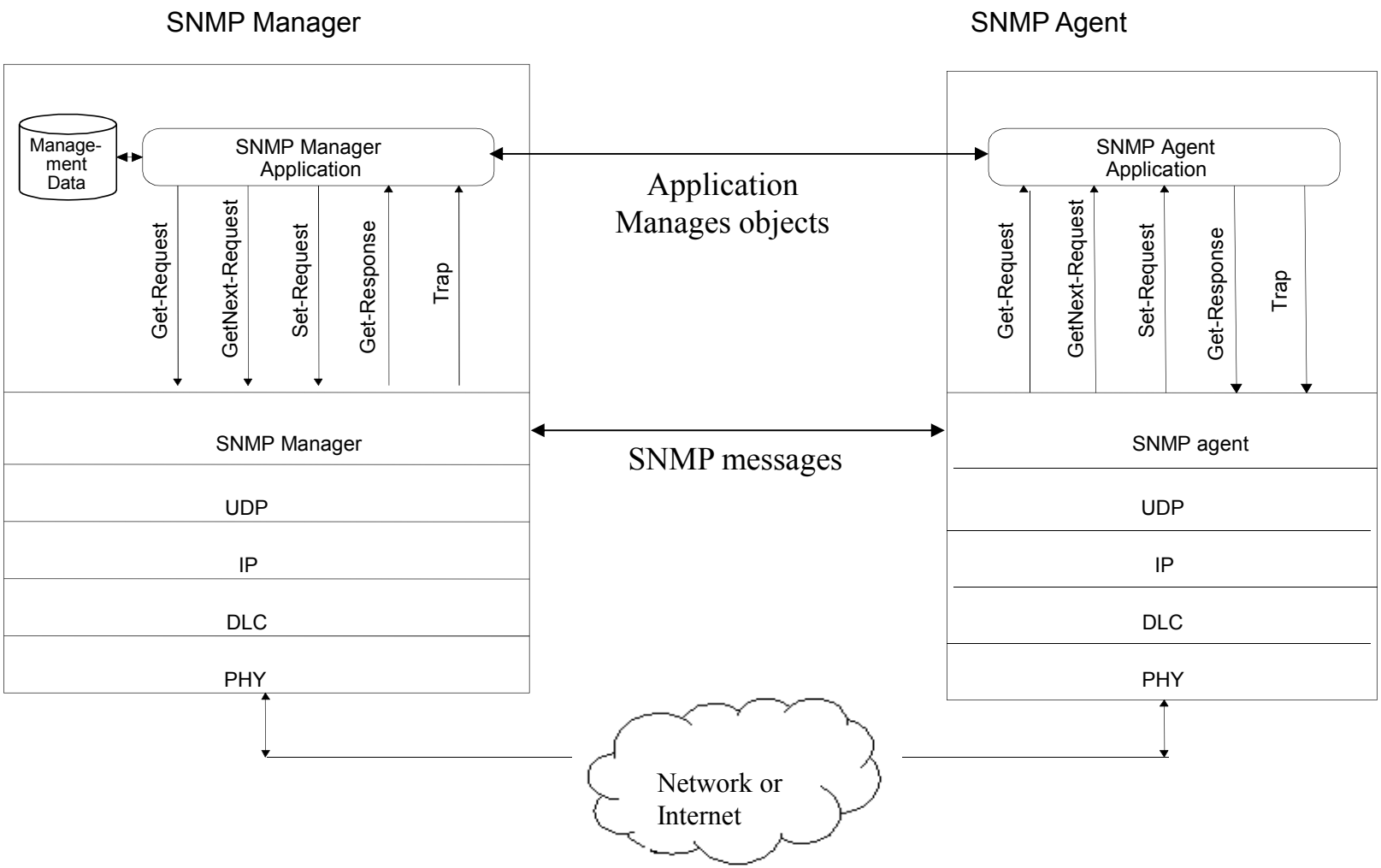
بنية الإدارة باستخدام (Proxy Server)

- يقوم الـ Proxy server بتحويل الـ non-SNMP data المستقبلة من non-SNMP objects إلى بيانات ورسائل متوافقة مع بروتوكول SNMP

