

Managementul si planificarea resurselor pentru asigurarea calitatii serviciilor in comunicatii multimedia

Specializare: Master an I CMM

Eugen Borcoci

Universitatea POLITEHNICA Bucuresti

Facultatea Electronica, Telecomunicatii si Informatiei
Eugen.Borcoci@elcom.pub.ro

1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate
2. Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. Arhitecturi orientate QoS
6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

Anexe

1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

- Revizie a arhitecturilor stratificate :retele integrate, inclusiv Internet
- Modelul clasic OSI. Modelul TCP/IP
- Stive reale: TCP/IP, SS7, tehnologii de acces - (nivele 1-2). MPLS, SS7
- Arhitecturi 2G, 3G
- Concepte de arhitecturi multi-plan
- Arhitecturi orientate multi-media (MM)

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

- Aplicatii si servicii orientate catre continut si media
 - Audio, voce, video, multimedia
- Servicii si aplicatii VoIP, VoD si retele de distributie de continut (CDN)
- Audio si video conferinta (AVC), e-learning
- IPTV, aplicatii complexe – multi-serviciu

3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete

- Principalele cerinte ale transportului fluxurilor media prin retea
- Problemele actuale ale tehnologiilor Internet in privinta calitatii serviciilor (QoS)
- Modele de trafic (sumar)
- Parametri de transport la nivel retea: banda, intarziere, fluctuatia intarzierii, pierderi
- Abordari generale pentru garantarea calitatii serviciilor in arhitecturi TCP/IP
- Calitatea la nivel perceptual si legatura cu parametrii QoS la nivel retea
- Standarde de codare audio-video si cerinte specifice.

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

- Principalele functiuni algoritmi si mecanisme elementare necesare pentru controlul fluxurilor media din punct de vedere al diferentierii serviciilor si rezervarii de resurse
- Clasificarea traficului
- Functii de "policing", masurare si marcare
- Mecanisme de modelare a traficului
- Manevrarea cozilor multiple si managementul de memorie
- Planificarea extragerii pachetelor
- Controlul admisiei, rezervarea de resurse, rutarea cu constrangeri.

5. Arhitecturi orientate QoS

- Arhitecturi care integreaza in sisteme cu facilitati "capat la capat" elementele dezvoltate in capitolul 4
- Servicii "best effort"
- Servicii diferite, Servicii integrate
- Servicii cu provizionare a resurselor si garantii de calitate
- Sisteme multi-domeniu si managementul QoS.
- Aspecte specifice pentru tehnologii "wireless" si mobilitate.

6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

- Principiile si specificarea principalelor protocoale pentru controlul sesiunilor media si al calitatii serviciilor
- Protocolul RSVP
- Tehnologii MPLS folosite pentru transportul fluxurilor cu garantii de calitate
- Protocolul SIP
- Protocoale pentru transport in timp real (RTP, RTCP)
- Protocoale de semnalizare in VoD.
- Utilizarea HTTP in aplicatii media
- Exemple din VOIP, VoD, Video streaming, IPTV

1. ➡ Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate
2. Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. Arhitecturi orientate QoS
6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.1- 1-5: vezi Anexe (recapitulare)

Observatie: acestea nu se detaliaza in prezentarea acestui curs

- 1.1 Introducere
- 1.2 Nivele functionale
- 1.3 Modelul de referință OSI –sumar
- 1.4 Arhitectura TCP/IP
- 1.5 Tehnologia MPLS

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

- **Principii**
- Standardizare : ITU-T, 3GPP, TISPAN, IETF, ETSI, IEEE
- Origine: Telecom , s-au def. mai multe plane arhitecturale
- IETF (TCP/IP- Internet) stiva originala mono-plan
- **Azi: se recunoaste utilitatea stivelor multiplan**
 - **Motive:**
 - **Rețelele reale executa**
 - transferul datelor utilizatorului
 - resursele rețelei trebuie controlate (rute, link-uri, buffere, etc.)
 - pe termen scurt; pe termen mediu-lung
 - serviciile de conectivitate si de nivel inalt trebuie controlate pe termen scurt si lung
- **Exemple de arh. Multi-plan (DPI + CPI + MPI):**
 - ITU-T: ISDN, BISDN, NGN
 - ETSI, 3GPP, TISPAN: GSM(2G), 3G IMS
 - IEEE: WiMax, 3GPP-LTE
- motivatie: filozofia de concepie telecom a privit de la bun inceput in mod separat datele utilizatorului (voce, video, audio) in raport cu informatia de control si mng. (semnalizari, rutare, etc.)

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

- Principii
- Plane Arhitecturale
- **Planul de date (*Data plane* - DPI)-** transporta unitatile de date ale utilizatorilor
 - Ex. de functii ce actioneaza asupra unitatilor de date :
 - clasificarea traficului,
 - marcarea pachetelor cu priorit. diferite, (“marking”),
 - modelarea (netezirea) varfurilor de trafic – “traffic shaping”,
 - mng. buffere,
 - evitarea si tratarea sit. de congestie,
 - politici de cozi de pachete
 - planificatoare pentru extragerea pachetelor pe I/F de iesire

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

- **Principii** (continuare)
- **Planul de control *Control Plane* (CPI)** – controlează caile ptr. traficul utiliz. ; controlul admisiei apelurilor, calculul rutelor, (routing) rezervarea și alocarea de resurse
- **Planul de management - *Management plane* (MPI)** – operarea administrarea și aspecte de mng. al res. și serviciilor ptr. servirea traficului utilizatorilor: monitorizare, suprav fct. normale, alarme, reconfigurări ale sist și rutelor, mng. serviciilor, reconfig. Serviciilor, mng. bazat pe politici
- Arhitectura alternativă: ***Plan al serviciilor*** definit separat – este de fapt un plan al serviciilor de nivel înalt capăt la capăt, independent de transport și mng. al resurselor.

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

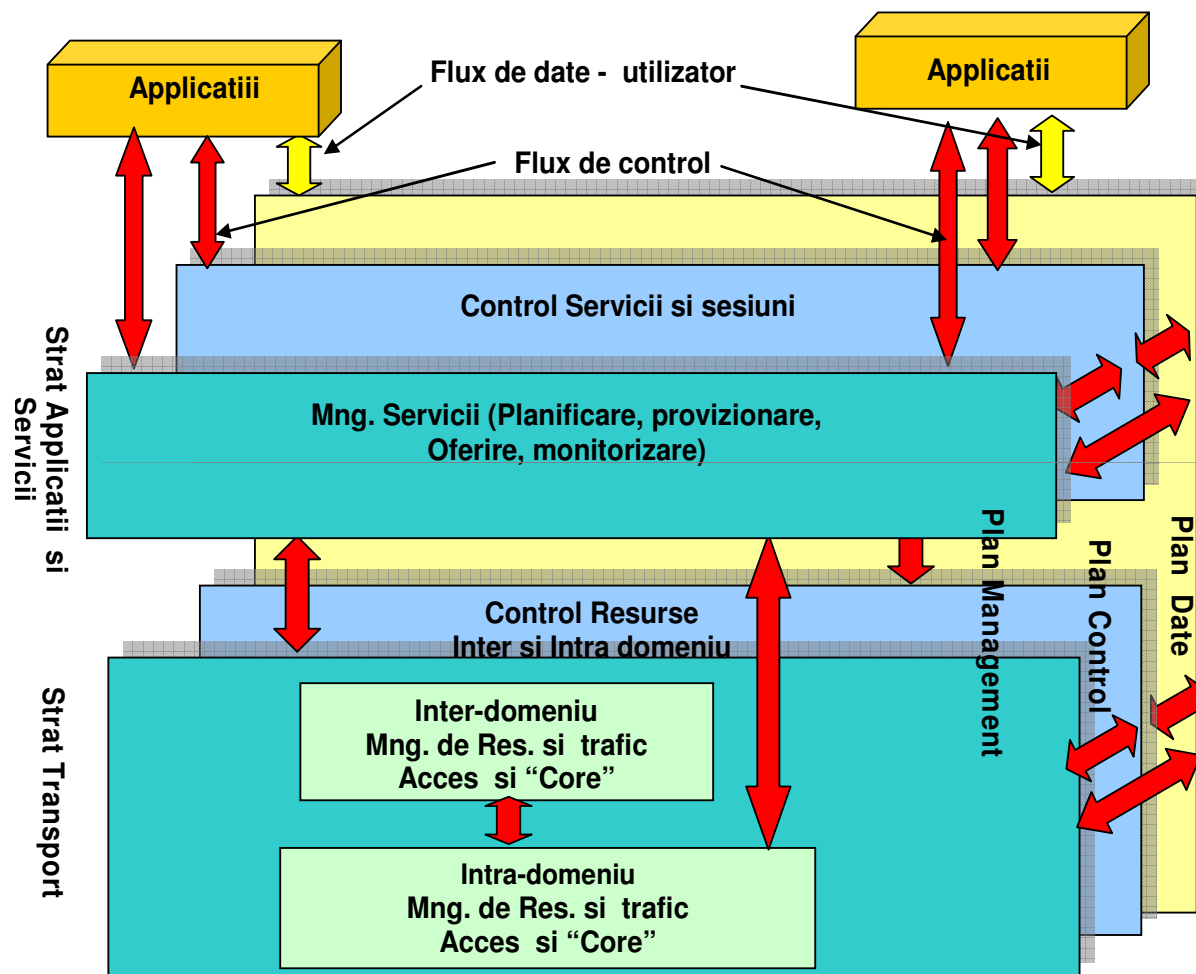


Figura 1-13 Exemplu generic de arhitectura multi-plan.

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.6. Arhitecturi cu plane multiple

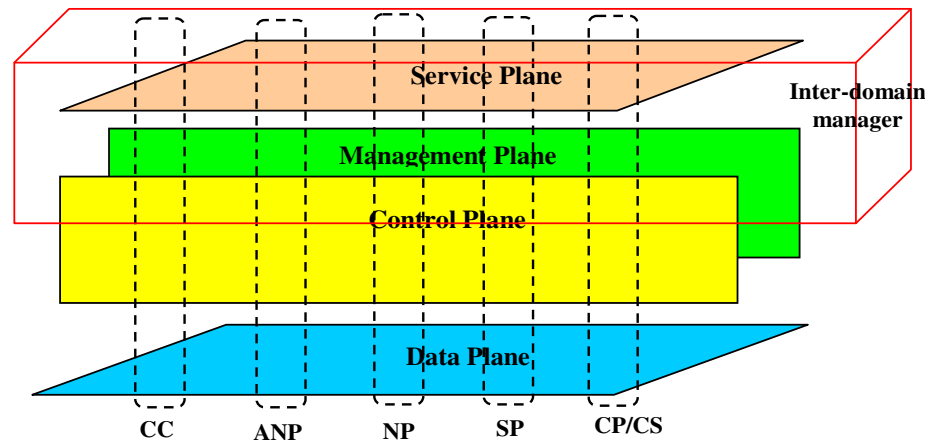


Figura 1-14 Exemplu generic de arhitectura multi-domeniu, multi-plan si actorii implicati

Actori („Business entities”)

High Level - Service Providers (SP)

Content Providers (CP) (can own separate Content Servers- CS)

Connectivity Services - Network Providers (NP)

Content Consumers (CC)

Access Services - Network Providers (AC)

Fiecare actor are mai multe sau mai putine dintre functiunile celor patru plane depinzand de rolul sau.

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

- **Elemente de semnalizare**
- Semnalizari : transporta cerinte functionale si/sau de performanta ale aplicatiilor si sau retelelor; rezerva si alocare resurse in retea; descoperire rute; mesaje de control in general; sgn. legate de necesitati QoS
- Clasificarea semnalizarilor- criteriile :
- Dupa locul de amplasare al informatiilor de semnalizare
- *in_band* (in banda) sau *out_of_band* (in afara benzii)
- Dupa raportul dintre canalul de semnalizare si calea de date (aceasta este valabila doar pentru *out_of_band*)
- *path-coupled* (cuplate cu calea de date) sau *decoupled* (pe canale logice separate)
- Dupa asocierea semnalizarilor cu fluxurile logice de date
- - pe *canal individual* sau pe canal comun (*common channel*)
- Exista si semnalizari ne-asociate cu fluxurile de date, schimbate intre managerii de retea sau servicii pentru gestiune de resurse, descoperire de vecini, coordonare, SLA, etc.
-

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

- **Elemente de semnalizare**
- **Exemple:**
- in banda :
 - informatii de control in pachete TCP, IP, MPLS
 - semnalizari DTMF in retele telefonice, etc.
- in afara benzii :
 - “path coupled” : RSVP (protocol pentru rezervare de resurse in TCP/IP)
 - “path decoupled” SS7- in ISDN, GSM- pe canal comun
- **Noi standarde de semnalizare la IETF**
- IETF NSIS (working group Next Step in Signalling)
 - In mod specific se ocupa cu sgn pentru QoS
 - dezvolta un cadru general de sgn (Transport + aplicatie de sgn) – principalul protocol – “path coupled”
 - path decoupled – in studiu.

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

(English)

Next Generation Networks (> 2000)

■ Standardization Players

- ATIS NGN FG: Alliance for Telecommunication Industry Solutions, Next Generation Networks Focus Group - USA
- ITU-T NGN FG: International Telecommunication Union (Telecom), Next Generation Networks Focus Group
- ETSI TISPAN: European Telecommunications Standards Institute, Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks
- 3GPP: Third Generation Partnership – standardization in Mobile 3G networks
- IETF – starts to adopt also such approach (> 2007)
 - Data Plane (mainly forwarding actions)
 - Control Plane (Routing, policies, resource and services management, ..)
 - Result: Software Defined Networks

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple Next Generation Networks

- NGN
- packet-based network (IP based)
- able to provide Telecommunication multiple services
- able to make use of multiple broadband,
- QoS-enabled transport technologies
- service-related functions are independent from underlying transport-related technologies.
- enables unfettered access for users to networks and to competing service providers and/or services of their choice.
- supports generalized mobility which will allow consistent and ubiquitous provision of services to users.

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple Next Generation Networks

- Key requirements of an NGN Architecture
 - Trust: Operator should be able to trust the network. User should be able to trust the operator
 - Reliability: Users should find it reliable
 - Availability: Network should always be available
 - Quality: Able to control Quality of the Service
 - Accountability: Determine usage of the Service
 - Legal: Comply with laws in the local jurisdictions
 - Generalized Mobility support

- Note: Classical Internet cannot respond in very controllable manner to the above requirements

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple

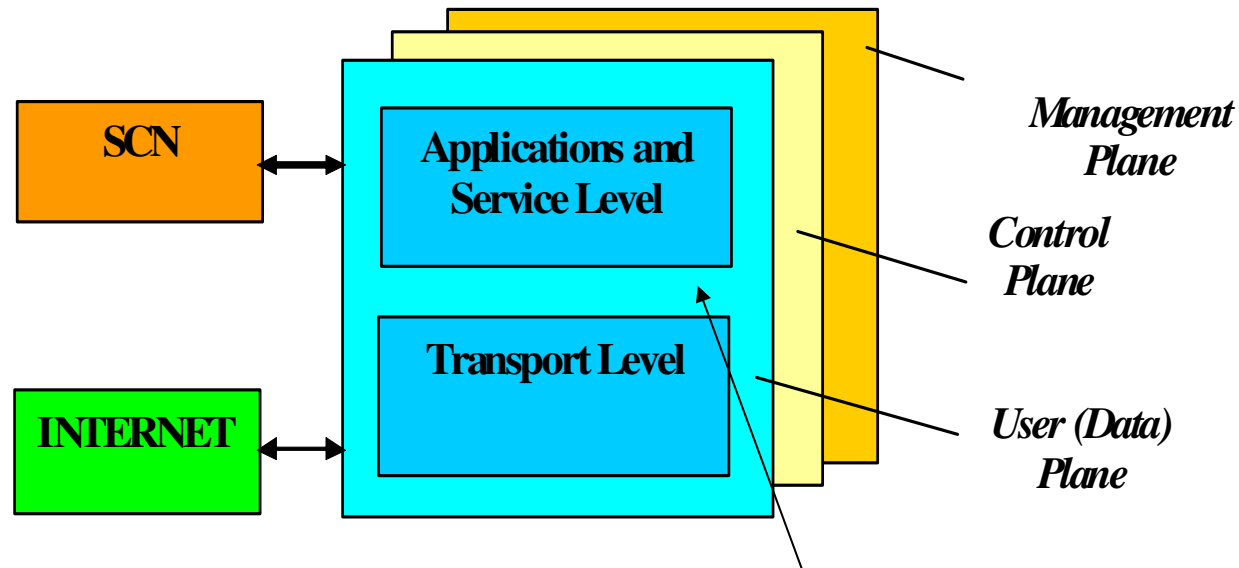
Next Generation Networks

- NGN characteristics
- NGN: new telecommunications network for broadband fixed access
- • facilitates convergence of networks and services
- • enables different business models across access, core network and service domains
- • it is an IP based network
- • IETF *Session Initiation Protocol (SIP)* will be used for call & session control
- • 3GPP release 6 (2004) *IMS* will be the base for NGN IP Multimedia Subsystem
- • enables any IP access to Operator IMS; from
 - Mobile domain
 - Home domain
 - Enterprise domain
- • enables service mobility
- • enables interworking towards circuit switched networks
- • maintains Service Operator control for IMS signaling & media traffic

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.6 Arhitecturi cu plane multiple Next Generation Networks

- NGN generic – simplified architecture

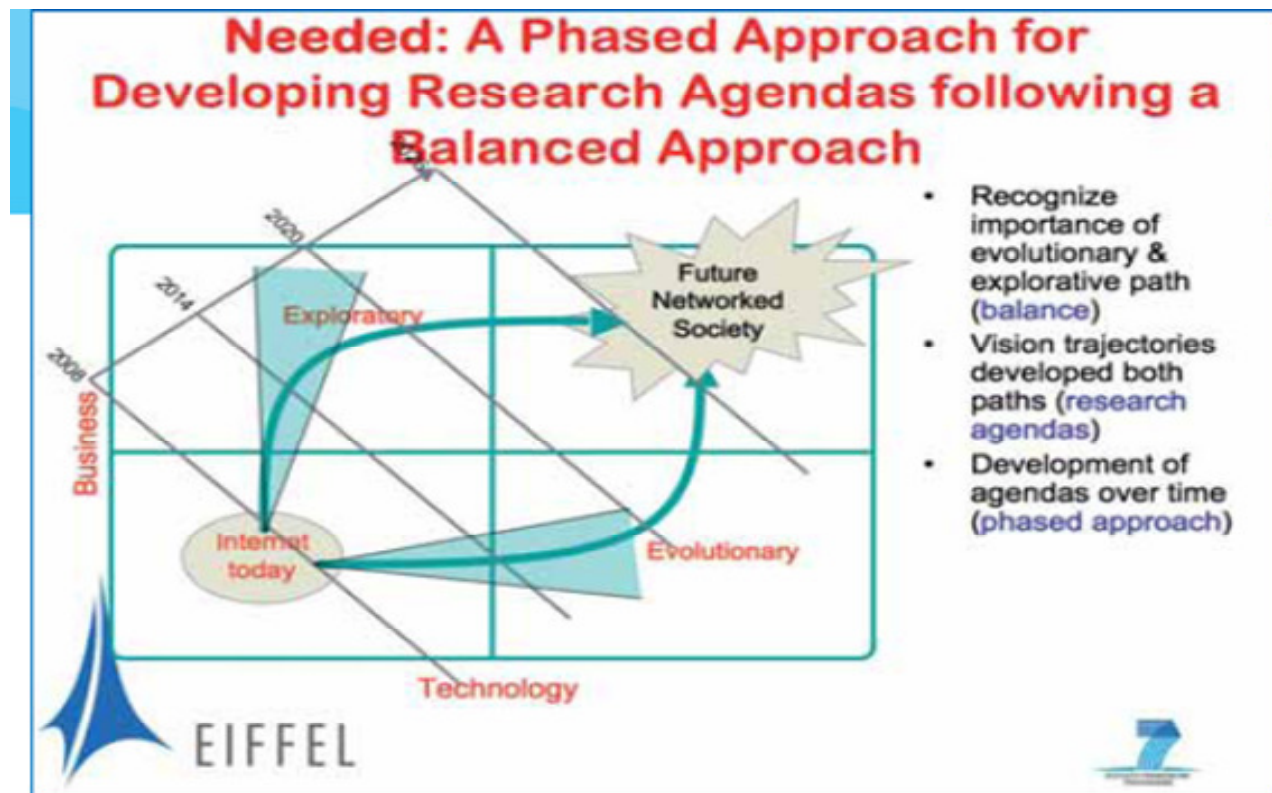


Clear separation between
-Transport
-Services and Applications
(principle abandoned in other new approaches!!)

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.7 Tendinte recente

- Evolutii posibile pentru Future Internet
 - Evolutionist? Revolutionar “clean slate” approach? Cale de mijloc?
 - Sursa: Petri Mahönen, Project Coordinator, EIFFEL, RWTH Aachen University“ Evolved Internet Future for European Leadership (EIFFEL)”, FI Conference, Bled, 2008



1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.7 Tendinte recente

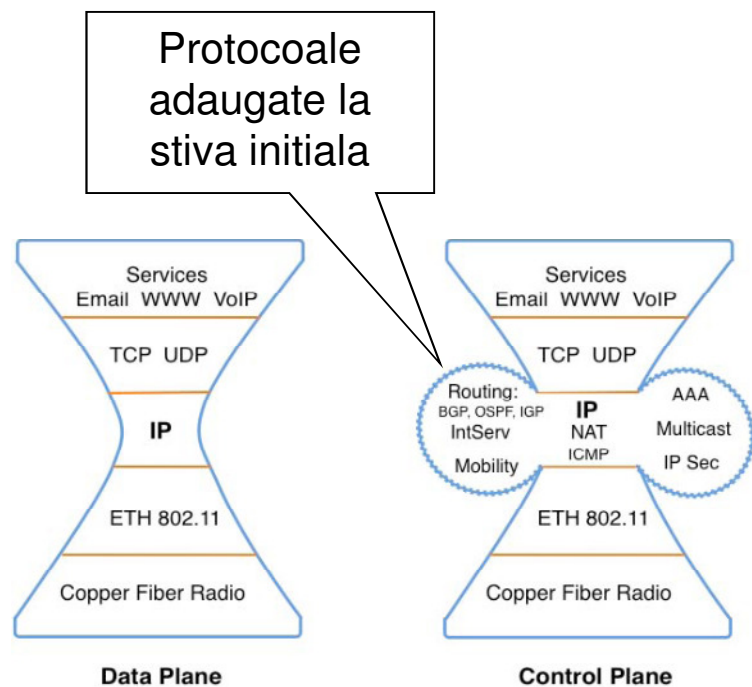


Figura 1-15 Stiva TCP curenta

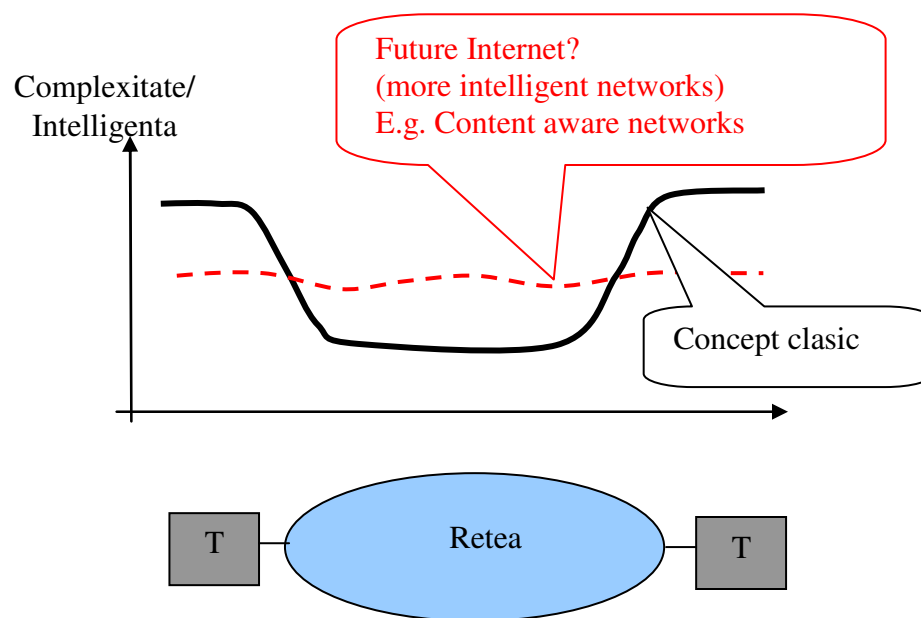


Figura 1-16 Conceptul clasic si tendinte noi in distributia functiilor de prelucrare (Future Internet)

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.7 Tendinte recente

■ Concepte CAN/NAA

- Abordarea traditionala
 - Modul in care informatia (continutul), este prelucrata la nivelele superioare este total independent de modul de transport
 - Aceasta a dat posibilitatea
 - dezvoltarii serviciilor de nivel inalt si aplicatiilor independent de transport - > actori independenti pe piata comunicatiilor
 - modularitatii arhitecturilor (separare puternica a straturilor)
- Intrebare: pot fi servite mai bine fluxurile aplicatiilor daca se introduce mai multa inteligenta in retea? (dar totusi sa se pastreze o modularitate suficienta)
- CAN : ajustarea alocarii resurselor la nivel retea bazat pe informatii (limitate) asupra naturii fluxurilor transportate- in particular tipul de continut) si prelucrari diferite privind modul de transport (nota: neutralitatea rețelei nu mai este totala)
- NAA: prelucrare de tip “network-aware” a continutului, bazat pe informatii (limitate) asupra caracteristicilor de transport si conditii ale rețelei

1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.7 Tendinte recente

■ Concepte CAN/NAA (cont)

■ Avantaje:

- Optimizarea transportului in functie de tipul continutului transferat
- Optimizari la nivelul servcii/aplicatii pe baza unor informatii privind tipul de transport

■ Probleme:

- Se incalca partial conceptele arh. traditionale
- Creste volumul de prelucrari in nodurile de retea (rutere)

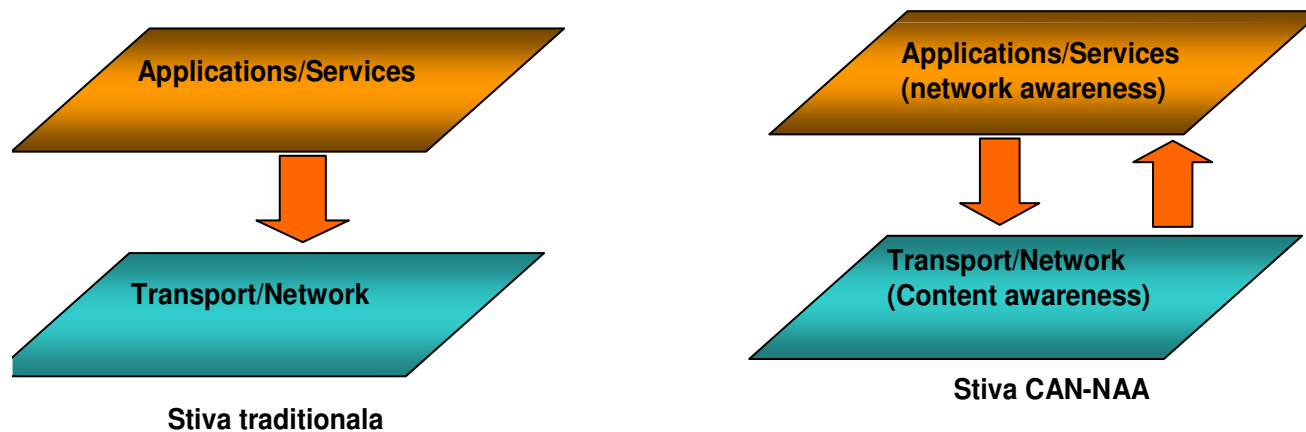


Figura 1-17 Conceptul “Content Aware Networking” si
“Network Aware Applications”: CAN-NAA

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.7 Tendinte recente

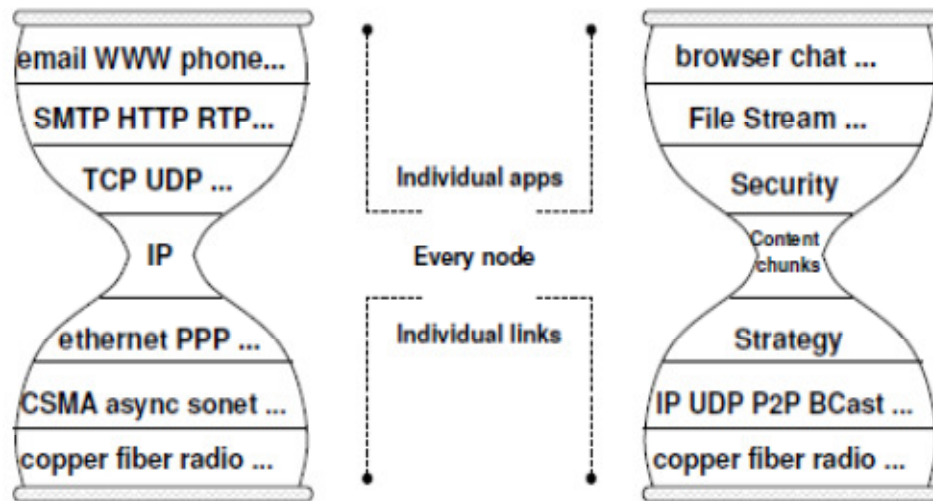
- Abordari noi in curs de cercetare!!
- - **ICN - Information Centric Networking**
 - **CON - Content Oriented Networking**
 - **CCN - Content Centric Networking**
 - **NDN - Named Data Networking**
 - **SON – Service Oriented Networking**
 - **Particular case: CAN- Content Aware Networking and NAA- Network Aware Applications**
- *Information-Centric Networking (ICN)* – cel mai general nume
 - Principala paradigma ICN nu mai este comunicatia E2E intre doua masini (host) identificate prin adrese
 - **ci comunicatia bazata pe obiecte informationale identificate prin nume, indiferent de localizarea geografica**
 - Se propun **schimbari fundamentale** la nivel retea (rutare bazata pe nume si nu pe adresa, caching, model de comunicatie - asincron publish/subscribe-, etc.)
 - **Subiecte in discutie la nivel mondial: cercetare/industrie/univ/operatori**

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

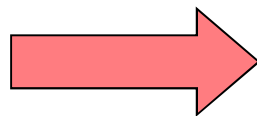
1.7 Tendinte recente

Exemplu:Concepte CCN (abordare revolutionara)

- Se propune o noua "talie subtire" in Internet:
- IP → "chunks of named content"



Stiva traditionala
TCP/IP



Stiva originala
CCN (*)

Application	Applications: browser chat, file stream:
	Security
	Content chunks
	Strategy
	P2P, ..
TCP, UDP, ...	UDP
IP	Intra-domain routing: OSPF, .. Inter-domain routing: BGP, ... (placed here to show their role)
Data link	Any Layer 2
Physical Layer (wireline, wireless)	Any PHY

Reprezentare alternativa
a stivei CCN
(daca utilizeaza TCP/IP)

Sursa (*): Van Jacobson Diana K. Smetters James D. Thornton Michael F. Plass, Nicholas H. Briggs Rebecca L. Braynard, Networking Named Content, Palo Alto Research Center, Palo Alto, CA, October 2009

2. Information/Content Centric Networking

- **ICN/CON/CCN/CAN/NDN....**
- **Terminology**
 - Not standardised, different (overlapping) semantics...
 - ICN/CCN - Information/Content Centric Networking
 - CON - Content Oriented Networking
 - DON - Data Oriented Networking
 - CAN - Content Aware Networking
 - NDN - Named Data Networking
 - **Related terminology:**
 - SON – Service Oriented Networking
 - NAA- Network Aware Applications
 - **Examples of recent ICN/CON Projects**
 - EUROPE : PSIRP, 4WARD, PURSUIT, SAIL, ...
 - USA: CCN , DONA , NDN, ALICANTE

2. Information/Content Centric Networking

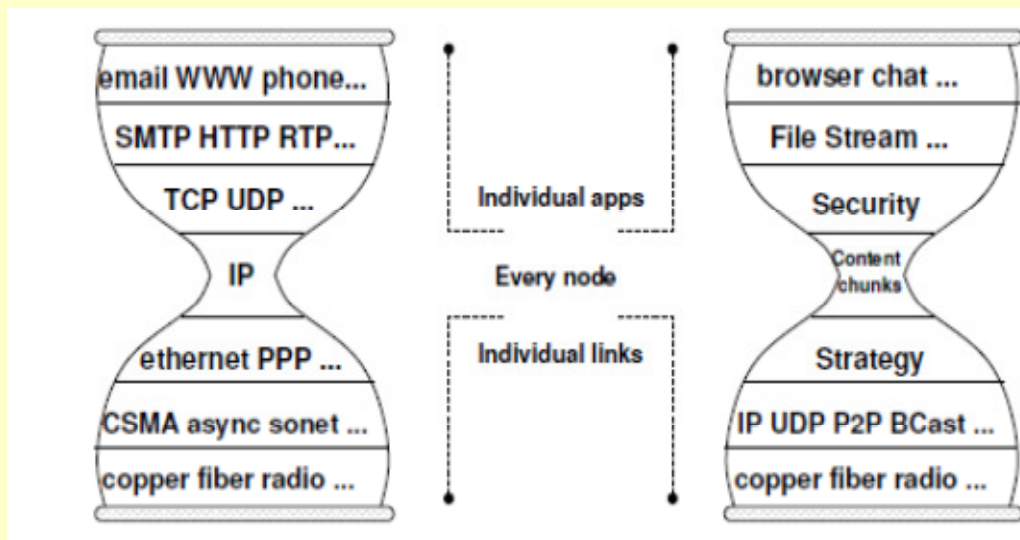


- Example 1: Content Centric Networking
- Source: Van Jacobson Diana K. Smetters James D. Thornton Michael F. Plass, Nicholas H. Briggs Rebecca L. Braynard, Networking Named Content, Palo Alto Research Center, Palo Alto, CA, October 2009
- **CCN Concepts**
 - Current network **evolve mainly to content distribution and retrieval**
 - Traditional networking : connections based on hosts locations (need mapping *what* -> *where*).
 - CCN: **Content treated as a primitive** – *decoupling*
 - *location from identity, security and access,*
 - *retrieving content by name*
 - *Routing named content*, (derived from IP), allows, (*claimed by authors*), to achieve *scalability* security and performance

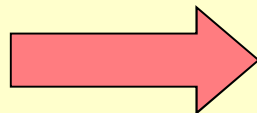
2. Information/Content Centric Networking

CCN concepts (cont'd)

CCN proposes new “thin waist” of the Internet: IP → to chunks of named content



Traditional
TCP/IP stack



Original
picture
CCN

Source: Van Jacobson Diana K. Smetters James D. Thornton
Michael F. Plass, Nicholas H. Briggs Rebecca L. Braynard,
Networking Named Content, Palo Alto Research Center,
Palo Alto, CA, October 2009

Application	Applications: browser chat, file stream:
	Security
	Content chunks
	Strategy
	P2P, ..
TCP, UDP, ...	UDP
IP	Intra-domain routing: OSPF, .. Inter-domain routing: BGP, ... (placed here to show their role)
Data link	Any Layer 2
Physical Layer (wireline, wireless)	Any PHY

Alternative view of CCN stack
(if it run on top of IP)

2. Information/Content Centric Networking



- **CCN Concepts (cont'd)**
 - Most layers of the traditional stack have horizontal bilateral agreements/protocols (Node to node, end to end)
 - Network layer : the only one requiring universal agreement
 - **Why IP's success ?:**
 - simple (thin 'waist' of the stack)
 - flexible (dynamic routing)
 - Any L4 on it
 - Any L2 under it: Low demand from L2: stateless, unreliable, unordered, best-effort delivery.
 - **CCN's "network layer" is claimed to be similar to IP**
 - it makes fewer demands on L2,
 - (+): CCN *can run on top of anything*, including IP itself.

2. Information/Content Centric Networking



■ CCN Concepts (cont'd)

- CCN specific features- different from IP
 - **Strategy and security: new layers**
 - can use multiple simultaneous connectivity (e.g., Ethernet, 3G, 802.11, 802.16, etc.) due to its simpler relationship with layer 2.
 - **Strategy layer**
 - *makes dynamic optimization* choices - to best exploit multiple connectivity under changing conditions
 - **Security Layer**
 - *CCN secures the content objects* rather than the connections over which it travels (*this is to be discussed more..*)
 - avoiding many of the host-based vulnerabilities of current IP networking

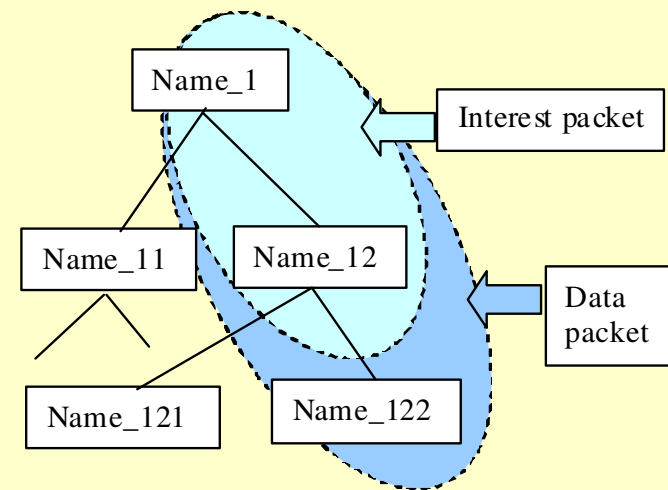
2. Information/Content Centric Networking



■ CCN Concepts (cont'd)

■ CCN Naming

- CCN names :opaque, binary objects composed of some (explicitly specified) number of components
- Hierarchical structure of names => the above prefix match is equivalent to
- *Data_Packet* is in the *name subtree* specified by the *Interest_Packet*
- Similarity with hierarchical structure of IP addresses ((net, subnet, ..)
- Name prefixes can be context dependent
 - e.g. “*This_building/this_room*”



Interest (Name_1/Name_12)

Data (Name_1/Name_12/Name_122)

2. Information/Content Centric Networking



■ CCN Concepts (cont'd)

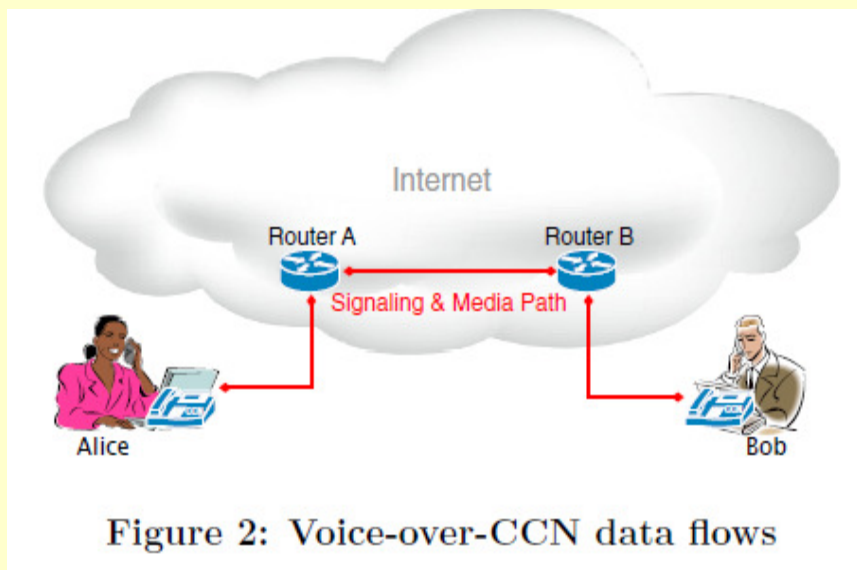
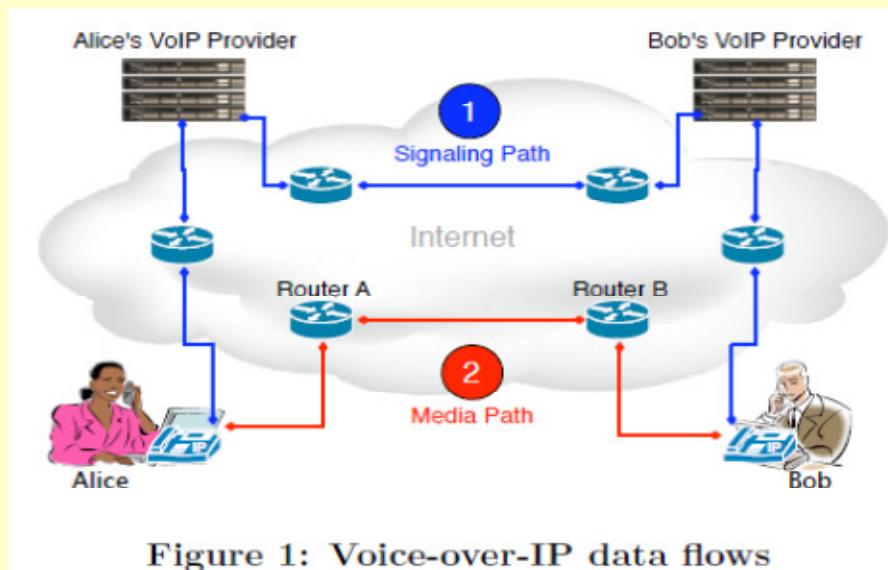
■ CCN high level description

- The content producers advertise their content objects
- The nodes store the interfaces from where content can be reachable
 - Some “forwarding tables” are filled
- The consumers *broadcast* their **interest** for some **content**
- Any node hearing the **Interest** and having stored the required content can respond with **Data packet**
- *Data* are returned as a response to an interest only and consumes this *interest* (1-to- 1 relationship Interest-Data)
- Multiple nodes interested in the same content may share the Data
- Packets: CCN is naturally **multicast enabled**
- Network nodes can perform caching- **CDN similar functions**
- **Content characterisation:**
 - Data ‘satisfies’ an Interest if the *ContentName* in the *Interest Packet* is a prefix of the *ContentName* in the *DataPacket*

2. Information/Content Centric Networking



- **Real-time interactive communication in CCN**
- **Q: Can it be done?**
- **Example VoIP:** main problem: how to request a content which does not exist yet?
 - *Solution: Source: Van Jacobson, Diana K. Smetters, Nicholas H. Briggs, Michael F. Plass, Paul Stewart, James D. Thornton, Rebecca L. Braynard, VoCCN: Voice-over Content-Centric Networks <https://www.parc.com/content/attachments/voccn-voice-over-content.pdf>*



2. Information/Content Centric Networking



- **Real-time interactive communication in CCN**
- **Q: Can it be done?**
- **Example VoIP (cont'd) :**
 - **Summary of solution**
 - 1. Define a rendez-vous mechanism to allow signalling between caller and the callee
 - o initiate a call, the caller's phone must be able to request a connection with the callee, and get a confirmation response
 - This requires the callee's phone to offer a service contact point.
 - To translate the original procedure (based on location address) into a CCN model, *on-demand publishing* is defined
 - the ability to request content that has not yet been published, route that request to potential publishers, and have them create and then publish, the desired content in response
 - 2. Define a way to transition from this initial rendezvous to a bi-directional flow of conversational data
- For details see: *VoCCN: Voice-over Content-Centric Networks*
<https://www.parc.com/content/attachments/voccn-voice-over-content.pdf>

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate (English)



- 1.7 Tendinte recente (sumar)
- Future Media Internet Architecture Reference Model
- FI Design principles (valid also for FMIA)
- Support flexible business models
 - multiple stakeholders can participate in an open environment that supports
 - encourages innovation and participation without barriers.
- Open architectures and protocols
 - enable increased competition between providers(NP, SP, ..)
- Users should be “prosumers”
- Support of a greater participation of individuals, communities and small businesses + and more established organizations
- Offer incentives for all providers of content/services to receive appropriate benefits for their contribution
- FI should be sustainable network , flexible enough to evolve, develop and extend in response to market needs
 - ability to be scalable, available and reliable in a resource- and cost efficient manner

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate



- **Source: Future Media Internet Architecture Reference Model**

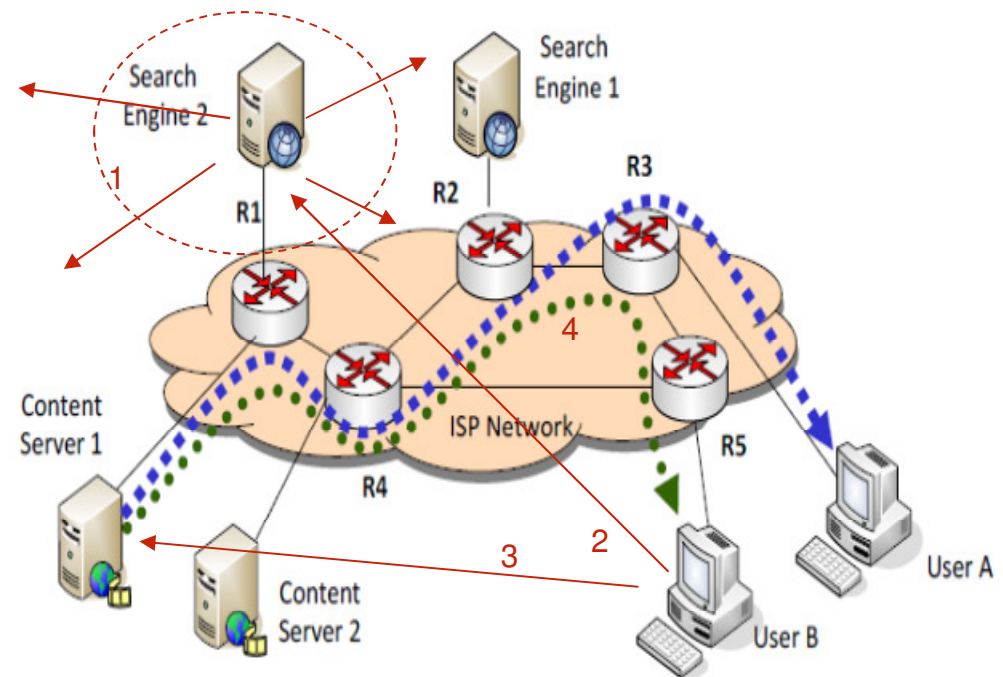
- [www.fi-nextmedia.eu /](http://www.fi-nextmedia.eu/)
- <http://initiative.future-internet.eu/news/view/article/future-media-internet-architecture-reference-model-white-paper.html>- 2011

- **Current Internet limitations-related to content delivery**

- *Components*

- *Content Servers or Content Caches* (Content Provider or user generated content and services),
- *Search Engines* (centralised or clustered)
- *Network Nodes* (*Routers* - edge and core and, *Residential Gateways*)
- *User terminals*

- *Phases: 1-4 to get content*

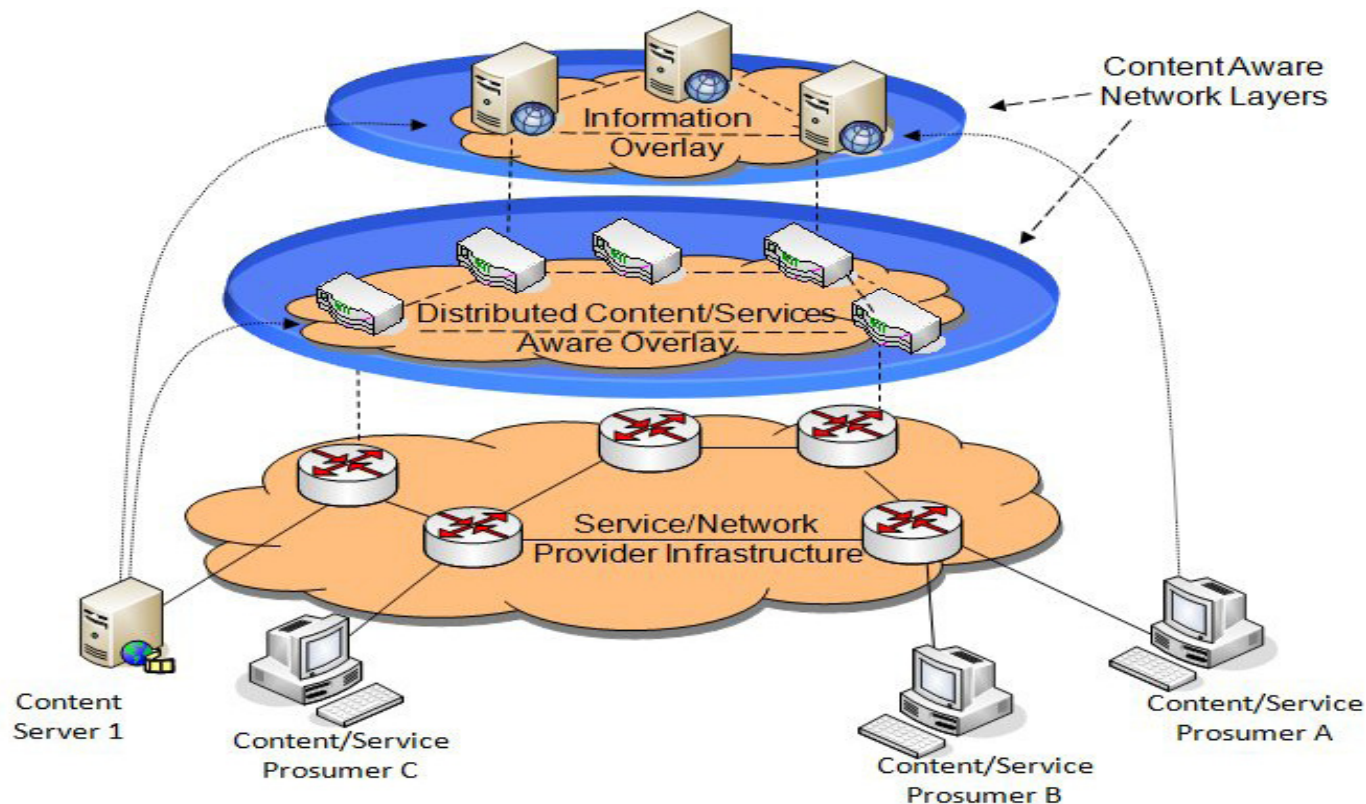


Source: <http://initiative.future-internet.eu/news/view/article/future-media-internet-architecture-reference-model-white-paper.html>- 2011

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate



- **Source: Future Media Internet Architecture Reference Model**
 - www.fi-nextmedia.eu/
 - **High –level FMI Network Architecture**



1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate



- **Source: Future Media Internet Architecture Reference Model**
 - [www.fi-nextmedia.eu /](http://www.fi-nextmedia.eu/)
- **High –level FMI Network Architecture (cont'd)**
- nodes may belong to more than one layer
- FMI deployment is expected to be incremental
 - legacy network nodes will remain for a number of years;
 - the proposed architecture should be backward compatible with current Internet deployment
- ***Service/Network Provider Infrastructure***
 - lower layer
 - Users are considered as Content Producers (user generated content) and Consumers (“Prosumers”)
 - Usually the owner is ISP/network provider
 - Limited functionality and intelligence nodes
 - Content will be routed, **assuming basic quality requirements** and if possible and needed cached in this layer.