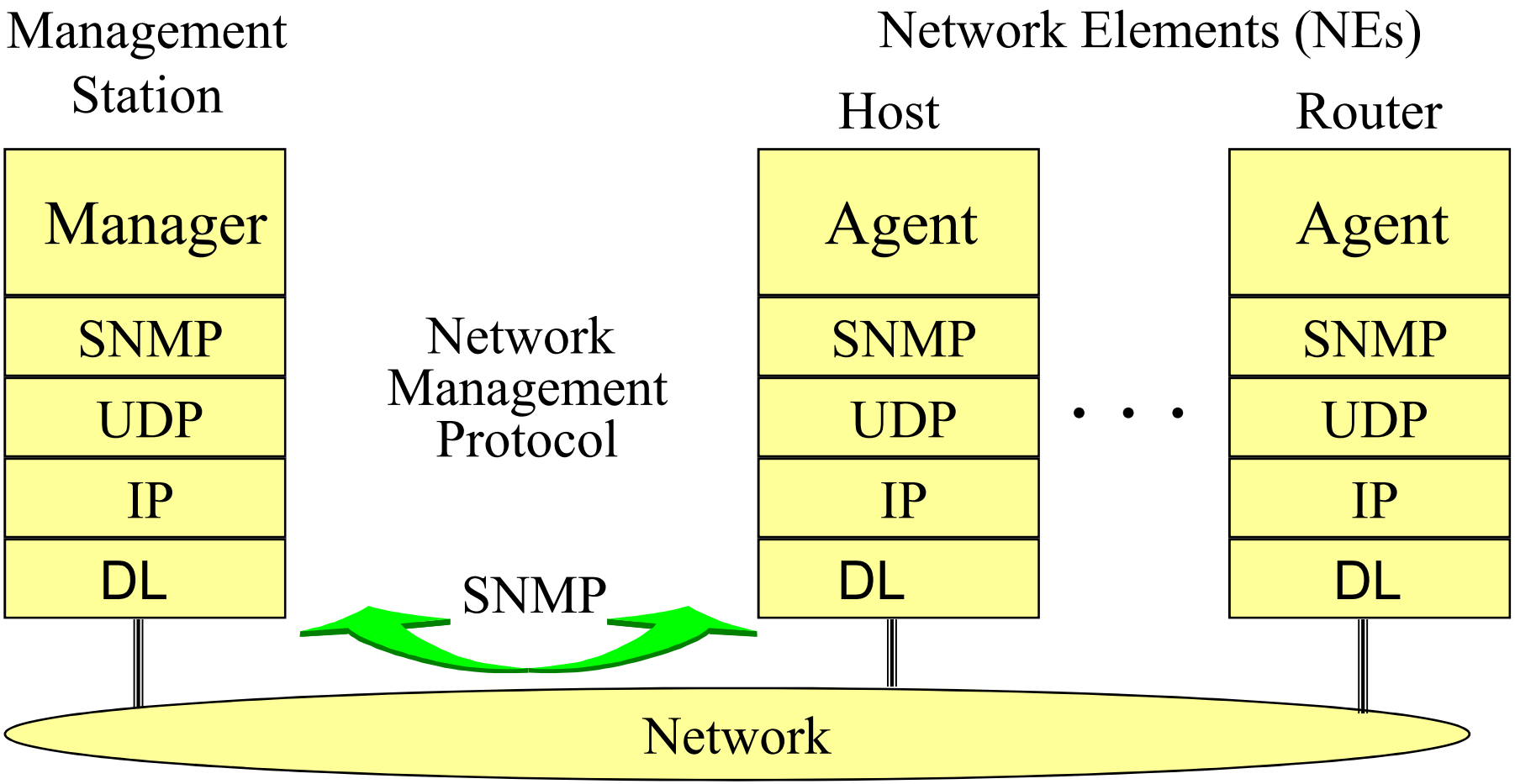


النظام و الخدمات (System & Services)