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate



- **Source: Future Media Internet Architecture Reference Model**
 - [www.fi-nextmedia.eu /](http://www.fi-nextmedia.eu/)
- **High –level FMI Network Architecture (cont'd)**
- ***Distributed Content/Services Aware Overlay***
 - **Content-Aware Network** Nodes (edge routers, home gateways, terminals devices)
 - **Intelligent nodes** can filter content and Web services flowing through (e.g. via DPI, signalling processing),
 - identify streaming sessions and traffic (via signalling analysis) and provide qualification of the content.
 - information reported to the *Information Overlay*
 - **Virtual overlays** (not shown) are statically/dynamically constructed at this layer.
 - overlays can target specific purposes: e.g. content caching, content classification, indexing, network monitoring, content adaptation, optimal delivery/streaming
 - Content delivery modes; hybrid client-server and/or P2P
 - Nodes have information on the content and the content type/context that they deliver → hybrid topologies may be constructed, customised for streaming complex media
 - Scalable Video Coding (SVC), Multi-view Video Coding (MVC).

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

- **Source: Future Media Internet Architecture Reference Model**
 - [www.fi-nextmedia.eu /](http://www.fi-nextmedia.eu/)
- **High –level FMI Network Architecture (cont'd)**
- ***Information Overlay***
- intelligent nodes/servers having distributed knowledge of
 - content/web-service location/caching
 - (mobile) network instantiation/ conditions (limited)
- Types of nodes:
 - unreliable peers in a P2P topology
 - secure corporate routers
 - Data Centres in a distributed carrier-grade cloud network
- Factors determining variation: actual network deployment and instantiation, the service scenario/requirements, service quality agreements
- Content stored/cached : at the *Information Overlay* or at lower hierarchy layers.
- *Information Overlay allows* awareness of the content/services location/caching and the network information
 - decision can be made on the way that content will be optimally retrieved and delivered to the subscribers or inquiring users or services

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

Referinte



1. A.Tanenbaum Retele de Calculatoare, Ed IV, Ed. Agora 2004
2. A.Farrel, The Internet and its Protocols, Morgan Kaufmann , 2004
3. M.Poikselka et.al., IMS- IP Multimedia Concepts and Services, J.Wiley, 2006
4. T.Erl, Service Oriented Architecture, Prentice Hall, 2004
5. D.Comer, *TCP/IP*, J.Wiley, 2004
6. R. Balakrishnan, Advanced QoS for Multiservices IP/MPLS networks, J. Wiley, 2008
7. J. Buford, P2P networking and applications, Morgan Kaufmann, 2009
8. D.Medhi, Network Routing, Morgan Kaufmann, 2008
9. Towards the Future Internet G. Tselentis et al. (Eds.), IOS Press, 2009
10. [www.fi-nextmedia.eu /](http://www.fi-nextmedia.eu/)
11. Van Jacobson Diana K. Smetters James D. Thornton Michael F. Plass, Nicholas H. Briggs Rebecca L. Braynard, Networking Named Content, Palo Alto Research Center, Palo Alto, CA, October 2009
12. <http://initiative.future-internet.eu/news/view/article/future-media-internet-architecture-reference-model-white-paper.html>- 2011

1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate
2. 👉 Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. Arhitecturi orientate QoS
6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.1 Comunicatii multimedia in retea

- **Multimedia** : continut informational ce combina si interactioneaza cu formate multiple al datelor media, de ex. text, semnal vocal, audio, imagini, grafica, animatie si cu posibile formate de documente.
- Tendinte curente in comunicatii multimedia
 - Evolutia tehnologiilor de transport
 - - comutatie de circuite → comutatie de pachete, stiva TCP/IP
- Evolutia necesitatilor pietei si societatii:
- comunicatii MM in retea “**networked multimedia**” bazate pe
 - transport IP prin retele heterogene
 - aplicatii MM cu suport asigurat de calculatoare (servere, terminale)
- Noi cerinte (“provocari”) au aparut:
- Noi modele comerciale cu actori
 - “High Level Service Providers (HSLP)”, “Content Providers (CP)”,
 - “(Core) Network Providers (NP), Access Network Providers (ANP)”
 - “Resellers (RS)”,
 - “Customers (Content consumers/producers CC/CCP)”

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.1 Comunicatii multimedia in retea

- Impact asupra arhitecturilor si tehnologiilor:
 - cooperare intre tehnologii heterogene
 - infrastructura multi-domeniu care sa coopereze
 - QoS si « Quality of Experience » - cu garantii
 - De diferite nivele (deterministe, statistice, ..)
 - In mod flexibil/la cerere
 - QoS si « Quality of Experience » - cu garantii
 - Securitatea informatiei (confidentialitate, autenticitate, incredere, autorizare, DRM)
 - Scalabilitate pentru sisteme mari si comunitati largi (ex. IPTV)
 - Flexibilitate pentru dezvoltarea de noi servicii
 - Noi paradigme de comunicatie :
 - P2P
 - servicii in “fascicul/pachet” “3-play, 4-play”- (live sau la cerere)
 - comunitati foarte mari de utilizatori
 - retele sociale
- Infrastructuri de retea pentru distributie MM:
- private (ale operatorilor telecom) “proprietary” – “Wall gardened” – cu control strict pentru QoS/sec. – dar costisitoare
 - “Content Delivery Networks”, “IPTV networks”
- Utilizarea infrastructurilor publice (acces uzual Internet)
 - Deocamdata – in practica - fara garantii QoS

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.1 Comunicatii multimedia in retea

- Tendinte curente:
- MM – dezvoltare continua (servcii, aplicatii, distributie)
 - - invatamant la distanta AVC, VoIP, VoD/IPTV, servicii combinate, mesagerie (text, audio, voce, video), aplicatii de colaborare in grup, kiosks, divertisment, etc.
- **Nota: o aplicatie complexa poate folosi mai multe servicii de nivel inalt in aceeasi sesiune: ex. VoIP + text + “streaming video” + FTP**
- Evolutia MM:
 - avantaj datorita tehnicilor de compresie/codare
 - TV analog si radio analogic → digital
 - Rezolutie mai buna, interactivitate, imunitate la perturbatii mai buna
- Internet bazat pe IP → distributie MM in mediu comercial si rezidential
- retele « core » - de regula –resurse suficiente (nu neaparat) – FO
- ultima/prima « mila » - retele de acces (AN) – probleme QoS, dar exista progrese semnificative , ex. IEEE 802.11 : - 1, 2, 11, 54 200 Mb/s – standarde succesive
- MM bazat pe IP- obiectiv major pentru FI:
- - limitari curente si tendinte noi de utilizare → nevoia de noi solutii

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

2.1 Comunicatii multimedia in retea

Tendinta de utilizare	Limitari – Internet curent	Factor motor al aplicatiilor
Viteza mare E2E	Multe protocoale nu au fost proiectate pentru aceasta	Aplicatii cu uz intensiv de date, A ?V, transfer si procesare MM
Acces universal cu calitatea buna, ieftin, inclusiv pentru MM	Capabilitati limitate – FO nu sunt inca economice de instalat chiar pana in resedinte Rețele “wireless” – calitate insuficienta	Aplicatii de date Aplicatii r.t si MM
Mobilitate (micro, macro), a terminalului/rețelei/serviciului pentru MM	Internet traditional – proiectat pentru rețele fixe	Mediu « open Internet » cu mobilitate totala – de dorit, de la orice terminal, de oriunde
Continut generat de utilizator (A/V) si chiar servicii	Arhitecturile orientate catre servicii – inca incipiente ; compunerea serviciilor- in dezvoltare ; nu exista modele de « business » » suf. de flexibile	“Cloud computing”, aplicatii ce necesita capacitate de calcul masiva, ; calcul distribuit ex. – “MM search”; “Internet of services”; Tehnologii - Web semantic
Noi interactiuni om/masina, in special bazate pe I/F MM	Disponibilitate redusa de asemenea functii (sensori, tehnologii de afisaj avansat, 3d, etc.) Inca se folosesc I/F rudimentare (tastatura)	“Home networking” “Internet of things” Aplicatii comerciale, Industrie, Educatie
Creșterea orientării către continut cu aplicatii aferente si nu comunicare host-host	Rețeaua este content agnostica	Content oriented networking, Content aware networking.
Necesitate de 3D	Impune “intensive computing” – ne oferit pana avum sufficient Disponibile azi - numai dezvoltari parțiale	Medii 3D, posibil cuplate cu informatii din lumea reala, in afara de jocuri
Management bazat pe negociere, control de resurse, SLA	Actualmente management rigid, observabilitate, controlabilitate- limitate	Diferite modele comerciale (BM) Best effort... garantii totale (QoS, securitate)
Servicii personalizate	Limitare privind constienta despre context, instrumente de personalizare	Numai crescand de productii MM, tintind grupuri speciale de interes, cu adaptare la preferinte utilizator. Rețele sociale inclusiv cu mobilitate, « context-aware »
Nevoi crescande pentru disponibilitate, fiabilitate, stabilitate a caracteristicilor	Grad limitat de oferire Tehnologii nu inca mature	Internet trebuie sa poata fi folosit asa cum este rețeaua electrica, de apa, etc.

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.1 Comunicatii multimedia in retea

- Componente functionale principale pentru aplicatii MM in retea
- **Generarea si compresia datelor** (codarea sursei) pentru sursele MM (vocal, audio, imagini, video)
 - diferite terminale trebuie sa poata decoda siruri de biti comprimate
 - de aceea: std. Int'l pentru compresie si interoperabilitate
- Pachetizarea fluxurilor comprimate si transport prin retea
 - o a doua componenta majora relativa la QoS _ include intarzierea, fluctuatia acesteia, pierderile de pachete, gradul de asigurare a benzii
 - - evaluarea QoS: la nivelul aplicatiei sau la nivel retea (necesar “mapping”)
 - - probleme in “last/first mile”: diferite tehnologii pentru ANs
- diferite terminale cu capabilitati diferite
 - fixe/portabile/mobile
 - CPU, Mem., etc diferite
- **Problema de transport:**
- - integrarea fir/fara_fir, pentru tehnologii heterogene (in “wireless QoS se degradeaza mai frecvent: interferenta, zgomot, fading, reflexii multiple → rata mai mare de pierderi (e.g rata de erori: FO—10-9, canal radio 10-4)
- - au fost necesare mecanisme suplim. ptr QoS instalate in niv 1 -..apl.

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

2.1 Comunicatii multimedia in retea

Modele comerciale (business models)

- Definesc actorii ce coopereaza intr-un lant complex pentru oferirea de servicii MM
 - Functii, reponsabilitati
 - Intre actori se pot stabili contracte de servicii “Service Level Agreements – SLA”
 - Static “off-line”
 - Dinamic – daca exista protocoale de negociere
- **Clienti/Utilizatori (“Customers/Users”)**
 - Client (“Customer- C”)
 - Utilizator final (“End User- EU”)
- **Furnizori de servicii (“Providers”)**
 - Furnizor de servicii de nivel inalt (“High Level) Service Providers (SP”)
 - Furnizor de servicii de conectivitate la nivel retea “IP Network Providers (NP)”
 - Furnizor de servicii de conectivitate la nivel fizic(Physical Connectivity Providers (PHYP - or PHY Infrastructure Providers”)
 - Intermediari (“Resellers RS”)
 - Furnizori de continut (“Content Providers –CP”)
- **Recent: noi actori**
 - Furnizor de servicii de conectivitate virtuala (Virtual Network Provider – VNP)
 - Operator de retea virtuala (Virtual Network Operator – VNO)

2. Aplicații și servicii orientate multimedia

2.1 Comunicații multimedia în rețea Modele comerciale (“business models”)

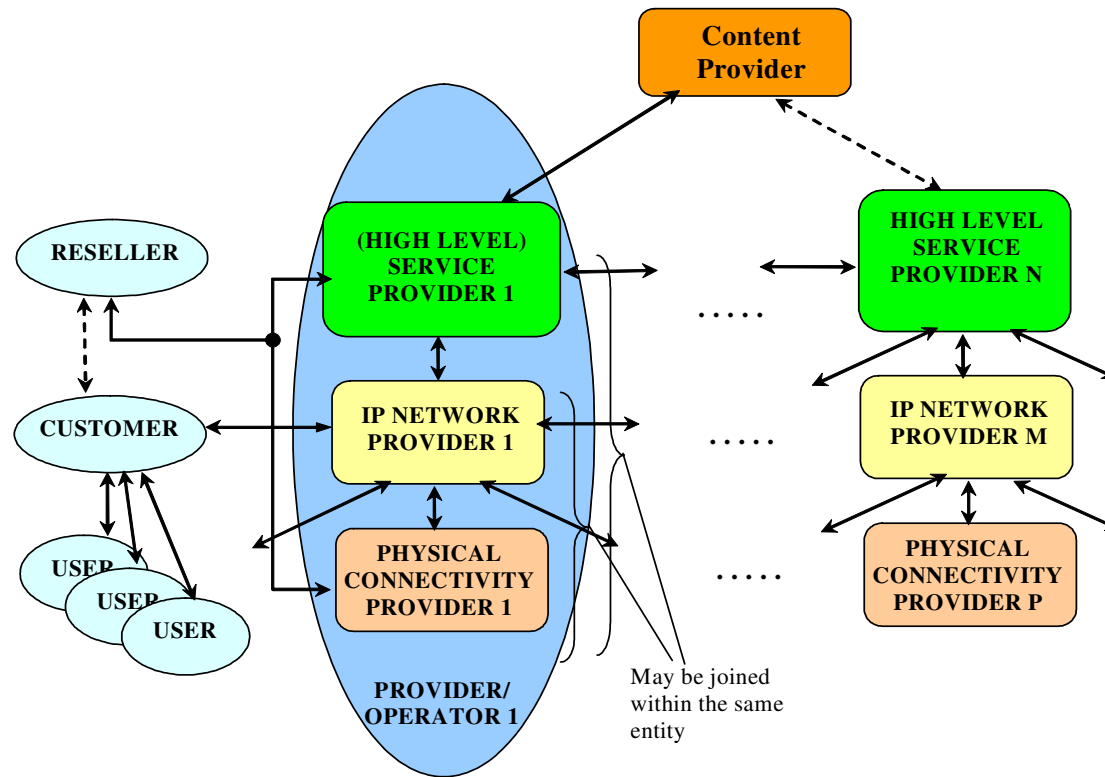


Figura 2-1 Model comercial generic pentru servicii oferite cu transport peste rețele IP

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

2.1 Comunicatii multimedia in retea Modele comerciale (“business models”)

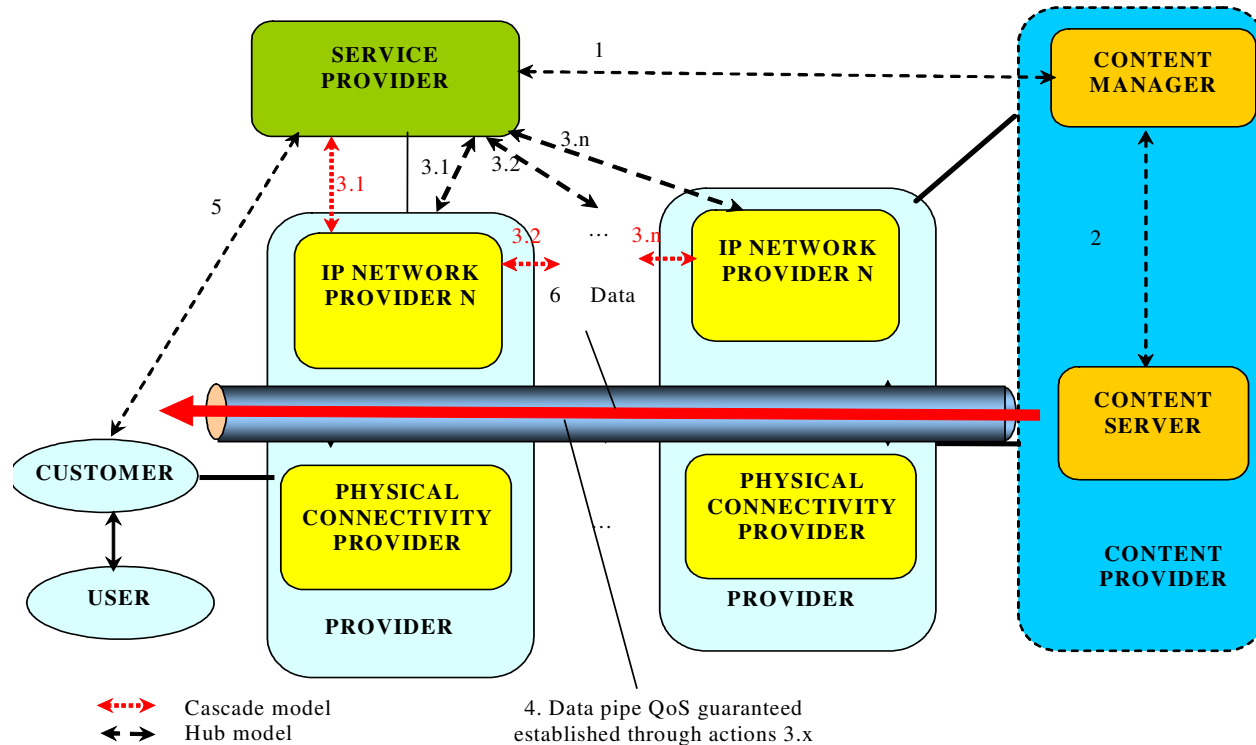


Figura 2-2 Model comercial radial si in cascada

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.1 Comunicatii multimedia in retea

- Adaptarea fluxurilor MM (reglajul benzii asociate) : la sursa, sau in nodurile de retea
- Continutul MM in aplicatiile MM in retea : inter-operabil; mng trebuie sa fie simplu si flexibil, continut MM standardizat si capabil de adaptare; DRM tebuie asigurat in sistem
- Caracteristici ale distributiei de continut MM:
 - mod controlat ; 1-la-1 sau multicast/anycast; “Live” sau la cerere; pe support al diferitelor ANs

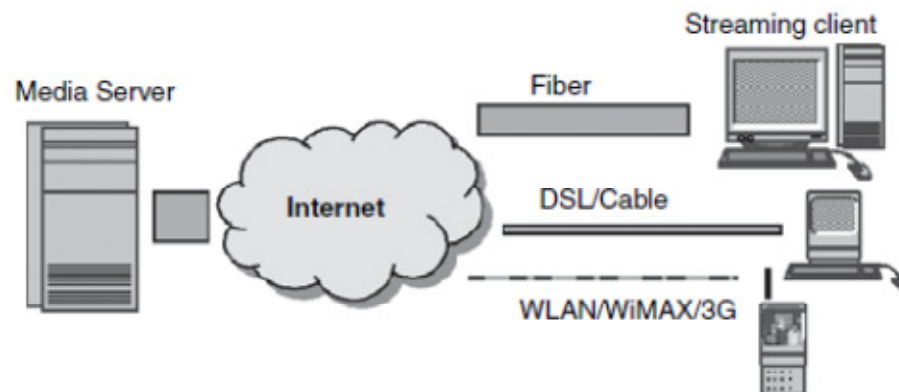


Figura 2-3 Compresia, pachetizarea, transportul si livrarea la utilizator pentru datele MM

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

2.2. Caracteristici ale aplicatiilor MM

- Exista o gama larga de aplicatii : muzica descarcata pe terminal (fix/mobil), IPTV, mobile TV, AVC, VoIP, VoD, invatamant la distanta (set complex de aplicatii A/V si de date), simulari distribuite, jocuri, etc.
- **Descarcare de fisiers si “streaming” – comunicatie r.t unidirectionala**
- **“Download”**
- Aplicatiile de “*downloading*”, conventionale sunt asemanatoare cu FTP
- Ex. Download :MP3, fisier video prin BitTorrent, podcast (“pull” technology: un site WEB este explorat periodic pentru a gasi continut MM nou)
- *Caracteristici:*
- Avantaje
 - robuste natively (protocoale de nivel inalt pot recupera erorile)
 - caracter n.r.t (nu sunt deci probleme de QoS)
 - singura cerinta este corectitudinea info- asigurata de catre protocoale de nivel inalt (e.g. TCP)
 - aplicatiile “download” sunt adaptate la comportamentul “best effort” al niv. IP.
 - aplicabile modelului C-S sau P2P
- Dezavantaje/probleme
 - Nu pot fi folosite in aplicatii t.r
 - necesar: buffer mare de mem.(ex. Pentru info video codata MPEG-4)
 - timp mare pentru “download”
 - flexib. limitata pentru utilizatori, operatori, proiectanti de aplicatii.

2.Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.2.Caracteristici ale aplicatiilor MM

- Aplicatii in mod flux (Streaming)
- Alternativa la “downloading”
- Mod de lucru:
 - separarea sirului de biti in segmente “chunks” (pachete)
 - pachetele sunt transmise independent unele de altele (dar periodic)
 - model de comunicatie: sincrona, adica Tx si Rx sunt simultan active
- Avantaje:
 - rec. poate decoda imediat si reda (“play”) fluxul
 - intarziere mica observata de utilizator
 - flexibilitate mare (difuzare, VoD, comunicatie de grup (multicast)
 - necesar de memorie: redus
- Dezavantaje/probleme:
 - Limite de timp ferme “hard deadline” (pentru receptia pachetelor)
 - Sensitivitate la gradul de asigurare a benzii, intarziere, fluctuatia acesteia, pierderi
 - Impune constrangeri dure transportului uneori greu de satisfacut – in special in “wireless”

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.2. Caracteristici ale aplicatiilor MM

- **Mod flux (streaming) la cerere si difuzare (broadcast)**
- Clasificare MM dupa criteriul “E2E delay tolerance”
 - *Interactive audio* si *VoIP* < 200 ms E2E delay
 - *Live broadcast* (non-interactive, ex. Internet radio) < 10-30 s E2E delay
 - *Streaming media on demand* (interactivitate moderata < ~2-3 s)
- Aceste clase au caracteristici f. diferite d.p.d.v. BDLJ (“bandwidth, delay, jitter and loss”)
- Pentru aplicatii ce doresc *intarziere mica* dar au *debit binar redus* (ex. VoIP) – se pot aplica doar metode de crestere a rezilientei la erori – fara feedback
-
- Pentru aplicatii ce admit intarzieri mari dar au banda mare - se poate utiliza un set complet de tehnici de recuperare dupa erori (FEC, retransmisie)
- **Codificarea**
 - online- pentru aplicatii r.t. sau “live”
 - offline- pentru streaming sau VoD
- “Online encoding” avantaje/probleme:
- canalul de comunicatie poate fi monitorizat iar codarea poate fi adaptiva (avantaj)
- caracter de timp real (problema)
- “Off-line encoding” avantaje /probleme
- continutul poate fi analizat in avans si e posibila optimizarea codarii (av.)
- caracter n.r.t (av.); non-adaptiv (dezav.)

2.Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.2.Caracteristici ale aplicatiilor MM

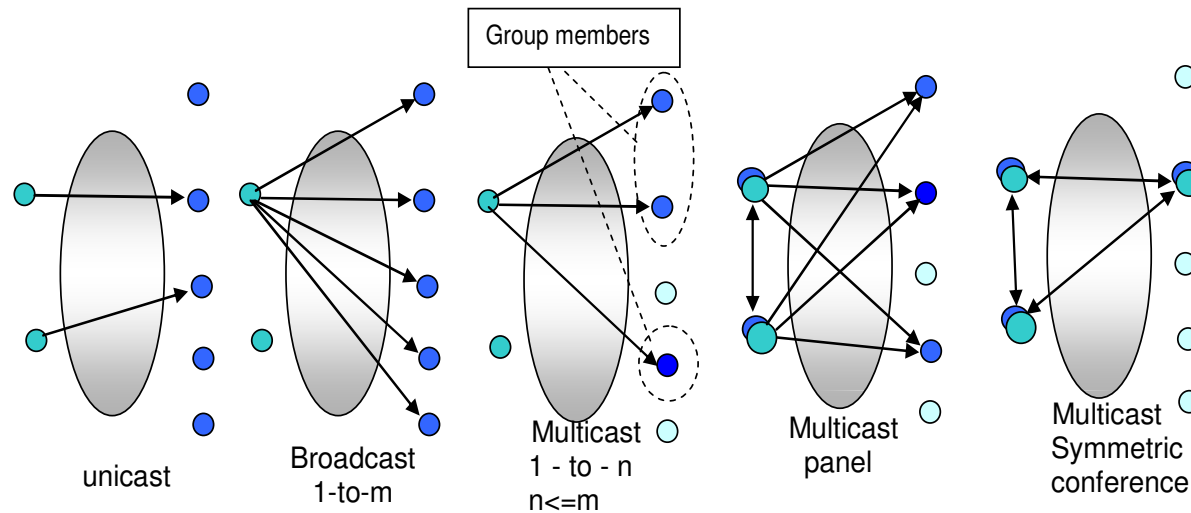


Figure 2-4 Moduri de comunicatie

2. Aplicații și servicii orientate multimedia

2.2. Caracteristici ale aplicațiilor MM

- **Influența rețelei de acces (AN) asupra comunicărilor**
- (AN) (cu/fără fir) constituie “first/last mile” într-un lanț MM de tip E2E
- QoS – influențat semnificativ de către caracteristicile AN (control/mgmt. de resurse)
- Azi – necesar b. largă pentru multe comunicații MM
- Table cu caracteristici tipice de AN

Last mile -Connectivity Services/Networks		
Acronym/Std	Full name	Data rates
POTS	Plain Old Telephone Service	28.8–64 kbps
ISDN	Integrated Services Digital Network	64–128 kbps (at subscriber side) (BRA)
ADSL	- Asymmetric Digital Subscriber Line	1.544–8.448 Mbps (downlink) 16–640 kbps (uplink)
VDSL	Very High Speed DSL	12.96–55.2 Mbps
CATV	Cable TV	20–40 Mbps
OC-N/STS-N	Optical Carrier - SDH	N · 51.84 Mbps
IEEE 802.3...	FE/GE Fast/Gigabit Ethernet	100/1000 Mbps
IEEE 802.11b	WiFi	1, 2, 5.5, and 11 Mbps
IEEE 802.11a/g	WiFi	6–54 Mbps Further speed increases to 600 Mb/s- IEEE 802.11n Further speed and capacity increase in mesh networks
IEEE 802.16 d, e, j /WiMAX	WiMAX	~70Mb/s Further speed increases to 1GB/s (802.16n)
3G - HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access	down-link speeds of 1.8, 3.6, 7.2 and 14.0 Mbit/s. Further speed increases are available with <u>HSPA+</u> , which provides speeds of up to 42 Mbit/s downlink and 84 Mbit/s with Release 9 of the 3GPP standards.
3G - HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access	(HSUPA) is a <u>3G mobile telephony protocol</u> in the <u>HSPA</u> family with up-link speeds up to 5.76 Mbit/s.

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.3. Exemple de aplicatii MM

Exemple of infrastructuri capabile de a transporta fluxuri VOIP

Figure 2-5 VoIP inlocuieste PSTN/POTS

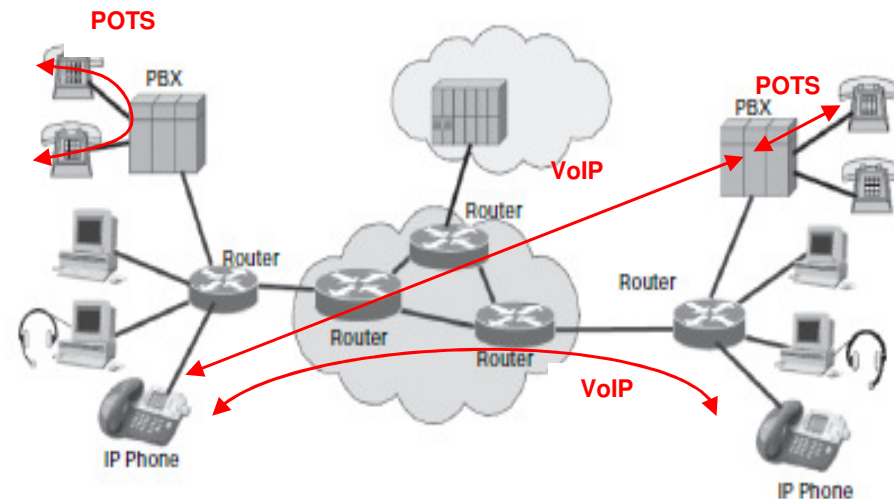
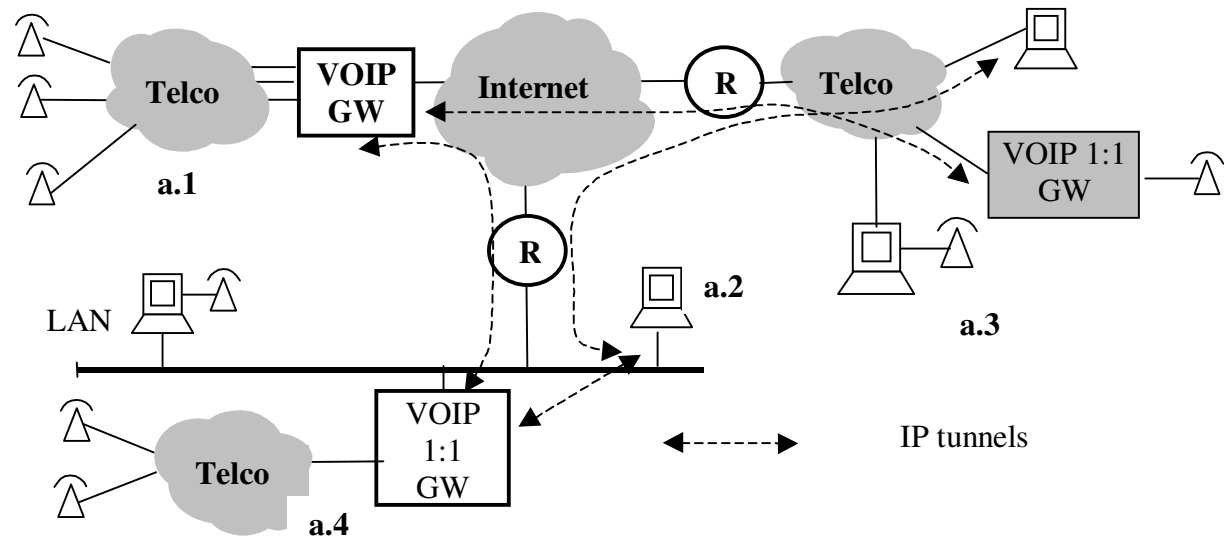


Figure 2-6 Configuratii de baza VoIP
(elementele de control nu sunt reprezentate)

In combinatii Telco-IP este necesara conversia datelor si semnalizarilor (gateway)



2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

2.3. Exemple de aplicatii MM

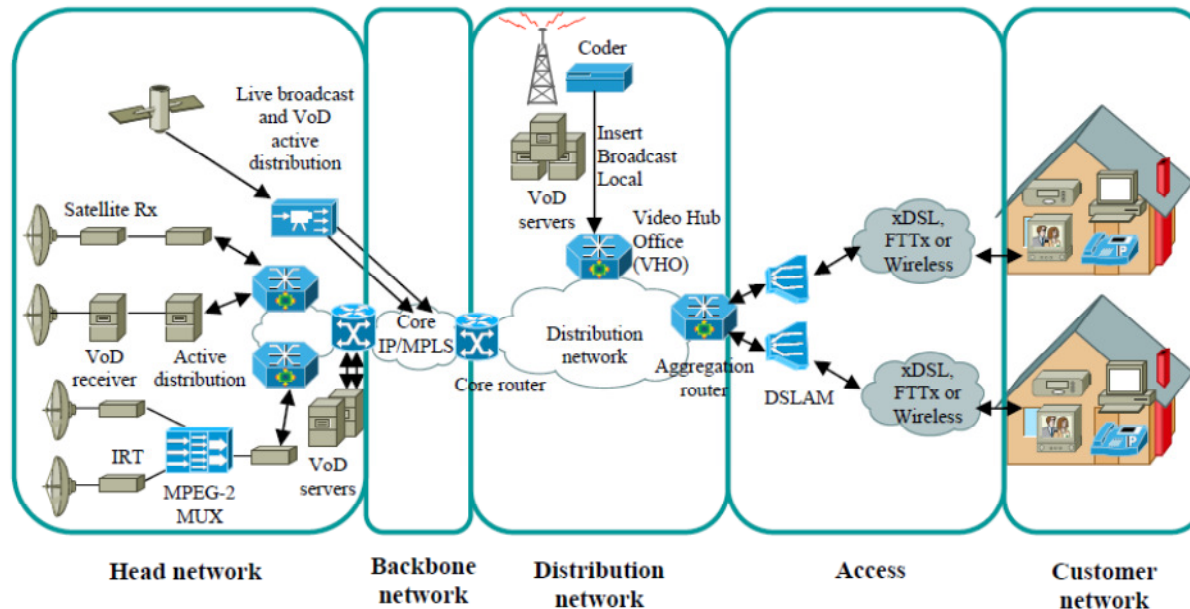


Figure 2-7 Arhitectura tipica pentru IPTV

In figura 2-7, infrastructura de retea/transport este controlata de operator (privata) – pentru asigurarea calitatii
Pe Internet public nu exista nici o garantie QoS

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.3. Exemple de aplicatii MM

Components: Appl. Server, VoD server (media) , Client

Actiuni:

- 1- cerere la Appl.Server
- 2- selectarea unui Content (video) Server
- 3- raspuns cu informatie de redirectare
- 4 -cerere de continut la video Server
- 5 – obtinerea fluxului Media

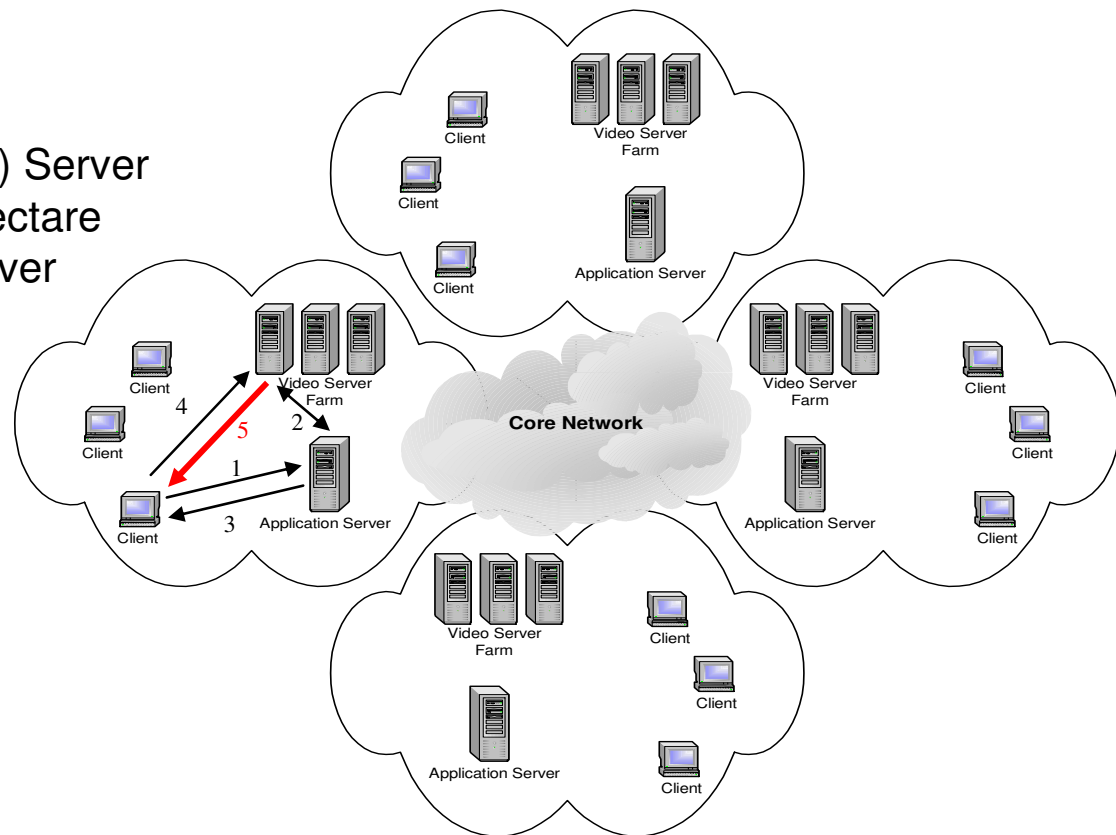


Figure 2-8 Video on Demand platform architecture

2.Aplicatii si servicii orientate multimedia



- **Content Delivery/Distribution Networks (CDN)**
 - **(CDN)** : sistem calulatoare ce contin copii de date, plasate in diferite puncte ale retelei astfel incat sa maximizeze rata de acces a clientilor la date prin retea
 - Un client CDN acceseaza datele de la o locatie apropiata si nu de la un server centralizat
 - *Tipuri de continut: obiecte web, obiecte descarcabile* (downloadable) ca de ex. fisiere media, documente, SW; aplicatii in t.r., fluxuri de timp real, si alte componente: DNS, rute, interogari de baze de date
 - Serverele “Edge” –plasate strategic -> scade sarcina pe link-uri de interconectare, de asemenea pentru perechi publice sau private
 - Capacitatea agregata a serverelor este mai mare decat capacitatea retelei “backbone” -> cresterea numarului de utilizatori concurenti
 - CDN redirecteaza traficul catre serverele “edge” cu scopurile: optimizarea capacitati per client – individual sau de grup, furnizeaza imagini asupra sarcinii de t.r., statistici, evidentierea regiunilor active, rapoarte despre situatia utilizatorilor

2.Aplicatii si servicii orientate multimedia



- **Content Delivery/Distribution Networks (CDN)**
- CDN in general livreaza continut peste TCP/UDP nu exista “content-awareness” in nodurile retelei de transport
- Productivitatea TCP -> impact asupra pierderilor, latentei, etc. -> CDN trebuie sa aplice algoritmi inteligenti de plasare a serverelor in apropierea grupurilor relevante de utilizatori
- CDN ofera fiabilitate ; pot livra continut HD cu QoS ridicat si reduc sarcina retelei prin distributia serverelor
- CDNs pot utiliza infrastructuri de retea de rezerva sau servere de rezerva
- CDN pot oferi 100% disponibilitate si sunt prevazute cu mecanisme de rezerva pentru situatii de cadere a alimentarii electrice sau defectari HW
- CDN pot furniza info asupra utilizarii- aceste info servesc la redistribuirea continutului in servere “edge”

2.Aplicatii si servicii orientate multimedia



■ CDN

Exemple:

“Free CDNs”:

Coral CDN, coBlitz (a subproject of CoDeeN), FreeCast, MediaBlog, PeerCast PPLive, PPStream, QQLive

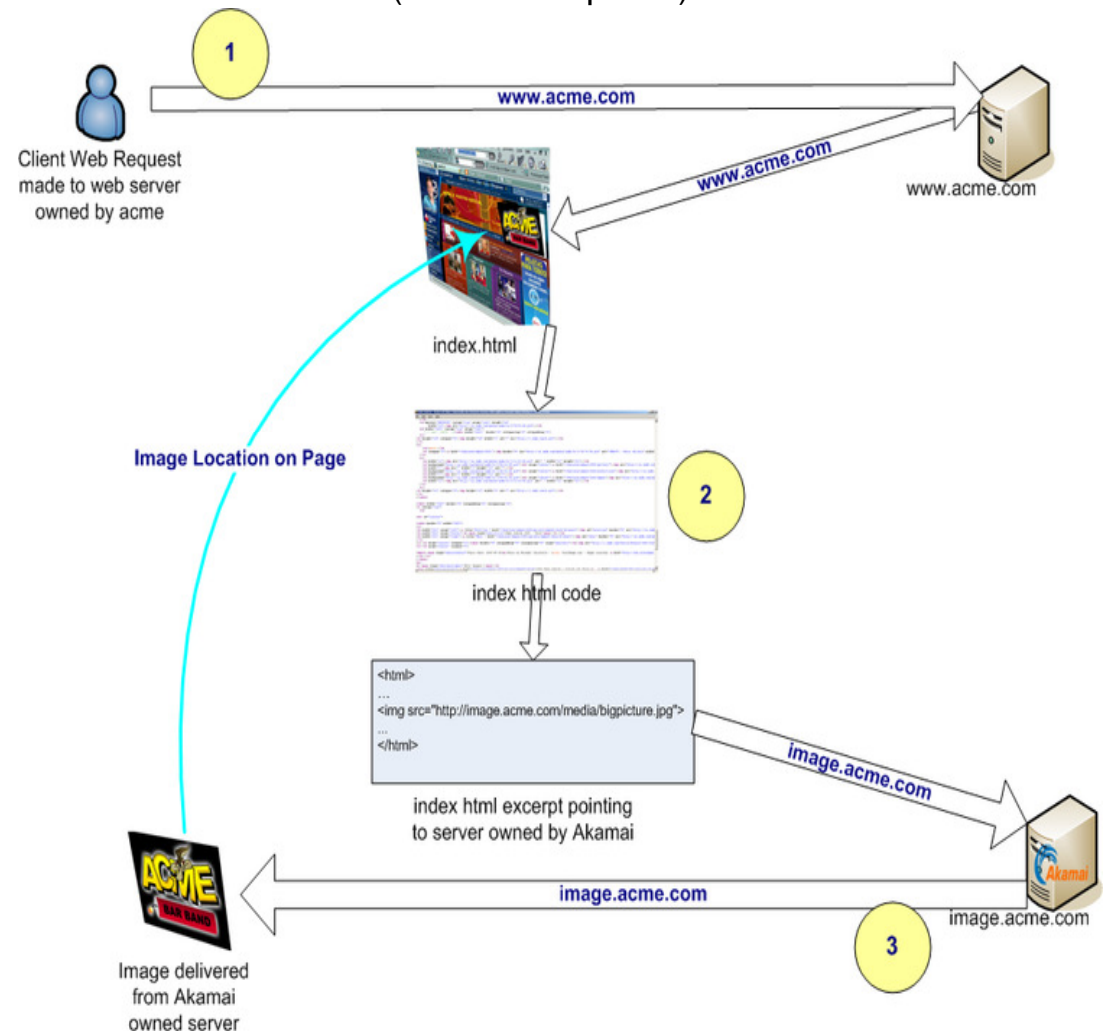
“Commercial CDNs”:

Akamai Technologies, Amazon CloudFront, CacheFly, CDNetworks (PantherExpress), Chinacache, Cotendo, EdgeCast Networks, Highwinds Network Group, Internap, Level 3 Communications, Limelight Networks, PEER 1, Windows Azure

“Commercial CDNs using P2P for delivery”

BitTorrent, Inc., Internap, Octoshape, Pando, Rawflow, AT&T

Example : AKAMAI access (source wikipedia)



2. Aplicatii si servicii orientate multimedia

2.3. Exemple de aplicatii MM

CDN si retea suplimentara de *Caching*

Doua componente arhitecturale

Retea CDN

Plus

Continut disponibil dinamic prin “caching” de-a lungul caii de livrare

Abordare multi-nivel:

CDN poate fi instalat in partea centrala a retelei “core” reprezentand un segment intermediar catre consumator
Nodurile “Caching” pot fi instalate la periferia retelei pentru a servi un set specific de consumatori

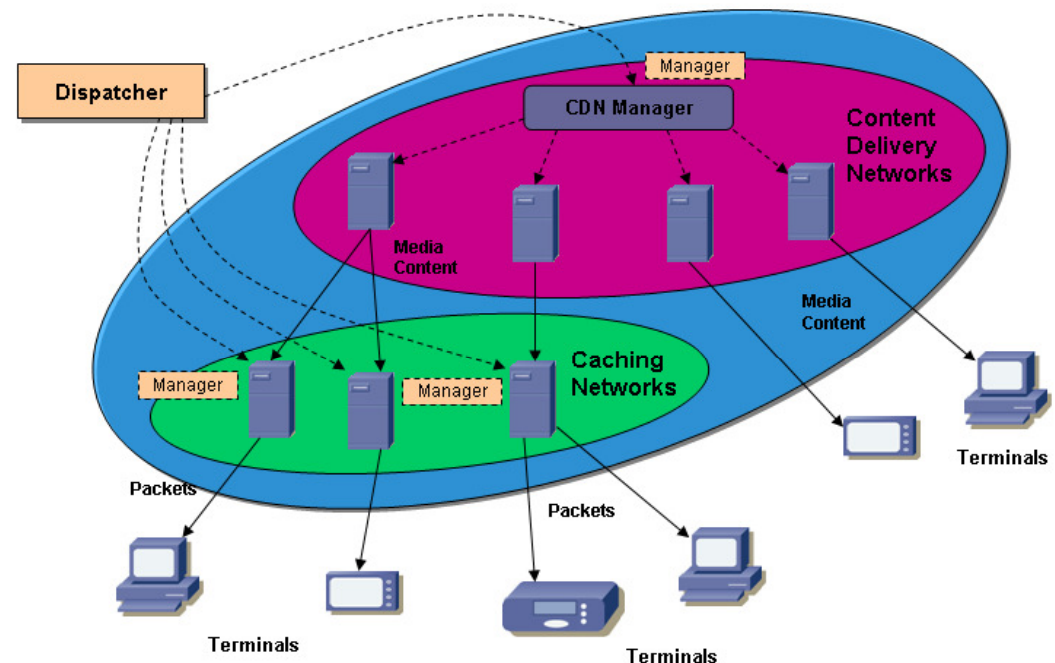


Figure 2-6 Caching and CDN Distribution
 Arhitectura din
 (proiect-“ENTHRONE” Integrated
 Management System – EIMS)

2. Aplicatii si servicii orientate multimedia



2.3. Exemple de aplicatii MM

■ **CDN+ “caching”**

- Focalizate pe distributia (“delivery”) de continut static
- Distribuie in mod inteligent continutul cu grad mare de popularitate in apropierea de grupurile tinta (CC)
- Dispun de mecanisme de echilibrare a traficului in noduri si servere – cu scopul cresterii performantelor si robustetii
- Un “*Service Provider*” poate accepta sa suporte o retea CDN managerizata de o alta entitate sau poate manageriza propriile sale noduri

■ Nodurile “caching”

- *Scop: memorarea dinamica “caching” a continutului de timp real – deosebindu-se astfel de provizionarea relativ statica a continutului in retea*ua CDN de baza
- Continutul va fi memorat partial sau total, in mod temporar, conform unor politici de management si politici de “caching”

Cuprins



1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate
2. Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. ☞ Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. Arhitecturi orientate QoS
6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



Conceptul de calitate a serviciilor [Quality of Service (QoS)] in retele de pachete:

- **Un mod de prioritizare a anumitor fluxuri de trafic**
- De ce e necesar control QoS?
- .Aplicatii sensibile la : gradul de asigurare al benzii, pierderi, intraziere, fluctuatia intarzierii (“bandwidth, loss, delay, jitter”)
- Componente:
 - Non- ajustabile (ex. t. propagare , t. de comutate, etc.)
 - Ajustabile (asociate cu congestia pe link-uri, buffer-e)
- Congestia in retele cu alocare dinamica a rwersurselor (de pachete) – fenomen tipic)
- Supra-provizionarea (dar nu e intotdeauna o solutie)
 - Exista mereu aoplicatii care vor consuma banda , oricat de mare ar fi
 - In retelle AN – solutie evident scumpa
- Control al traficului in retea
 - Mai complicat dar ofera avantaje: garantii posibile de diferite grade
 - Problema “neutralitatii retelelor Internet- deschisa: trafic P2P(~70%) , video – trafic, ..)
- **Internet Traditional**
- –*“Best effort”*
 - Complexitatea in masinile de margine
 - Reteaua de transport- simpla , flexibila (rutere)
 - Consecinta: cresterea sarcinii retelei - > impact prin scaderea QoS (intarziere,pierderi banda medie, jitter)
 - Probleme pentru aplicatii t.r.

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



Obiective ale tehnologiilor IP-QoS

- Predictibilitate mai buna si control mai bun decat BE
 - Nivele de garantii diferite
- Principii: inca se mentine complexitatea la “marginile” retelei
- Atribute de performanta la nivel retea
 - “Delay/latency”
 - “Delay variation (jitter)”
 - “Degree of throughput/bandwidth assurance”
 - Nota: Nu banda in sine ca valoare
 - “Packet loss rate “
 - “Service availability”
 - Mean Time Between Failures (MTBF)
 - “Mean Time to Restoration of Service (MTRS)”
- Contracte de servicii: “Service Level Agreement” (SLA)
 - –”customer-provider” – client- furnizor de servicii
 - –specifica obligatii reciproce si diferite nivele de garantii QoS

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.1 Tipuri de aplicatii

■ Elastic (oportuniste)

- Consuma cota banda e disponibila, dar pot functiona daca e asigurat un minim
- Exemple: www , email, ftp, news,...
- Tipuri:
 - Cerere/raspuns: client server, NFS, RPC, distributed computing, ...
 - Interactive, fiabile: short www transactions, telnet, database access, ftp-control, Xwindow,
 - –Batch: ftp, remote backup, long http transactions, news transfers, ...

■ Mod flux (“streaming”)

- E nevoie de o banda minima garantata si de alte cerinte (intarziere, fluctuatia acesteia)
- –*Conversational*
 - “voice over IP” (VoIP), or sau videoconferinta peste IP
- – *Interactive*
 - simulari distribuite, jocuri in retea
- – *Non-interactive* (flux continuu de informatii : VoD, invatamant la distanta, difuzare audio/video, stiri la cerere, etc.

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.2 Descrierea traficului (sumar)

- Problema deosebit de complexa in Internet- varietate f. mare de tipuri de trafic si modele de utilizare
- Alocarea dinamica /agregata pune probleme deosebit de complexe pentru QoS
 - problema este absenta in retele de tip circuit switching”!
- Modelele de trafic capteaza caracteristicile statistice in structuri matematice
 - Trafic continuu/tranzitoriu, individual/agregat, regulat/aleatoriu, ..
 - Parametri diferiti: debit binar de varf, mediu, lungimi de rafale
 - *Peak rate, mean rate, burst length, distribution of ...*
- *Modele de trafic:*
 - Poisson – trafic telefonic (model clasic)
 - On-off pentru trafic intermitent (model folosit in ISDN)
 - Autosimilar (in Internet)
- Descriptori si parametri de trafic
 - descriptori: seturi globale de parametri
 - Parametri: descriu aspecte particulare calitative/cantitative ale traficului
- Cerinte pentru descriptori si parametri
 - Utilizabili de retea
 - pentru a calcula resurse necesare
 - pentru a masura si proteja fata de trafic in exces
 - Sa poata fi intelesi de catre surse – cu scopul determinarii conformitatii lor cu clauzele unui contract de trafic
- Verificarea parametrilor de trafic- sarcina complexa
 - Deinitia in sine
 - Constructia unor mecanisme reactive de control (Usage Parameter Control- UPC)

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



- **Parametri QoS si de trafic la nivel retea**

- **“Traffic**

- Peak Data Rate (PDR)
- Average Data Rate, Sustainable Data Rate with burst tolerance
- Minimum Data Rate
- Frame rate with max. frame size

- **QoS Parameters**

- End-to-end transfer Delay
- Delay variance (Jitter) tolerance
- Bit/Packet/Frame loss ratio”

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin rețele de pachete



Exemplu:

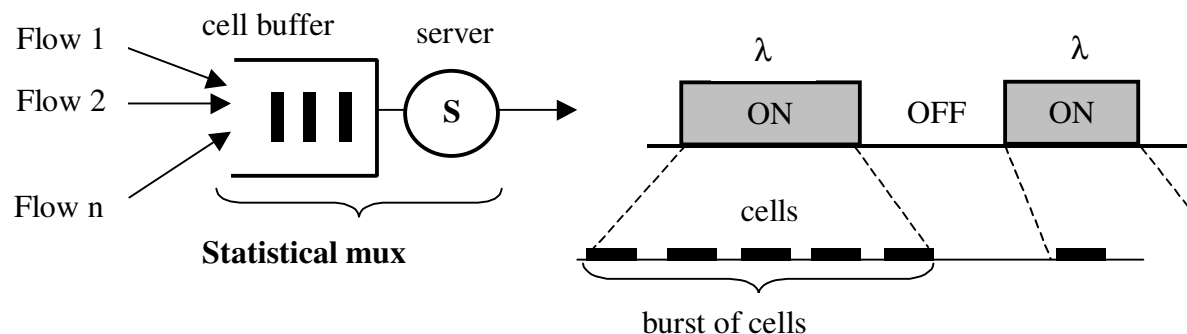


Figure 3-1 Multiplexare statistica pentru fluxuri de tip of ON/OFF in cazul segmentarii fluxurilor in mini-pachete delungime constanta (“celule”)- ex. tehnologia ATM

ON – intervale de activitate

OFF – intervale de tacere

λ - rata constanta de generare de celule in intervalul in the ON interval- [cell/s]

PCR – Peak Cell Rate = λ

S – server

–rata de serviciu a lui S: $= C$ (“service time” = timp necesar pentru a transmite o celula)

- In cazul multiplexarii a N fluxuri identice, pot sa apara pierderi de celule
- “buffer size” – valoare importanta in proiectare
- Se poate folosi “traffic shaping” – pentru a “netezi “ traficul

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



- Tipuri de trafic caracterizate global:
- **VBR, CBR, UBR**
- *Constant Bit Rate (CBR)*
 - voce, video –fara compresie
 - CBR – necesita banda constanta, garantata si intarziere constanta limitata
- *Variable Bit Rate (VBR)*
 - voce, audio, video – cu compresie
 - Permit conditi de timp mai relaxate dar cu limite
- Nota: traficul CBR poate deveni VBR in urma transportului prin retea- efect negativ evident cu impact puternic asupra QoS la receptie
 - (datorita cozilor de asteptare in rutere)
- Se poate practica “traffic shaping” la receptie dar cu pretul unor intarzieri cu atat mai mari cu cat “jitter” etse mai mare- de analizat limitele!
- *UBR – unspecified bit rate*

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



Mecanisme pentru controlul traficului

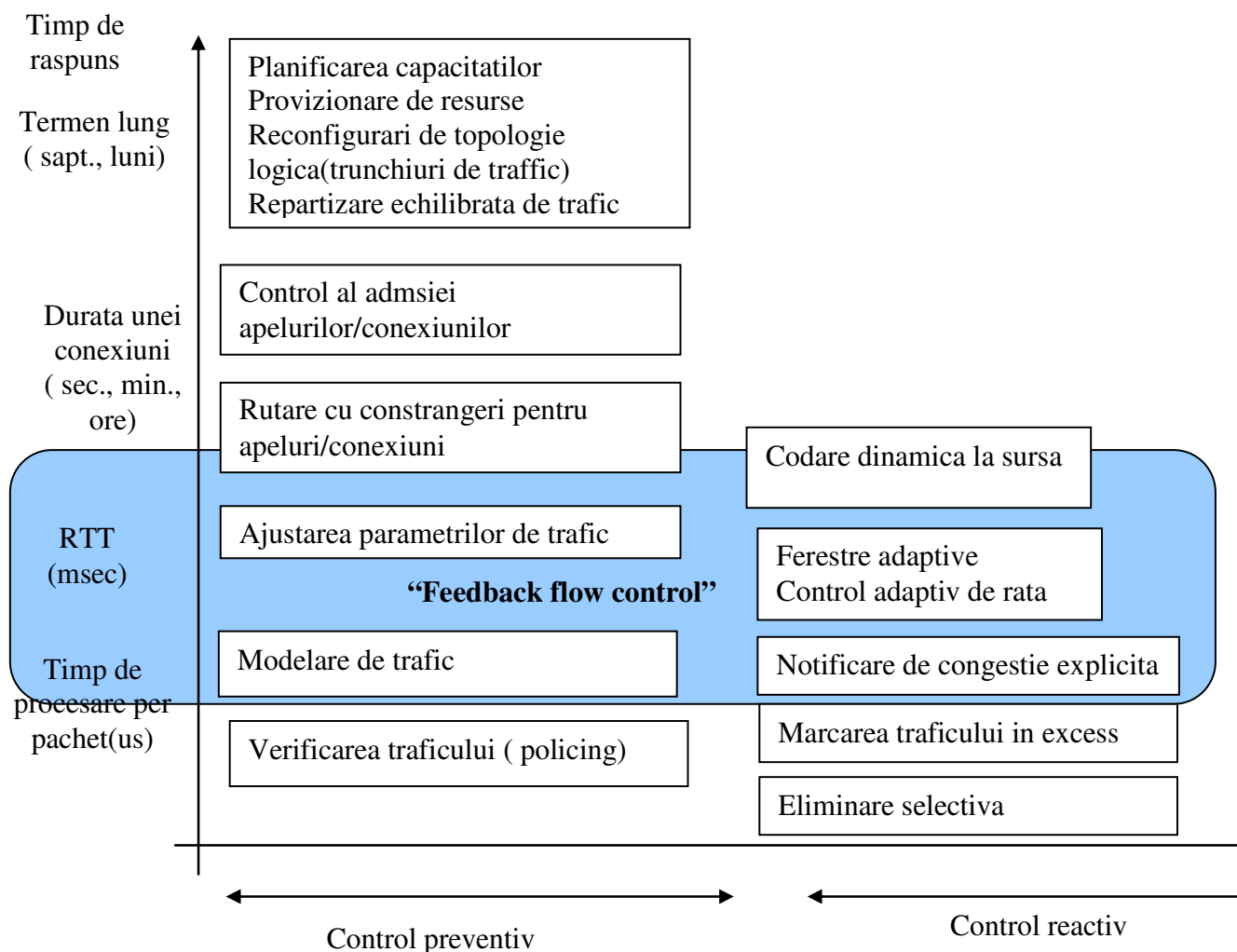


Figura 3 -2
Mecanisme
TC

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



Mecanisme pentru controlul traficului

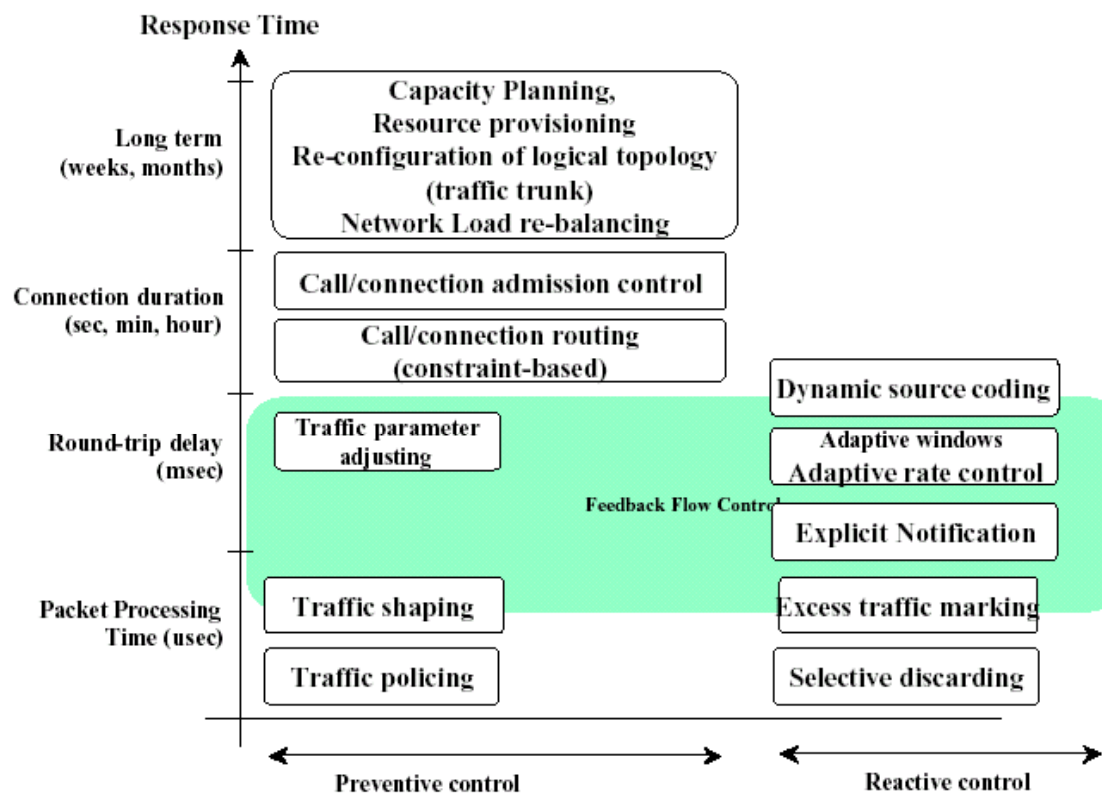


Figure 3-2 Mecanisme pentru controlul traficului in retele (TC)

3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS.

- Exista mai multe “puncte de vedere” asupra QoS si parametri aferenti
- Acestea trebuie corelate si care conduc la cerinte (requirements) sau reprezinta constrangeri
- Calitate perceptuala pQoS (**End-to-end perceivable QoS –PQoS- parameters**)
 - Perceptia utilizatorului asupra calitatii
 - la cererea unui serviciu trebuie conversie pQoS → parametri tehnici (aplicatie, terminal retea)
 - Conversia poate fi facuta de SW aplicatie
 - Problema deschis (nu exista un “mapping” 1-la-1 in sensul matematic)
 - Utilizatorul isi poate exprima initial preferinte pentru o anumita calitate (daca sistemul permite)
- **Terminologie recenta:**
 - **Quality of Experience (QoE)**, or "Quality of User Experience,"
 - Masura subiectiva a experientei unui utilizator/client in relatia sa cu un furnizor de servicii
 - Probleme ale furnizorului:
 - Ce combinatie de bunuri/servicii/suport are trebui asigurat pentru a obtine satisfactia consumatorului?
 - Este aceasta realizata in fapt, cu ce costuri, ce modificari ar trebui facute pentru imbunatatire?

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



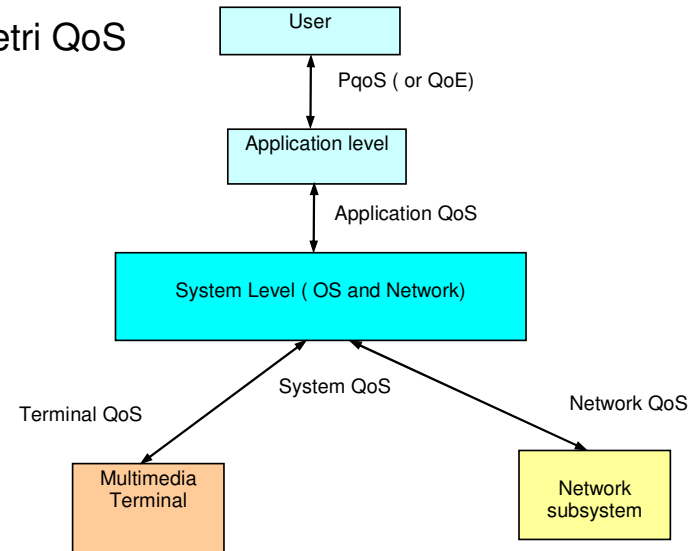
3.3 Cerinte QoS

- **Parametri QoS ai aplicatiei (Application QoS parameters)**
 - Descriu parametri de performanta ai aplicatiei SW (e.g. frecventa cadre, dimensiune cadre video, rezolutie posibila, etc.)- in concordanta cu posibilitatile resurselor HW/SW
 - acestia se pot negocia E2E (daca e posibil) intre entitatile de capat implicate - sub forma unui contract la nivel aplicatie
- **Resurse ale terminalului (End/User system (terminal) “specific resource parameters –UT”)**
 - Memorie, CPU, baterie (mobile), etc. – sunt dati, pentru un anumit tip de terminal deci nu se pot negocia
 - Pot determina politici specifice ale UT si management privind rezervarea de resurse
 - Astfel de politici pot fi aplicate pentru a determina continutul negocierilor, inclusiv actiuni de adaptare in timpul sesiunii daca e cazul
 - O aplicatie poate comunica entitatii pereche in cursul negocierii rezultatele posibile ale adaptarii.

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



Figure 3-3 Relatii intre seturi de parametri QoS



3.3 Cerinte QoS

- **Parametri QoS la nivel transport-retea (“Transport/network” QoS parameters)**
- Descriu caracteristici E2E in raport cu resursele de retea
- Valorile necesare sunt determinate prin corelarea parametrilor la nivel aplicatie si terminal cu posibilitatile retelei (dependente de tehnologie si capabilitatile QoS)
- - In negocieri de SLA E2E acesti parametri se asociaza cu contractul SLA respectiv

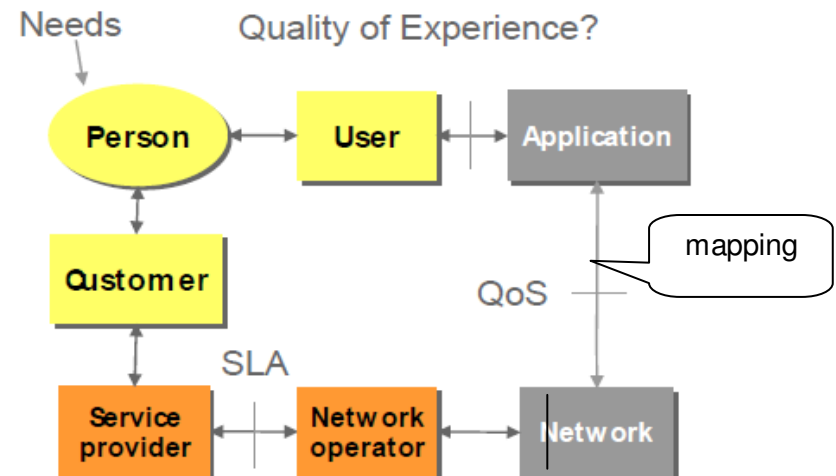


Figure 3-4 Model generic al unui “Eco-sistem”

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

Nota: Un set de parametri poate fi privit ca cerinte (“requirements”) sau constrangeri (“constraints”)- depinde de punctul de vedere.

Quality consideration	Description	Units/parameters	Requirement/Constraint
Perceived QoS (PQoS)	User's perception	Platinum/Olympic, Gold, Silver, Bronze	R/C
Application level	Application software (e.g. NetMeeting, RealPlayer) requirements	E.g. Video: Codec, frame size, frame rate, colour depth. Audio: Number of channels, sampling rate	R/C
Terminal	Terminal characteristics	e.g. Resolution, number of colours, frame rate, encoders	C
Access Connectivity	Access “last mile” characteristics	Bandwidth, performance-related information	R/C
Core Network	Network level QoS parameters	Bandwidth/throughput, packet loss, delay, jitter	R/C

Tabel 3-1 Cerinte/constrangeri - QoS

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

- Banda necesara

Origin	Rec.	Type	Codec bit rate (kbps)	Voice Frame (ms)	Look ahead (ms)	Algorithm Delay(ms)	Intrinsic Quality
ITU-T	G.711	PCM	64	0.125	0	0.125	94.3
	G.726 G.727	ADPCM	16				44.3
			24				69.3
			32				87.3
			40	0.125	0	0.125	92.3
	G.728	LD-CELP	12.8	0.625	0	0.625	74.3
			16				87.3
	G.729	CS-ACELP	8	10	5	15	84.3
	G.723	ACELP	5.3	30	7.5	37.5	75.3
		MP-MLQ	6.3				79.3
ETSI	GSM-FR	RPE-LTP	13	20	0	20	74.3
	GSM-HR	VSELP	5.6	20	0	20	71.3
	GSM-EFR	ACELP	12.2	20	0	20	89.3

Tabel 3-6 Parametri pentru codecuri standard de voce

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

Exemple de standarde traditionale pentru aplicatii AV. Familia de std. H

Network	N-ISDN	PSTN	ISO Ethernet IEEE802.9	Packet-switched	B-ISDN (ATM)	B-ISDN (ATM)
Multimedia standard Audio/voice	H.320	H.324	H.320	H.323	H.321	H.310
Audio/voice	G.711 (M) G.722 G.728	G.723.1(M) G.729	G.711 (M) G.722 G.728	G.711 (M) G.722 G.728 G.723.1 G.729	G.711 (M) G.722 G.728	MPEG1(M) G.711 (M) G.722 G.728
Audio rates, Kbps	64 48-64 16	5,3-6,3 8	64 48-64 16	64 48-64 16 5,3-6,3 8	64 48-64 16	N x 64 64 48-64 16
Video standards	H.261 (M)	H.261 (M) H.263 (M)	H.261 (M)	H.261 (M) H.263 (M)	H.261 (M)	H.262 (M) (MPEG-2) H.261 (M)
Data Multiplex	T.120 H.221 (M)	T.120 H.223 (M)	T.120 H.221 (M)	T.120 H.225.0(M)	T.120 H.221 (M)	T.120 H.222.0(M) H.222.1(M)
Control Signalling	H.242 (M) Q.931	H.245 (M)	H.242 (M) Q.931	H.245 (M) H.225.0 (Q.931)	H.242 (M) Q.931	H.245 (M) Q.931

Tabel 3-2 Specificatii pentru standarde AV (ITU-T)

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS (Wikipedia)

- CIF (Common Intermediate Format), also known as FCIF (Full Common Intermediate Format), is a format used to standardize the horizontal and vertical resolutions in pixels of YCbCr sequences in video signals, commonly used in video teleconferencing systems.
- It was first proposed in the H.261 standard.
- CIF was designed to be easy to convert to PAL or NTSC standards.
- CIF defines a video sequence with a resolution of 352×288 like PAL Source Input Format, a framerate of 30000/1001 (roughly 29.97) frames like NTSC, with colour encoded using YCbCr 4:2:0.
- QCIF means "Quarter CIF". To have one fourth of the area, as "quarter" implies, the height and width of the frame are halved.
- Terms also used are SQCIF (Sub Quarter CIF, sometimes subQCIF), 4CIF ($4 \times$ CIF) and 16CIF ($16 \times$ CIF).
- The resolutions for all of these formats:
- | Format | Video Resolution |
|----------------|--------------------|
| SQCIF | 128×96 |
| QCIF | 176×144 |
| SCIF | 256×192 |
| SIF(525) | 352×240 |
| CIF/SIF(625) | 352×288 |
| 4SIF(525) | 704×480 |
| 4CIF/4SIF(625) | 704×576 |
| 16CIF | 1408×1152 |
| DCIF | 528×384 |

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

Resolution (pixels)	Frame rate (frames per second)	Bandwidth
320x288	15 fps	900 kbps
	25 fps	1.5 Mbps
320x576	15 fps	1.8 Mbps
	25 fps	3 Mbps
720x576	15 fps	2.5 Mbps
	25 fps	4-5 Mbps

Tabel 3-3 Debite binare MPEG2

Resolution (pixels)	Frame rate (frames per second)	Uncompressed bandwidth
176x144 (QCIF)	10 fps	2 Mbps
	30 fps	6.1 Mbps
320x288 (CIF)	10 fps	8.1 Mbps
	30 fps	24.3 Mbps

Tabel 3-4 Debite binare H.261

Tabel 3-5 Debite binare H.263

Resolution (pixels)	Frame rate (frames per second)	Uncompressed
128x96 (SQCIF)	10 fps	1.0 Mbps
	30 fps	3.0 Mbps
176x144 (QCIF)	10 fps	2.0 Mbps
	30 fps	6.1 Mbps
352x288 (QCIF)	10 fps	8.1 Mbps
	30 fps	24.3 Mbps
704x576 (4CIF)	10 fps	32.4 Mbps
	30 fps	97.3 Mbps
1408x1152 (16CIF)	10 fps	129.8 Mbps
	30 fps	389.3 Mbps

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

Banda necesara

Encoding/Compression	Bit rate
G.711 PCM	64 kbps (DS0)
G.726 ADPCM	16, 24, 32, 40 kbps
G.727 E-ADPCM	16, 24, 32, 40 kbps
G.729 CS-ACELP	8 kbps
G.728 LD-CELP	16 kbps
G.723.1 CELP	6.3/5.3 kbps variable

Table 3-7 Debite binare pentru diferite codecuri de voce

- **Rec. G.711.** codec PCM cu cuantizare non-lineara, 64kbps
- **Rec. G.726** - conversia 64 kbit/s A-law sau μ -law PCM la a 40, 32, 24 or 16 kbit/s canal. Utilizat in PCM/ADPCM
- **Rec. G.727.** Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) alg. Cu 5-, 4-, 3- and 2-biti per esantion (40, 32, 24 and 16 kbit/s). Recomandat pentru conversia canalelor cu 64 kbit/s A-law sau μ -law PCM la/de la canale ADPCM cu rata variabila.
- **Rec. G.728.** – alg. pentru codare de semnal vocal cu 16 kbit/s bazat pe "low-delay code excited linear prediction (LD-CELP)"
- **G.729** - alg. pentru codare de semnal vocal cu 8 kbit/s bazat pe "Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (CS-ACELP)".
- **G.723.1.** reprezentare codata folosibila ptr. compresia componentei de sgn. vocal sau audio in servicii MM la o rata redusa, ca o parte a familiei H324. Debite binare: 5.3 and 6.3 kbit/s.

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

- **Pierderile (“packet loss “)**
- situatia in care pachetele nu ajung la destinatie datorita diverselor cauze (eronare si eliminare, congestie, defecte de rutare, etc.)
- In retele TCP/IP fixe pierderile se datoreaza in principal congestiei sau eliminarii de pachete ca urmare a unor politici de management
- In retele wireless pierderile se datoreaza in principal calitatii slabe a canalelor radio
- Tehnici de prevenire/tratare a pierderilor
 - Controlul de flux
 - Controlul congestiei
- **Intarzierea (E2E)**
- Componente ale intarzierii:
 - intarziere de pachetizare- timp dr transformare a unui flux in pachete- depinde de viteza de esantionare si dimesiunea pachetelor
 - **timp de asteptare in cozi- f. variabila (in rutere)-**
 - **principala componenta asupra caruia lucreaza tehnicile QoS**
 - **prioritizarea pachetelor – influenteaza calitatea**
 - de procesare in vederea dirijarii (neglijabila)
 - de transmisie (serializare)- depinde de viteza link-ului si lungimea pachetului
 - de propagare pe link fizic- constanta fizica

3.Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete



3.3 Cerinte QoS

■Intarzierea (cont)

- Comunicatia vocala sau AVC sunt printre cele mai restrictive (relative la intarziere E2E) dintre cele de timp real, datorita interactivitatii

Fluctuatia de intarziere "Jitter"

- Variatia intarzierii E2E
- Anumite aplicatii r.t nu tolereaza decat un jitter redus
- Protocolul TCP functioneaza prost in conditii de jitter din cauza mecanismului cu fereastra

Peak-to-peak cell delay variation (pp-CDV)

Maximum cell transfer delay (max CTD)

Cell Loss Ratio (CLR)

Figure 3-5 Scaderea calitatii perceptuale a vocii in functie de intarzierea E2E –(ITU-T)

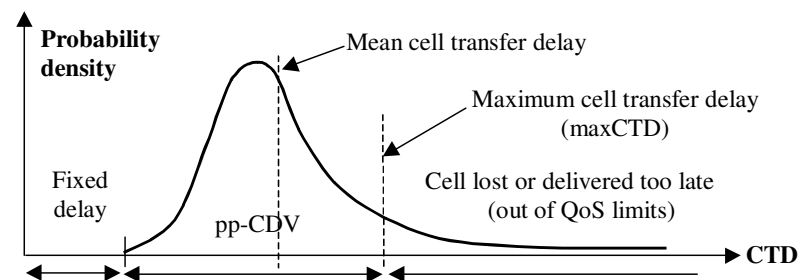
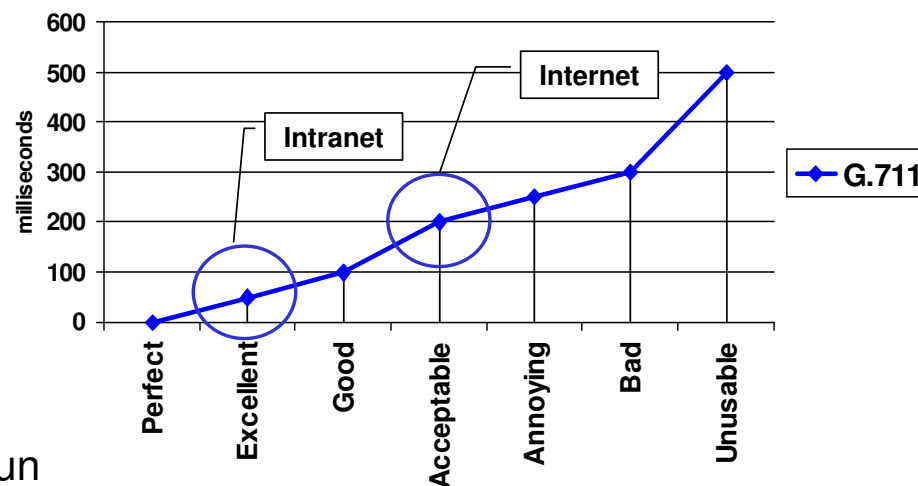


Figure 3-6 Exemplu ATM: Densitatea de probabilitate pentru intarziere

Cuprins



1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate
2. Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin rețele de pachete
4. 👉 Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. Arhitecturi orientate QoS
6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- Organizatii std. : IETF, ITU-T SG 13 (Y.qosar) , ETSI, IEEE
- Au identificat un set generic de mecanisme QoS
- Folosibile flexibil, in combinatii pentru a obtine perf. dorita versus cost
- Diferite apl. au necesitati QoS diferite (vezi cap 3)
- Mecanismele sunt repartizate pe plane de arhitectura
- **Plan de control (CPI)** – stabilirea cailor (rute) pentru trafic, rezervare de resurse (rezervare logica si nu fizica precum in retele cu comutatie de circuite) , control, al admisiei cererilor
- **Plan de date (DPI)** – transportul datelor utilizatorului dar cu aplicarea functiilor: clasificare, marcare, verificarea indeplinirii unor reguli si masuri corespunzatoare (policing), modelare de trafic, management de buffer-e, controlul si evitarea congestiei, organizarea cozilor de pachete si planificarea extragerii pe link de iesire
- **Plan de Management (MPI)** - operare, administrare, si management de trafic: monitorizare, stabilirea politicilor, realizarea contractelor ("Service Level Agreement SLA), restabilirea serviciilor service restoration.

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

Blocurile fct. QoS pot fi specifice:
-unui nod de retea (ex. buf.mng)

-unui segment de retea (ex.
“QoS routing”
- In acest caz sunt necesare sgn.
intre noduri de retea
“end to end, end to edge, edge
to edge, or network to network”

**Semnalizarile pot avea loc in
oricare din planele de arhitectura:**
-ptr. CPI sau MPI, sunt necesare
protcoale speciale de sgn.
-pentru DPI se utilizeaza sgn. in
banda

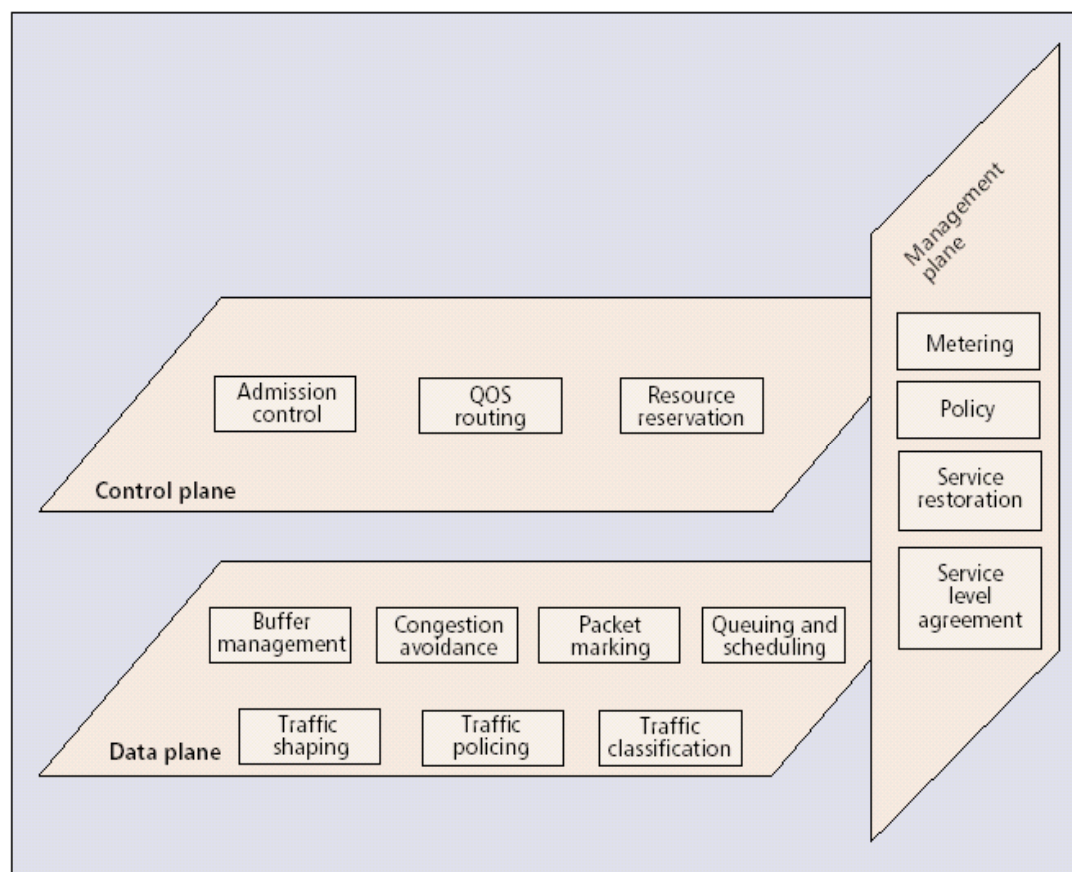


Figure 4-1 QoS functional building blocks (ITU-T)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- “**Best Effort**” – (BE)
- Internet clasic (stiva originala TCP/IP)
- Caracteristici:
 - complexitate minima, non-diferentiere intre fluxuri de trafic, nivel scazut de garantii (de fapt nici una), cea mai buna extensibilitate
 - cerinta principala este echitate (“fairness”) intre fluxuri
 - comportamentul nivelelor superioare poate insa influenta QoS final
 - nu exista prioritati, reseaua face doar “forwarding” spre destinatie
 - QoS real depinde f. Mult de incarcarea curenta cu trafic
- sunt posibile diferite tehnici non-selective pentru a creste perf.
 - mecanisme de “Traffic Eng.”
 - politici de rutare intra- si inter-domeniu
 - mecanisme de planificare pentru evitarea congestiei
 - mecanisme de acceptare a pachetelor in buffer-e

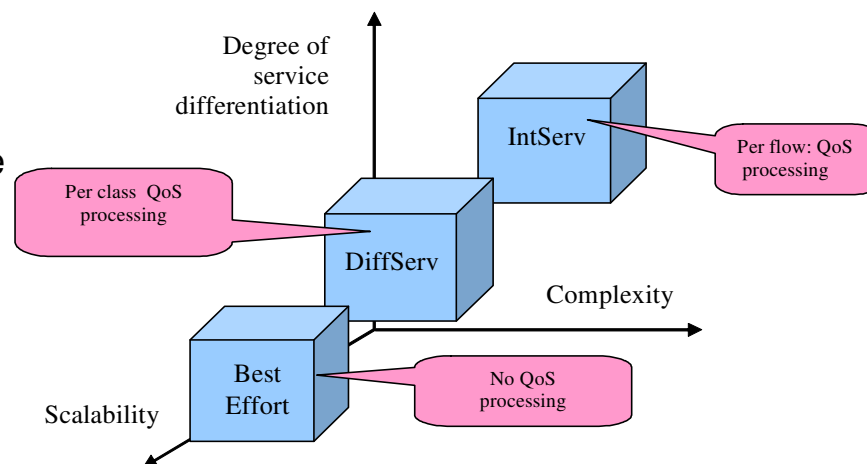


Figure 4-2 Diagrama generica de comparare a Serviciilor IP

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- Servicii Integrate (IntServ)
- Caracteristici de baza:
 - Tratament diferentiat per flux individual (micro-flux)
 - Bazat pe rezervare
 - Granularitate fina – in interiorul retelei fiecare flux este recunoscut ca atare si tratat corespunzator
 - Extensibilitate scazuta
 - Garantii puternice (“Hard”)
 - Complexitate mare
- IntServ se numesc asa din cauza ca functioneaza in stil E2E (capat la capat)
 - se bazeaza pe rezervare de rurse (“canale” logice- realizate prin planificatoare inteligente sau MPLS) per flux individual
 - suport pentru aplicatii t.r.: un flux este servit cu un debit egal sau mai mare decat cel cerut; se poate garanta o intarziere maxima.
- Faze:
 - semnalizare pentru rezervare de resurse (intre rutere pe cale pe care vor circula datele)
 - nodurile retelei determina daca pot sau nu satisface cererea (Admission Control- AC) – pe baza profilului de trafic indicat de sursa si nivelului de QoS cerut
 - odata cu agrearea rezervarii se aloc resurse pe fiecare segment
 - se incepe transferul datelor
 - cat timp aplicatia onoreaza profilul de trafci anuntat , reseaua isi indeplineste anagajamentul , mentinand stari “per-flow” in rutere si folosind discipline avansate de planificare a cozilor (ex. WFQ)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Servicii Integrate (IntServ)**
- Blocuri functionale relevante: AC, mecanisme de “queuing”, protocol de rezervare de resurse (ex. RSVP), clasificarea traficului, “traffic policing”
- *Avantaje IntServ :*
 - E2E- garantii (banda, ..) per-flux- emuleaza canal fizic telecom
 - Coopereaza cu orice tehnologie L2
 - Conserva conceptele de baza TCP/IP
 - Extensibil la multicast
 - Rezervarea e dinamica, - urmareste automat schimbarea de ruta daca e cazul- diferenta majora fata de telecom
 - Poate coopera cu alte tehnologii: DiffServ, MPLS
- *Probleme si dezavantaje :*
 - Complexitate mare
 - Rutere – “Statefull”- trebuie sa memoreze toate fluxurile
 - Scalabilitate scazuta
 - Rezervarea fiind dinamica (ruterele sunt “soft-state”) – este necesar “refresh” al rezervarii pentru fiecare flux in parte
- Consecinta: IntServ se aplica mai mult la periferia retelelor mari (in acces) si mai putin sau deloc in retele “core”

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- Servicii Diferentiate (DiffServ)
- Caracteristici:
 - Tratare diferentiata intre grupuri de fluxuri cu caracteristici similare – incluse in “clase de servicii” (nu per-flux individual ca la IntServ)
 - Nu se face distinctie intre fluxuri in interiorul retelei
 - Extensibilitate, complexitate si grad de diferentiere: medii
- **Diffserv:**
 - Se face o clasificare a pachetelor la intrarea in retea si marcarea lor cu coduri de prioritate incluse in antetul IP (campul DSCP)
 - Se poate stabili un contract (SLA) (
 - asta se poate face fie static sau,
 - mai nou, -dinamic - daca exista protocoale de negociere si manager de retea capabil de negociere)
 - intre utilizator si retea care specifica obligatiile reciproce (profil de trafic al sursei pentru o anumita clasa de servicii si parametrii QoS onorati de retea)
 - Ruterele din interiorul retelei trateaza un pachet bazat pe clasa sa de servicii codificata in din antetul IP
 - Traficul este monitorizat si eventual modificat la intrarea in retea (“policed”)
 - Odata intrat in retea nu se mai face o clasificare (adica analiza amanuntita a pachetului) ci tratare dupa marcajul de prioritate si adresa destinatie
 - Ruterele din retea sunt configurate astfel incat sa se indeplineasca SLA

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- Servicii Diferentiate (DiffServ)
- **Blocuri functionale relevante:** clasificare, marcare, SLA, masurare si “Policing”, modelare de trafic, planificare si organizare in cozi
- **Avantaje DiffServ:**
 - Simplitate pentru implementare
 - Extensibilitate buna (nr. mic de clase diferite)
 - Poate coopera cu tehnologii L2 sau MPLS
 - Conserva conceptele de baza TCP/IP (complexitatea – la marginea retelei)
 - Ruterele sunt inca “stateless”
 - Nu are nevoie de protcoale de sgn. in afara benzii
 - Extensibila la multicast
- **Dezavantaje-probleme**
 - Nu exista rezervare
 - Nu e o tehnologie completa (nu e nici E2E nici nu ofera garanaii cantitative- ci este doar un set de mecanisme de prioritizare cu tratare relativ diferita pentru diferite clase de servicii
 - Pentru a devni o tehnologie completa ar fi necesar un manger de resurse de domeniu si functie AC.
 - Granularitate grosiera

4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS- Data Plane**
- **Clasificarea traficului**
 - Scop: pentru a putea trata diferentiat diferite tipuri de fluxuri
 - Criteriile de clasificare pot fi simple (numai informatii de nivel 3 de exemplu- adres destinatie) sau complexe “multi-field”
 - Standardele nu specifica aceste clasificatoare lasand libertate pentru implementari (diffserv, MPLS)
 - Exemplu de multi-field:
 - *src_addr, dst_addr, src_port, dst_port, protocol number*
 - *DiffServ Code Point* – marcaj pentru pachete in tehnologia DiffServ
 - Pachetele pot sosi deja marcate la intrarea unui nod si atunci sarcina clasificarii este mai simpla
 - In urma clasificarii pachetele vor fi marcate pentru a fi recunoscute mai tarziu, in alte noduri fara a se mai face analiza completa
 - Clasificarea poate determina –
 - Identitatea unui flux individual
 - Agregatul (clasa) caruia apartine un pachet – (clasificare grosiera)
 - SLA asociat clasei care apartine pachetul

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS - Data Plane**
- **Marcarea traficului**
 - Scop: Permite tratarea in interiorul retelei prin recunoasterea acestui cod si tratare adecvata d.p.d.v QoS
 - Coduri speciale ce sumarizeaza si identifica apartenenta unui pachet la o anumita clasa
 - Marcajele reprezinta de fapt prioritati
 - In mod tipic marcarea se face
 - La intrarea unei retele (ruter de intrare)
 - La sursa de informatie (daca aceasta stie sa o faca)
 - Un nod de intrare poate modifica marcajul (scadere a prioritatii) unui pachet daca este instructionat pentru aceasta, cf. unui SLA sau politici locale
 - Exemple de marcaje pentru QoS:
 - Type of Service byte (ToS) - in antet IP
 - DSCP – ToS redefinit in tehnologia DiffServ
 - Camp cu trei biti EXP bits (folosit in MPLS)
 - Eticheta MPLS poate fi folosita si ca marcaj pentru o clasa de servicii

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS - Data Plane**
- **Verificarea traficului** (“Traffic Policing”)
 - Scop: Verifica conformitatea unui flux de trafic cu un contract de trafic prin masurarea debitului acestuia
 - protejarea retelei de trafic in exces
 - Actiuni posibile asupra unui pachet dupa masurare
 - Se permite intrarea in retea fara modificari
 - Se elimina(drop)
 - Se modifica marcajul (de ex. se scade prioritatea) si se permite intrarea
 - Parametri posibil de urmarit
 - *peak rate* (ex. pentru fluxuri CBR flows)
 - *peak rate, average rate, burst size* (pentru fluxuri VBR)
 - Algoritmi de masurare
 - *Leaky Bucket (LB)*
 - masoara debit binar de varf; pachetele in exces sunt declarate neconforme
 - Parametri:
 - *data bucket size* (de obicei o valoare foarte mica)
 - *transmission rate*
 - *Token Bucket (TB)*
 - masoara debit binar mediu si lungimea maxima a unei “rafale “ (“burst)
 - Parametri : $b=TB_size$, $r=token_generation_rate$.