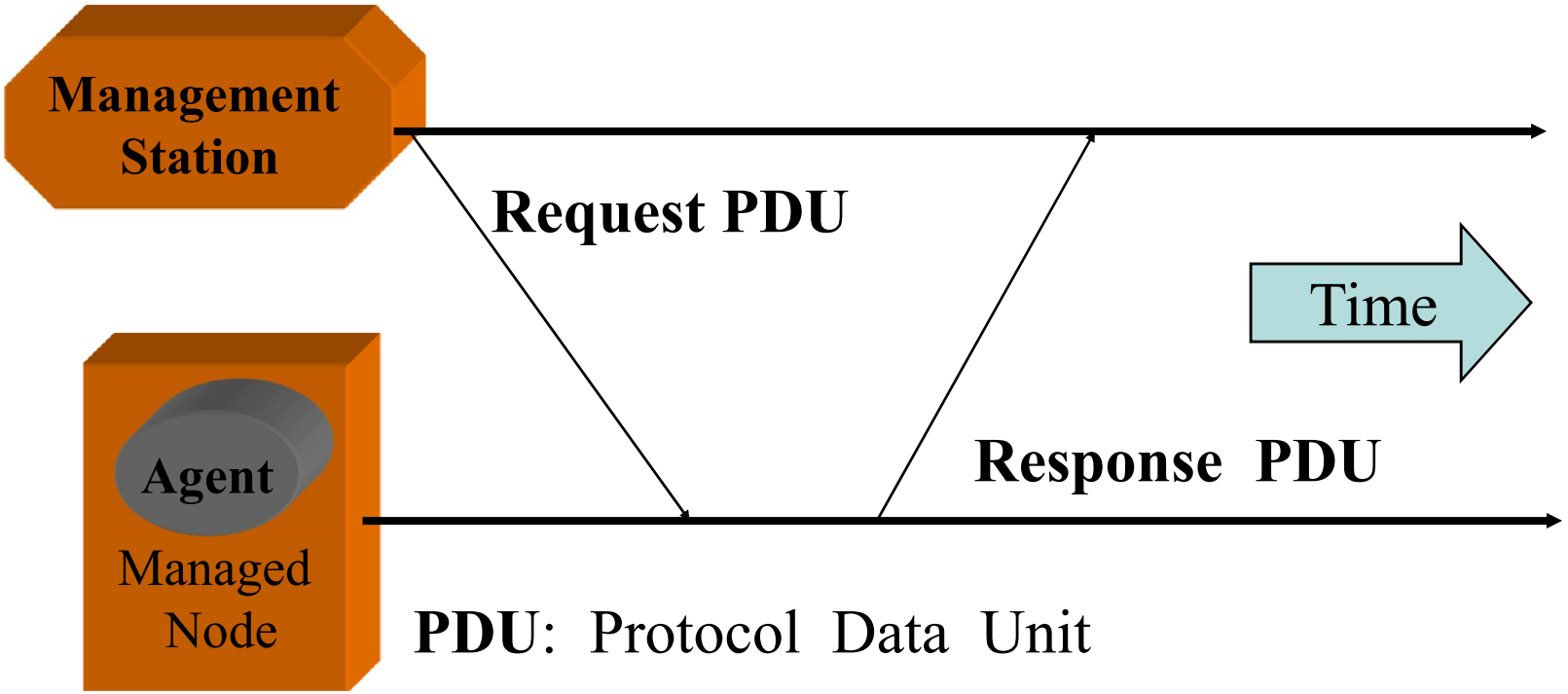
نظرة عامة حول النظام (System Overview)



بنية النظام (System Architecture)



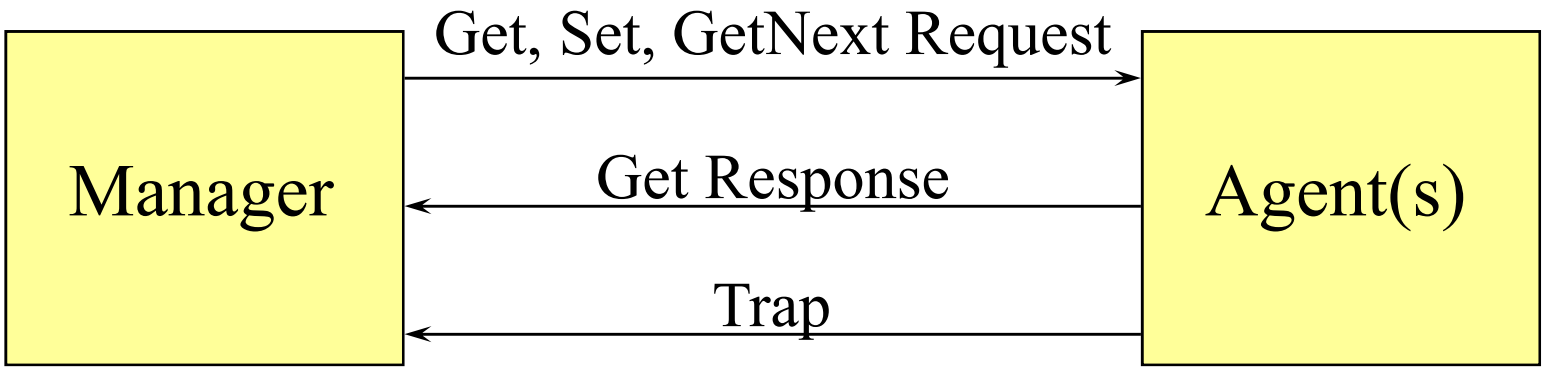
آلية عمل بروتوكول SNMP (SNMP Operation)



خدمات بروتوكول SNMP (SNMP Services)

- أربع خدمات
  - Get, Set, GetNext, Trap –

- خمس رسائل لبروتوكول SNMP
  - GetRequest, SetRequest, GetNextRequest, GetResponse, Trap –



خدمات بروتوكول SNMP (SNMP Services)

Get

GetNext

Set

Trap

خدمات بروتوكول SNMP (SNMP Services)

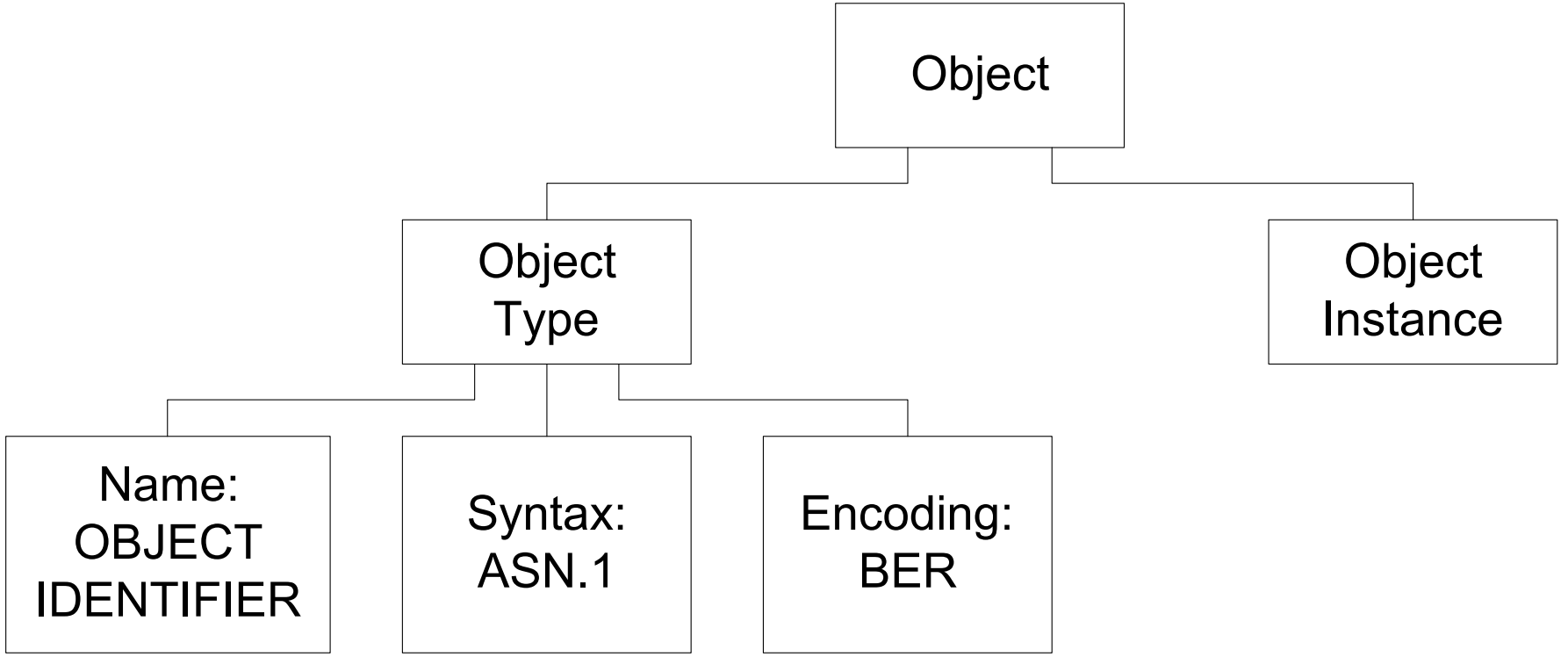
- Get Request
  - يعيد قيم الغرض و يضعها في الـ MIB الموجودة في agent.
- Get-Next Request
  - يعيد قيم الغرض التالي و يضعها في الـ MIB الموجودة في agent.
- Set Request
  - يعديل قيم الغرض و يضعها في الـ MIB الموجودة في agent
- Trap Request
  - يرسل الأحداث الغير عادية إلى المدير

موديل المعلومات (Information Model)

موديل المعلومات (Information Model)

- Structure of Management Information (SMI) (RFC 1155, RFC 1212)
-
- Managed Object
  - Scalar –
  - Aggregate or tabular object –
- Management Information Base (RFC 1213)

الأغراض الجاري إدارتها (Managed Objects)



بروتوكولات إدارة الشبكة (Network Management Protocols)

محتويات المحاضرة

- IntServ
- RSVP
- DiffServ

IntServ

Integrated Service Architecture (IntServ)