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS- Data Plane**
- **Modelarea traficului Scop:** reducerea intermitentei traficului (netezire) prin intarzierea pachetelor in exces
 - In loc sa se elimine pachetele sosite prea rapid , se pun intr-o coada de asteptare si se trimit atunci cand exista suficient “credit” pentru ele
 - Se folosesc aceiasi algoritmi LB, TB , dar acum cu alt scop
 - LB si TB se pot folosi si in cascada
- **Managementul memoriei la iesirea nodului (“Buffer/Queue Management” - QM)**
 - QM decide care pachete ce asteapta transmisia vor fi memorate si care vor fi eliminate
 - Scop:
 - Minimizarea lungimii cozilor
 - Dar evitarea situtiei de coada vida ce ar duce la sub-utilizarea link-urilor
 - Evitarea monopolizarii spatiului de memorie de catre un flux
 - Schemele QM difera prin criteriile aplicate in vederea eliminarii pachetelor si locul din coada unde se face eliminarea
 - De ex. din capul cozii sau de la sfarsitul ei
 - Criteriu uzual de eliminare a unor pachete
 - Atingerea unei dimensiuni max. admisibile a cozii
 - Tinde sa mentina cozile pline ceea ce duce la congestie in cazul unor fluxuri de trafic cu intermitenta mare (“bursty”) → de aceea politicile acestea trebuie corelate cu mecanismele de tratare a congestiei
 - Politica preventiva (Active Queue Mgmt. - Random Early Detection (RED))

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS - Data Plane**
- **Organizarea in cozi si planificarea transmisiei pachetelor (“Queuing and Scheduling” Q&S)**
 - **FIFO:** pachetele sunt plasate intr-o singura coada si extrase in ordinea sosirii
 - Nu asigura “fairness” – fluxurile cu pachete mai lungi monopolizeaza capacitate link-ului de iesre
 - **Politica circulara – “Fair queuing” (FQ):** Pachetele sunt clasificate in fluxuri si plasate in cozile corespunzatoare asociate fluxurilor. Cozile sunt servite circular
 - **Politica cu prioritati- “Priority queuing”:** Pachetele sunt clasificate . Li se atrbuie prioritati si sunt plasate in cozi cu prioritati diferite. Cozile sunt servite in ordinea prioritatilor
 - **Politica circulara – cu prioritati –” Weighted fair queuing- WFQ**
 - Pachetele sunt clasificate in fluxuri si plasate in cozile corespunzatoare asociate fluxurilor.
 - Cozile au ponderi diferite si sunt explorate conform acestor ponderi
 - Astfel se poat asigura o banda medie garantata pentru un anumit flux
 - Se tine cont de lungimea pachetelor , deci un flux nu poate monopoliza un link
 - **Politica cu clase – “Class-based queuing”:** Pachetele sunt clasificate in clase de servicii si plasate in cozile corespunzatoare asociate claselor.
 - service classes and then assigned to queues dedicated to the respective service classes
 - Cozile pot primi un procentaj de banda
 - Se face explorare circulara

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

■ Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS - Data Plane

■ Evitarea congestiei

- Scop – mentinerea retelei in functiune prin evitarea aglomerarii excesive a nodurilor
- In mod traditional asta se realizeaza prin reducerea ratei surselor active
- Un set bun de mecanisme are trebui sa permita fluxurilor critice sa treaca cu garantiile promise pe seama reducerii rate fluxurilor non-critice
- Informatii de indicare a congestiei
 - *Notificari explicite* catre noduri receptoare (“forward”) sau catre surse (“backward”) de cate pachetele de date (ce poarta marcaje speciale).
 - In cazul “backward notification” se transmite o semnalizare pe un cana invers catre sursa din nodul in carea s-a constatat inceputul de congestie
 - (e.g. IETF RFC 3168 - ECN scheme for IP and TCP)
 - *Informatii implicite:*
 - expirarea unor “timer” de confirmare,
 - pierderi excesive de pachete
- Reactia surselor de trafic la asemenea informatii depinde de protocolul de transport
 - Ex. TCP – mecanisme cu fereastra care reduc fereastra de transmisie in cazul constatarii congestiei
 - UDP nu tine seama de congestie → aparent paradoxal , in retele semi-congestionate, fluxurile transportate prin UDP au castig de cauza in fata celor transportate prin TCP
- In caz de congestii incipiente se face scaderea prioritatii unor pachete sau se aplica mecanisme RED

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS – Control Plane**
- Controlul admisiei “apelurilor” – “Admission Control”
 - Functie de tip preventiv
 - Controleaza traficul admis in retea : noile fluxuri admise nu trebuie sa pericliteze pe cele care sunt deja in retea si caroror li s-au prmis garantii
 - AC este inexistent in stiva clasica TCP/IP
 - AC este de regula comandat de catre politici (policy driven)
 - Lucreaza in cooperare cu rezervarea deresurse: nu exista resurse → se refuza o cerere care pretinde a anumita cantitate de resur
 - Politici:
 - Seturi de reguli pentr managementul resurselor retelei
 - O politica
 - specifica unui SP
 - reflecta intelegeri (SLA) intre un SP/NP si un “customer”
 - SLA poate include cerinte de disponibilitate, fiabilitate si alte cerinte de QoS
 - Poate tine seama de cerinte de prioritaet pentru anumite tipuri de trafci (ex. comunicatii pentru situatii de urgenta)
 - Diferite arhitecturi definesc diverse tipuri de AC

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS – Control Plane**
- **Controlul admisiei “apelurilor” – “Admission Control” (cont)**
 - Tipuri principale de AC
 - **Bazat pe inregistrare (“Parameter based”- AC)**
 - Se tine evidenta resurselor
 - Cand vin cereri se scade cantitatea de resurse in urma inregistrarii
Se folosesc “worst case bounds” pentru metricele uzuale (“bandwidth, delay jitter, loss”)
 - Pentru noi cereri se analizeaza disponibilul
 - Nu se bazeaza pe masurarea traficului real ci pe “booking”
 - Se foloseste impreuna cu rezervarea de resurse, cu garantii “hard”
 - Determina utilizarea ineficienta a resurselor in cazul traficului intermitent daca rezervarea s-a facut la valorae de varf a benzii cerute (similar Telecom- “circuit switching”)
 - **Bazat pe masurare (“measurement based AC”)**
 - Foloseste masurarea traficului real inainte de a lua o decizie
 - Poate duce la utilizarea unor resurse, temporar neutilizate de catre fluxuri care au cerut anterior rezervarea dar acum sunt inactive
 - Dar nu poate oferi decat garantii QoS “soft” sau calitativ- relative
 - Duce la o utilizare mai eficienta a retelei decat prima metoda
 - Complexitate mare (este necesar un plan functional de monitorizare a retelei)

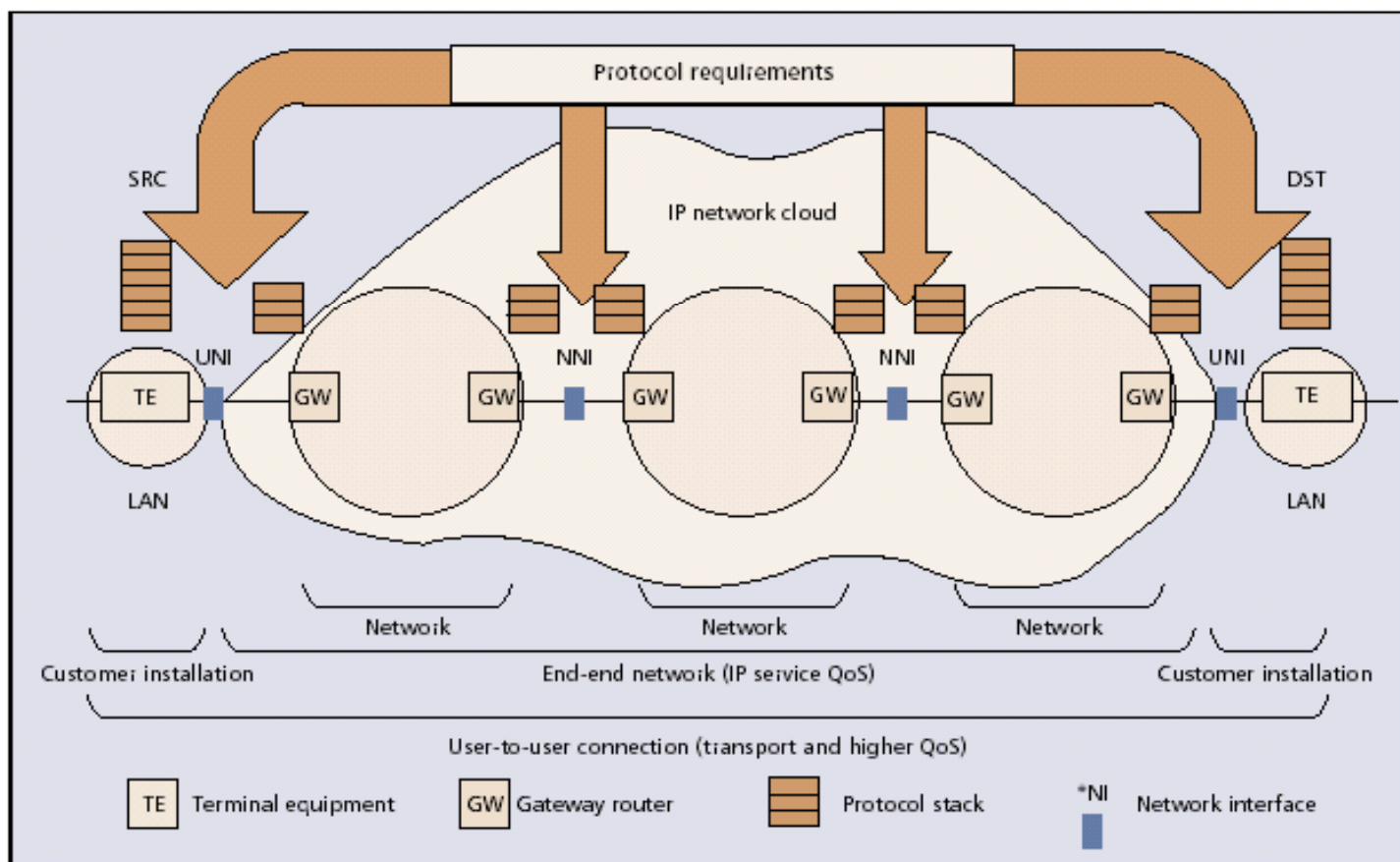
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

■ Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS – Control Plane

- Semnalizari QoS- vezi cap.1
- **ITU-T SG 11** – defineste cerintele pentru semnalizari QoS E2E in cazul IP QoS class (Y.1541)
– la interfetele User Network I/F si Network Network I/F (UNI, NNI)



■ Figure 2. *Signaling requirements for IP QoS (ITU-T Draft TRQ.IPQoS.SIG.CS1).*

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS – Control Plane**
- **Rutarea cu QoS**
 - In TCP/IP stiva clasica, alegerea rutelor nu tine seama de cerinte de QoS
 - Ex. de metrica: cost al unui link = 1
 - Scop: selectarea unei rute care satisface anumite cerinte/constrangeri de QoS
 - De regula aceasta nu e ruta cea mai scurta cf. metricilor clasice
 - Pot exista in rutarea cu QoS mai multe metrice si constrangeri (ex. Banda minima, intarziere maxima – impuse)
 - Problema de rutare poate fi NP-hard daca exista ≥ 2 constrangeri – costul rutarii este excesiv in retele medii/mari
 - Exemple de utilizare de metrice:
 - Banda; Intarziere; Banda si intarziere, Alt_cost si banda; alt_cost si intarziere
 - Strategii de rutare: sursa, distribuita, ierarhica
 - Clasificare :
 - Dupa felul in care se mentine informatia de stare
 - Dupa felul in care se face cautarea rutelor
 - Selectia cailor/rutelor implica
 - Cunoasterea caracteristicilor QoS necesare fluxurilor
 - Informatii asupra disponibilitatii de resurse in retea
 - Statice, dinamice (bazate pe masurare)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS – Control Plane**
- **Rutarea cu QoS (cont)**
 - Gasirea unor rute ce indeplinesc cerinte de QoS nu va garanta mentinerea acestora daca nu se recurge la
 - o metoda de rezervare, sau
 - limitarea traficului care este transportat pe o anumita ruta
 - Concluzie:
 - rutarea cu QoS – problema inca deschisa
 - Pentru a fi eficienta trebuie sa lucreze in cooperare cu
 - procese de monitorizare
 - metode de inginerie de trafic (exemplu: “load balancing”)
 - In retele de acces “wireless” s-au definit metrici noi care sa tina seama de
 - mobilitate
 - interferenta (nu ruta cea mai scurta este cea mai buna- neaparat)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS – Control Plane**
- **Rezervarea de resurse**
 - Reprezinta atribuirea unui set de resurse pentru anumite fluxuri
 - Nota : *Rezervarea* si *Alocarea* de resurse pot fi actiuni diferite:
 - Rezervarea – poate fi doar o operatie logica de “booking” realizata in avans fata de momentul inceperii transportului de trafic
 - Alocarea reprezinta punerea efectiva la dispozitia fluxului de trafic a resurselor necesare
 - In multe cazuri rezervarea si alocarea sunt considerate impreuna, dar exista cazuri (si chiar standarde) in care sunt tratate distinct
 - Rezervarea este insotita de AC
 - Natura rezervarii depinde de
 - Cerintele de performanta ale retelei, politici
 - Nivelul de garantii cerut de catre fluxuri/utilizatori
 - Exemple: tehnologia IntServ
 - Prin semnalizare (ex. cu protocol RSVP – “out-of-band, path-coupled”

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane**
- **Contracte de servicii (“Service Level Agreements” – SLA)**

- SLA = contract client/furnizor de servicii care specifica obligatiile partilor si acaracteristicile serviciului:
 - disponibilitate, fiabilitate, drepturi de acces, criterii de performanta si parametri, caracteristici de QoS, operare si diferite alte attribute ale serviciului
 - aspecte comerciale
- SLS = partea tehnica a unui SLA
 - SLS = set de parametri si valorile lor care definesc impreuna serviciul oferit de o retea catre un client
 - parametri unui SLS pot fi generali, (ex. ITU-T , Rec. Y1450) sau specifici unei tehnologii (ex. parametrii de perf. pentru IntServ ori DiffServ)
 - Nota: “serviciul” oferit poate fi la orice nivel arhitectural
- SLA pot incheiate off-line sau cu ajutorul unor protocoale de negociere.
- SLA pot fi invocate de care utilizator, pentru a putea serviciile definite de SLA

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane**
- **Contracte de servicii (“Service Level Agreements” – SLA)**
- Exemplu de SLA pentru un servciu MM cu garantii QoS stabilit intre un “End User” si un “Service Provider”

SLA Element/Clause	Attributes/Parameters	Description
Resource	Digital Item Id	Identifier for the Digital Item
Scope	Addresses	User end-point, Content end-point
Type of service	Premium or Olympic Service	User perception
Service schedule & Activation time	Service invocation time/date	Content delivery start and stop times
Application level (Traffic and Performance) requirements/constraints	MPEG-7 Media Information and Media Format, Service Class canonical meanings	Application performance requirements
Terminal capability	MPEG-21 Terminals Descriptor (codecs, processing power)	Terminal capability constraints
Connectivity/Access	Access Networks information (MPEG-21 Network Condition descriptor)	Last-mile connectivity information
Availability Guarantees	Reliability, Outages, Interface throughput	Guarantees for service invocation
Reliability Guarantees	Mean downtime (MDT), Mean time to repair/patch (MTTR)	Service guarantees in terms of reliability
Security	Authentication & authorisation parameters etc.	Information required for using the service and accessing the content
Billing	By DI content, SP contract, etc.	Cost and payment aspects
Others		

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane**
- **Contracte de servicii (“Service Level Agreements” – SLA)**
- Exemplu de SLS pentru un servciu de conectivitate cu garantii QoS pentru transport MM stabilit intre un “High Level Service Provider” si “Network Provider”

SLS Element/Clause	Attributes	Description
SLS Identification	Key	A unique identification key (set by service provider).
Scope	Ingress-Egress points	Identifies the topological region over which the QoS applies (IP addresses or layer 2 identifiers).
Flow Identification	DSCP, source, destination, application information	Defines the stream of IP datagrams.
Traffic Conformance (TC)	TC Algorithm and parameters for in and out of profile packets	Describes the criteria that injected traffic should comply with to get QoS guarantees specified by Performance Guarantee clause. TC information is required for configuring traffic conditioners at the edge and border routers. TC algorithms are leaky bucket, token bucket etc. and TC parameters are peak rate, token bucket depth, etc.
Excess Treatment	Action for out-of-profiles packets	Describes how the excess traffic will be treated.
Network Level Performance Guarantees	Delay, loss, jitter, throughput, error	Describes the performance guarantees a provider agrees to offer to the packets entitled to this SLS.
Service Schedule (optional)	Timetable for delivery planning	Describes possible time intervals allowed for service invocation.
Reliability (optional)	MDT per-year etc.	Describes the allowed figure of non-availability of the service

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane**
- **Restabilirea Serviciilor (“Service Restoration”)**
 - Scop recuperarea dupa defectari
 - Metode de principiu: comutarea automata pe rute de rezerva

 - Defectarea unui nod (ruter)
 - Rezolvarea uzuala – prin redundanta
 - Dar nu se pot rezolva caderile de tip “catastrofic”
 - Traficul este re-rutat cu ocolirea zonei defecte
 - Protocoalele de rutare trebuie sa aiba capabilitati in a calcula alternative de rutare

 - Defectarea unui link
 - Metode similare de ocolire a link-ului defect
 - Intr-o retea mare pot exista prioritati diferite ale link-urilor si rutelor
 - Etse necesar un plan de recuperare in cazul caderii mai multor elemente
 - Acest plan trebuie sa tina cont de SLA-urile stabilite cu diversi utilizatori ai serviciului de conectivitate

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- **Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane**
- **Managementul bazat pe politici (“Policy Based Management”)**
- Tehnica de flexibilizare a managementului datorita unor factori ca:
 - Inteligenta elementelor de retea si terminalelor a crescut – deci li se poate conferi mai multa autonomie locala in cadrul unui set de regulide comportament
 - Cresterea complexitatii operatiilor de management
 - Recent – Autonomic Management – concept inrudit
 - Politici :
 - set de reguli de tip IF <conditii> THEN <actiuni> $\Rightarrow$ determina alocarea si controlul accesului la diferite resurse din retea
 - Regulile pot fi stabilite de admin dar pot fi si provenite din considerente de nivel inalt (business)
 - Specifica si regleaza accesul
 - la resurse de retea,
 - servicii de retea de nivel L2l, L3
 - Servicii de nivel inalt (FTP, E-mail, WWW VoIP, VoD, etc.)
 - Controleaza **care** utilizatori au acces la **care** resurse si **in ce conditii**
 - **Avantaj PBM:**
 - nu se mai face configurare fixa a elementelor prin actiuni statice de management
 - Se permite includere efectiva a politicilor de nivel inalt in partea tehnica a retelelor
 - SE pot pune in practica clauzele SLA- urilor
 - Problema principala a PBM:nerezolvata inca satisfacator
 - Validare sintactica si semantica a politicilor
 - rezolvarea conflictelor statice sau dinamice

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane
- Managementul bazat pe politici (“Policy Based Management”) (cont)
 - **Componente PBM (“PBM logical components”)**
 - *Mediu pentru definirea de politici (“Policy Management Tool-PMT”)*
 - *Baza de date cu politici (“Policy Repository” asigura un “Policy Storing Service”)*
 - *Consumatori de politici (“Policy Consumers” or “Policy Decision Points” -PDPs)*
 - *Executatnti de politici (“Policy Enforcement Points – PEP”)*
 - Un exemplu de PDP este blocul “*Bandwidth Broker BB*” folosit in tehnologia DiffServ pentru a gestiona cererile de banda
 - PMT
 - Creaza un mediu si I/F prin care politicile sunt definite – folosind un limbaj de nivel inalt-declarativ – prietenos pentru om, inclusiv pentru non-experti
 - Se face validarea statica si detectarea conflictelor
 - Translatia politicilor in reprezentari de tip obiect
 - Memorare in Policy Repository (PR)
 - PR
 - poate fi centralizat sau distribuit
 - Acces la PR se face cu protocoale specifice *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)*
 - Dupa memorarea politicilor se pot activa PDP
 - Acestea extrag politicile din PR si configureaza PEP cu ajutorul unor protocoale specifice

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.1 Cadrul arhitectural QoS in retele IP

- Sumar al functiilor necesare pentru suport QoS –Management Plane
- Managementul bazat pe politici (“Policy Based Management”)

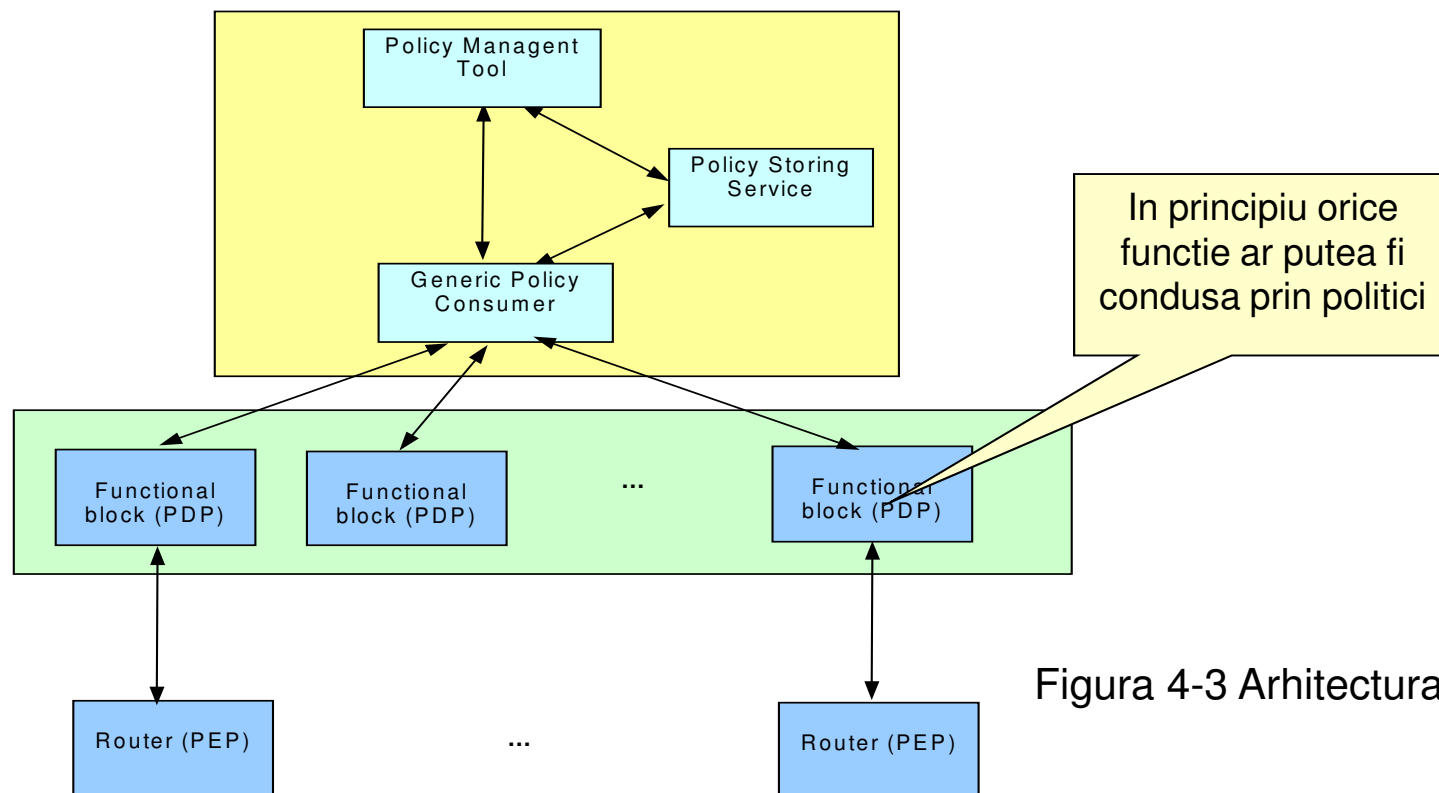


Figura 4-3 Arhitectura PBM

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

- **4.2.1 Garantii QoS**
- **Tipuri de garantii**
- ***Banda***
 - **Best Effort**
 - Aplicabil in Internet classic pentru aplicatii elastice non-critice
 - **Banda maxima garantata pentru un flux**
 - Banda de varf (peak rate) max este rezervata
 - Nu se admite alocare de banda in plus
 - Util pentru CBR
 - **Banda minima garantata pentru un flux**
 - Valoare minim garantata
 - Daca exista resurse se aloca mai mult dar fara garantii
 - Folosibila pentru aplicatii critice dar elastice sau “adaptive streaming”
- ***Alte garantii***
 - Intraziere maxima, fluctuatie maxima a intarzierii (jitter) , pierderi de pachete
- Exista diferite cazuri, de regula asociate cu anumite cereri de banda
 - **BE-** nici o garantie
 - In cazul **Banda maxima garantata**- de regula se specifica si intarzierea max. admisa
 - (ex. VoIP, com. interactive-AVC)
 - In cazul **Banda minima garantata**- de regula se specifica si intarzierea max. admisa
 - ex. aplicatii adaptive
 - Jitter trebuie mentinut in anumite limite (determinat de lungimea buffer-ului in player)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

- **4.2.1 Garantii QoS: Nivele de garantii**
 - **Deterministe** (“*Hard Guarantees*”): asemanatoare cu cele oferite de canale fizice din telecom- greu de satisfacut in TCP/IP
 - De regula se satisfac pentru seturi limitate de adrese sursa-destinatie
 - **Statistice**
 - **Cantitative**
 - mai slabe ca cele “hard”- se garanteaza anumite caracteristici cantitative dar cu o probabilitate mai mica decat 1
 - Se pot asocia cu valori minime garantate determinist
 - seturi limitate de adrese sursa-destinatie
 - **Calitative (loose):**
 - se dau garantii de tip “better than BE” dar fara valori cantitative- de ex. De tip “olimpic” adica Platina, aur, argint, etc.
 - Se poit referi la orice pereche sursa- destinatie
 - **Fara garantii** (“Best effort”)
 - Performanta QoS depinde foarte mult de incarcarea cu trafic a retelei
- Problem actuala in dezbatare:
 - **“Neutralitatea in Internet”**
 - Este permisa discriminarea si tratarea diferentiata a fluxurilor
 - Pareri pro si contra- **problema nu e inca solutionata.**

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS 4.2.2 Rutere capabile de QoS

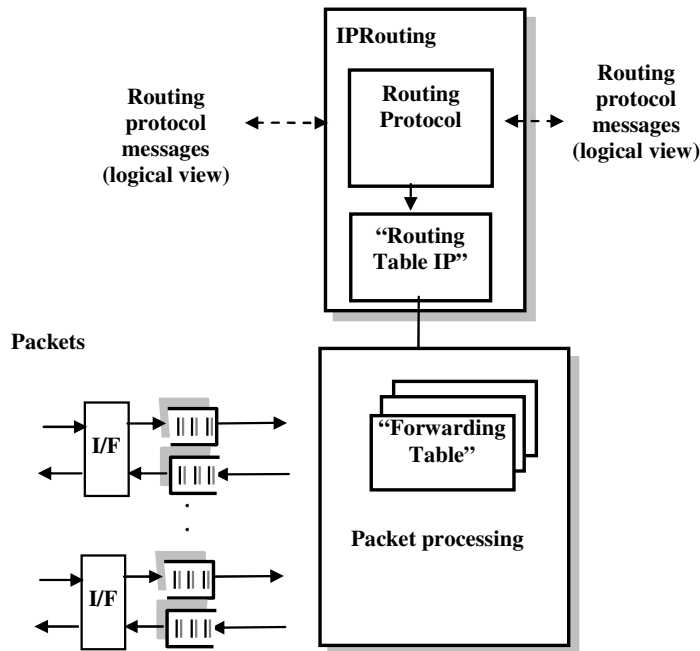


Figura 4-4 Arhitectura unui ruter conventional

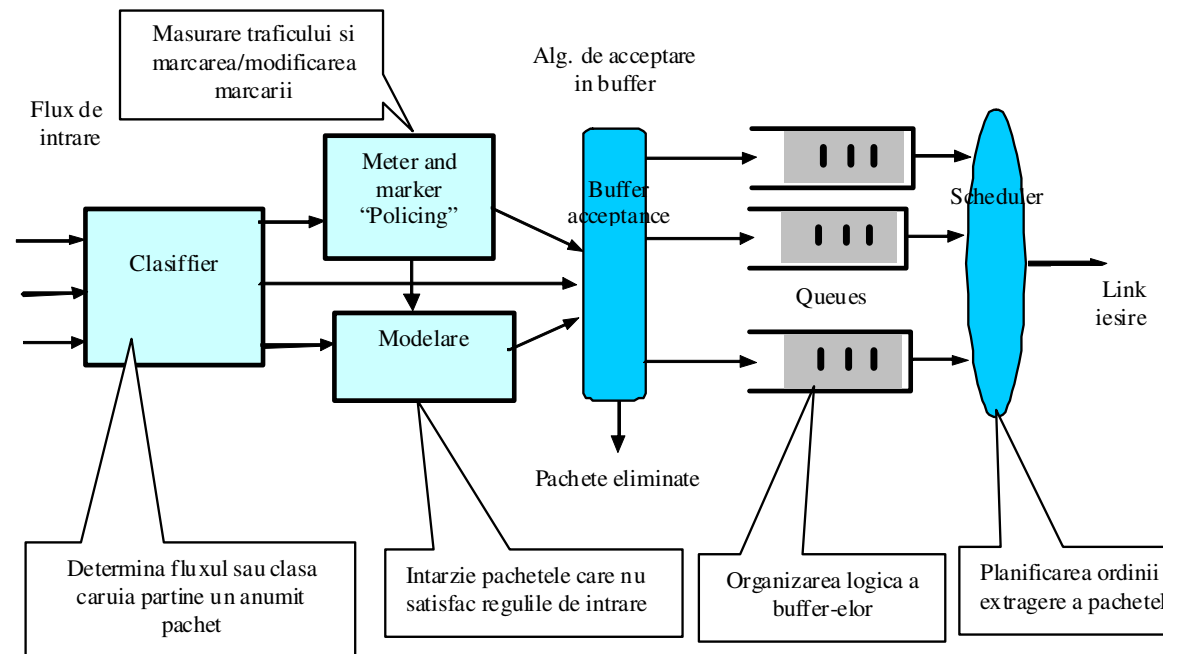


Figura 4-5 Arhitectura unui ruter capabil QoS

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Best Effort**
- Un ruter BE
 - Accepta pachete pe I/F de intrare
 - Consulta Tabelul de dirijare
 - Memoreaza pachetul in coada FIFO asociata link-ului de iesire
 - Transmite pachetul; nu retine nici o informatie despre acest pachet (state-less)
 - Singura cerinta: echitate (« fairness »)
- **Principiul Max-Min**
- Sa se asigure fiecarui flux de trafic maximum de banda posibila dar impartita egal inte fluxuri daca sunt mai multe pe acelasi segment
- **Definitia matematica**
 - graph (N, L) cu capacitati de transmisie asociate link-urilor
 - C_l = capacitatea unui link $l \in L$
 - Fluxurile sunt date ca rute in graf
 - P = set de fluxuri
 - **Problema:** pentru un graf dat si un set de fluxuri, sa se gaseasca un vector de alocare cu rate rp (capacitate de transmisie) pentru orice $p \in P$,
- **Notatii:**
 - Pentru orice $l \in L$, fie $Fl = \sum rp$,
 - Suma $\sum$ se face peste acele p care contin link l
 - Vector de alocare $\mathbf{r} = \{rp \mid p \in P\}$ – spunem ca e *fezabil* daca
 - $rp \geq 0, \forall p \in P; Fl \leq Cl, \forall l \in L$
- **Definitia echitatii max-min fairness:**
 - “ $\mathbf{r} = \{rp \mid p \in P\}$ este *max-min echitabil*, *daca e fezabil si pentru fiecare* $p \in P$, rp nu poate fi crescut fara a descreste rp' pentru anumite fluxuri p' pentru care $rp' \leq rp$ ”

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Best Effort- Max Min**
- **General algorithm :**
 - 1. *Allocate 0 Mbps for each source*
 - 2. *Equally increment the allocation to each source until one link becomes saturated. Now, each source i which uses the saturated link receives an allocation:*
 - $r_i = \text{Link_Bandwidth} / \text{no_of_sources using this bottleneck link.}$
 - 3. *Increase equally the allocation of all the sources which do not use a saturated link until another link becomes saturated.*
 - 4. *Repeat, always incrementing the allocation of the sources which do not use a saturated link, until all sources use at least one of the saturated links.*
- **Exemplu:**
 - 1. Start $r_1=0, r_2=0, \dots, r_5=0$
 - 2. Pe L5: $r_1 + r_3 + r_5 \leq 1$; set $r_1=r_3=r_5 = 1/3$, satureaza L5
 - 3. Pe L3: se poate creste $r_4 = 2/3$, caci $r_1 + r_4 = 1/3 + 2/3 \leq 1$
 - 4. Pe L4: se poate creste $r_2 = 1$; nici un alt flux nu mai este pe L4
 - Note:
 - $\sum r_k = 1/3 + 1 + 1/3 + 2/3 + 1/3 = 2.66$
 - Utilizarea Link-ului : $U_1 = 1/3, U_2 = 1/3, U_3 = 1, U_4 = 1, U_5 = 1$;
 - $U_{avg} = 3.66/5 = 0.73$

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

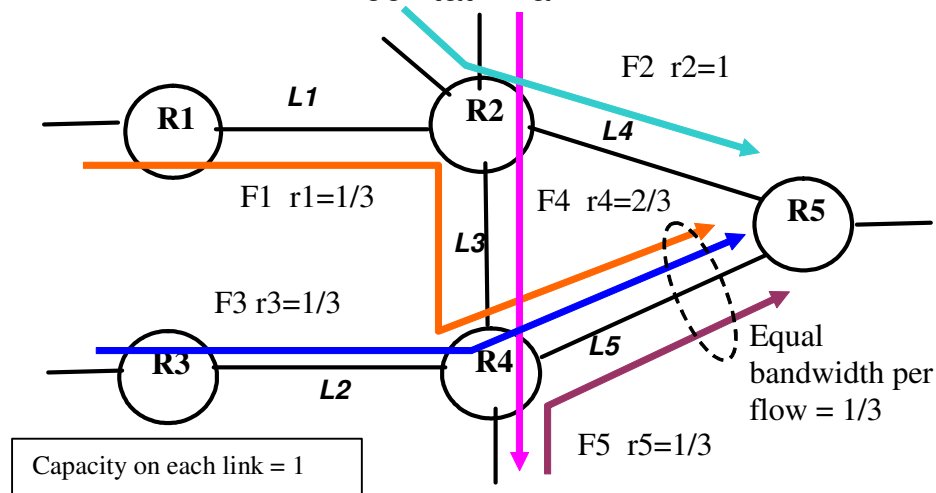


4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Best Effort- Max Min**
- Privire alternativa
- A1. (not max-min fair) *maximizeaza capacitatea totala folosita*
- Ex. daca $r = \{1/2, 1, 1/2, 1/2, 0\}$ avem utilizare de link-uri
- $U = \{1/2, 1/2, 1, 1, 1\}$; $U_{avg} = 0.8$ (mai buna decat pentru max-min)
- Metoda da prioritate fluxurilor lungi
- A2. *Maximizeaza suma alocarilor:*
- Ex. - alocarea $r = \{0, 1, 0, 1, 1\}$, $\sum r_k = 3.0$ e mai buna decat max-min, dar nu e "fair" fata de anumite fluxuri (ex. F1, F3).
- Aceasta metoda confera prioritate fluxurilor scurte

Figura 4-6 Exemplu de realizare a echitatii Max- min



Implementarea echitatii Max-min in TCP/IP difficult to perform in practice

Echitatea depinde de mecanismele de control de congestie

- 1. **Rutere** (care pachete se elimina in caz de congestie)
- 2. Terminale (TCP are mecanisme dar UDP nu are)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Managementul Buffer-elor**
- Rutere: Algoritm de acceptanta in buffer-e
 - Trebuie sa asigure
 - suport pentru BE
 - Utilizare echitabila a buffer-elor
 - Protectie intre fluxuri
 - Utilizare buna a link-urilor
 - Decizie:
 - A.cand trebuie eliminate si B.care pachete ?
 - A. Can Buffer este plin sau aproape de umplere (RED)
 - B.
 - De la sfarsitul cozii (pachet curent sosit) sau alt pachet din acelasi flux de la inceputul cozii
 - Un alt pachet oarecare
 - Pachetul de la inceputul cozii
- **Mecanisme RED (« Random Early Detection »)**
- Scop:
 - prevenirea congestiei printr-o tehnica alatoare fara a defavoriza vreun flux
 - Sa asigure eficienta link-urilor (buffer non zero)
 - Sa controleze umplerea medie
 - Sa fie « prietenos » fata de fluxurile TCP
 - Adica sa evite eliminarea unor rafele lungi care dteremina stoparea aplicatiilor TCP

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Mecanisme RED (« Random Early Detection »)**
 - Mecanismul de baza
 - dupa umplerea unui buffer peste un prag minim se incepe eliminarea probabilistica a pachetelor sosite (fara a se tine seama de identitate pachetului)
 - Daca umplerea creste probabilitatea P_d creste
 - Daca umplerea ajunge la un prag maxim din acel moment toate pachetele sosite se elimina (tail-drop)
 - Se obtine un tratament echitabil d.p.d.v. al eliminarii

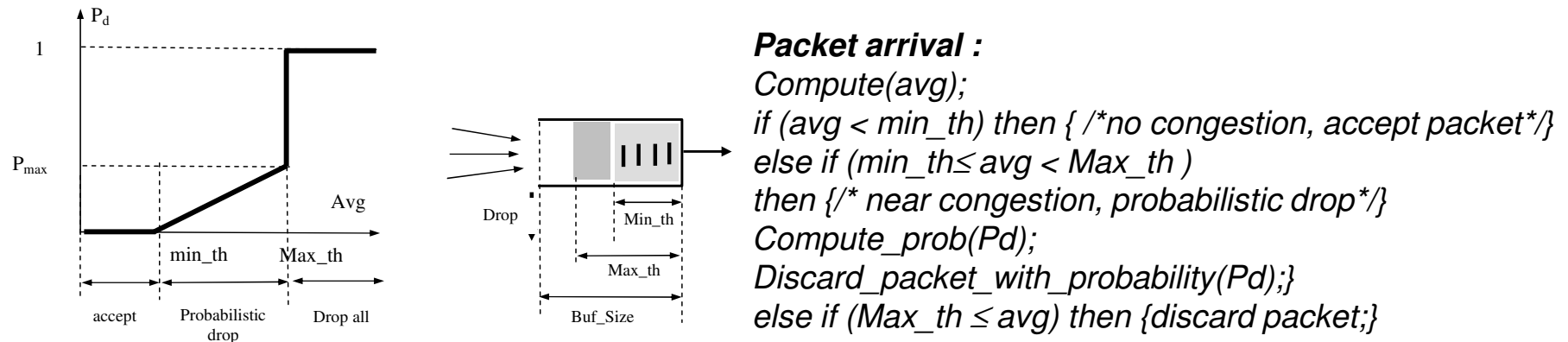


Figura 4-7 Diagrama RED de baza

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Mecanisme RED (« Random Early Detection ») (cont)**
- Probleme pentru RED
 - complexitate de reglare a paramterilor intr-un lant de mecanisme (min_th, Max_th, Pmax, etc.)
 - dependenta perf. de viteza link-ului , tip de trafic, etc.
- **RED cu doua nivele de prioritate ale pachetelor**
 - Prioritate mare (high – H)
 - Prioritate mica (low – L)

Arrival of packet:

```
if (Pack.Type = H) then { /* high priority packet*/  
  if (Buf.Fill < Buf.Size) then accept_pack();  
  else discard_pack();  
} else { /* low priority */  
  if (Buf.Fill < Buf.Th) then accept_pack();  
  else discard_pack();  
}
```

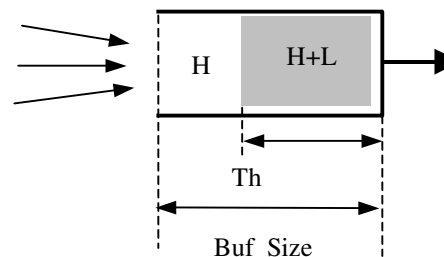


Figura 4-8 Buffer RED cu doua nivele

- **RED cu ponderi**
 - Principiu :
 - N algoritmi RED in paralel
 - Primul decide acceptare pachetelor cu prioritatea N (cea mai mare)
 - Al doilea pentru N-1, etc.
 -

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.3 Mecanisme la nivel IP

- **Mecanisme RED (« Random Early Detection ») (cont)**
- **RED cu doua prioritati (H, L)- varianta 1**
 - Calculeaza doua medii de umplere $avg(H)$ and $avg(L+H)$
 - Elimina pachete L cu precadere fata de cele H
- **RED cu doua prioritati (H, L)- varianta 2**
 - Calculeaza o singura medie de umplere considerand toate pachetele din buffer
 - pragul de eliminare pentru pachetele H este mai mare
 - Caz particular V.2 - CISCO