- محدد في RFC 1633

- يهدف إلى تزويد تطبيقات الزمن الحقيقي (real-time applications) بضمانات حول جودة الخدمة (QoS guarantees)
  - لاتقدم الإنترنت, كما جرى تصميمها بشكل أساسي, لا تُعطي ضمانات لجودة الخدمة. أي يتم إرسال البيانات اعتماداً على مبدأ best effort

- Per-flow QoS model
  - يقسم IntServ الـ traffic إلى flows
    - كل flow عبارة عن تدفق من الباكيتات يتطلب جودة خدمة معينة, و كل flow محدد بـ 5-tuple "IP source address, IP destination address, protocol, TCP/UDP source port and TCP/UDP destination port"

Integrated Service Architecture (IntServ)

- الراوترات التي تدعم خدمة الـ IntServ (IntServ-enabled router)
تدعم تابعين أساسيين
  - Traffic control
  - Resource reservation

- Traffic control
  - Packet scheduler
    - يدير توجيه البيانات عبر مجموعة من الصفوف (queues)
  - Packet classifier
    - يقوم بتصنيف الباكيتات القادمة
    - يتم معالجة الباكيتات التابعة لنفس الصنف نفس المعالجة حتى لو لم يكونوا تابعين لعدة flows.
    - يتم تصنيف الباكيتات في كل موجه بناءً على معايير خاصة ضمن كل موجه (routers may classify their traffic differently)

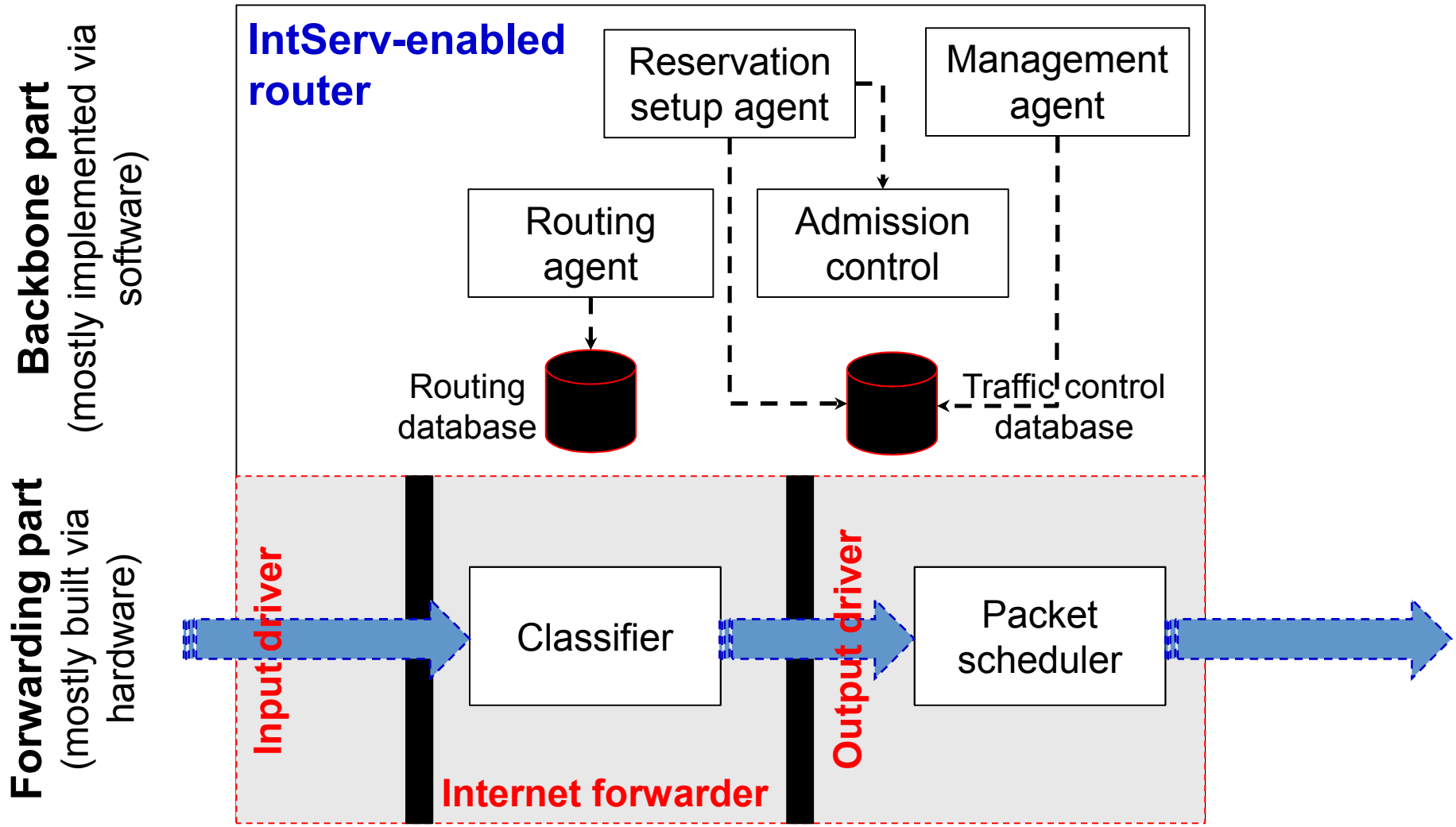
Integrated Service Architecture (IntServ)