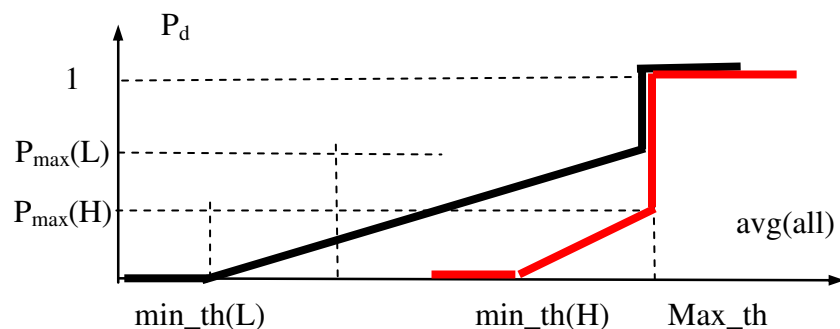


Figura 4-11 RED- CISCO

E.Borcoci- UPB, ETTI Bucuresti 2014-2015

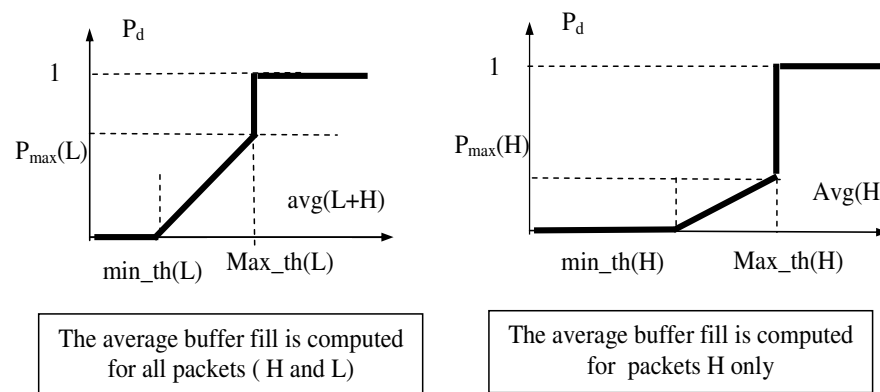


Figura 4-9 RED cu doua prioritati- v.1

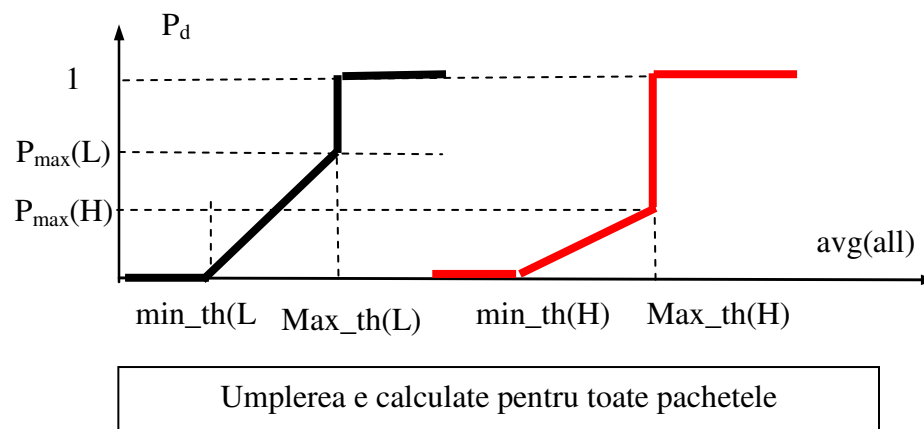


Figura 4-10 RED cu doua prioritati- v.2

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- Referinte RED
- 1) S. Floyd, V. Jacobson, *Random Early Detection gateways for congestion avoidance*, IEEE/ACM Trans. Networking, V1, N4, 1993, pp. 397–413
- 2) Braden et al., *Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet*, RFC 2309, April 1998
- 3) S. Doran. *Red analysis*. available from <http://adm.ebone.net/~smd/red-1.html>, 1998.
- 4) B. Reynolds. *RED analysis for congested network core and customer egress*. In Presented at NANOG, January 1999. available from <http://engr.qual.net/papers/reddraft.html>.
- 5) M. May, J. Bolot, C. Diot, and B. Lyles. *Reasons not to deploy RED*.
- 6) In IWQoS'99, London, June 1999. preprint available from
- 7) <http://199.2.52.7/PEOPLE/diot/>.
- 8) G. Iannaccone, M. May, and C. Diot. *Aggregate traffic performance with active queue management and drop from tail*. ACM Computer Communications Review, 31(3):4–13, July 2001.
- 9) M. Christiansen, K. Jeffay, D. Ott, and F. Donelson Smith. *Tuning RED for web traffic*. In ACM SIGCOMM2000, August 2000.
- 10) D. Lin and R. Morris. *Dynamics of random early detection*. In SIGCOMM 97, pages 137–145, Cannes, France, September 1997.
- 11) http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/12cgcr/qos_c/qcpart3/qcwred.htm

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

- **Serviciul de asigurare a unei benzi maxime**
 - Se doreste asigurarea unei valori de banda maxima pentru un flux
 - Se face rezervare
 - Fluxul nu va primi banda mai mare decat cea stabilita
 - Implementare:
 - cum se identifica fluxul?
 - furnizarea garantiilor de banda maxima prin
 - masurarea ratei fluxului de intrare
 - limitarea la valoarea maxima (mecanisme TB, LB)
 - marcarea pachetelor (ToS, MPLS)
 - mecanisme de asigurare a benzii pe link de iesire (planificatoare)
- **Serviciul de asigurare a unei benzi minime**
 - identificarea fluxului pentru care se doreste garantarea
 - algoritmi de masurare TB (doua culori, trei culori)
 - marcare probabilistica sau determinista
 - eliminare de pachete folosind RED
 - **Implementare:**
 - in flux exista;
 - pachete pentru care se va garanta acel minimum
 - pachete in exces – vor fi tratate BE sau chiar eliminate (nu intra in “zona” garantata)
 - trebuie identificate cele doua feluri de pachete
 - masurarea ratei de intrare
 - identificarea pachetelor “normale” si in exces (fata de cele al caror flux are banda minima)
 - marcare probabilistica sau determinista a acestora

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

■ Serviciul de asigurare a unei benzi maxime/minime

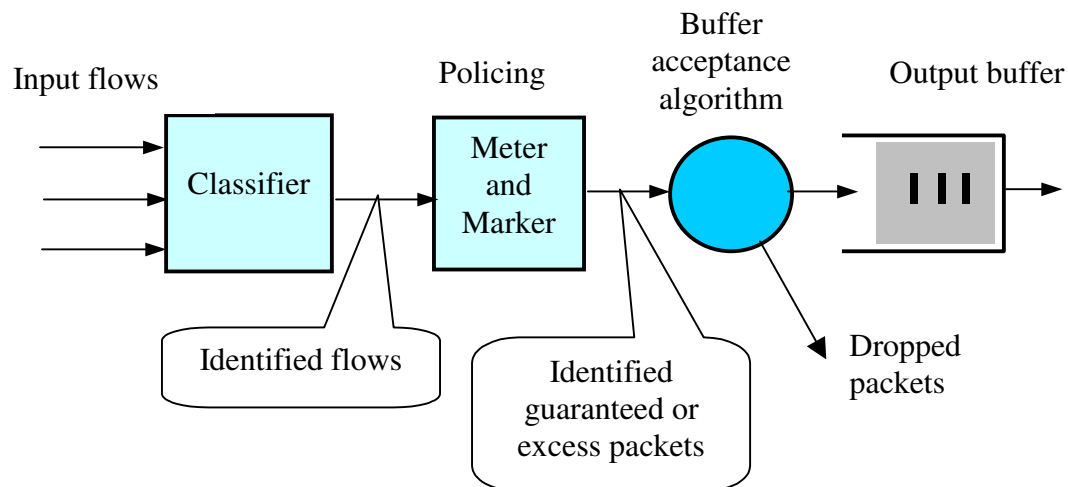


Figure 4-12 Identificarea pachetelor pentru rata garantata si a celor in exces

■ Masurare si marcarea pachetelor : conforme/neconforme

■ **Marcare determinista:**

- Cand soseste un pachet se evalueaza rata medie(mecanism TB); daca e mai mare decat limita, se marcheaza pachetul ca neconform
- TB poate fi extins cu mai multe feluri de marcare (2, 3 “culori”)
- Implementare simpla, exista modele matematice de analiza
- Mecanism utilizabile si in alte tehnologii
- Nu e cea mai buna solutie pentru TCP (TCP are caracter “bursty” pronuntat)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

- **Serviciul de asigurare a unei benzi maxime/minime**
- ***Marcare probabilistica***
 - marcarea probabilistica a pachetelor in exces este proportionala cu gradul de depasire a ratei minime
 - Adaptat la comportament TCP
 - Dificil a gasi modele matematice de analiza
 - Posibil a extinde mecanismul la mai multe nivele de pachet decat garantate si in exces
- ***Algorithm:***
 - *if ($R_{avg} \leq R_{min}$) then { /* packet is guaranteed */ }*
 - *else { $P_{drop} = (R_{avg} - R_{min}) / R_{avg}$; /*mark with P_{drop} probability packet the packet as being in excess */ }*
- ***References***
 1. *Fang et al., A Time sliding window three color marker (TSWTCM), Internet draft draft-fang-diffserv-tc-tswtcm-00.txt, October 1999*
 2. *Clark and Fang, Explicit Allocation of Best Effort packet delivery service, IEEE/ACM transactions on networking, August 1998, vol 6, N 4, pp.362-373*

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificare si marcare a pachetelor

- Flux= secventa de pachete cu o caracteristica comuna (definita de un camp sau mai multe din antetele pachetelor)
- Flux de nivel:
 - L2 - ATM sau FR circuite virtuale Frame Relay
 - L3 – informatii de nivel 3 (ex. aceeasi pereche src, dst)
 - L4 – informatii de nivel transport – ex. TCP or UDP
 - L5 – info de nivel aplicatie
- **Clasificatorul**
 - Identifica fluxul caruia apartine un pachet
 - Poate fi complex (“multifield”)
 - E plasat la intrarea unui ruter de obicei “ingress” al retelei (complexitate la “marginii”);
 - De obicei clasif. lipsete in ruterele “core”
 - Pentru asta e necesara marcare a pachetelor pe frontiera retelei (la intrare)
 - Ruterul core doar recunoaste marcasele si trateaza pachetele diferentiat cf. marcajelor
- **Fluxuri de nivel 3**
 - Identificare :
 - *src_addr, dst_addr* cu/fara masca-retea
 - (ex. toate pachetele ce vin de la adresa 141.85.0.0/16)
 - Pachetele cu aceeasi ruta BGP sau ce merg catre acelasi “next hop”
 - (recunoasterea de astfel de pachete necesita consultarea tabelor de forwarding)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificarea si marcare a pachetelor

Fluxuri de nivel L3

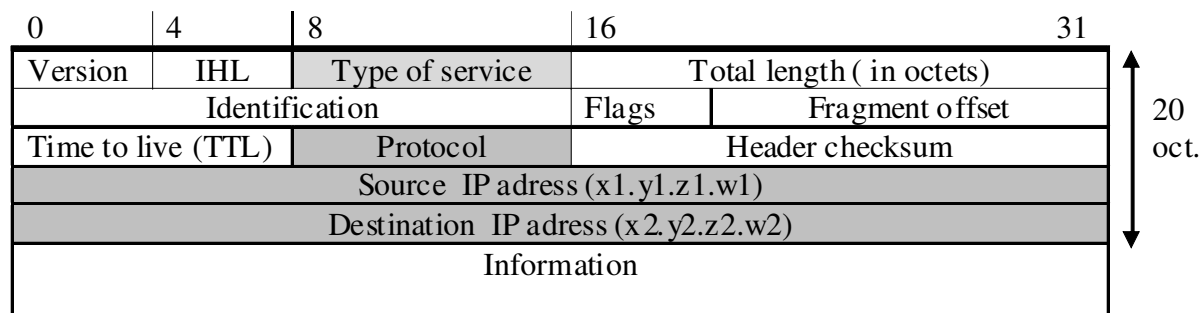


Figure 4-13 Campuri de nivel L3 folosibile la clasificare

Fluxuri de nivel L4

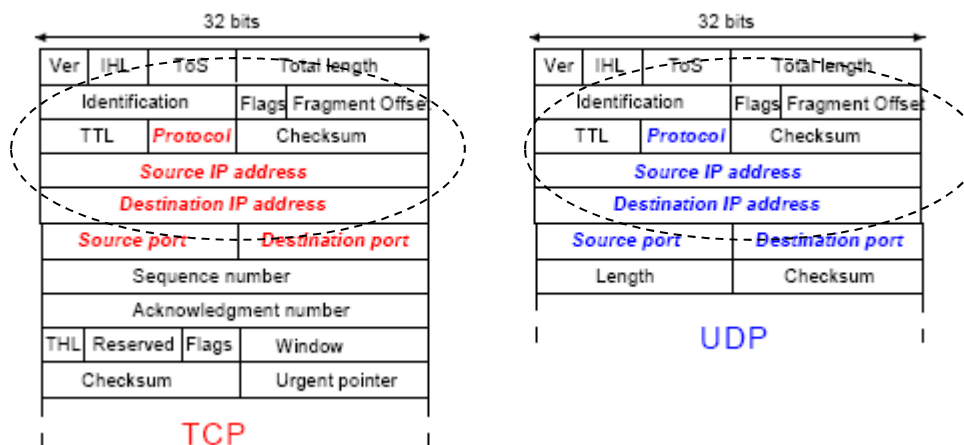


Figure 4-14 Identificarea fluxurilor de nivel 4 -TCP/UDP

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificarea si marcare a pachetelor

- **Fluxuri de nivel aplicatie**

- **Conectate la porturi cu nr. fix (“well known”)**

Application	Transport protocol	Port number
DHCPBootp	UDP	67, 68
DNS	TCP/UDP	53
HTTP	TCP	80
IMAP	TCP/UDP	143, 220
LDAP	TCP/UDP	389
MS-SQL	TCP	1433
NFS	TCP/UDP	2049
NNTP	TCP/UDP	119
POP	TCP/UDP	109/110
SMTP	TCP	25
SNMP	TCP/UDP	161, 162
SSH	TCP	22
Syslog	UDP	14
Telnet	TCP	23
X Windows	TCP	6000–6003

- **Conectate la porturi variabile (nr. de port se negociaza)**

- FTP: serverul si clientul pot negocia alte nr. de port decat “default port numbers” 20/21
- RTP (RFC1890): poate folosi orice nr. par de port
- RTCP foloseste nr. Impare (frecvent porturile UDP 5004–5005 dar nu e obligatoriu)
- Netshow/RealAudio: RTSP protocol (port 554) e folosit pentru a negocia continutul de trimis in mod “stream” si numerele de port UDP/TCP
- SunRPC: serviciul RPC utilizeaza orice numar de port, portmap/rpcbind (port 111) – folosit pentru a localiza servciul

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificare si marcare a pachetelor

- Probleme cu fluxurile criptate
- Folosirea tunelelor cu securitate -> face imposibila citirea antetelor in rutere
 - vor produce ascunderea antetelor TCP and UDP pentru rutere intermediare
- Example – transportul datagramei IP in tunel ESP
- ESP – Encapsulating Security Payload
- Solutii:
 - Criptare doar a partii de date – fara antetul de nivel L3, L4 – nu merge cu ESP
 - Metode statistice de clasificare

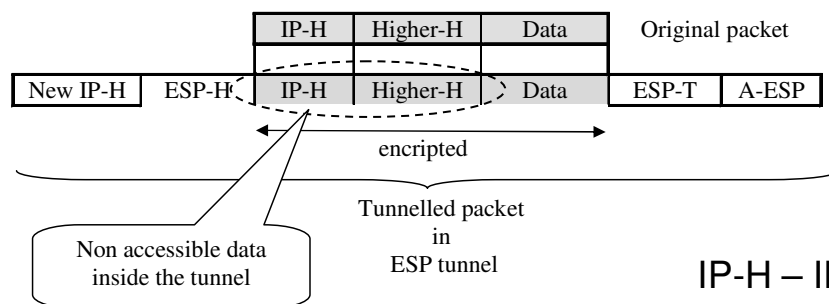


Figure 4-15 Incapsularea in tunel ESP

IP-H – IP header
Higher –H – higher layer headers (TCP/UDP, RTP, etc.)
New-IP_H new IP header of the tunnel
ESP-H – ESP Header
ESP-T - ESP Trailer
A-ESP – Authentication ESP field

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificarea si marcare a pachetelor

- **Probleme de clasificare la diferite nivele**
 - Aplicatie
 - Solutie costisitoare, necesita cunoasterea de catre clasificator a sintaxei protoalelor de nivel aplicatie
 - Viteza redusa de lucru
 - Dificil de aplicat in retele "backbone"
 - Nivel L3, L4
 - Nu exista consens azi
 - Clasificarea L4 in rutere "core" necesita ASIC pentru a obtine viteza
 - Inca se utilizeaza clasificarea doar la marginile retelelor
- **Tendinte noi**
- **Content Aware Networking (> 2008)**
 - Presupune clasificare inteligenta dupa tip de continut
 - Solutii:
 - Analiza antetelor de nivel inalt (Deep Packet Inspection)
 - Analiza comportament statistic
 - Inserarea de catre servere a unui camp special de informatie in pachetele de date
- **Content Oriented Networking (>2005)**
 - fiecare obiect de date este recunoscut ca atare
 - sarcini foarte grele pentru rutere

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificare si marcare a pachetelor

- **Marcarea pachetelor- Exemple**
 - **Octetul Type of Service din antet IPv4**
 - **Antetul MPLS**
 - **Campul EXP cu 3 biti**
 - **Eticheta MPLS insasi (20 biti)**
 - **Campul DSCP- tehnologia DiffServ**
 - **Redefinirea lui ToS**
 - **Se va discuta in cadrul tehnologiei DiffServ**

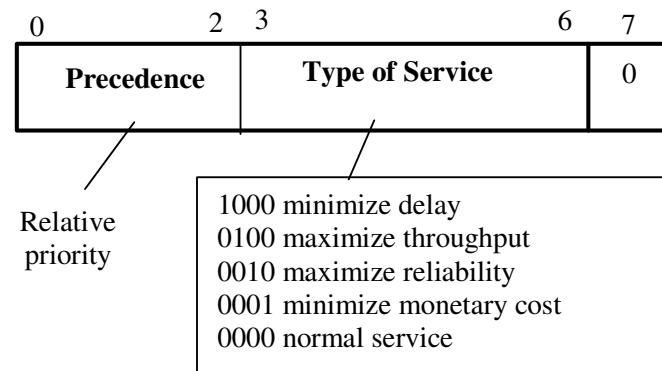
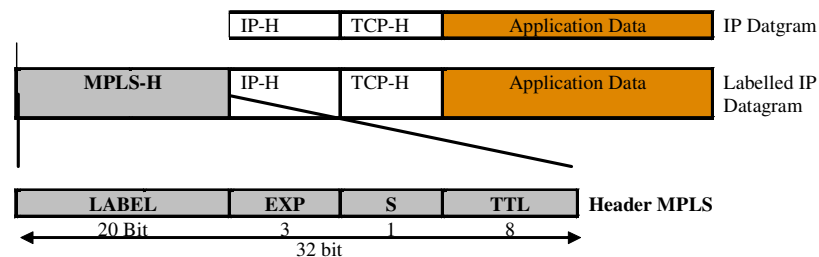


Figure 4-16 Marcaj prin octet ToS

Figure 4-17 Marcaj prin eticheta MPLS sau camp EXP



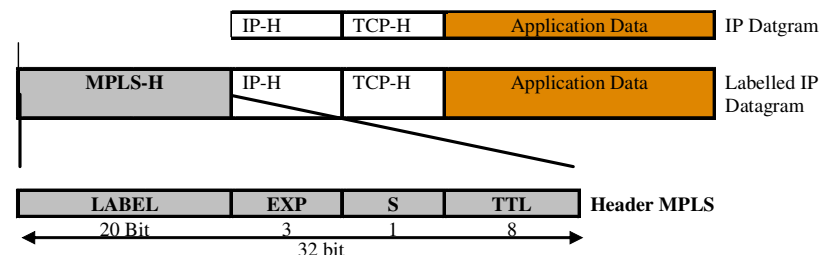
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.4 Metode de clasificare si marcare a pachetelor

- **Antetul MPLS**
 - **Campul EXP cu 3 biti**
 - **Eticheta MPLS insasi (20 biti)**



Note RFC 5462- Feb 2009

(MPLS) Label Stack Entry: "EXP" Field Renamed to "Traffic Class" Field
The early MPLS) documents defined the form of the MPLS label stack entry.
This includes a three-bit field called the "EXP field".

The exact use of this field was not defined by these documents, except to state that it was to be "reserved for experimental use".

The intended use of the EXP field was as a "Class of Service" (CoS) field, it was not named a CoS field because the CoS use was not sufficiently defined at that time. Today a number of standards documents define its usage as a CoS field.

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

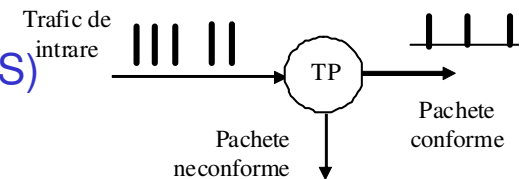


4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

■ Verificarea traficului (Policing)

- Se verifica prin masurare respectarea unui anumit set de valori limita
- Nu sunt modificate caracteristicile traficului
- Parametri
 - Peak Rate (PR), Average Rate (AR), Burst Size (BS)



■ Modelarea/formatarea traficului (Shaping)

- Reducerea intermitentei traficului
- prin intarzierea pachetelor intr-o coada

■ Masurarea traficului de intrare

- Definirea ratei fluxului pentru un contract de trafic
- Pachete- lungimi variabile -> *no_of_packets/time_unit* este relevant numai daca se cunosc lungimile pachetelor
- *no_of_bits/time_unit*- mai exact
- Nota: fluxul de pachete nu se modeleaza exact ca un flux de fluid -> dificultati matematice

Figure 4-18 Verificarea traficului (policing)

■ Algoritmi de masurare

- Fereastra cu salt (Jumping window rate measuring algorithm)
- timp divizat in intervale fixe (fereasta) T (un timer expira la fiecare T)
- Rata medie limita $R_m = B / T$ [bytes/s]

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

- Algoritmi de masurare
 - Fereastra cu salt (Jumping window rate measuring algorithm) (cont)
 - Algoritm

Initially: $credit = B$;

*/*credit represent the amount of bytes allowed to enter until the end of T^* */*

Every T [sec] do

{if $credit > 0$

then $credit = B$; / the previous unused credit is lost*/*

else $credit = credit + B$;

}

Arrival of Packet P of length L:

If $credit - L > -1$ /it may be allowed a certain amount of debt within a T interval/*

then { / accept the packet*/*

credit = credit - L;}

*else{ /*discard the packet*/}*

- *Anvelopa de trafic arata ce volum total de trafic a fost admis in intervalul $[0, t)$*
 - $A(t) = 2B + \lfloor t/T \rfloor * B$
- Caracteristici
 - Avantaj - simplitate de implementare
 - Dezavantaj
 - Limiteaza numai rata medie nu si pe cea instantanee
 - Posibile rafale de lungime $2B$
 - Momentul de start pentru fereastra T influenteaza rezultatele

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

- Algoritmi de masurare

- Fereastra alunecatoare 1 (Sliding window rate measuring algorithm)

- La sosirea unui pachet rata R se calculeaza pentru W sec in urma
 $R = (\text{no_bytes_rec_in_last_}W)/W$

- Algoritm

- Packet of length L arrives at t instant:

```
a = compute_amount_accepted_bytes [t-W, t]
if (a+L) <= N
{ store_instant_and_length[t,L]; /* accept packet */ }
else { /* discard packet */ }
```

- Problema: trebuie memorate perechile (L, t)

- Fereastra alunecatoare 2

- Evita memorarea momentelor de sosire

Initialization: $\text{last_}t = 0$; $\text{Avg_}R = \text{Max_}R$;

Packet of length L arrives at time t :

$D = t - \text{last_}t$;

$\text{Est_}R = (\text{Avg_}R * W + L) / [D + W]$;

if ($\text{Est_}R \leq \text{Max_}R$)

then { /* accept packet */ }

$\text{Avg_rate} = \text{Est_}R$;

$\text{last_}t = t$ }

else { /* discard packet */ }

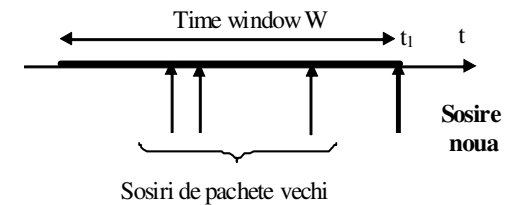


Figure 4-19 Masurarea cu fereastra alunecatoare-1

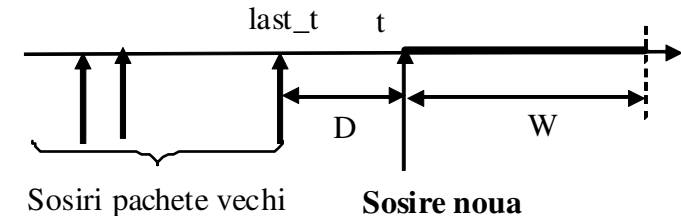


Figure 4-20 Masurarea cu fereastra alunecatoare-2

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

Modelul de baza Token Bucket

- TB – definitia formala a unei ratei de transfer
- componente TB : *burst size, mean rate, time interval (Tc)*
- $mean\ rate = burst\ size / time\ interval$
- **Mean rate** = *Committed Information Rate (CIR)*: arata traficul mediu per unitate de timp
- **Burst size** = *Committed Burst (Bc) size*: specifica lungimea maxim admisa a unei rafale [biti/octeti]
- **Time interval** – interval de masura
- TB - implementabil simplu pentru a masura rata de intrare
- R - average rate [bytes/sec]
- $T = 1/R$ – perioada intre 2 token-uri succesive
- B – dimensiune = “size of the token bucket “[bytes]
- c- umplerea curenta a lui TB = *credit*, $c \leq B$

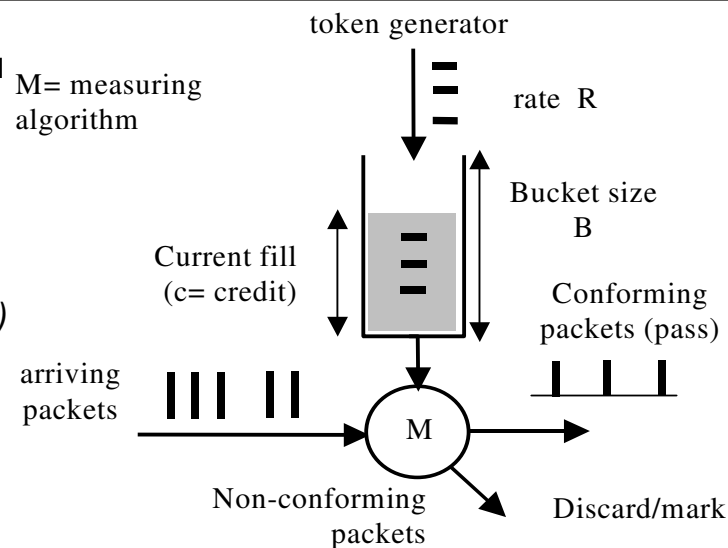


Figure 4-21 Modelul de baza Token Bucket

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

- Modelul de baza Token Bucket
- Algoritm echivalent:
- Token generation process:
 - Initialization: $c=B$;
 - every T second do { if($c < B$) then $c=c+1$; }
- Arrival of packet P of length L:
 - if ($L \leq c$) then { /* packet is accepted */ $c=c-L$; }
 - else { /* packet is discarded-basic treatment of non conforming packets */ }
- Anvelopa de Traffic $A(t) = B + Rt$ – volumul maxim de trafic acceptat de TB in t secunde
- Avantaje TB
 - implementare simpla
 - Folosibil in SLA pentru verificarea conformitatii
 - R – este limitata la valoarea medie
 - B este (aproximativ) valoarea maxima a unei rafale (“ burst size”)
 - Anvelopa de trafic defineste volumul max. de trafic admis de schema in timpul t; este limitat – poate fi folosit pentru dimensionarea unui buffer de iesire al unui ruter

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

■ Modelul de baza Token Bucket

Efecte de multiplexare in cazul modelelor TB

F1, F2 – fluxuri controlate fiecare de TB
TB (R1, B1), TB (R2, B2),
multiplexate in acelasi buffer de iesire
cu Rout rata de iesire

Exemplu Numeric:

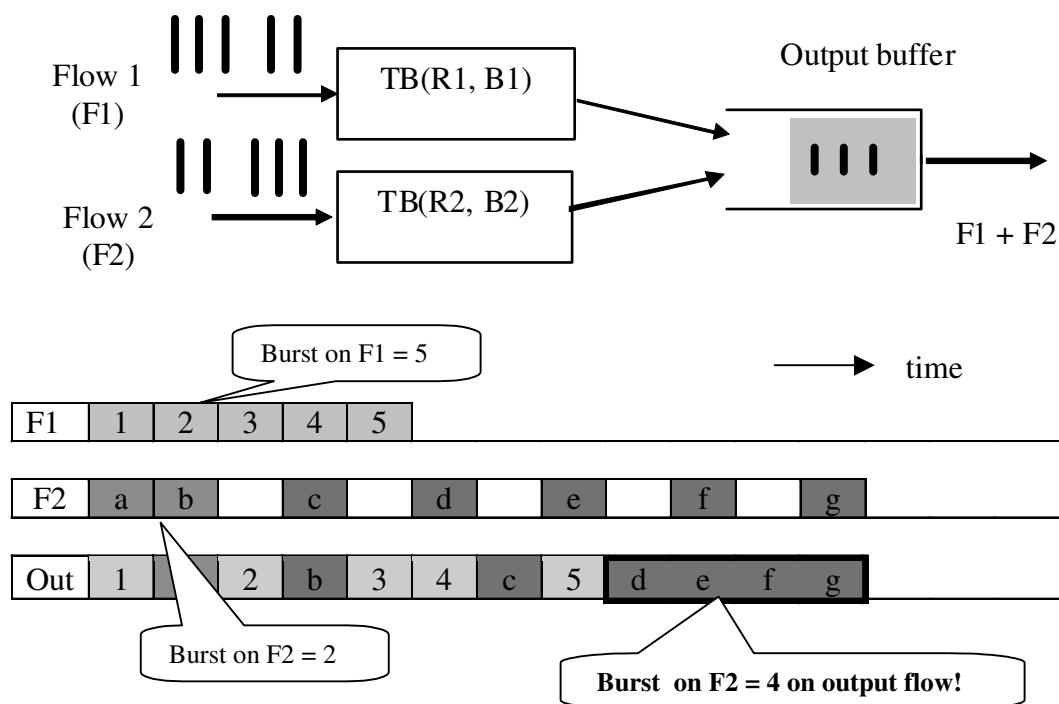
$R1 = 1/40$, $B1 = 5$ units;

$R2 = 1/2$, $B2 = 2$ units; $Rout = 1$

Pentru simplitate: fiecare pachet dureaza
1 unitati de timp

Concluzie: efectul de intermitenta creste
in ciuda mecanismelor individuale TB

Figure 4-22 Multiplexarea a doua fluxuri controlate de TB



4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

■ Extensii ale mecanismului Token Bucket

“Single rate three color marker”

■ Parametri:

- Committed Information Rate (CIR)
- Committed Burst Size (CBS)
- Excess Burst Size (EBS)

- Note: TB usual admite pachete cu dimensiunea $\leq$ CBS si din cand in cand pachete mai lungi dar $\leq$ EBS
- Exista un singur flux de jetoane care vor umple CB, sau EB -daca primul e plin

■ Algoritm:

Token Bucket filling

Initialization: $C=CBS$; $CE=EBS$;

Every $1/CIR$ second do {

if ($c < CBS$) then { $c=c+1$; }

else if ($CE < EBS$) then { $ce=ce+1$; }

else { / nothing */ }*

}

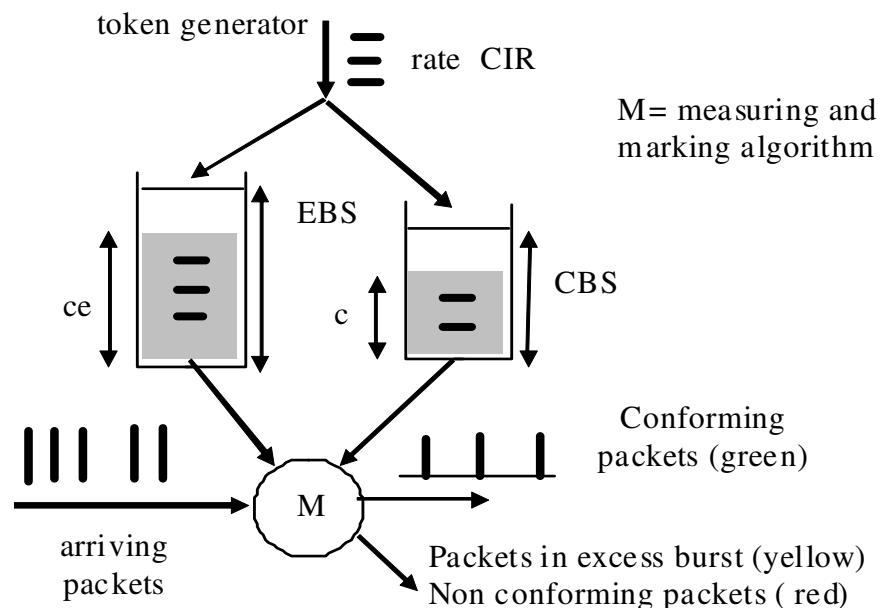


Figura 4-23 Marker cu rata unica si trei culori
Single rate three color marker

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

- Extensii ale mecanismului Token Bucket

Single rate three color marker

- **Colour Blind Mode**

Culoarea de intrare a pachetului nu conteaza

Arrival of packet P of length L :

if ($L \leq c$) then { / packet is conformant and marked green */ $c = c - L$; }
 else if ($L \leq ce$) then { /* packet is marked yellow */ $ce = ce - L$; }
 else { /* packet is non conformant – marked red */ }*

- **Colour Aware Mode**

Culoarea de intrare a pachetului conteaza

Arrival of packet P of length L :

*if ($L \leq c$ and P is green)
 then { /* packet is marked green */ $c = c - L$; }
 else if ($L \leq ce$ and P is green or yellow)
 then { /* P is marked yellow */ $ce = ce - L$; }
 else { /* P is marked red */ }*

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

- Extensii ale mecanismului Token Bucket
- Marcator cu doua viteze si trei culori

- Fiecare pachet e verificat si marcat "verde" sau "galben" sau "rosu" (non-conform)
- Culoarea de intrare conteaza – de ex. din galben nu poate trece in verde

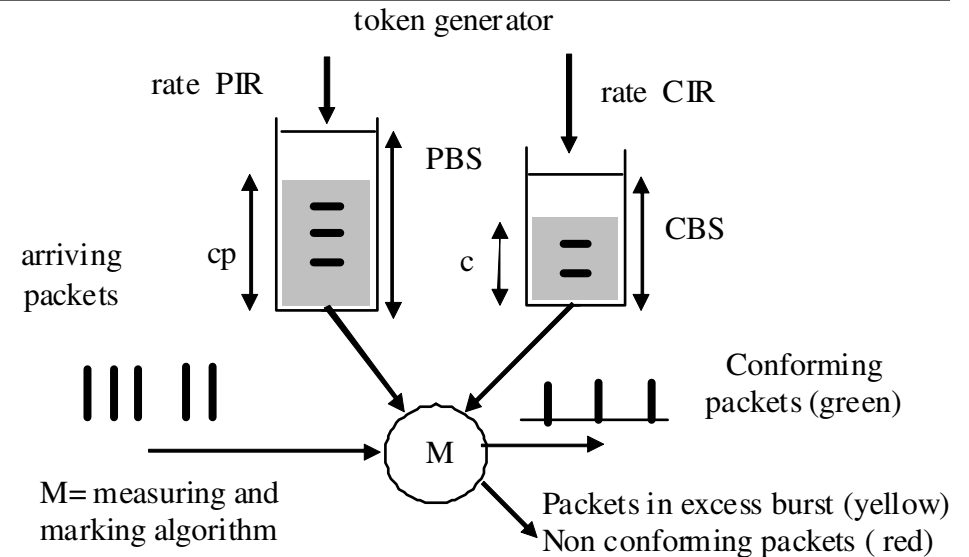


Figure 4-24 Marker cu doua rate si trei culori

Buffer-e de jetoane separate

Parametri

Committed Information Rate (CIR)
Committed Burst Size (CBS)
Peak Information Rate (PIR)
Peak Burst Size (EBS)

Algorithm:

Peak Bucket filling

Initialization: $CP = PBS$;

Every $1/PIR$ second do {if($cp < PBS$) then $cp = cp + 1$;
}

Committed Bucket filling

Initialization: $C = CBS$;

Every $1/CIR$ second do { if($c < CBS$) then $c = c + 1$;

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

Extensii ale mecanismului Token Bucket

▪ Marcator cu doua viteze si trei culori

Algoritm (cont)

“Colour Blind Mode”

Sosirea unui pachet P de lungime L

if ($cp < L$) then { / P este marcat rosu, a sosit prea rapid in comparatie cu debitul de varf */ }*

else if ($c < L$) then { $cp = cp - L$; / P satisface PIR dar nu satisface CIR, este marcat cu galben */ }*

else { $cp = cp - L$; $c = c - L$; / P conform, este marcat verde */ }*

“Colour Aware Mode”

Sosirea unui pachet P de lungime L

if ($cp < L$ or P is red) then { / P este marcat rosu */ }*

else if ($c < L$ or P is yellow) then { $cp = cp - L$; / P is marcat galben */ }*

else { $cp = cp - L$; $c = c - L$; / P este verde si ramane asa */ }*

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

- **4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS**
- **4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului**
- **Leaky Bucket**
- Masoara daca fluxul e conform cu o valoare Peak Rate (PR)
- Initial folosit in tehnologia ATM
- **Principiu**
 - Exista un mic buffer pe calea de date (la limita $K = 0$) pentru a acomoda mici variatii in jurul PR
 - Rata jetoanelor = Peak Rate = PR [bytes/sec], nu exista memorie de jetoane
 - Viteza de extragere din buffer = PR (la fiecare jeton – un byte)
 - Pachetele care gasesc buffer plin sunt declarate ca neconforme

Implementare

(**algorithm echivalent**—nu se cere un buffer real)

Variabila c = counter

Descreste (daca $c > 0$) periodic ($1/PR$ sec) la fiecare interval de jeton

Creste cu lungimea unui pachet L [bytes] la o sosire

c e limitat : $0 \leq c \leq K$

Initialization: $c=0$;

Every $1/PR$ second do { if ($c > 0$) then $c=c-1$; }

/ periodical decrease equivalent to extraction from buffer of one byte each $1/PR$ seconds */*

Arrival of packet P of length L :

if ($c+L \leq K$) then { $c = c+L$; */* packet is conformant */* }

else { */* packet is not conformant */* }

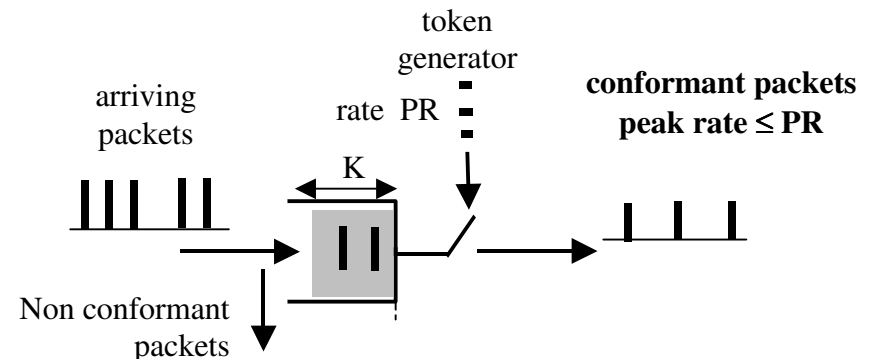


Figura 4-25 Leaky Bucket

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- 4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS
- 4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului
- Leaky Bucket si Token Bucket
- Masoara
 - PR - Peak Pate, AR - Average Rate, BS - Burst Size

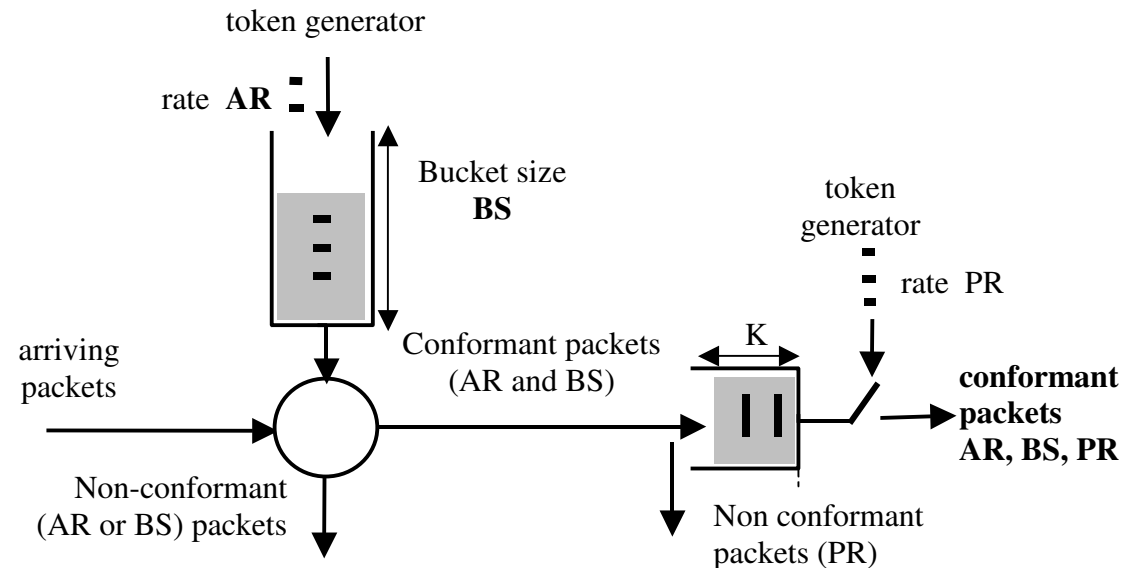


Figure 4-26 (TB + LB) pentru for verificarea traficului pentru : AR, BS si PR

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.5 Verificarea (Traffic Policing - TP) si modelarea (Shaping - TS) traficului

■ Leaky Bucket si Token Bucket

Modelarea traficului (shaping)

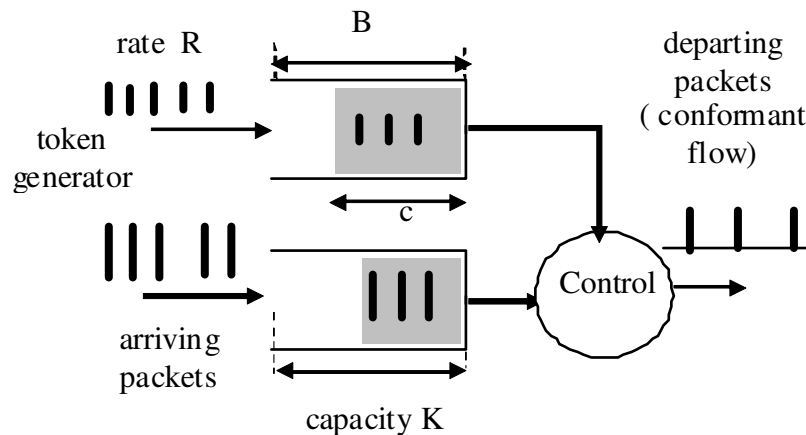


Figure 4-27 Token Bucket folosit ca "shaper"

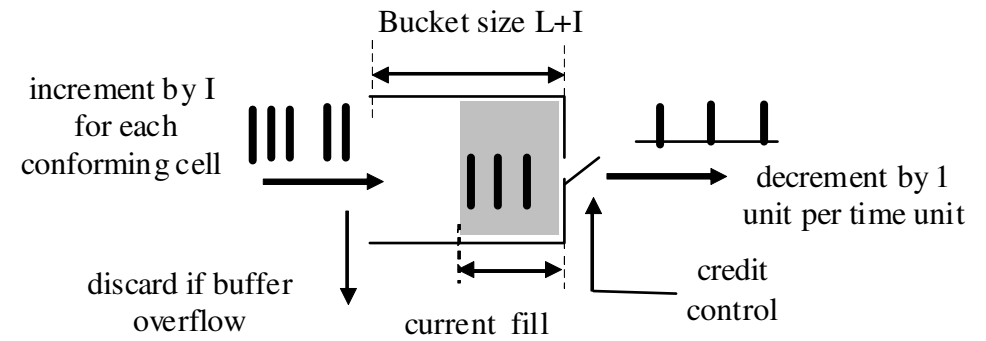


Figure 4-28 Leaky bucket folosit ca "shaper"

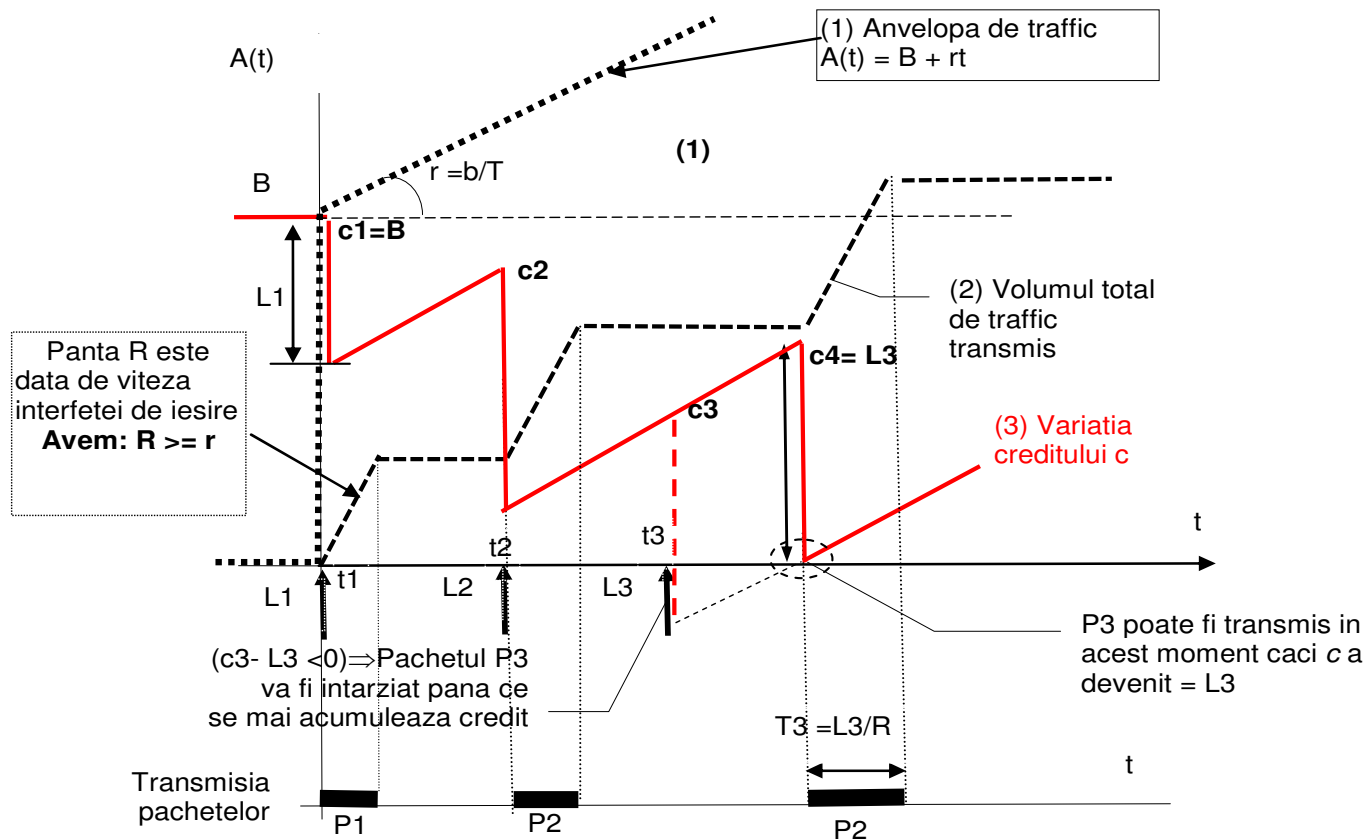
Arrival of packet of size L :

```
if ( $L \leq c$ ) then { /* conformant packet */  $c = c - L$ ; send_packet(); }  
    else { /* too early arrival; delay packet until enough tokens */  
while ( $c < L$ ) { /* wait */ }  
/* now  $c = L$  and packet is conforming */  $c = c - L$ ; send_packet(); }
```

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- Exemple de utilizare a mecanismului TB in modelarea traficului.