- Admission control
  - يحدد فيما إذا كان الطلب الجديد يمكن أن يتم تخديمه أو لا بدون الإساءة للطلبات التي يتم تخديمها حالياً
  - يتم وضع هذه الخاصة في كل موجه, ليقوم باتخاذ القرار بقبول الطلب الجديد أو رفضه

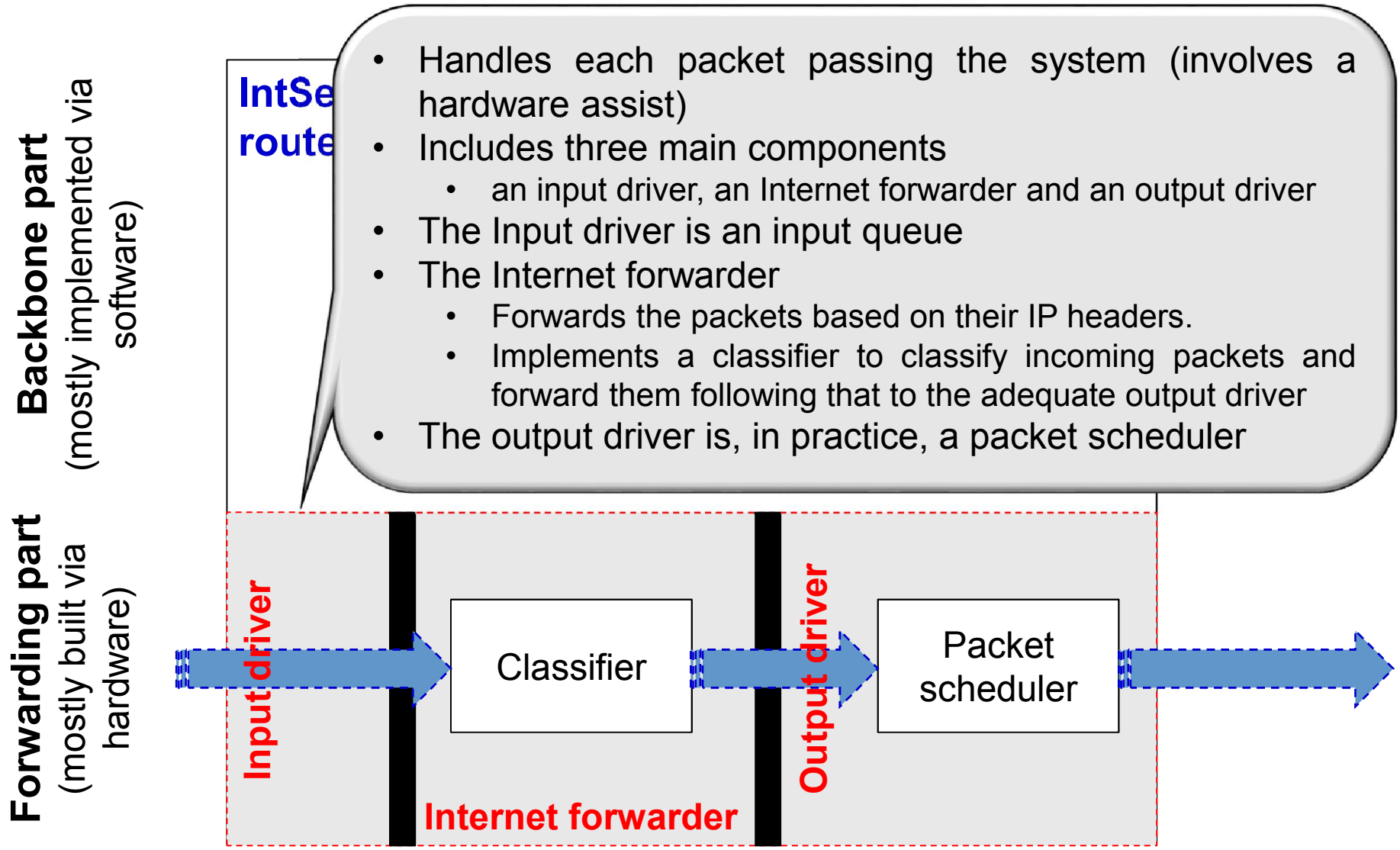
- Resource reservation
  - يتم تنفيذه بواسطة بروتوكول خاص للحفاظ على flow-specific states في الطرفيات و في كل موجه على طول الطريق من المرسل للمستقبل

- Standard protocol is the Resource reSerVation Protocol (RSVP)

Integrated Service Architecture (IntServ)

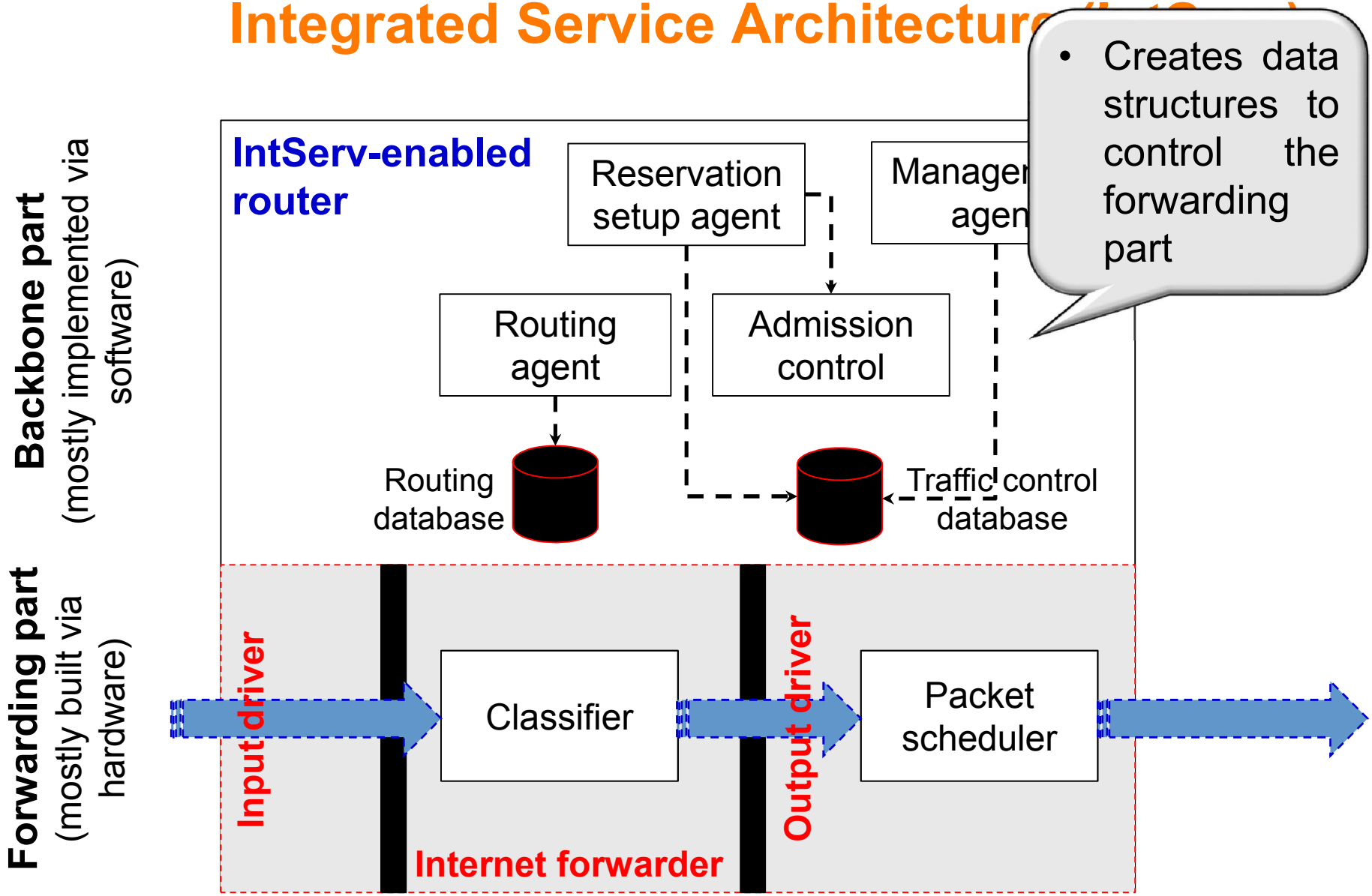


Integrated Service Architecture (IntServ)