4.Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



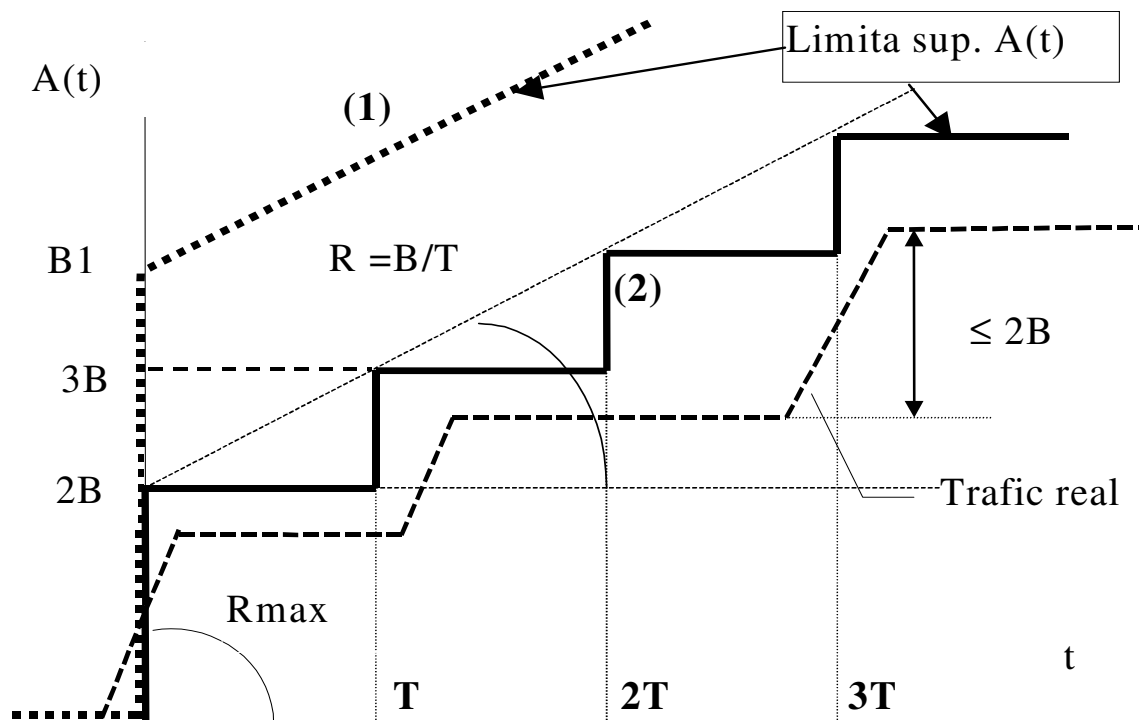
- **Exemple de utilizare a mecanismului “fereastră cu salt” in modelarea traficului (control de debit binar prin “jumping window”)**
- Transmisorul primește la fiecare T un credit egal cu B [octeti] ‘burst’
- Creditul este reînnoit automat la fiecare T
- Metoda limitează valoarea medie a ratei (debitului) la valoarea B/T . Creditul poate fi consumat oricând în intervalul T - deci rata instantanee poate fi mai mare decât rata medie B/T
- Creditul neutilizat rămas la sfârșitul lui T *se pierde (deosebire față de mecanismul de bază TB)*
- Eventual se poate accepta ca creditul consumat să devină și negativ dar numai până la o anumită limită ($-B_1$), (dar această ‘datorie’ se memorează și se ia în calcul în ciclul următor). De regulă $B_1 = 0$.
- Viteza de transmisie a unui pachet depinde de viteza interfeței spre nivelul inferior $R_{\max} = \text{‘rate’} = \text{viteza interfeței [bps]}$. Anvelopa de trafic este o funcție în scară :

$$A(t) = 2B + \lfloor t / T \rfloor B$$

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- Exemple de utilizare a mecanismului “fereastră cu salt” în modelarea traficului (control de debit binar prin “jumping window”)
- :



Anvelopa de trafic în cazul controlului de debit cu fereastră cu salt
(1) Control continuu (2) Control “jumping window”

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- **Exemple de utilizare a mecanismului “fereastră cu salt” in modelarea traficului (control de debit binar prin “jumping window”)**
- Algoritmul de lucru pentru a decide transmitia sau amanarea acesteia pentru un pachet sosit de la aplicatie, de dimensiune L:

```
if ( $-B1 \leq c-L$ ) then { /* pachet conform */  $c=c-L$ ; transmite_pachet(); }  
    else { /*intarzie pachet in coada pana cand se acumuleaza sufficient credit*/  
while (  $(c-L) < (-B1)$ ) { /* asteapta */  
    /* acum  $-B1 \leq c-L$  deci pachetul este conform */  
     $c=c-L$ ;  
    transmite_packet(); }
```

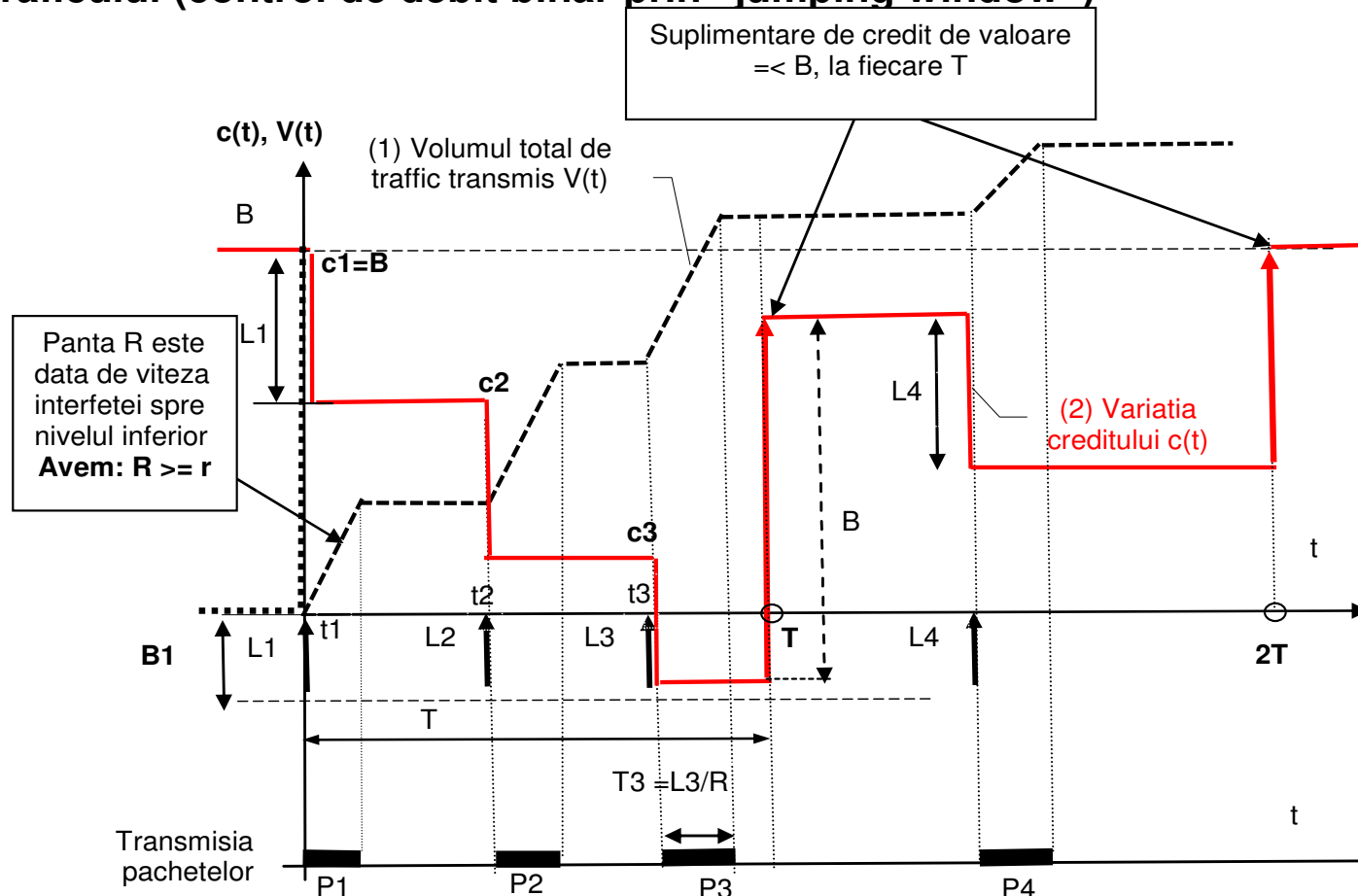
- **Algoritmul de lucru pentru alimentarea cu jetoane (aport de nou credit) este:**
La fiecare T executa:
 $\{c = \min \{B, c+b\}$; /* jetonul aduce un surplus de credit in valoare de b octeti*/

Se observa ca volumul maxim de credit este B .

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- Exemple de utilizare a mecanismului “fereastră cu salt” in modelarea traficului (control de debit binar prin “jumping window”)



Scenariu de control pentru mecanismul cu fereastră cu salt in cazul transmiterii a patru pachete P_1, P_2, P_3, P_4

E.Borcoci- UPB, ETTI Bucuresti 2014-2015

4.Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



- Referinte
- 1. See J. Heinanen and R. Guerin, A Single Rate Three Color Marker, RFC2697, Sept. 1999
- 2. J. Heinanen and R. Guerin, A Two Rate Three Color Marker, RFC 2698, Sept. 1999
- 3. O.Bonaventure and S.De Cnodder. A rate adaptive shaper for differentiated services. Internet RFC2963, October 2000.
- 4. S. Vegesna, IP Quality of Service, Cisco Press, 2001

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

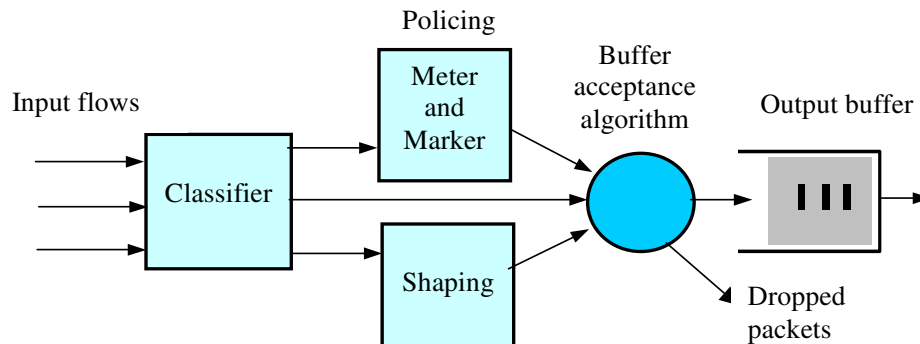


Figure 4-29 Diagrama functionala a Unui ruter cu planificator simplu

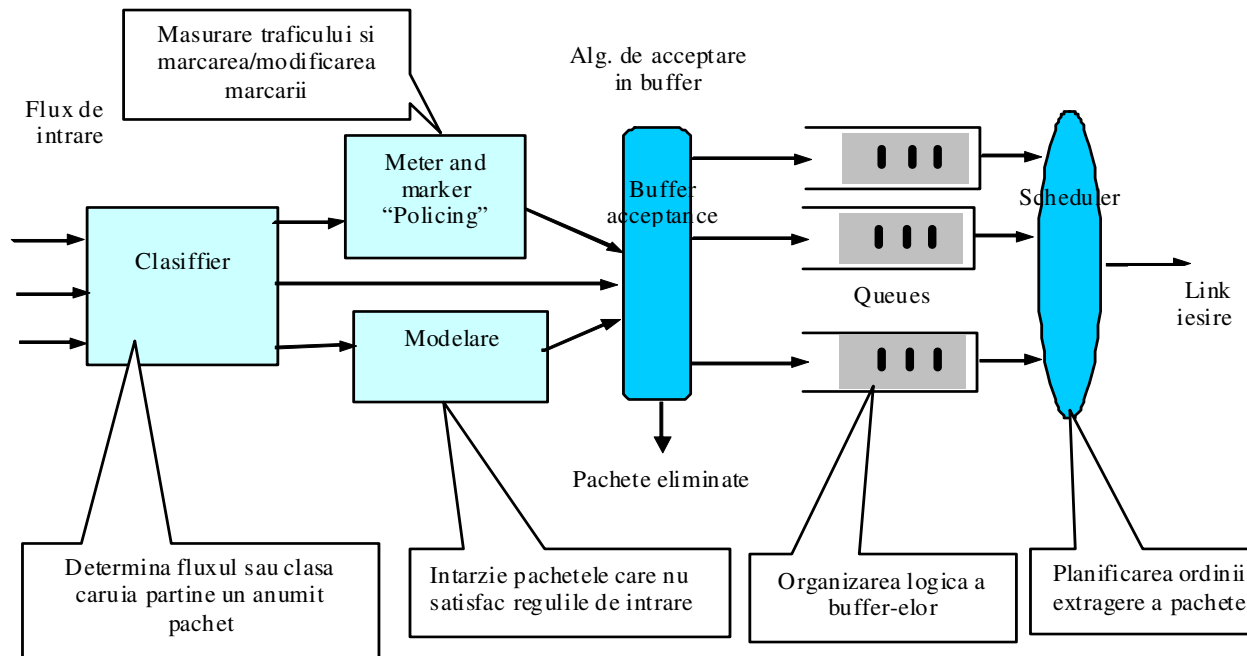


Figure 4-30 Diagrama functionala a unui ruter cu planificator complex

4.Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

■ Tipuri de planificatoare

■ Doua tipuri de baza :

- *work-conserving* – cu conservarea sarcinii- daca exista pachete in coz, atunci le extrage spre iesire
- *non-work-conserving* – poate fi inactiv si daca exista cozi nevide
 - creste predictibilitatea traficului extras pe link
 - reduce dimensiunea buffer-ului si jitter
 - **Transmite un pachet numai daca acesta este eligibil**
 - Complicat de implementat

■ Functii

- - selecteaza un pachet de trimis pe link de iesire dintr-o coada conform politicii de planificare

■ Cerinte:

- Usor de implementat in HW
- Sa suporte BE dar si garantii
- Echitate (max-min)
- Protectie intre fluxuri
- Garantii deterministe sau statistice
 - (bandwidth, delay, jitter, packet loss)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

- **Principiul “processor sharing”- BE**
 - Schema *work-conserving* bazata pe model de fluid
 - M cozi logice in paralel
 - Fiecare coada e servita ca si cum ar contine un flux de fluid
 - *Flux activ* - daca coada sa contine fluid
 - Rata link-ului de iesire se imparte in orice moment intre fluxurile active
 - Daca In momentul t avem n fluxuri active atunci Q_k e servita la rata R_k
 - $R_k = R_{out}/n$

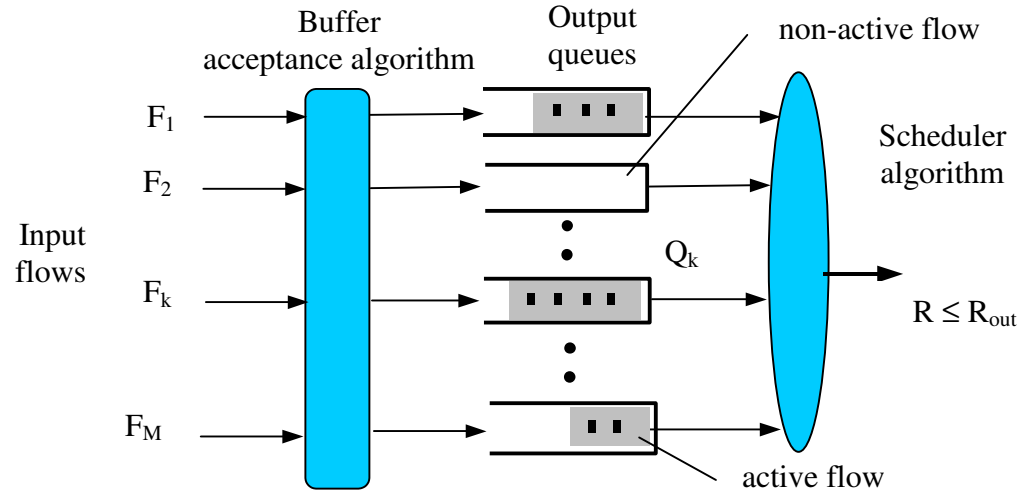


Figure 4-31 Principiul “Processor Sharing”

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire- BE

Exemplu PS

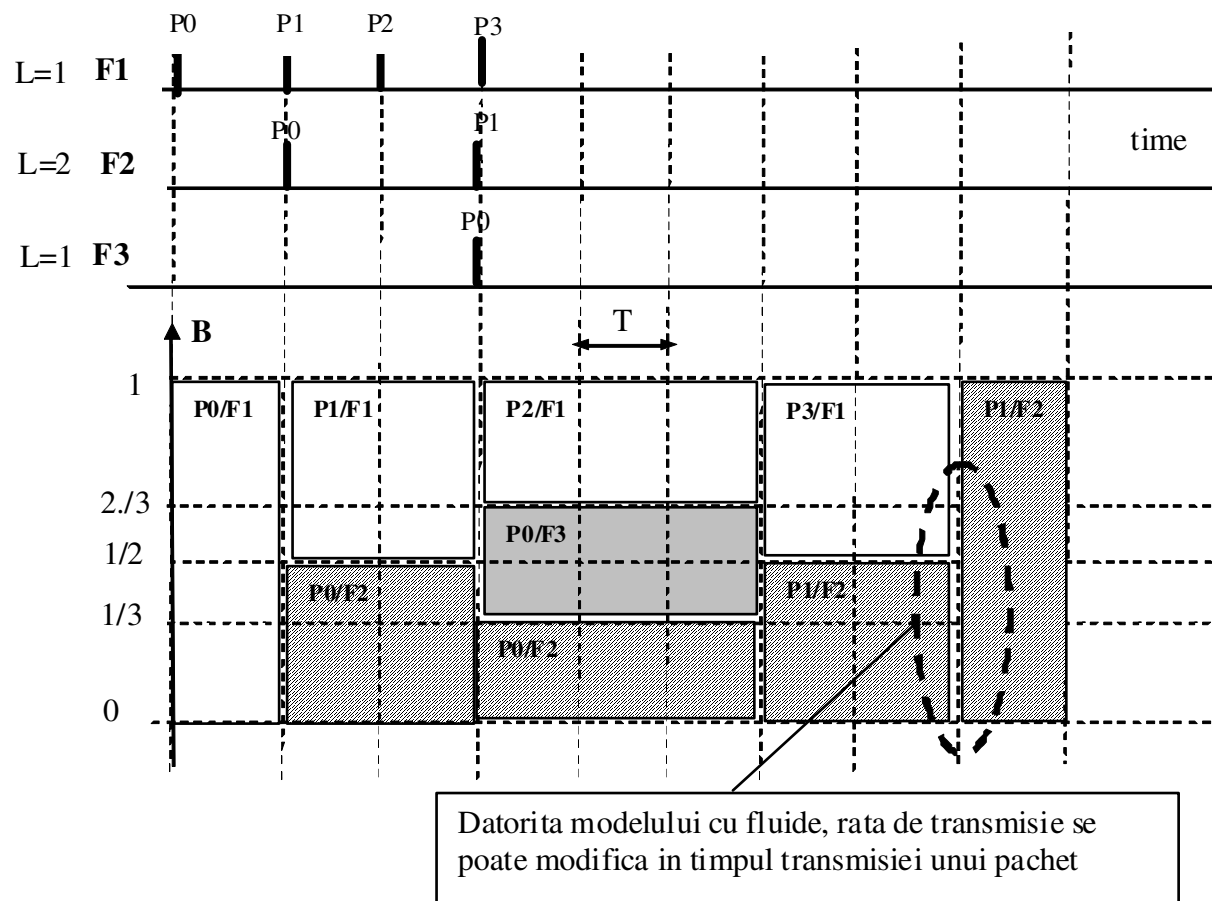


Figure 4-32 Exemplu numeric pentru Processor Sharing (fluid model)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire-BE

Exemplu PS

- $F1, F2, F3$ –fluxuri
- B = banda totala pe link = 1
- L = lungime relativa pentru a transmite un pachet daca ar avea alocata intreaga banda = 1

- T = interval de timp conventional necesar sa transmitem un pachet de lungime L , daca banda alocata ar fi = 1 (timpul real creste daca banda alocata fluxului va fi mai mica decat 1)

- Ipoteze simplificatoare:
 - Momente de sosire: $T, 2T, 3T, \dots$
 - .
- **Advantage PS**
 - **daca nu sunt pierderi PS asigura planificare conform principiului max-min**
 - Se cere fairness daca anumite pachete sunt eliminate
- **Desavantaje/Probleme PS**
 - Solutie ideala greu implementabila
 - Se recurge la aproximari

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire- BE

Planificator circular (Round Robin)

- N cozi $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$ pentru N fluxuri $F_1, F_2, \dots, F_N$, servite circular:
- $Q_1 \rightarrow Q_2 \rightarrow \dots \rightarrow Q_N \rightarrow Q_1$
- Avantaje: usor de implementat, ofera protectie si echitate pentru trafic BE dar numai daca pachetele sunt de lungimi comparabile
- Echitate e asigurata doar imn medie pe intervale mai mari de timp decat durata unui pachet
- Desavantaj: pachetele lungi monopolizeaza coada si capacitatea link-ului

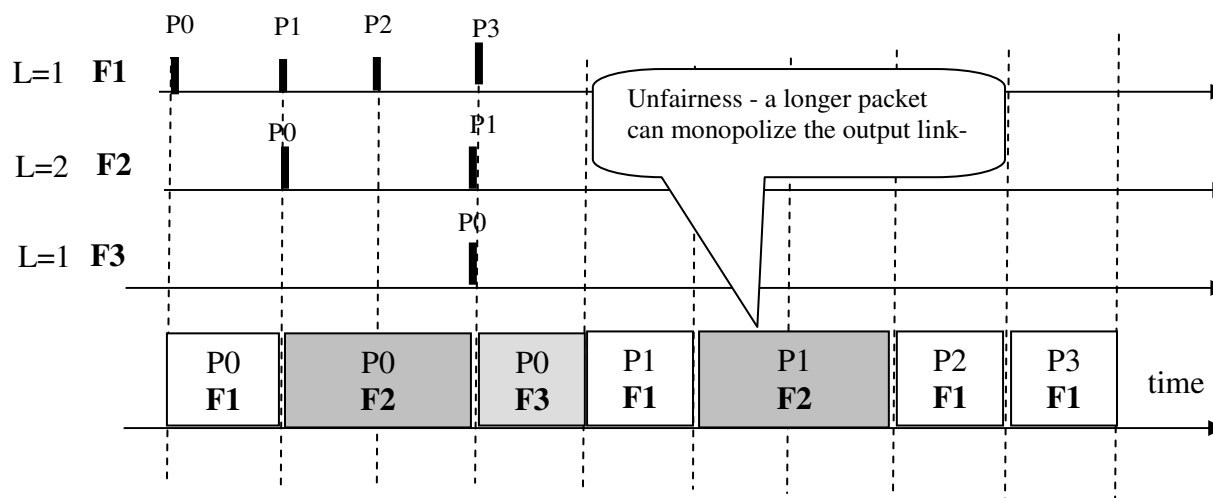


Figure 4-33 Planificator circular (Round Robin) exemplu

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire- BE

Deficit Round Robin DRR

- Round-Robin + o variabila de credit pentru fiecare coada
- C_i = contor de credit cumulativ per coada
- Vizitarea unei cozi $Q_i \Rightarrow C_i = C_i + \Delta$ (cuanta de credit quantum of credit)
- Un pachet poate fi transmis numai daca exist credit in coada sa mai mare sau egal cu lungimea sa, altfel asteapta acumulare de credit

Initialization:

For $i=1$ to N do { $C_i = 0$; }

Repeat forever

{ For $i=1$ to N do

*{ $C_i = C_i + \Delta$; /*increase credit each time*

when a queue is visited/*

while [($C_i > 0$) and not_empty(Q_i)

and length(first_packet) < C_i]

do

{move_first_packet_in_output_link_queue();

$C_i = C_i - \text{length}(\text{first_packet})$;

}

if (empty(Q_i)) then $C_i = 0$; / not used*

credit is cancelled if the queue is empty/*

}

}

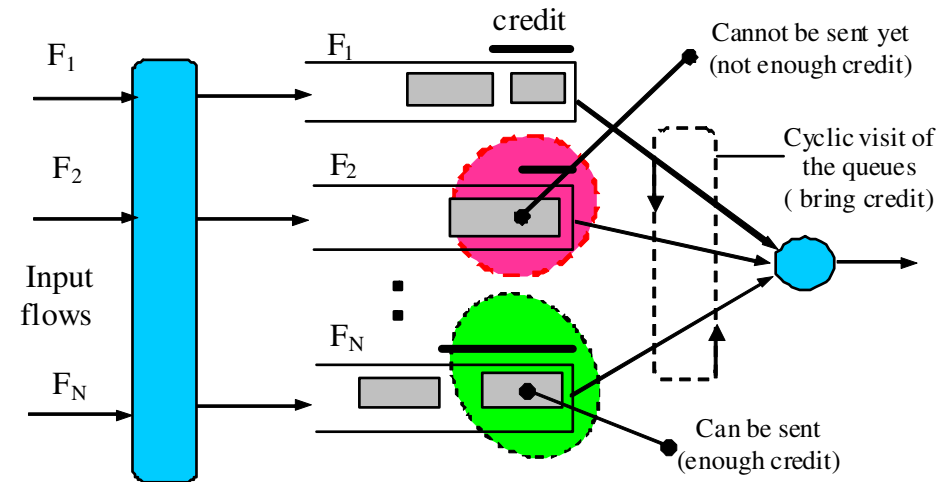


Figure 4-34 "Deficit Round Robin" - principiu

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire-BE

Deficit Round Robin DRR

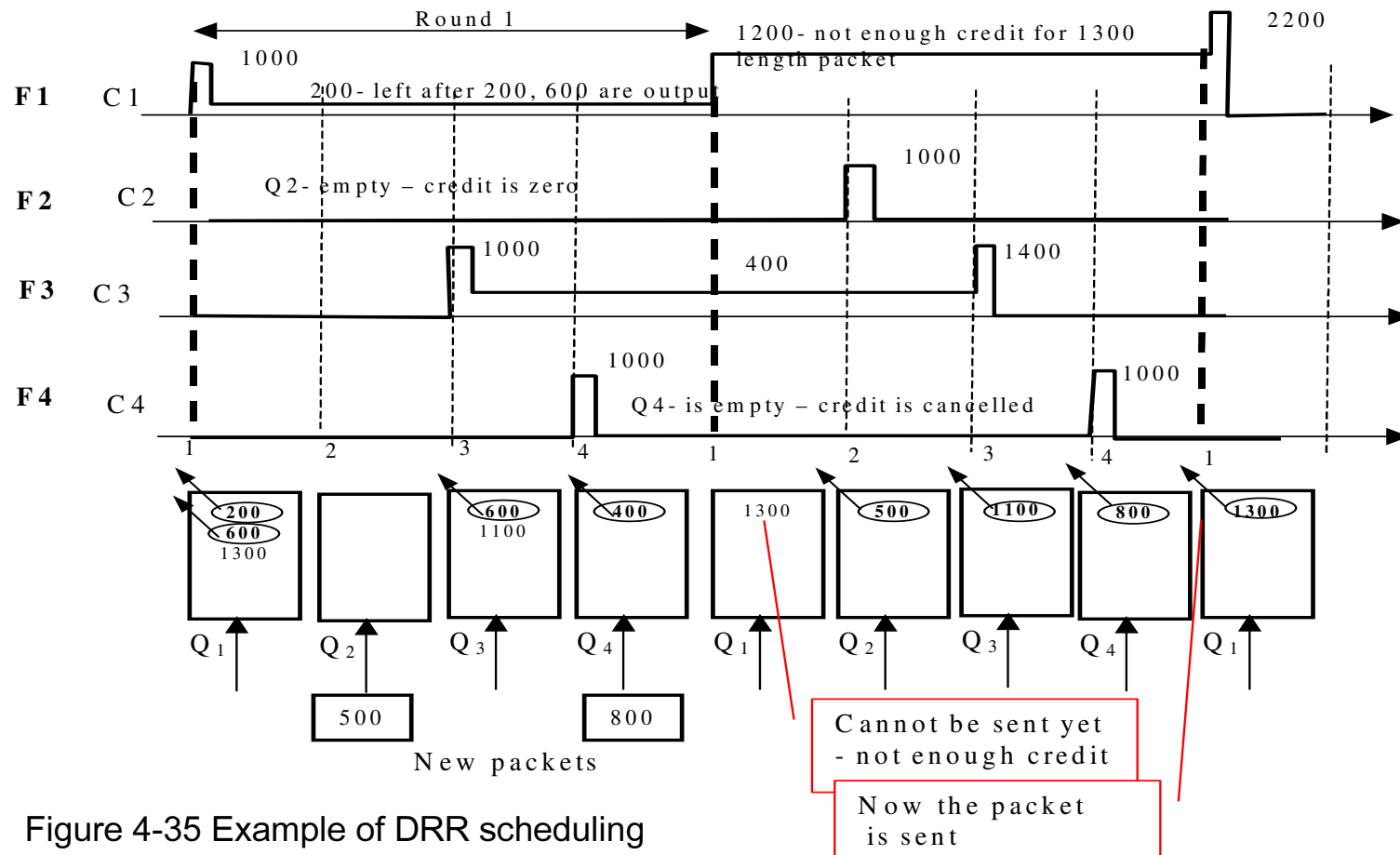


Figure 4-35 Example of DRR scheduling

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire-BE

Deficit Round Robin DRR- exemplu

- $N = 4$ fluxuri; $C1, \dots, C4$ – contori de deficit (credit containers)
- Cuanta de credit $\Delta = 1000$ [octets]
- Initial: continutul cozilor este reprezentat prin lungimile pachetelor existente

- Runda 1 de explorare :
- Q1 are 3 packets cu lungimi 200, 600, 1300: Primul credit increment aduce 1000 unitati , deci se pot extrage succesiv din Q1: 200, 600; credit ramas = 200, deci al treilea pachet nu poate fi inca transmis
- Q2 vid – nu primeste credit
- Q3 are 2 pachete cu lungimi 600, 1100; se poate transmite 600 iar 1100 inca asteapta nou credit (credit ramas dupa trs. Primului pachet = 400)
- ...etc.

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Planificare cu banda garantata

- **Scop:**
 - Support eficient pentru fluxuri cu banda min si max garantata
 - Ofera garantii si de intarziere
 - Protectie intree fluxuri
 - Implementabil la viteze mari
 - at high speeds
- **Planificator cu prioritati absolute (Priority-based scheduler)**
 - Abordare simpla
 - N cozi cu prioritati diferite, fiecare reprezentand o clasa C1, C2, ..
 - Fiecare flux apartine unei clase si pachetele sale vor fi plasate in coada asociata clasei
 - Clasele sunt servite in ordinea prioritatilor iar fiecare coada e FIFO
- Avantaj- usor de implementat
- Dezavantaj- non-limitarea traficului pentru prioritati mari poate bloca raficul neprioritar

Algorithm for Packet sending:

Repeat

{ For i=1 to N do

{if (QCi not empty) then serve_QCi;

else i= i+1;}

} until all_queues_void()

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Planificare cu banda garantata

Procesor PS generalizat (GPS)

- Banda garantata per flux –printr-un GPS sau un lant de GPS
- Garantii de intarziere per flux, daca fluxul e constrans de un model $TB(R,B)$
- 1x GPS scheduler $\rightarrow delay_bound = B/R$
- Se garanteaza si printr-un lant de planificatoare
- Limita pentru utilizarea unui buffer $Buf_bound = B$
- protectie intre fluxuri; garantii de jitter $([0,D_{max}])$
- Problema: model matematic non-implementabil strict

■ **Weighted Round Robin - cu ponderi (WRR)**

- N fluxuri,, un flux activ F_k are ponderea W_k (procentaj de banda))
- $\sum W_i = 1, i=1 ..N$; Numarul de vizitari pentru F_k este proportional cu W_k

■ **Exemplu :**

- Macro-ciclu compus din M cicluri
- in fiecare ciclu unele cozi sunt vizitate, altele nu
- vector de vizitare: $v_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iN})$, cu
 - $w_{ik} = 1$ daca coada F_k este vizitata
 - $w_{ik} = 0$ daca F_k nu e vizitat

■ $V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}; W_k = (\sum w_{ik}, i=1, ..M) / (\sum w_{ik}, i=1, ..M, k=1, ..N)$

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Planificare cu banda garantata

- ***Weighted Round Robin - cu ponderi (WRR)***
- Exemplu numeric:
 - $N=4, M=3, V = \{(1,0,1,0), (1,1,1,0), (1,1,0,1)\}$
 - $\sum w_i k = 8, \text{ for } i=1, ..M, k = 1,..N$
 - $W1 = 3/8, W2= 2/8, W3 = 2/8, W4 = 1/8$
- Avantajele WRR sunt: implementare simpla daca macrociclul este relativ scurt, asigura benzi diferite si protectie intre fluxuri.
- Dezavantajul sau este ca in cazul unui numar mare de fluxuri fiecare avand alocata o mica portiune de banda, rezulta un ciclu M cu lungime mare, ceea ce creste complexitatea.

4.Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata Weighted Fair Queuing

- **Objective:** Defineste un model GPS implemntabil
- Ideea: se emuleaza GPS per-packet basis si se servesc pachetele aproximativ in aceeasi ordine pe care ar da-o un GPS ideal
- Implementare: se calculeaza momentele de timp la care un GPS ideal ar termina servirea unui pachet si se servesc pachetele in ordinea acestor valori de timp

- *Referinte*
- *A.Parekh and R.Gallagher. A generalized processor sharing approach to flow control : the single node case. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1(3):346--357, 1993.*
- *A.Parekh and R.Gallagher. A generalized processor sharing approach to flow control – the multiple node case. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2(2):137--150, 1996.*

4.Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing WFQ(1)*

- Aproximare pentru GPS
 - Aloca o marca de timp fiecarui pachet sosit
 - Planificatorul selecteaza (intre cozi) pentru transmisie pachetul cu cea mai mica stampila temporala (Earliest Deadline First –EDF scheduling policy)

Notatii:

B_i – banda pentru Q_i

V_i : var. de stare asociata cu Q_i

La sosirea in Q_i a unui pachet P cu L bytes se executa:

$$V_i = V_i + (L / B_i)$$

- Se asociază $V[i]$ cu pachetul packet
- se aplica EDF pentru transmisie

Dezavanataj: un flux care a ramas timp mai mare inactiv, daca devine activ, va putea monopoliza pentru un timp link-ul, (caci ceasul sau virtual a stat pe loc, in timp ce celelalte au avansat)

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing WFQ(1)*

Scenariu 1: -simplificat al comportamentului unui WFQ(1) pentru trei fluxuri de pachete F_1, F_2, F_3 .

S-au presupus lungimi egale $L_1=L_2=L_3=L=3$ pentru toate pachetele.
Alocarea de banda este de asemenea egala si avem $B_1=B_2=B_3=1$.

Timpul virtual de transmisie al unui pachet din fluxul F_i este $L_i/B_i = 3$.
Deci ceasurile virtuale (V_1, V_2, V_3) vor avansa cu incrementul 3 la fiecare sosire de nou pachet.

Totusi atunci cand se extrage un pachet, el beneficiaza de toata banda linkului care este egala cu $B_1+B_2+B_3=3$.

Durata transmisiei oricarui pachet din exemplu este $T_t = L/B = 1$.

In desen se observa evolutia ceasurilor virtuale pentru fiecare flux.

Pentru simplificare s-a presupus ca momentele de sosire ale pachetelor sunt la momente de timp $t=k$, k – intreg.

Se observa ca la $t=5$ sosesc trei pachete, $P_2(F_1)$, $P_2(F_2)$ si respectiv $P_1(F_3)$.
Deoarece ceasul lui F_3 are cea mai mica valoare ($V_3=6$), se va transmite intai $P_1(F_3)$ si apoi celelalte.

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

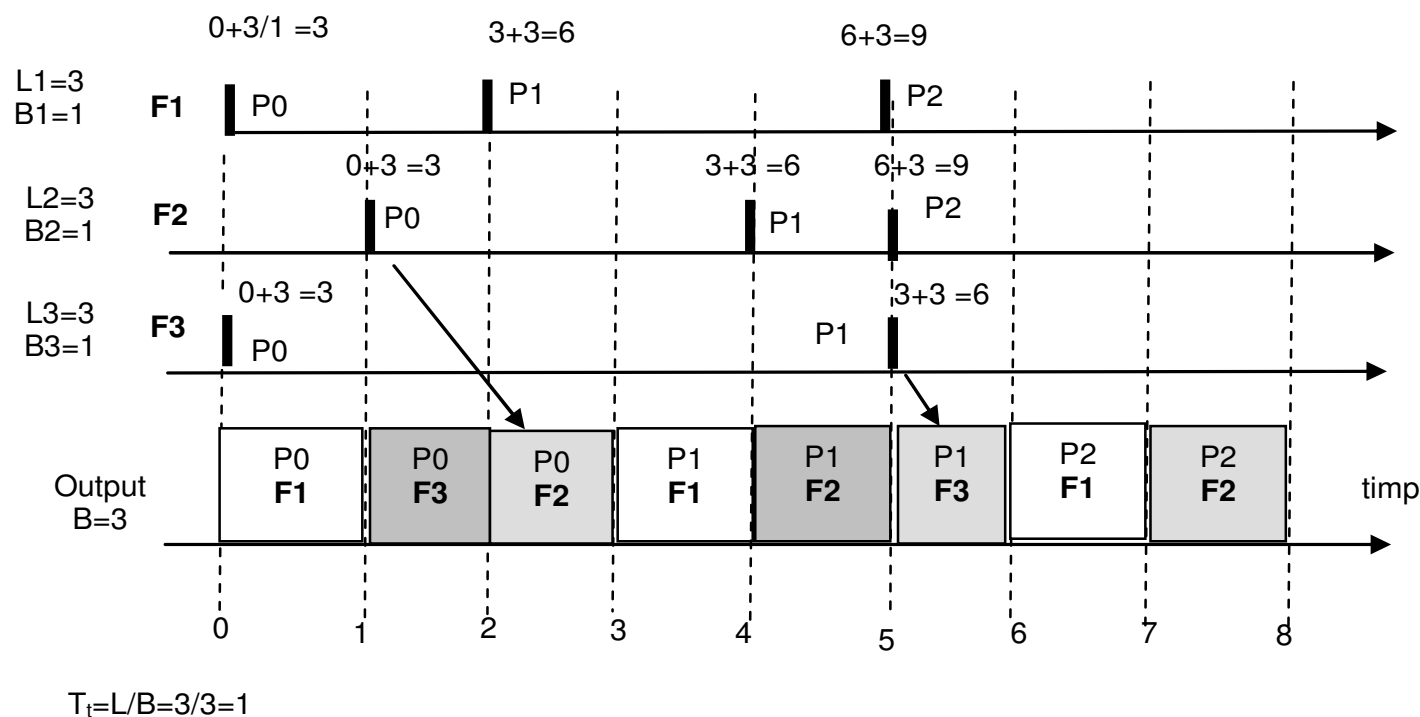


4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing WFQ(1)*

Exemplu 1: WFQ(1) Scenariu 1 pentru F1, F2, F3.



4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS

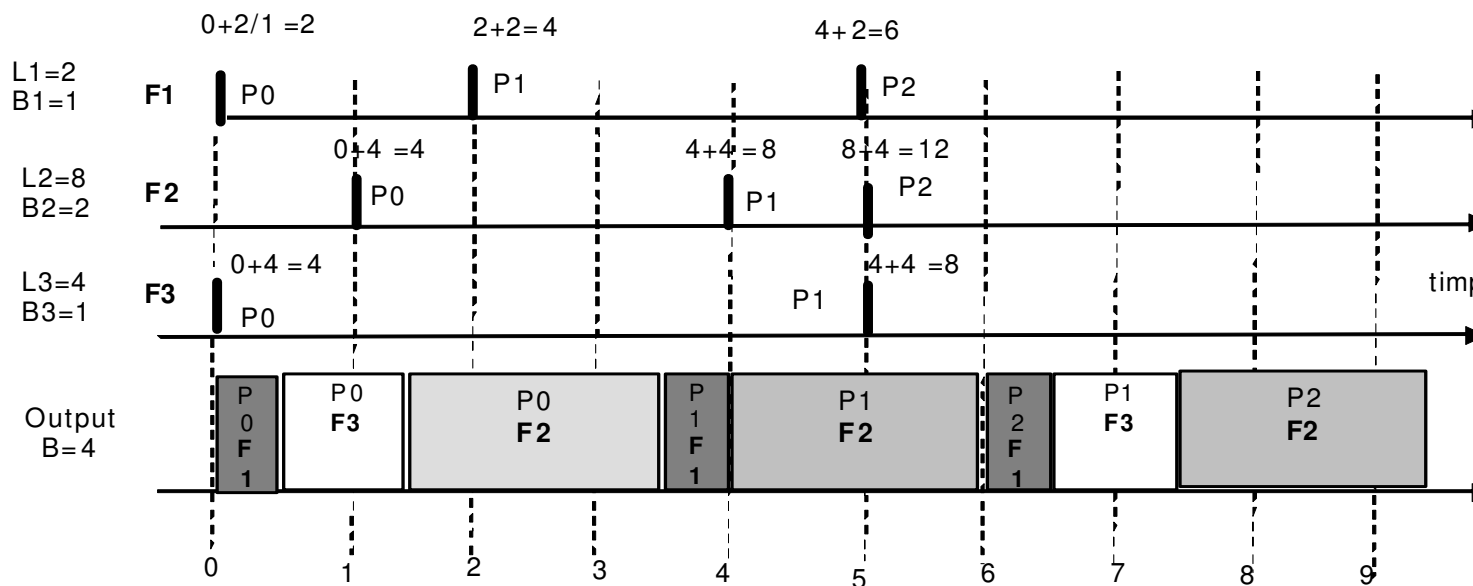


4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing WFQ(1)*

Exemplu 1: WFQ(1) pentru F1, F2, F3.



$$T_{t1} = 2/4 = 1/2; T_{t2} = 8/4 = 2; T_{t3} = 4/4 = 1;$$

Scenariu 2 : WFQ (1) – exemplu de planificare cu pachete de lungimi inegale si alocari diferite de banda

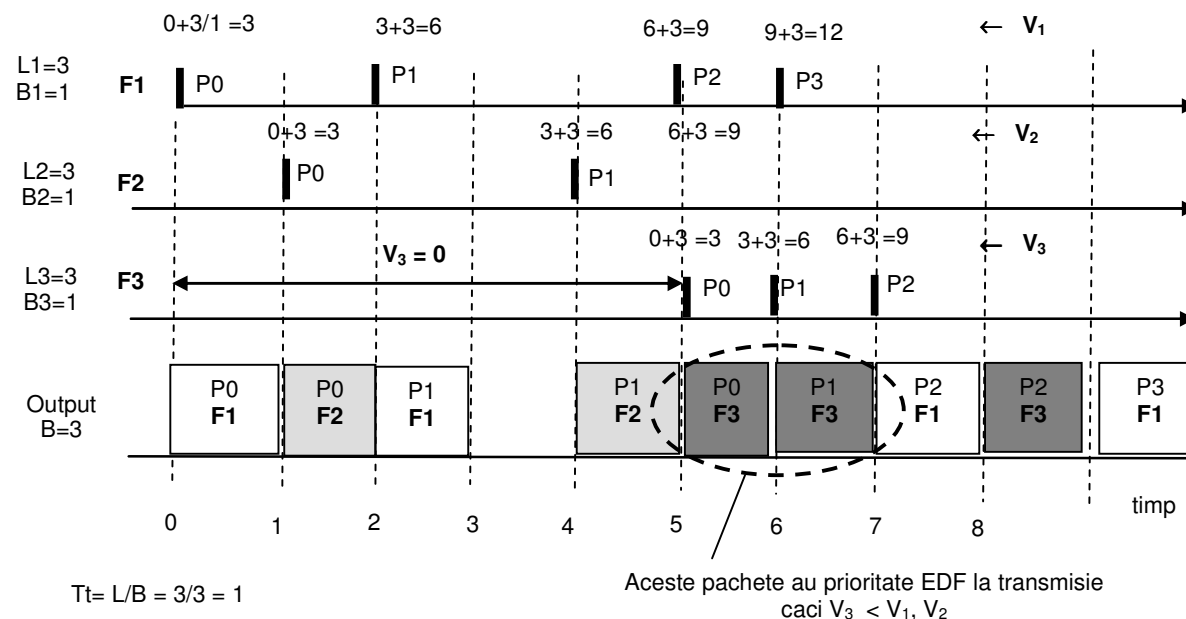
4.2 Mecanisme de control de traffic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing – VFQ(1)*

- Exemplu de acaparare a link-ului de catre fluxul F3 care devine activ dupa un interval lung de inactivitate

Figure 4-37 WFQ (1)
Scenario 3



4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



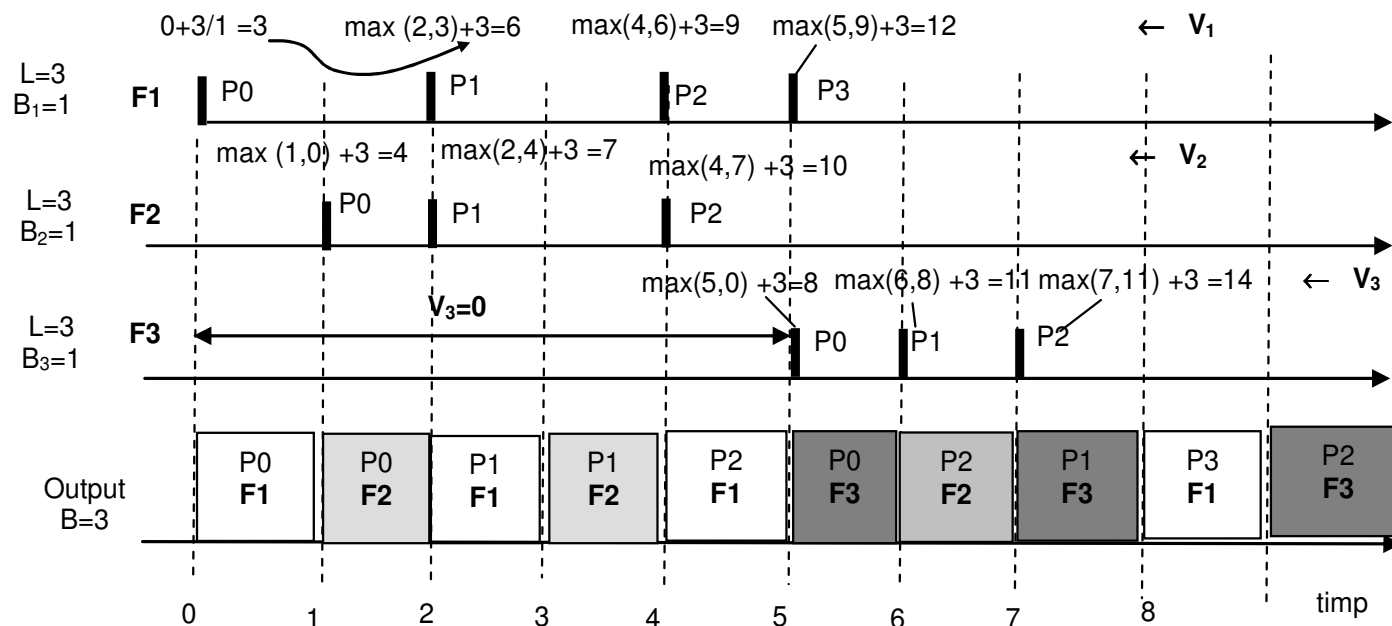
4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing – VFQ(2)*

- Creditul neutilizat de un flux se pierde
- La sosirea unui pachet P de lungime L , la momentul t, se executa:
- $V_i = \max(t, V_i) + (L / B_i)$
- Cand un flux care a fost inactiv, devine activ, ceasul sau va lua valoarea ce mai mare dintre momentul curent si cea anterioara $\max(t, V_i)$ -la care se aduga timpul de trs. Al lui P. Deci creditul neutilizat se pierde.

Figure 4-38
WFQ (2)
exemplu



4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

Banda garantata *Weighted Fair Queuing* – VFQ(2)

Alte efecte pentru VFQ(2)

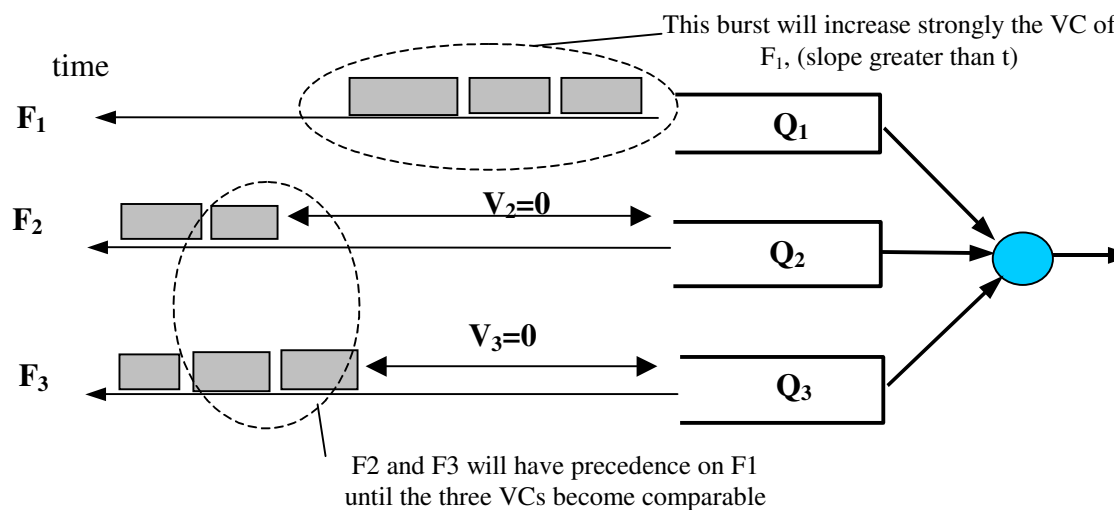


Figure 4-39 WFQ (2) exemplul 4

4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

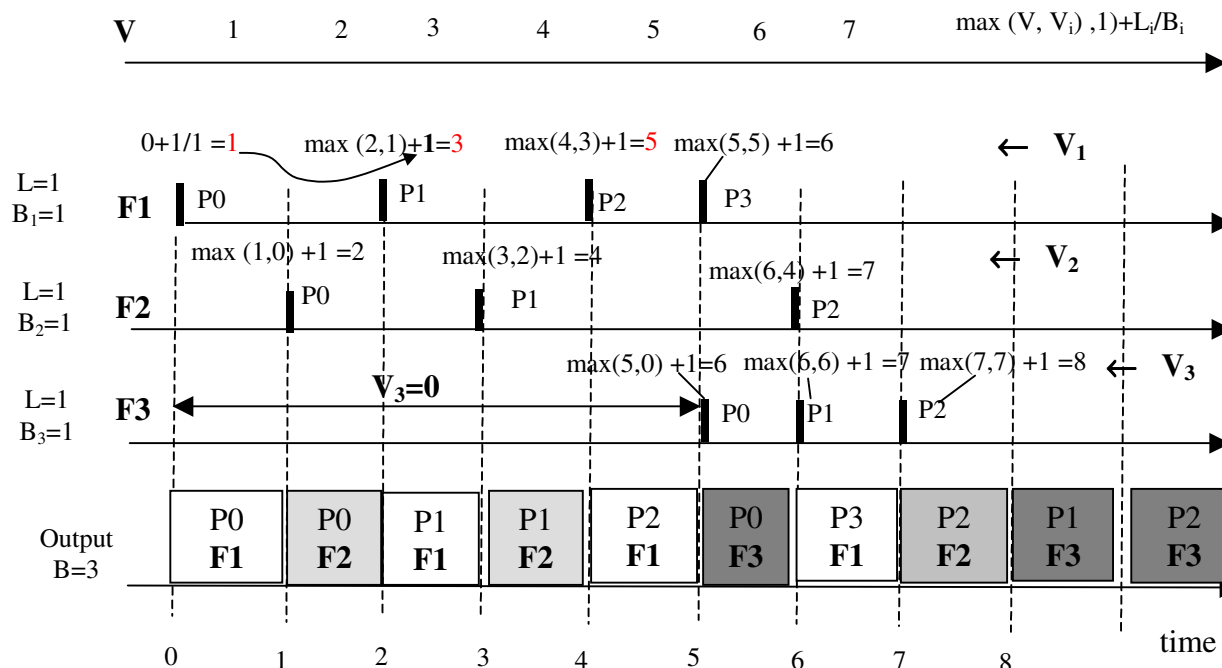
Banda garantata : Spatiere virtuala "Virtual Spacing"

- Diferă de cele anterioare WFQ prin introducerea în plus unui ceas global V
- V = variabila de stare egală cu maraca de timp a pachetului curent transmis
- La sosirea unui pachet P de lungime L se execută

$$V_i = \max(V, V_i) + (L / B_i)$$

- Se aplică apoi EDF

Figure 4-40 SCFQ exemplul 5



4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



4.2 Mecanisme de control de trafic in planul de date pentru QoS

4.2.6 Planificarea extragerii pachetelor (Scheduling)- pe link de iesire

■ Garantii de intarziere

- Sunt valabile numai pentru fluxuri descrise prin modelul TB
- Dar nu depind de comportamentul fluxurilor
- Important: intarzierea printr-un lant de planificatoare (exceptand componenta fixa)

GPS:

$$D = B/R$$

WFQ / PGPS

$$D = D1 + \sum_{k=1}^n P_{\max}/C_k \text{ unde } D1 = (B + nP_{\max})/R$$

Virtual Clock

$$D = D1 + \sum_{k=1}^n P_{\max}/C_k$$

SCFQ

$$D = D1 + \sum_{k=1}^n K_k P_{\max}/C_k$$

C_k : output link rate on k th switch

K_k number of different flows on k -th switch

$P_{\max}$ - maximum packet size

4.Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS



■ Referinte

1. A.Parekh and R.Gallagher. *A generalized processor sharing approach to flow control : the single node case. IEEE/ACM Transactions on Networking*, (3):346--357, 1993.
2. A.Parekh and R.Gallagher. *A generalized processor sharing approach to flow control – the multiple node case. IEEE/ACM Transactions on Networking*,2(2):137--150, 1996.
3. L.Zhang. *VirtualClock: A new traffic control algorithm for packet switching.ACM Transactions on Computing Systems*, 9(2):101--124, May 1991.
4. J.Roberts. *Virtual spacing for flexible traffic control. International Journal of Communication Systems*, 7:307--318, 1994.
5. J.Roberts, U.Mocci, and J.Virtamo, editors. *Weighted Fair Queueing*, chapter6, pages 173--187. Number 1155 in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Verlag, 1996.
6. S.Golestani. *A self-clocked fair queuing scheme for broadband applications.In IEEE INFOCOM94*, pages 636--646, 1994.
7. Source : H. Zhang, *Service disciplines for guaranteed performance service in packet switching networks*, *Proc. IEEE*, Vol 83, No 10, October 1995
8. S. Keshav, *An engineering approach to computer networking : ATM networks, the Internet and the Telephone network*, Addison Wesley, 1997

1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate
2. Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin retele de pachete
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. 👉 Arhitecturi orientate QoS
6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Vezi si Cap. 4**
- **Scop:**
 - Garantii hard (banda , intarziere, jitter) pentru fluxuri de nivel 4 specificate
 - Pentru unicast/mcast
 - Offer QoS for unicast and multicast communication
 - Nu modifica celelalte protcoale TCP/IP
 - Fluxurile BE pot coexista
- **Metoda:**
- **Se specifica**
 - CE transmite sursa (sender) : (Rate,MTU,etc.)—numite TSpec
 - CE doreste receptorul : (Bandwidth,Path MTU, etc.)—numite RSpec
 - -CUM se face semnalizarea
 - RSVP is the Signalling Protocol for IntServ
 - Fiecare flux de nivel 4 (TCP sau UDP) va informa un punct de margine din retea (edge point) despre necesitatile sale QoS
 - Se face sgn. intre noduri de retea (rutere)
 - Specificand caracteristicile fluxurilor generate, cererile receptoarelor
 - Se face AC in fiecare ruter conform starii curente
- **IETF RFC 1633**
 - Abordare revolutionara la vremea respectiva (~1995)
 - Incercare de a transforma reseaua IP intr-una cu rezervare
 - Filozofie per flux

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Principiile – expuse sumar in Cap. 4**
 - Tehnologie E2E cu garantii de banda si intarziere
 - Protocol de semnalizare necesar – “out of band”, path coupled”- ce ruleaza intre rutere (RSVP-caz tipic)
 - Flux: (IP dst_addr, IP dst_port, IP Dst Protocol Number)
 - Rutere: soft state, cu memorarea fiecarui flux individual

Note:

- Rezervarea in IntServ
- Unidirectional
- Unicast/multicast
- semnifica simultan: rezervare logica + alocare de resurse

■Daca protocolul de rutare schimba ruta, rezervarea se modifica conform noii rute

■Actiuni de rezervare- initiate de receptoare dupa ce afla caracteristicile traficului ce va fi generat de catre sursa

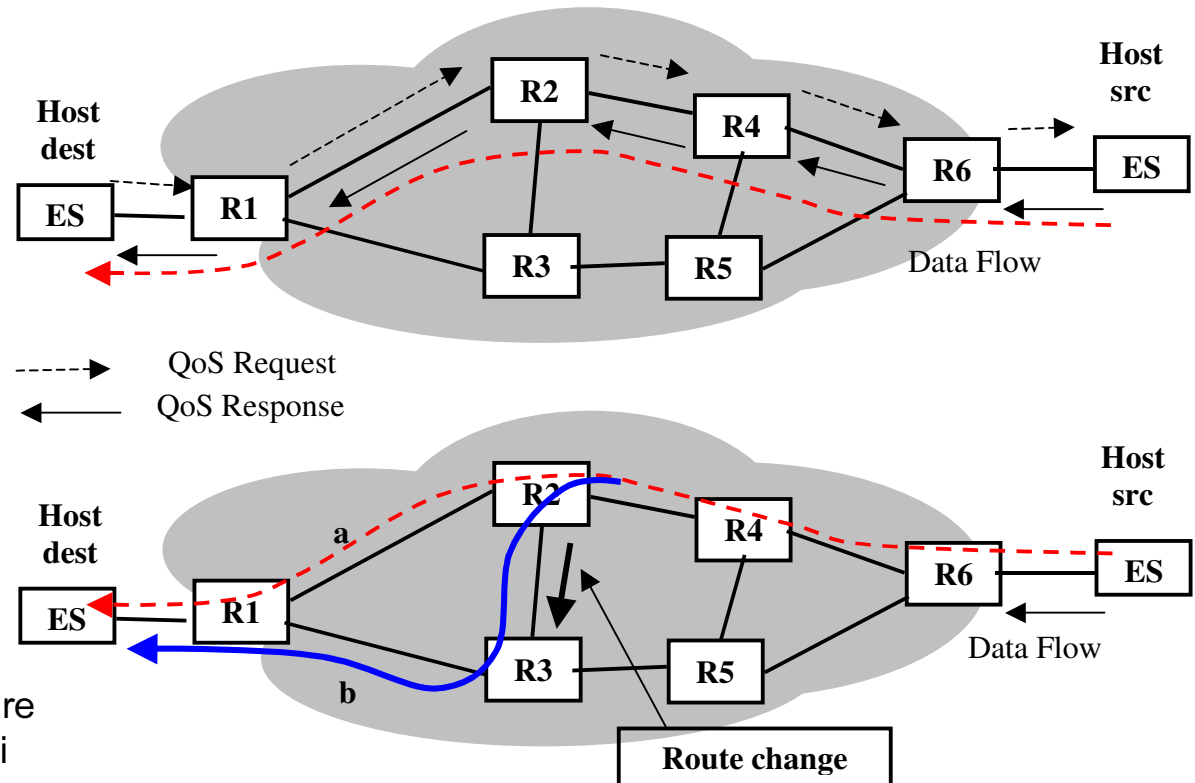


Figure 5-1 Actiuni de rezervare per-flux si modificarea rutei

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Principiile de operare**

- a. Un flux cu rezervare in RSVP instaleaza in fiecare ruter o stare relativa la imaginea lui
- b. Starea e mentinuta doar un timp T
- c. Pentru mentinerea rezerv arii e necesar “refresh”
- d. Sisteme le de capat (ES) trimit periodic cereri de “refresh”
- e. Ruterele mentuin strae individuala a fiecarui flux
- f. Starea se elimina automat in ruter daca nu mai exista cerere de “refresh” in timpul T de la ultima cerere

- **Avantaje:**

- Modificarea dinamica a rezervarii
- Compatibilitate cu rutarea dinamica din IP
- Tenologie E2E
- Garnularitate fina
- Garantii puternice per-flux

- **Dezavantaje:**

- Necesitate refresh→ overhead
- Memorie mare in rutere- “non-scalable”

- **Concluzie:** IntServ nu este eficient in retele “Core”

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

Actiuni de semnalizare pentru rezervare

PATH – sursa anunta caracteristici de trafic ce va fi generat

RESV – cerere de la Receptor

RESVconf- confirmare a rezervarii

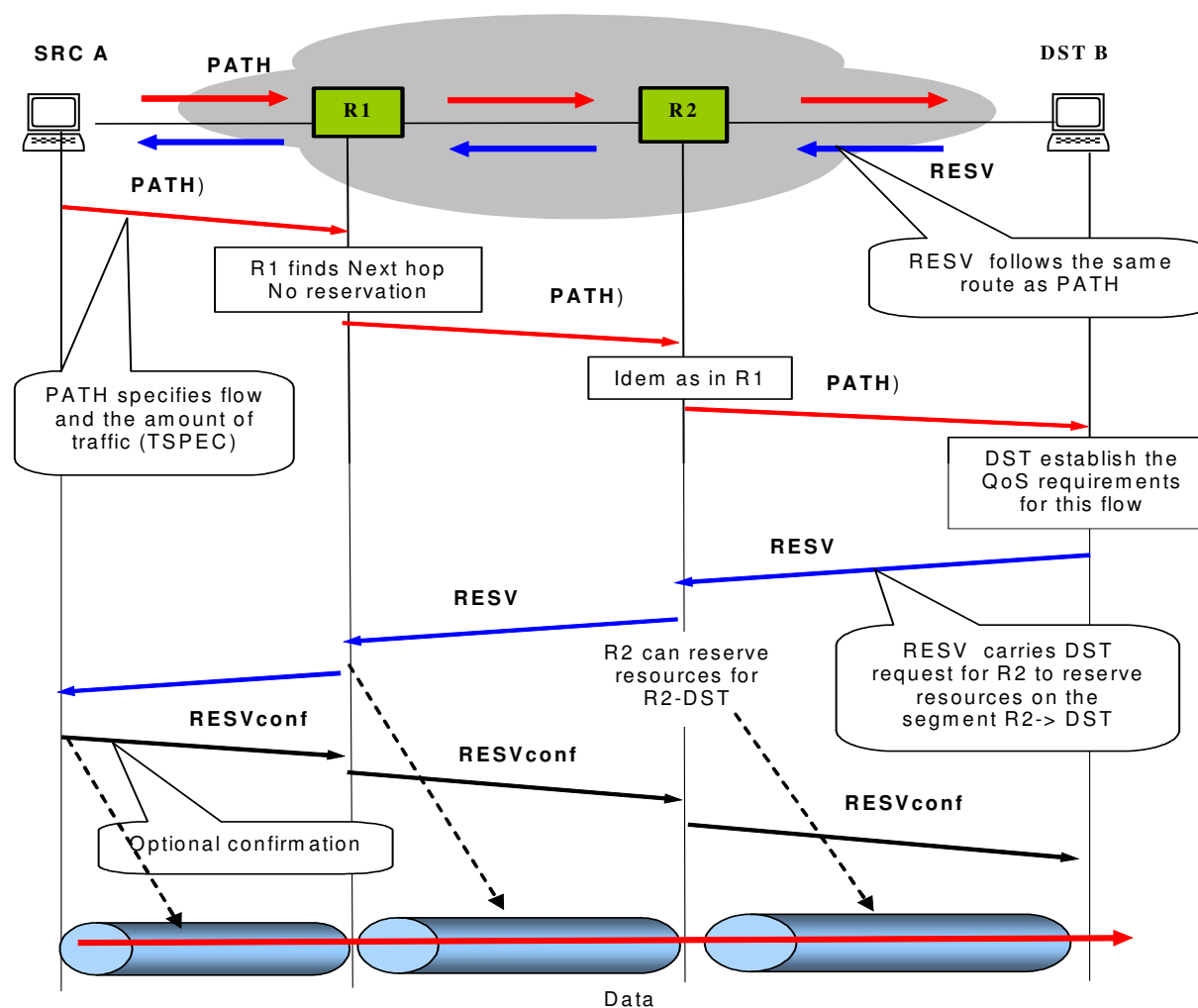


Figure 5-2 Dialog
RSVP
simplificat

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

■ **Formatul general al pachetului de semnalizare RSVP**

- Este transportat direct peste IP- deci nu beneficiaza de transport fiabil
- Format flexibil al obiectelor de date- a permis ulterior refolosirea RSVP si pentr alte scopuri

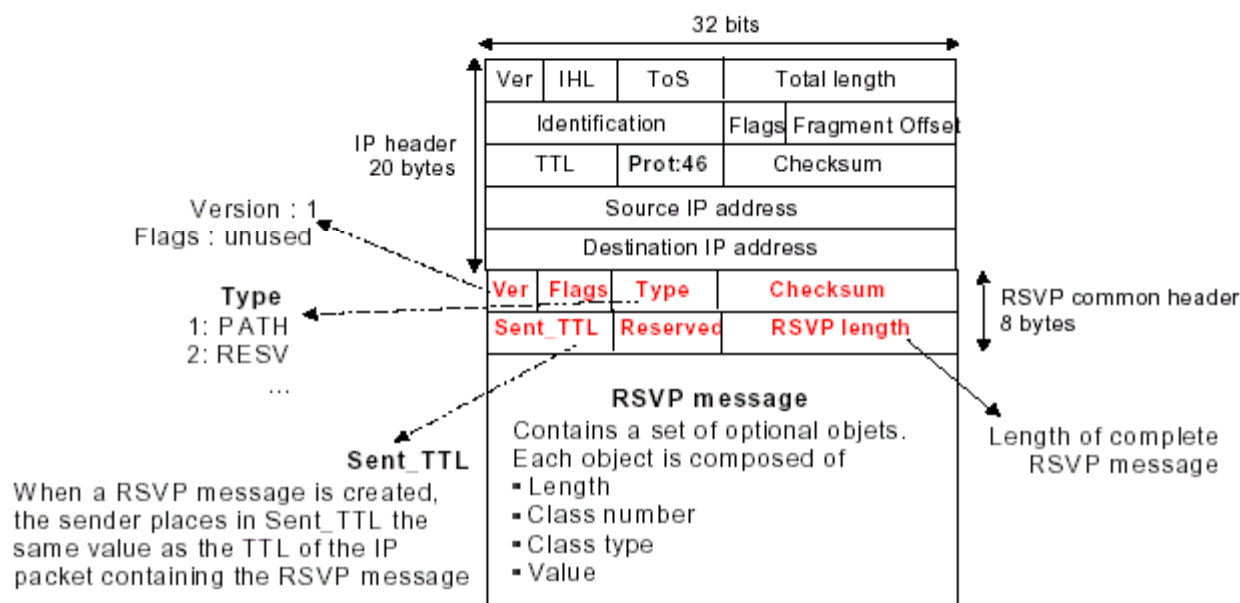


Figure 5-3 Formatul pachetului RSVP

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

■ Detalii de operare

- Ruterele mentin o stare per-flux; Exista timer asociat cu fiecare stare
- Expirare timer → eliminarea starii
- ES (hosts) transmit periodic PATH si RESV → timer reset
- RSVP incapsuleaza mesajele in datgrame IP , deci mesajele urmeaza ruta indicata de protocolul de rutare (tabelul de forwarding)
 - dar IP nu asigura automat asta
 - de aceea cu ocazia primei calatorii a mesajului PATH prin retea se stabileste in fiecare ruter traversat o stare
- Schimbarea unei rute → starea de rezervare se restabileste pe noua ruta, iar vechea rezervare se sterge in nodurile care nu mai sunt implicate

■ Informatii continute in PATH (sumar)

- *IP source : SRC; IP destination : DST; Previous Hop : SRC*
- *Sender Id: IP addr, Transport, Port; Destination Id: IP addr , Transport , Port*
- *Timer information (refresh period); Tspec : X Mbps (traffic specifier)*

■ Primul ruter (R1) :

■ Starea R1– instalata dupa rec. PATH

- *Flow SRC-DST; upstream node =SRC; Tspec : X Mbps*

■ Comportament R1

- Continutul mesaj PATH inserat in mesajul RSVP este actualizat si trimis “downstream” de catre R1 (PHOP= SRC este inlocuit de PHOP = R1)

■ Al doilea, al treilea Ruter,

- Aceeasi stare ca in R1
- Acelasi comportament ca in R1(se trimite in downstream PATH actualizat)

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Generarea si prelucrarea mesajelor RESV**
 - Mesajele RESV se transmit hop-by-hop de catre ruterele capabile RSVP, asigurand ca parcurg in sens invers aceeasi ruta ca mesajele PATH
 - Staia DST genereaza RESV
 - **Continut RESV**
 - *IP source : DST, IP destination : R2; Previous Hop : R1*
 - *Destination identification : IP addr, Transport, Port*
 - *Information about Sender*
 - *Timer information (refresh period)*
 - *Rspec : Y Mbps*
- R(n) stare – instalata dupa rec. RESV de la DST
 - Flow SRC-DST; upstream=R(n-1)
 - Tspec : X Mbps; Rspec : Ymbps

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

Exemple de Scenariu

PP. Cale cea mai scurt (SP)
: SRC – R1 – R2 – R4 – R6 – DST

S-a stabilit o cale garantata pentru F1
prin dialog PAT/RESV

Schimbare de ruta: SRC – R1 – R3 –
R2 - R4 – R6 – DST

SRC retransmite PATH la fiecare T
(*refresh*) seconds (default: 30 sec)

DST retransmite RESV la fiecare T
(*refresh*) seconds (default: 30 sec)

R3 instaleaza o noua stare state:

F1, upstream = R1

R2 actualizeaza starea:

F1, upstream = R3

F1 va fi restabilit pe noua cale cu
garantii

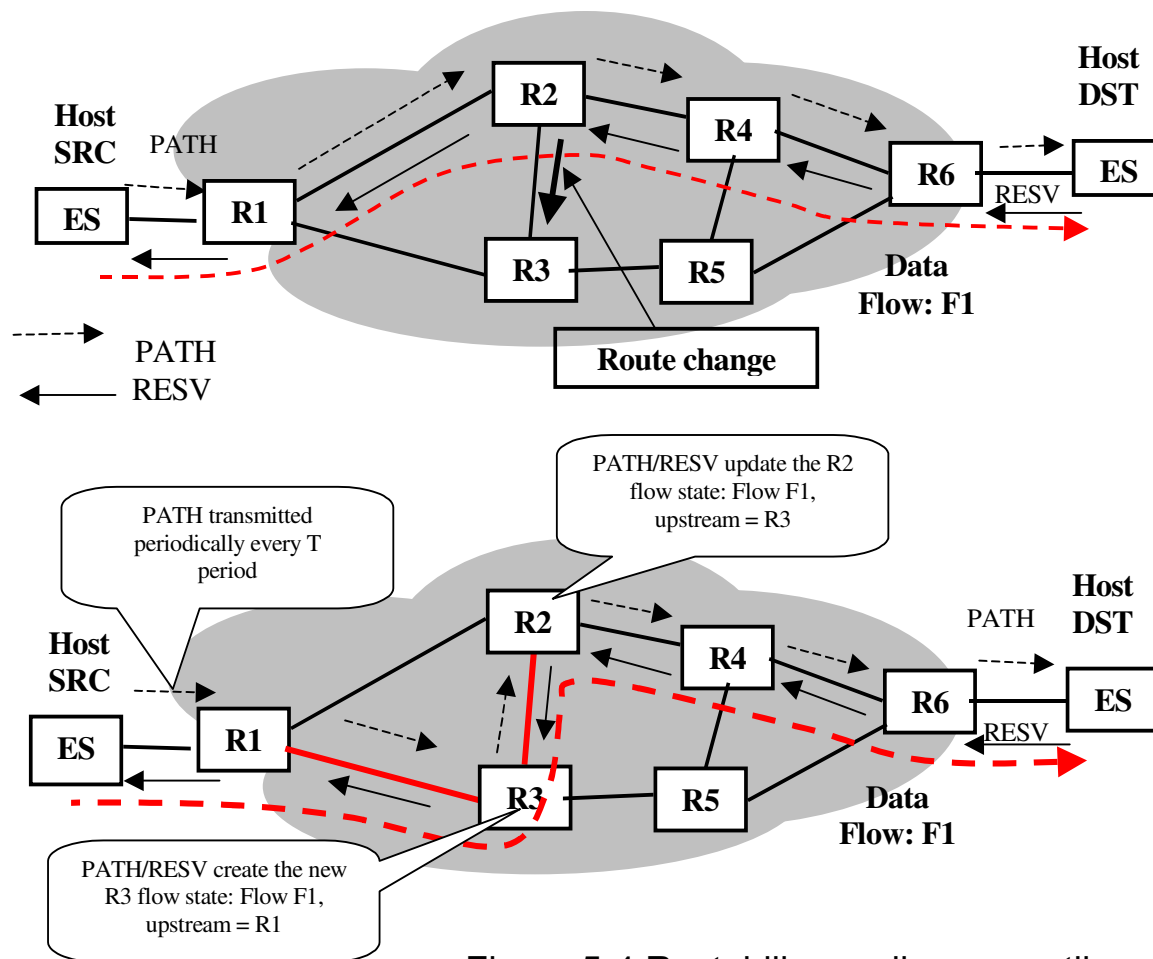


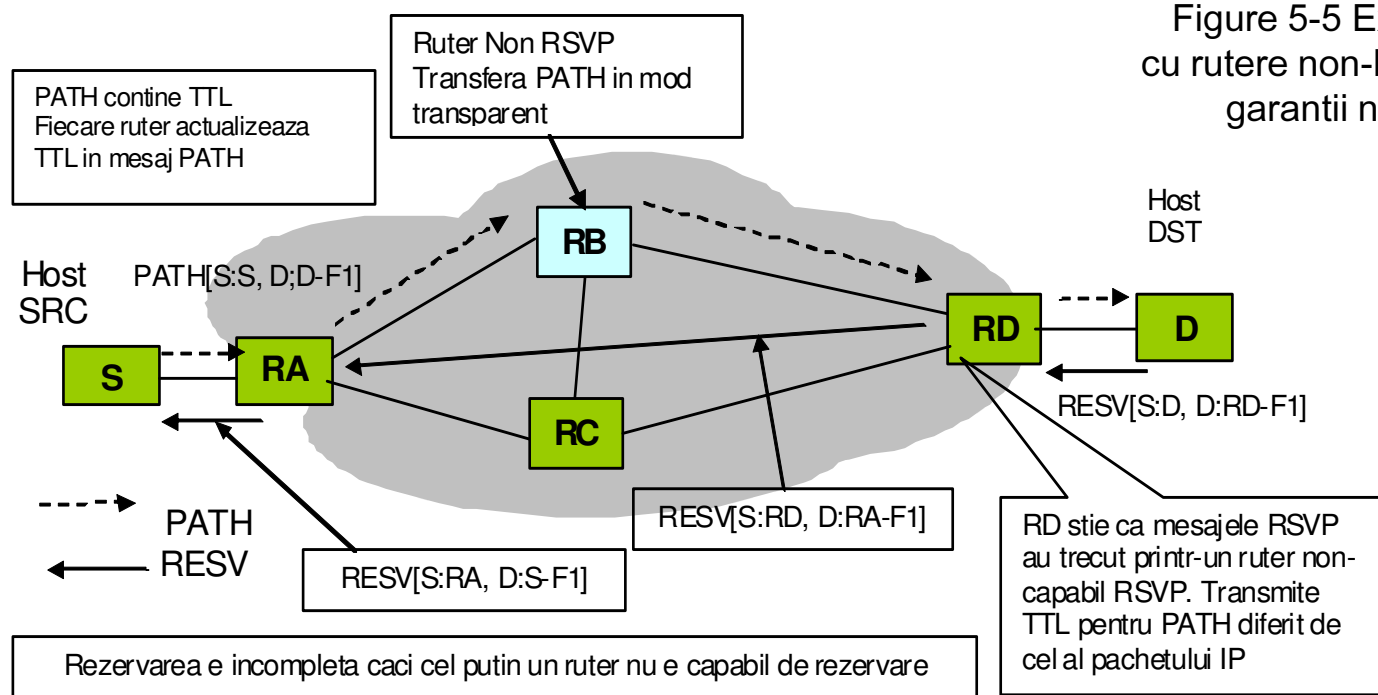
Figure 5-4 Restabilirea caii cu garantii
dupa modificarea unei rute

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **RSVP in cazul retelelor heterogene**
- Problema: routers non capabile RSVP sunt plasate in interiorul caii
- Consecinta- rezervare incompleta



5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Selectarea cailor pentru RSVP**
- Traditional *Hop-by-hop*
 - Fiecare ruter intermediar decide next-hop (similar cu BE)
 - Starile tranzitorii pot determina buicle
- Rutare de tip sursa
 - Se calculeaza explicit calea (strict/loose) bazat pe cunoasterea starii retelei
 - ruter sursa are doar cunostinte pariale despre starea reteleidar calea e garantat farabucle
 - has only a partial knowledge of the state of the network, but the path is guaranteed to be loop-free
 - Solutie pentru cazul MPLS
 - Odata stabilita ruta MPLS fgluxul va circula pe aceasta chiar dac protocolul de rutare schimba ruta
- **Eliberarea resurselor in RSVP**
 - Implicit- nu se mai transmit mesaje PATH/RESV
 - Solutie lenta (zeci de sec latentă)
 - Explicit PATHtear, RESVtear

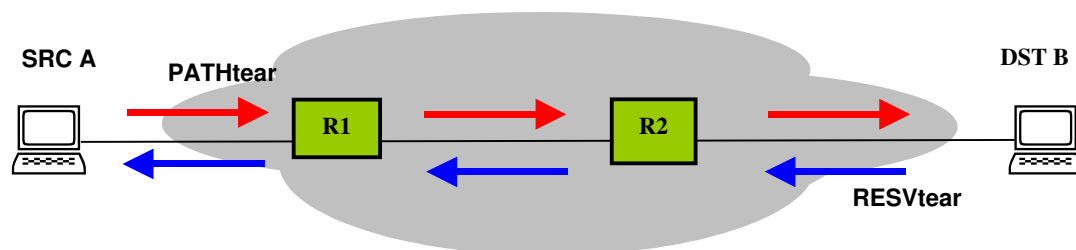


Figure 5-6 Folosirea mesajului PATH tear si RESV tear pentru eliberarea resurselor

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Utilizarea mesajelor RSVP pentru cereri de etichete si rezervare de resurse in MPLS**
 - Ruterul din aval aloca etichete la crearea celui din amonte (regula MPLS)
 - Se foloseste mesajul path pentru a cere eticheta
 - Descrierea traficului ce se va genera (in directia lui PATH) reprezinta in acelasi timp si cerere de rezervare
 - Mesaj RESV propune o eticheta pentru segmentul respectiv si indica resursele rezervate

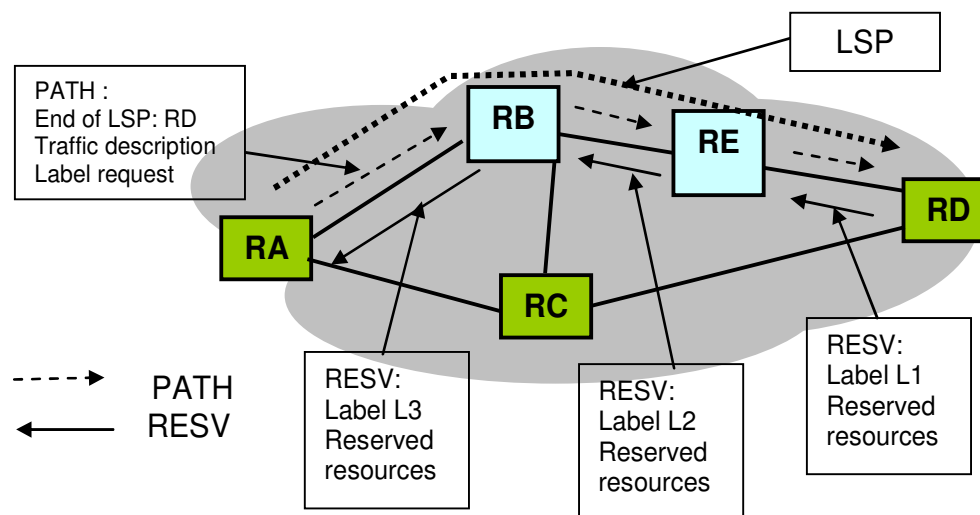


Figure 5-7 Exemplu de utilizare a RSVP pentru distributia de etichete si rezervare de resurse in MPLS

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ) RSVP utilizat in multicast

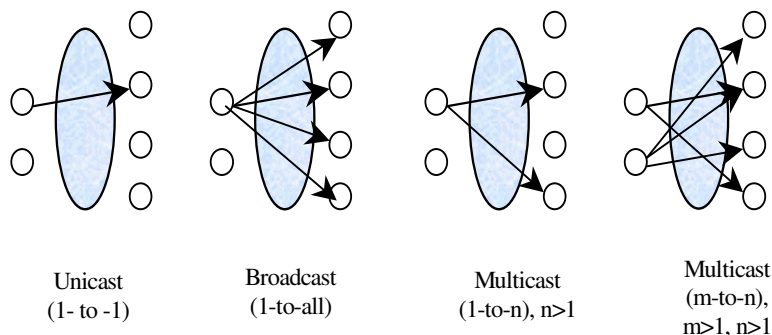


Figure 5-8 Tipuri de comunicatii.

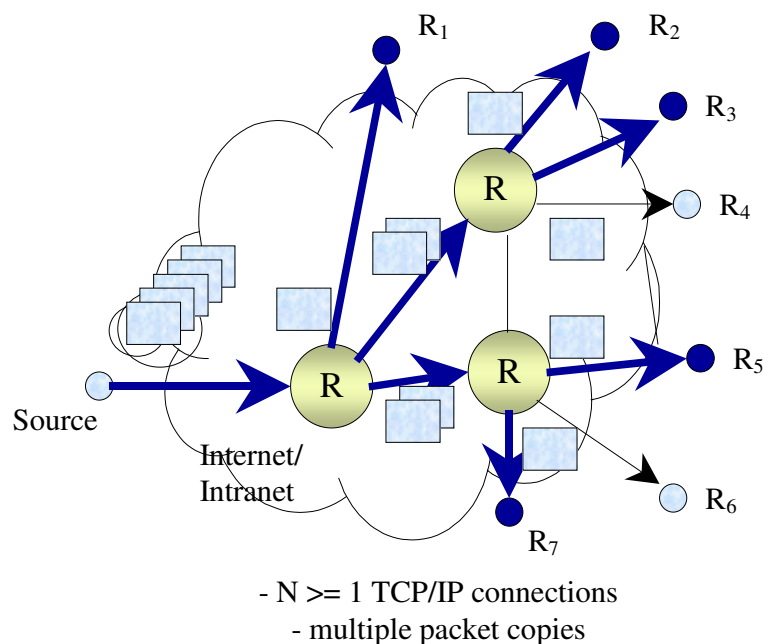
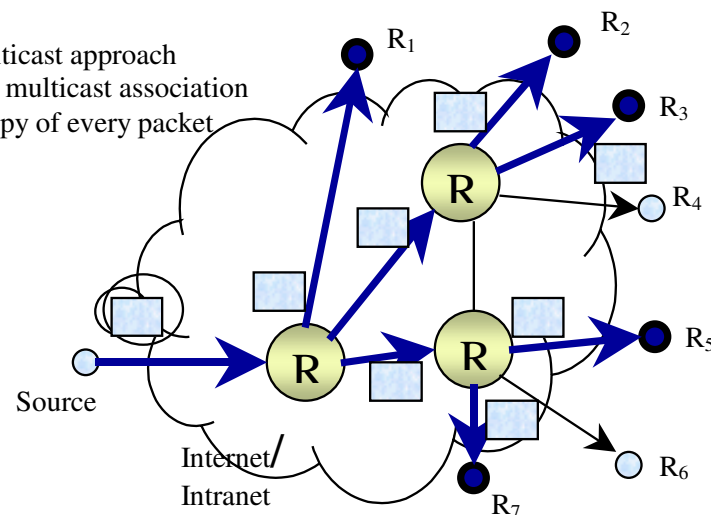


Figure 5-9 Comunicatie 1-la-1
si multicast pentru o sursa
si N receptoare

- IP multicast approach
- Single multicast association
- one copy of every packet



5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ) RSVP utilizat in multicast

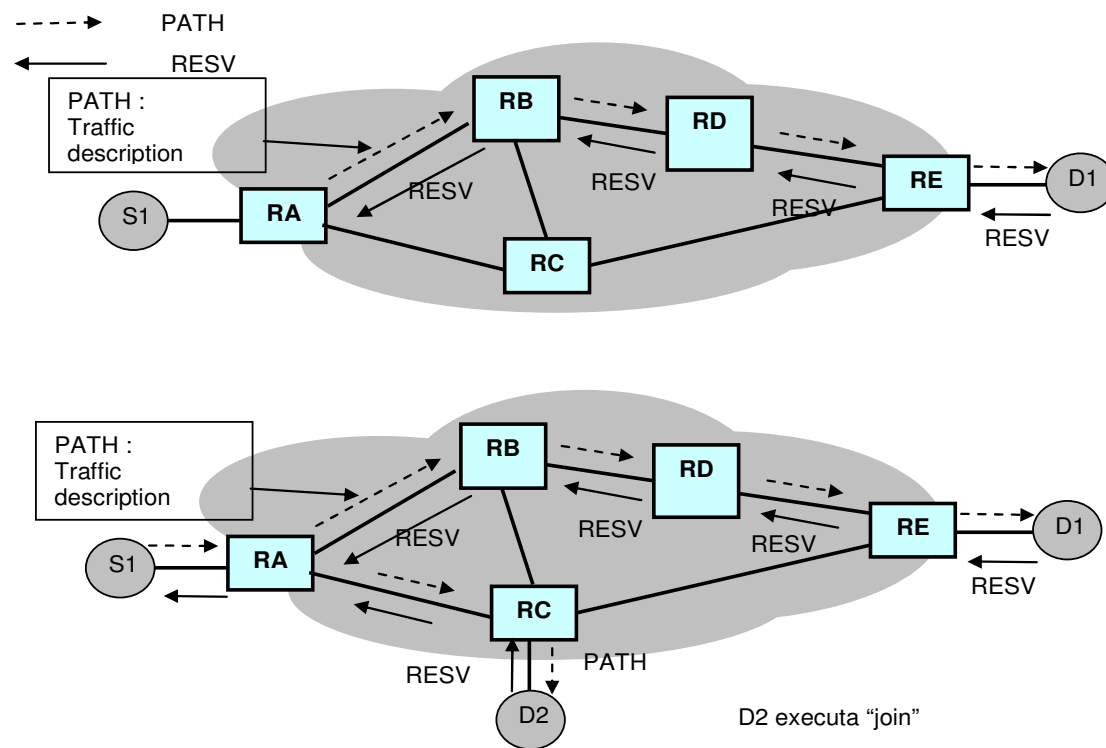


Figure 5-10 RSVP pentru grupuri dinamice de multicast

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ) Exemplu de distributie a mesajului PATH si raspunsuri RESV

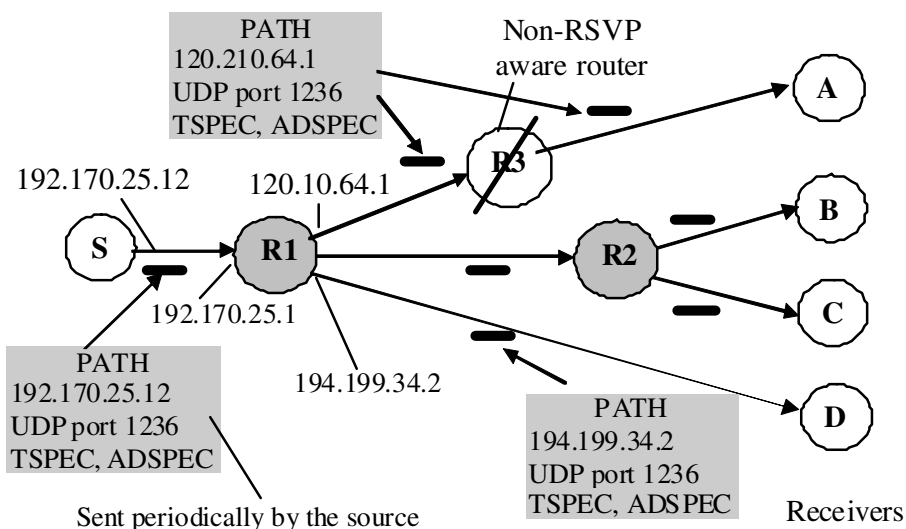


Figure 5-11 Mesaje PATH
R1, R2 – rutere RSVP
R3 – non RSVP

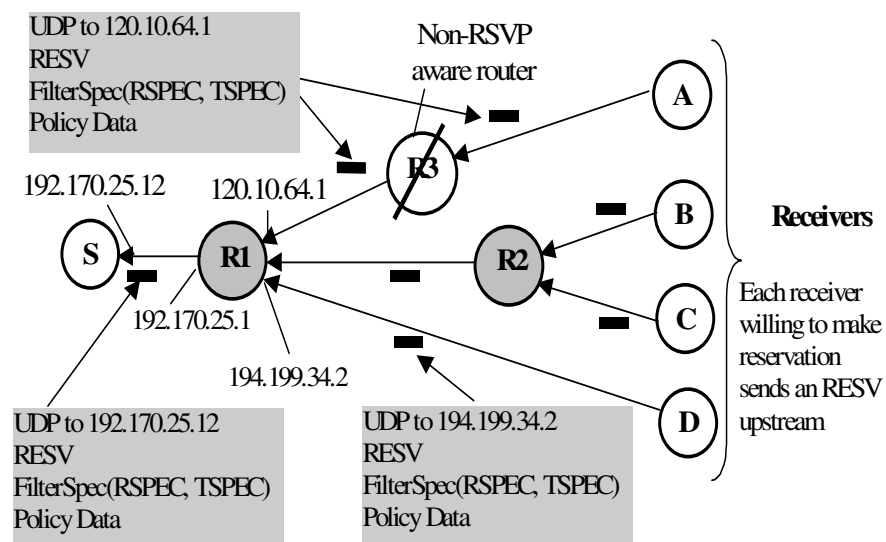


Figure 5-12 Mesaje RESV
R1, R2 – rutere RSVP
R3 – non RSVP

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

Agregarea cererilor in RSVP

- Diferite receptoare au cerinte diferite
- Daca fiecare face cerere direct catre S-- > implozie de semnalizari
- Solutie: agregarea cererilor (« merge »)