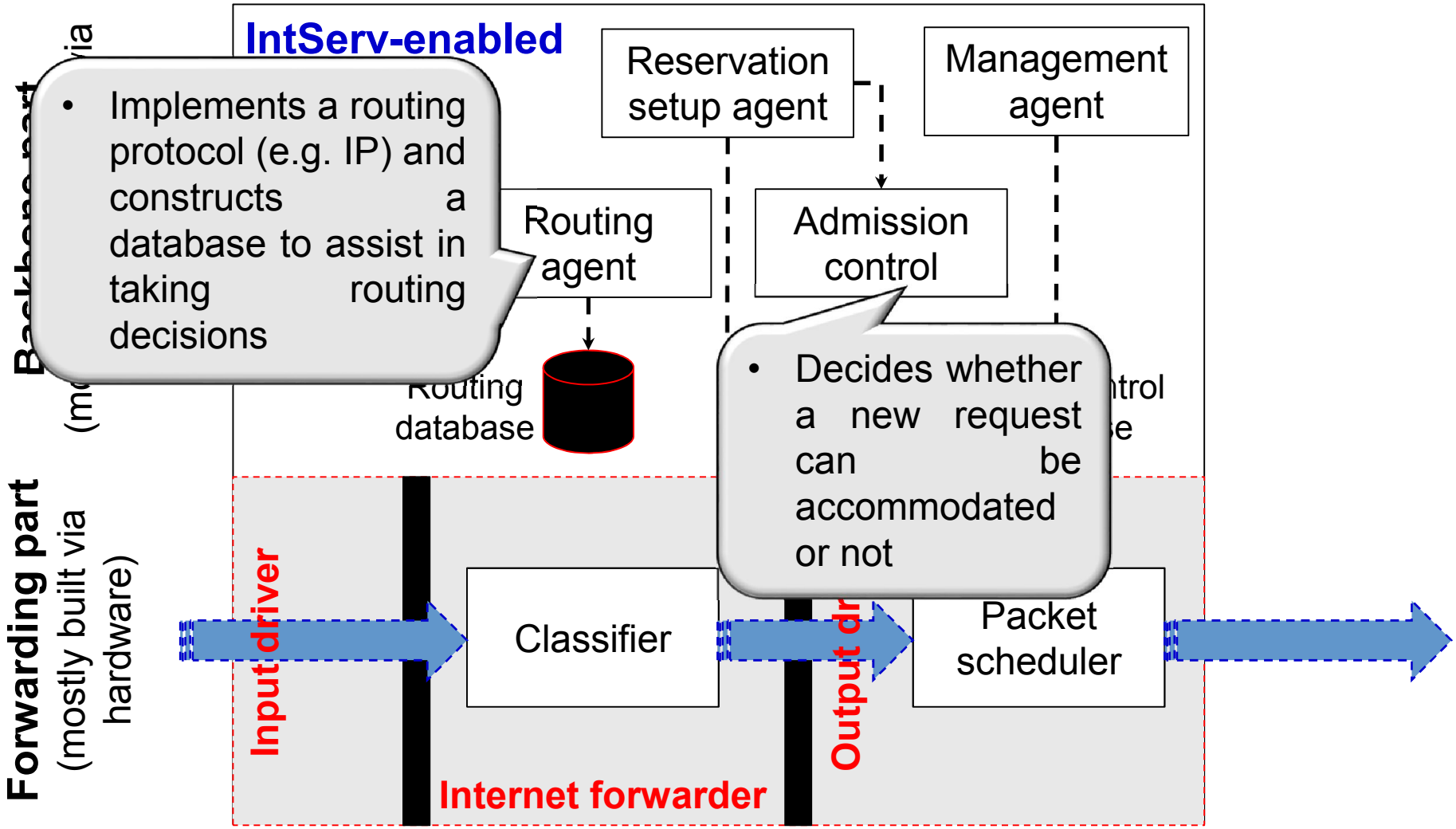


- Handles each packet passing the system (involves a hardware assist)
- Includes three main components
  - an input driver, an Internet forwarder and an output driver
- The Input driver is an input queue
- The Internet forwarder
  - Forwards the packets based on their IP headers.
  - Implements a classifier to classify incoming packets and forward them following that to the adequate output driver
- The output driver is, in practice, a packet scheduler

Integrated Service Architecture



Integrated Service Architecture (IntServ)



Integrated Service Architecture (IntServ)