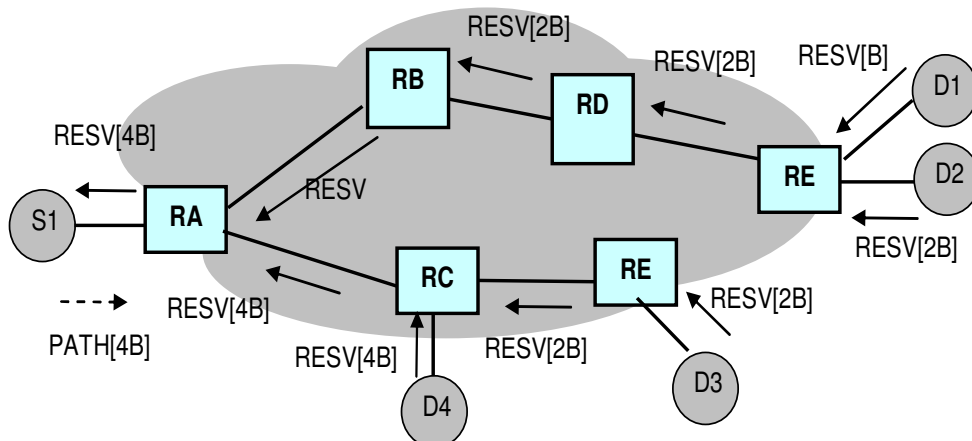


Figure 5-13 Agregarea cererilor RSVP

- Cazuri
 - 1 sursa - N receptoare
 - N surse – M receptoare
 - N surse/receptoare (conferinta simetrica)

Referinta [1] Olivier Bonaventure, Traffic control and Quality of Service (QoS) in IP networks, 2000
URL : <http://www.infonet.fundp.ac.be>

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Agregarea cererilor in RSVP (cont)- Utilizarea filtrelor (se pun in mesajele RESV)
 - Fiecare Dst poate specifica sursele de la care doreste flux , prin filtre
 - **Filtru Fix (Fixed filter FF)**
 - Rezervarea e valida numai pentru Sursa specificata in FF din mesajul RESV; util in unicast si multicast; se face rezervare separata pentru fiecare flux
 - **Filtru comun (Wild-card filter (WF))**
 - Orice S poate beneficia de rezervare : util in multicast
 - **Filtru comun explicit (Shared-explicit filter (SE))**
 - Numai S dintr-o lista pot beneficia de rezervare; util pentru multicast

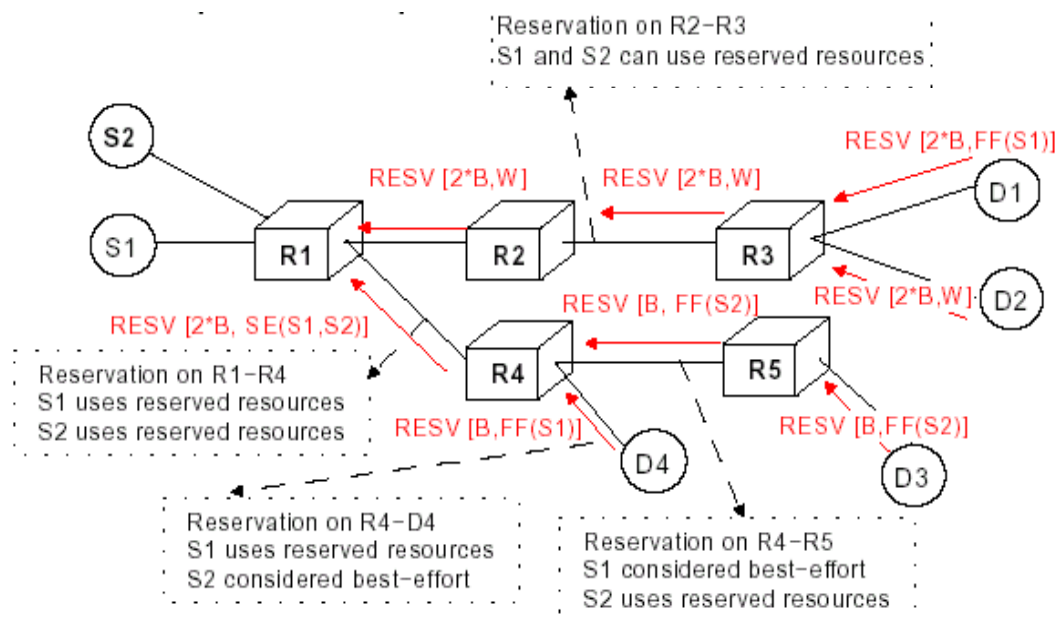


Figure 5-14 Filtre RSVP [1]

Referinta [1] Olivier Bonaventure, Traffic control and Quality of Service (QoS) in IP networks, 2000

URL : <http://www.infonet.fundp.ac.be>

E.Borcoci- UPB, ETTI Bucuresti 2014-2015

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

Imbunatatirea scalabilitatii

- Ruterele din “backbone” executa refresh agregat si sumarizat
- Se trimite PATH/RESV modificati cu identificatori
- se trimite PATH/RESV nemodificati- improspatati prin referinta

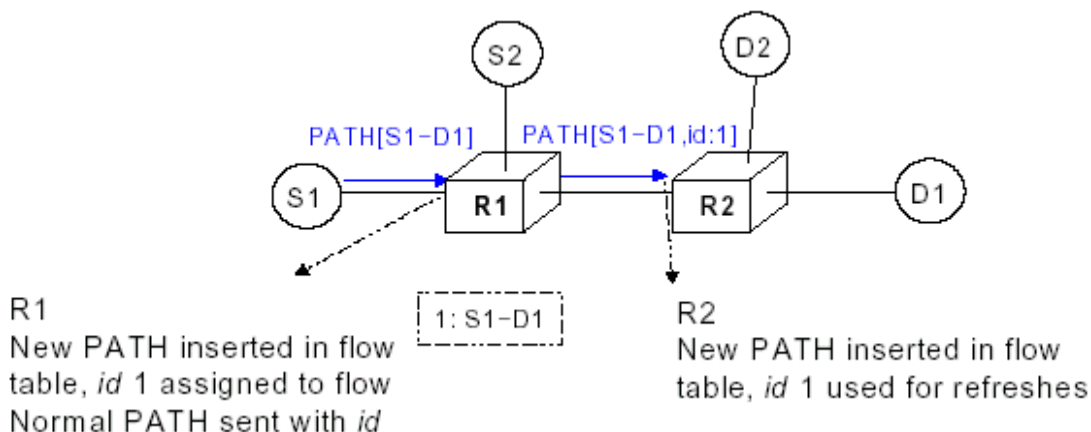


Figure 5-15 Imbunatatirea scalabilitatii
RSVP prin referinte de “refresh” [1]

- Mesaje SRefresh
- Contine mai multe summarized PATH/RESV - sumarizate
- SRefresh – trimis hop-by-hop
- Srefresh poate fi confirmat optional

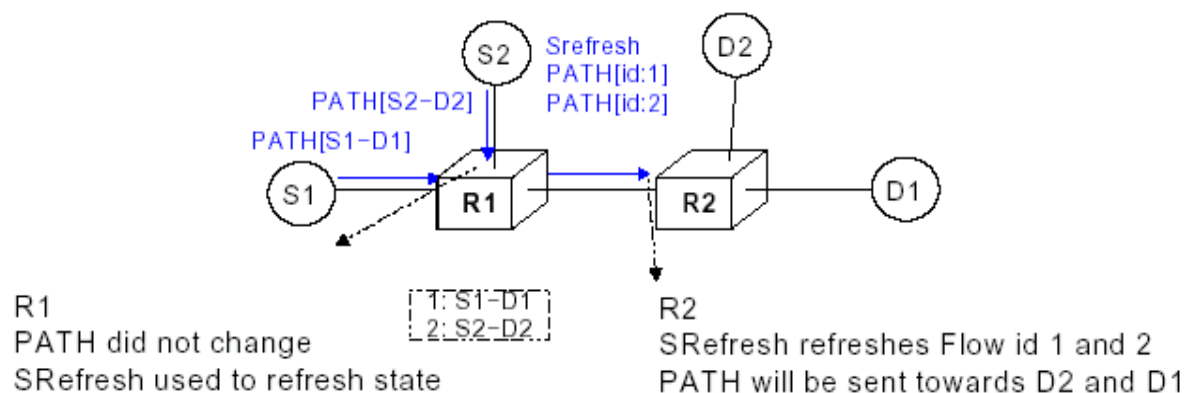


Figure 5-16 Imbunatatirea scalabilitatii
RSVP prin “Srefresh”[1]

Referinta [1] Olivier Bonaventure, Traffic control and Quality of Service (QoS) in IP networks, 2000
URL : <http://www.infonet.fundp.ac.be>

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Elemente de arhitectura
- Funcțiuni necesare
 - Admission control - in fiecare ruter
 - Protocol de semnalizare - Resource reservation protocol (RSVP)
 - Clasificator de pachete – (Packet classifier)
 - Planificator - Non-FIFO (Packet scheduler)

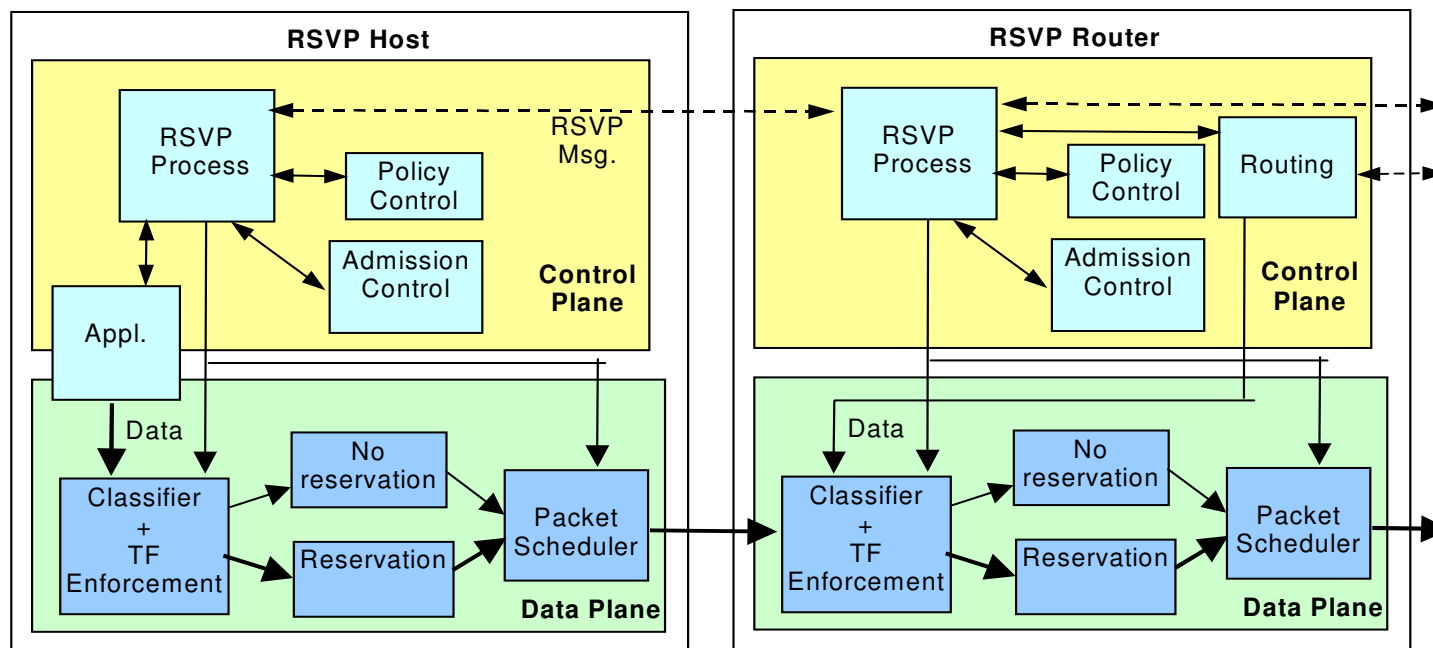


Figure 5-17 Arhitectura unui ruter IntServ

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Servicii IntServ
- Servicii garantate (“Guaranteed Services”)
 - Servicii apropiate de ceea ce ofera canalul fizic de tip telecom
 - Ideal: asemanator cu un canal transparent prin care curge fluid
 - Real: a[proximare a fluidului dar cu limite superioare asupra parametrilor de perf – demonstrabile matematic(fara pierderi si cu intarziere limitata)
 - Garantii pentru flyuxurile descrise prin TB
 - Fiecare ruter verifica conformitatea fluxului aplicand metode de masura TB
 - Pachetele non-conforme sunt tratate BE
- **Tipuri de garantii pentru pachete conforme:**
 - *maximum delay (upper-bound on end-to-end network delay)*
 - *loss guarantees*
 - *no guarantee on average delay*
 - *no guarantee on delay jitter*
- **Pierderile nu pot fi complet evitate**
 - Rezervarea de buffere in rutere ar duce la zero pierderi prin “overflow”
 - Dar erorile de transmisie nu pot fi evitate- in special in “wireless”

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Servicii IntServ
- Servicii garantate (“Guaranteed Services”)
- Specificarea traficului
- ***Nota : parametrii de mai jos vor fi descrisi in limba engleza pentru usurinta abordarii standardelor***
- Traffic specification: sender issues T_{spec} , in PATH messages
- Parameters:
 - M = maximum packet size (bytes)
 - packets larger than M are considered as BE IP
 - GS flow will be not fragmented by IP
 - m = minimum policed unit [bytes] (packet size $< m$ are considered of size m by TB mechanism)
- Token Buckets (TB)
 - Peak rate TB:
 - M = bucket size ; p = peak rate of flow [bytes/sec]
 - Peak rate traffic anvelope: $M+pT$ (amount of bytes sent in $T[sec] \leq M+ pT$)
 - Average rate TB:
 - b = bucket size [bytes]; r = token rate [bytes/sec]
 - Mean rate traffic anvelope: $b+rT$ (amount of bytes sent in $T[sec] \leq b+rT$)

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Servicii IntServ
- Servicii garantate (“Guaranteed Services- GS”)
- GS – limita de intarziere
- Model teoretical :GPS, flux fluid
 - Componente - intarziere:
 - transmission delay, processing delay, queueing delay $\leq b/r$
- Fluxuri de pachete
 - Componente - intarziere:
 - de prelucrare si de transmisie
 - asteptare in cozi – depinde de planificare
- Comportamentul E2E se conformeaza unui model cu fluide
 - Intrazierile de livrare nu depasesc limite specificate cu anumite marje de eroare
 - Intarziere E2E (end-to-end delay bound) este:
- $[(b- M)/R*(p-R)/(p-r)]+(M+C_{tot})/R+D_{tot}$ for $p>R>=r$, and $(M+C_{tot})/R+D_{tot}$ for $r<=p<=R$,
- (cu b, r, p, M, R, C_{tot} , si D_{tot} definite mai jos in acest document)

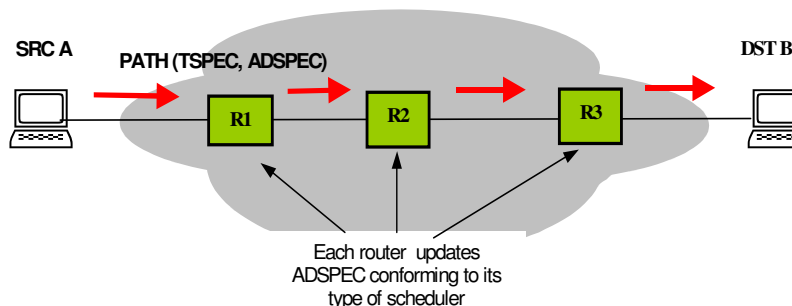
5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Servicii IntServ
- Servicii garantate (“Guaranteed Services- GS”)
- Problema:
- Diferente planificatoare au limite de intarziere diferite
- Solutie: se calculeaza “delay bound” pentru fiecare planificator ca un delta (increment) comparat cu valoarea limita GPS
 - $Queueing\ delay\ bound = b/r + C/r + D$
 - Unde:
 - C : termen de eroare dependent de rata (rate dependent error term)
 - D :termen de eroare independent de rata (rate independent error term)
- Fiecare planificator isi anunta termenii C si D in *ADSPEC* din mesajele PATH
 - ADSPEC e modificat de catre fiecare ruter intermediar
 - ADSPEC contine : $C_{tot} = \sum C_i$ $D_{tot} = \sum D_i$
- **Mesajul PATH** contine
 - *TSPEC*
 - *ADSPEC (hop count, Path bandwidth, fixed delay, MTU, C_{tot}, D_{tot})*
 - Destinatia afla din mesajul PATH
 - *MTU for whole path, C_{tot}, D_{tot}, Fixed Delay, Min bandwidth of links in path*

Figure 5-18 Actualizarea ADSPEC in ruterele intermediare



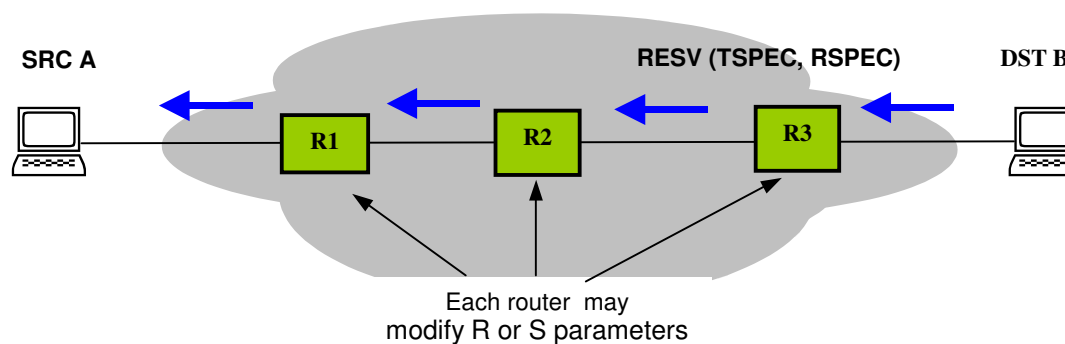
5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- Servicii IntServ
- Servicii garantate (“Guaranteed Services- GS”)
- Mesajul RESV
 - ES destinatie specifica rezervarea dorita in RSPEC
 - Parametri TB (r, b, p, M, m)
 - R : rate [bytes/sec],
 - Rezervarea poate fgi mai mare decat r; daca $R \geq r$, asta isemneaza ca DST cere o intraziere in coada mai mica
 - S : Slack term [μ s] margine asupra intrzierii
 - Poate fi utilizata de DST cand intarzierea poate fi mai mare decat cea anuntata
 - Ruterele intermediare pot profita de asta pentru a reduce rezervarea asociata fluxului

Figure 5-19 Cererea de rezervare prin mesaj RESV



5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Servicii IntServ**
- **Servicii cu sarcina controlata (“Controlled Load- CL”)**
 - Serviciu cu perf. similara cu cel al unei retele slab incarcate (definitie nu prea precisa)
 - Nu se da o valoare determinista asupra pierderilor
 - Nu se da garantie E2E pentru intarziere sau jitter (se afirma doar ca acestea trebuie sa fie mici)
 - Utilizare: in aplicatii care cer rezervare de banda
- Implementari posibile
 - Planificator cu prioritati cu “*per-flow* policing “ pentru a limita traficul CL
 - Doua cozi: layer 4 CL flow, BE
 - pachete non conforme CLvor fi eliminate sau tratate BE
 - Planificator WFQ per-flux (*Per-flow WFQ-like scheduler*)
 - Cozi:
 - 1 – flux de nivel L4 CL
 - 1- pentru toate fluxurile BE sau mai multe BE
- Planificator WFQ per-clasa (*Per-class WFQ-like scheduler*)
 - 2 cozi : 1- flux L4 CL flow, 1 –pentru BE
 - Se aplica “per flow policing” pentru a detecta pachete neconforme

5.Arhitecturi orientate QoS



5.1 Tehnologii cu Servicii Integrate (Integrated Services – IntServ)

- **Concluzii IntServ**
- **Pro:**
 - E2E QoS- cu garantii per micro- flux
 - Emuleaza canal telecom
 - Sistem distribuit , compatibil cu rutare dinamica si toate protocoalele TCP/IP
 - Se poate integra in infrastructura cu politici
- **Contra:**
 - “Overhead” pentru retele mari: semnalizari si stare
 - Necesar “refresh” Constant refresh messages
 - Clasificarea per-flux, “policing” “scheduling” – costisitoare daca sunt facute per flux
- **Exemple: Suport IntServ/RSVP in Cisco IOS**
 - Recomandat in IOS 12.1(5)T/12.2(1)M
 - Platforme: C8xx, C17xx, C26xx, C36xx, C72xx, C75xx
 - Instalat in principal in echipamente “enterprise”
 - Importanta integrarea IntServ/RSVP-DiffServ

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Principii de baza - Capitol 4**
 - Ideea de baza- tratarea diferentiata a claselor de fluxuri cu caracteristici similare de QoS fara a distinge fiecare flux individual in interiorul domeniului DiffServ
- **Standarde principale (IETF)**
 - Definition of the DS Field in IPv4 and IPv6 Headers (RFC2474)
 - An Architecture for Differentiated Services (RFC2475)
 - An Expedited Forwarding PHB (RFC2598)
 - Assured Forwarding PHB Group (RFC2597)
- **Detaliere principii**
 - Reteaua unde se aplica aceasta tehnologie (Domeniu DS) se divide in doua parti
 - Noduri interioare ce lucreaza la viteza mare
 - Noduri de frontiera ((border and edge routers) – functii complexe
 - Nici o schimbare in protocoalele TCP/IP
 - Asigura mai multe feluri de servicii
 - Tipul de serviciu este indicat in fiecare pachet (semnalizare in banda)
 - Marcarea : la sursa sau in edge/border ruter
 - Ruterele interioare folosesc numai marcasele pentru a determina tratarea pachetelor
 - Complexitatea ruterele interioare depinde numai de numarul de clase si nu de numarul de fluxuri

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

Domenii DiffServ

ER – Edge Router
BR – Border Router
ES – End System
CR – Core Router

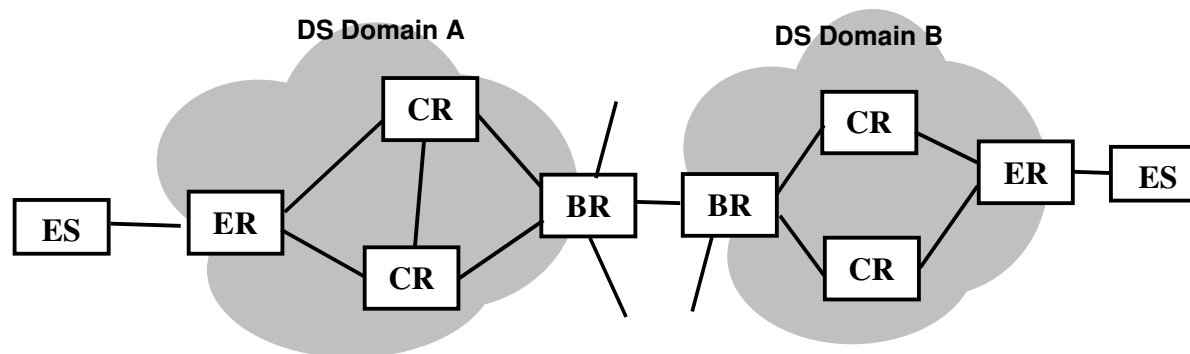


Figure 5-20 Domenii DiffServ

- **Profil de trafic (Traffic profile)** - descrie proprietati temporale ale fuxurilor de trafic (ex. Rate, burst size)
- **Micro-flux (Micro-flow)**(Layer 4 flow) – set de pachete caracterizat prin
 - (source address, source port, destination address, destination port , protocol id)
- **Fascicul de trafic (Traffic stream)**- un set semnificativ d.p.d.v. administrativ ce contine mai multe micro-fluxuri ce travereseaza un segment de cale.Aceste fluxuri au fost selectate de catre un clasificator
- **Contract de conditionare a traficului (Traffic Conditioning Agreement (TCA)** – specifica regulile de clasificare si profilul de trafic caruia se aplica , precum si operatiile *metering, marking, discarding and/or shaping* ce se aplica fasciculelor selectate de catre clasificator
- **Conditionare a traficului (Traffic conditioning)** – functii care determina aplicarea unui set de reguli specificate in TCA. Se refera la *metering, marking, shaping, and policing*.

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

Terminologie generala (cont)

- **Serviciu (de conectivitate)** - tratament global al unui subset din trafic in domeniu DS sau E2E
- **Entitate capabila DS (DS-compliant entity)** – nod/dispozitiv ce cunoaste functiile DS conform standardelor
- **Camp DS (DS field)**- octetul ToS in antetul IPv4 sau “IPv6 Traffic Class octet” interpretat in conformitate cu std. DiffServ. (“DSCP field” codeaza the “DS codepoint”
- **Agregat de comportament (DS behavior aggregate (BA))**- o colectie de pachete cu acelasi DSCP ce paarcurg un link in aceeasi directie
- **Comportament per nod- (Per-Hop-Behavior (PHB))** – comportamentul observabil din exterior al unui nod aplicat unui - “DS behavior aggregate”
- **Grup PHB (PHB group)**- un set de $n \geq 1$ PHB care au sens numai daca sunt specificate si implementate simultan, datorita unei constrangeri comune ce se aplica la toate PHB, din set (ex. Servirea cozilor, politici de mng. al cozilor)
- Un grup PHB = bloc functional ce permite un set de comportamente specificate impreuna (ex. patru prioritati de eliminare (drop) a pachetelor). Un PHB este un caz special de PHB –grup.
- **DS codepoint (DSCP)** - valoare specifica ce idetifica o clasa de servcii si selecteaza un PHB
- **Mecanism** - algoritm specific sau operatie

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Terminologie (cont)**
- **Domeniu DS (DS domain)** - set contiguu de noduri ce indeplinesc o politica comuna si definitii PHB comune
- **Nod DS de frontiera (DS boundary node)** - conecteaza domniul DS cu altele
- **Nod DS de iesire/intrare (DS egress/ingress node)** – un nod DS de frontiera prin care iese/intra traficul din/in domeniul DS
- **Nod DS interior** – nu e nici intrare nici iesire
- **Regiune DS (DS region)** - set de domenii DS of contiguu
- **Domeniu in aval/amonte Downstream/Upstream DS domain**
- **Nod traditional (Legacy node)** – implementeaza “ IPv4 Precedence” asa cum e definita in [RFC791, RFC1812] dar nu e “DS-compliant”
- **“Provider DS domain** - the DS-capable provider of services to a source domain”
- **Link de frontiera (Boundary link)** leaga doua domenii
- **Domeniu sursa (Source domain)** - contine nodurile surse de trafic
- **Politica de provizionare a serviciului (Service Provisioning Policy)** – politica ce defineste conditionarea traficului si asocierea fasciculelor de trafic (streams) la BA-uri

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Terminologie (cont)**
- ***Traffic conditioner (TCd)***-
 - entitate ce contine (meters, markers, droppers, shapers)
 - de regula e instalata la noduri frontiera
 - poate modifica marcajul unui pachet
- ***MF Classifier*** – *clasificator multi-field*
- ***Behaviour Aggregate (BA) classifier***- selecteaza pachet bazat doar pe cod DS
- ***Meter*** – masoara proprietati temporale ale traficului (vezi cap. 4)
- ***Marker*** – marcheaza sau modifica marcajele pentru pachete (DSCP de ex.)
- ***Dropper***- elimina pachete – bazat pe reguli(politici)
- ***Shaper***- reduce intermitenta traficului (vezi cap. 4)
- ***Policer***= meter + dropper

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ Marcarea pachetului cu DSCP

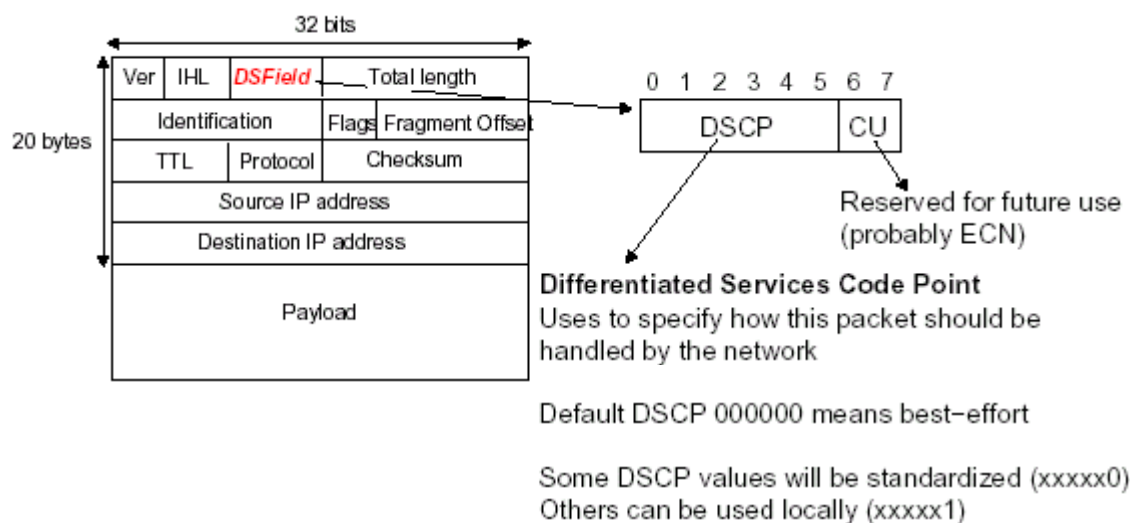


Figure 5-21 Campurile ToS si DSCP (1), [1]

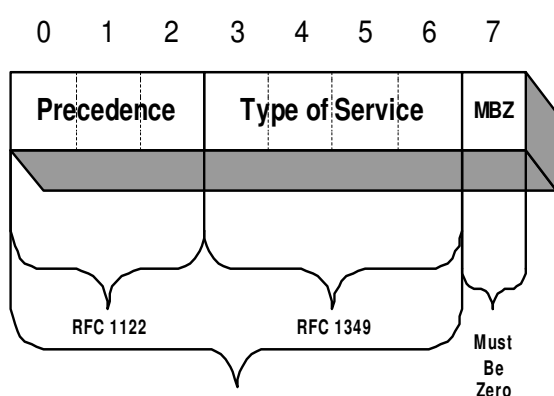
Referinta [1] Olivier Bonaventure, Traffic control and Quality of Service (QoS) in IP networks, 2000
URL : <http://www.infonet.fundp.ac.be>

5.Arhitecturi orientate QoS



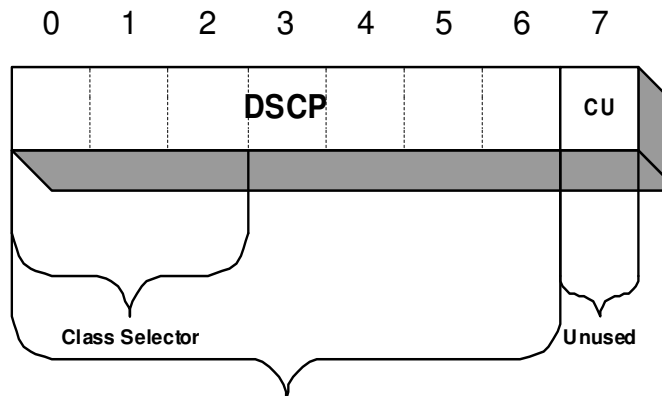
5.2 Tehnologii DiffServ

Marcarea pachetului cu DSCP



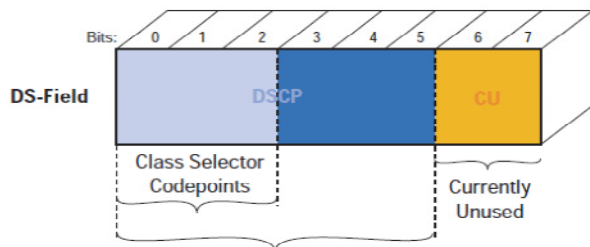
IP Type of Service (TOS)

Figure 1 DiffServ Codepoint Field

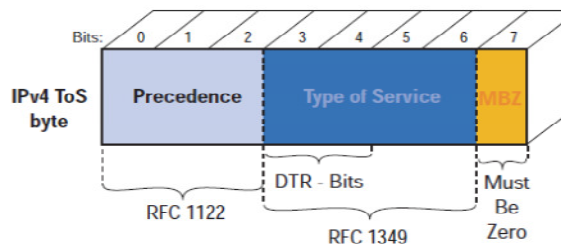


Differentiated Services

Figure 2 The Original IPv4 ToS Byte



Differentiated Services Codepoint (DSCP)
RFC 2474



Bits (0-2): IP-Precedence Defined

- 111 - Network Control
- 110 - Internetwork Control
- 101 - CRITIC/ECP
- 100 - Flash Override
- 011 - Flash
- 101 - Immediate
- 001 - Priority
- 000 - Routine

Bits (3-6): The Type of Service Defined

- 0000 (all normal)
- 1000 (minimize delay)
- 0100 (maximize throughput)
- 0010 (maximize reliability)
- 0001 (minimize monetary cost)

Figura 5-23 Campurile ToS
si DSCP (3)

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Provizionarea Serviciilor Diferentiate**
- ISP/NP definește serviciile negociate prin SLA cu clienții individuali sau alți ISP/NP
- La frontiera rețelei ruterele de margine execută operații de clasificare, marcare, etc.
- În ruterele de interior se tratează pachetele conform marcărilor

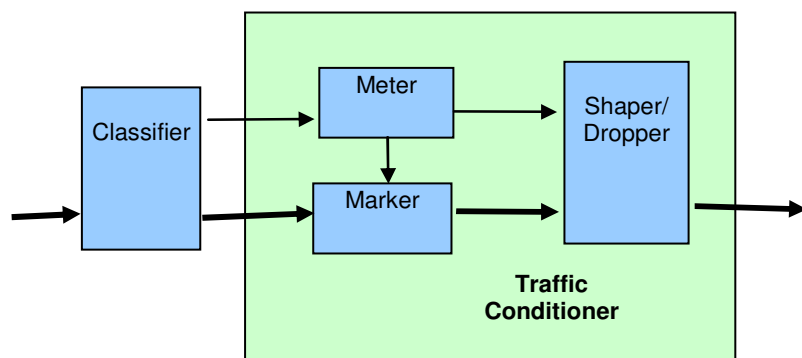


Figura 5-24 clasificator si Traffic Conditioner –
in” Edge Router”- diagrama logica
(RFC 2475)

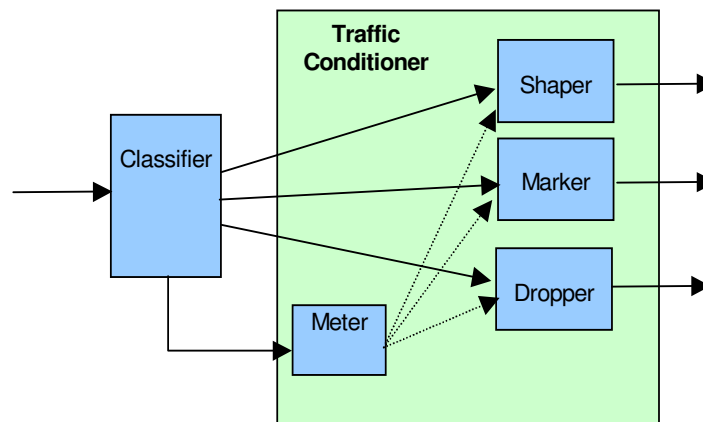


Figura 5-25 Generalizare pentru Traffic Conditioner

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

■ Provizionarea Serviciilor Diferentiate

- SLA – specifica serviciul furnizat de domeniul DS si « scope » in care e valid SLA
- Reteaua se angajeaza sa furnizeze perf. specificate in anumite intervale de timp si pentru fluxurile de trafic specificate
- NP defineste DSCP pentru fiecare serviciu
- Rol principal ER: clasificarea L3 (+DSCP), L4 + DSCP, etc.
- ER poate aplica in urma clasificarii : « dropping, shaping, marking » - vezi slide anterior
- Dirijarea pachetelor in ER, CR, BR: « buffer acceptance, queuing, scheduling » - se bazeaza doar pe valoarea DSCP
- In BR :
 - functii similare cu ER dar de regula viteza mare de lucru inter-domeniu
 - Poate fi necesara re-marcarea caci diferite domenii DS pot folosi valori diferite pentru aceeasi clasa de servicii

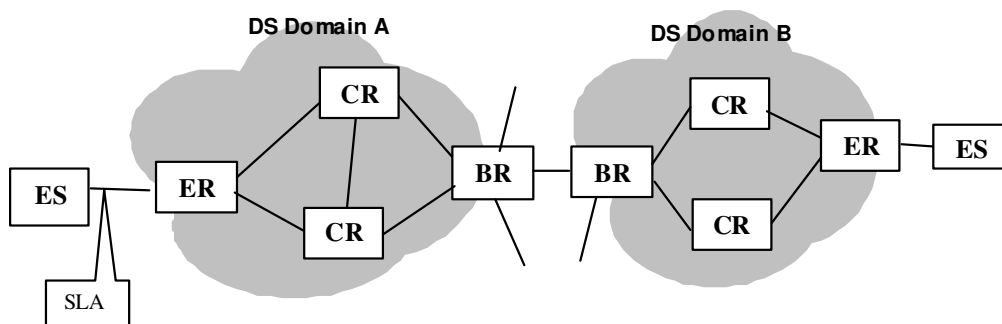


Figure 5-26 Provizionarea in DS

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Clase de servicii Servicii Diferentiate**
- **Best-effort service**
- **EF- Expedited forwarding (“premium service”)**
 - Trebuie sa furnizeze in domeniul DS
 - Rata mica de pierderi, Intarziere E2E mica, Jitter redus
- **Assured forwarding**
 - -se rezerva in fiecare ruter diferite cantitati de resurse (banda, buffere) pentru 4 clase de trafic; Clasele de trafic trebuie sa fie servite independent
- **Per Hop Behaviour si Per Domain Behaviour**
 - **PDB** : este « edge-to edge »; Serviciul PDB depinde de conditionarea traficului si de operatiile executate la iesire
 - **PHB**: Se definesc EF, AF, BE
- **Selector de clase: CS**
 - Definit pentru « backward compatibility » cu definitiile clasice IP
 - 8 clase de prioritate (3 biti)
 - Ruterul da prioritate clasei CSx in functie de nr. X
 - Ex. CS7, CS6 – prioritate max pentru trafic de control
 - “The Class Selector PHB corresponds to packets with DSCP=xxx000 (i.e. the three high order bits are used like the former Precedence bits) “

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- Provizionarea Serviciilor Diferentiate
- Coduri de marcare

Table 1 DiffServ AF Codepoint Table

DROP Precedence	Class #1	Class #2	Class #3	Class #4
Low Drop Prec	(AF11) 001010	(AF21) 010010	(AF31) 011010	(AF41) 100010
Medium Drop Prec	(AF12) 001100	(AF22) 010100	(AF32) 011100	(AF42) 100100
High Drop Prec	(AF13) 001110	(AF23) 010110	(AF33) 011110	(AF43) 100110

Figure 5-27 Coduri DS AF

source address	source address mask	source port	destination address	destination address mask	destination port	protocol	input DSCP	output DSCP	bandwidth AF medium dropping precedence	bandwidth EF / AF low dropping precedence
32 bits	32 bits	16 bits	32 bits	32 bits	16 bits	8 bits	8 bits	8 bits	32 bits	32 bits

Figure 5-28 Exemplu de tabel in ruter DS

Figure 2: Structure of the DiffServ table

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Implementarea claselor de servicii DS**
- **CS**
 - ER : poate marca dar usual marcarea se face de aplicatii; daca se utilizeaza CS7, 6, pentru protocolul de ruitare atunci ER trebuie sa marcheze pachetele corespunzator
 - PHB: planificatorul trateaza CS7, 6 cu prioritate
 - BR: la fel ca la ER dar cu re-marcare
 - Exemple de implemente CS
 - Planificator cu prioritati:
 - CS7, 6 – p.max, restul traficului p.min ; simplu de implementat
 - Traficul neprioritar poate fi dezavantajat daca cel prioritar e mare
 - Dificil de generalizat;l de obicei nu se foloseste decat CS7, 6
 - Planificator WFQ
 - Ex: CS7- 50%, CS6- 20%, CS5 – 10%, etc.
 - Mai complex
 - Asigura protectie intre fluxuri
 - Necesita cunoasterea caracteristicilor de trafci pentru diferite clase

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- Implementarea claselor de servicii DS
- EF
 - PHB
 - rata de iesire reala trebuie sa fie $\geq$ cu cea configurata
 - Traficul EF trebuie sa fie tratat astfel independent de starea altor fluxuri
 - Pachetele in exces se elimina
 - **Standardul RFC 2598 specifica:**
 - “It SHOULD *average at least the configured rate when measured over any time interval equal to or longer than the time it takes to send an output link MTU sized packet at the configured rate.* (Behavior at time scales shorter than a packet time at the configured rate is deliberately not specified.)
 - If the EF PHB is implemented by a mechanism that allows unlimited preemption of other traffic (e.g., a priority queue), the implementation MUST include some means to limit the damage EF traffic could inflict on other traffic (e.g., a token bucket rate limiter).
 - Traffic that exceeds this limit MUST be discarded. This maximum EF rate, and burst size if appropriate, MUST be settable by a network administrator (using whatever mechanism the node supports for non-volatile configuration). The minimum and maximum rates may be the same and configured by a single parameter”

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- Implementarea claselor de servicii DS
- EF
 - Clasificarea grosiera a traficului : EF si non-EF
 - In fiecare nod trebuie configurata o rat R_{EF}
 - traficul trebuie servit cu rata efectiva $\geq R_{EF}$, independent de alte fluxuri
 - ER:- limiteaza traficul EF la valoare configurata
 - ‘Policing’ = “drop” sau “shaping”
 - PHB:
 - determina R_{EF} pentru fiecare link
 - Configureaza scheduler pentru rata $\geq R_{EF}$
 - BR- la fel ca ER dar cu re-marcare
 - Exemple:
 - **Priority queuing scheduler (PQ)**
 - 2 cozi EF si non EF
 - Policing pe EF (cu mecanism TB)
 - **WFQ – scheduler**
 - 2 cozi EF si non EF
 - Intarzierea e mai mare decat la PQ
 - **Rata link = R; coada 1: $R \geq R_{EF}$; coada 2: rata L-R**
 - Policing – in general nu e strict necesar (din cauza principiului WFQ)
 - Traficul pe fiecare link trebuie totusi monitorizat periodic, pentru a asigura ca rata EF nu e mai mare decat R_{EF} si ca pierderile sunt mici pentru fluxul EF

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

- **Implementarea claselor de servicii DS**
- **AF**
 - Se atribuie o “culoare” fiecărei clase de trafic
 - ER coloreaza pachetele
 - Resursele rețelei se divid între clase
 - Exemple:
 - PHB cu 4 clase AF; AF1 p.max, AF2 p.medie, AF3- p.minima
 - În interiorul fiecărei clase- 3 prioritati de “drop”
- **ER:**
 - marcheaza pachetele bazat pe SLA
 - Trei prioritati de eliminare (drop precedence): in profile, lightly-out, out-of profile)
- **BR-** la fi ca ER plus re-marcare
- **Exemple**
 - WFQ
 - AF1-60%, AF2- 20%, AF3-15%, AF4- 5% - din banda link-ului
 - Se urmareste traficul la intrarea celor 4 cozi si se incepe “drop” in ordinea prioritatilor de “drop”

Referinta: Implementing Quality of Service Policies with DSCP, Document ID: 10103

<http://www.cisco.com/application/pdf/paws/10103/dscpvalues.pdf>

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

Implementarea claselor de servicii DS- exemple

Referinta: Implementing Quality of Service Policies with DSCP, Document ID: 10103

<http://www.cisco.com/application/pdf/paws/10103/dscpvalues.pdf>

- **Precedence Level**
 - CS7 – routing and L2 keep alive; CS6- routing protocol; CS5- EF; CS4, 3, 2, 1 -...; CS0- BE

Application Class	PHB	Admission Control	Queing and Dropping	Application Examples
VoIP Telephony	EF	Required	Priority Queue (PQ)	Cisco IP Phones (G.711, G.729)
Broadcast Video	CS5	Required	Optional (PQ)	Cisco IPVS/Cisco Enterprise TV
Realtime Interactive	CS4	Required	Optional (PQ)	Cisco TelePresence
Multimedia Conferencing	AF4	Required	BW Queue + DSCP WRED	Cisco Unified Personal Communicator
Multimedia Streaming	AF3	Recommended	BW Queue + DSCP WRED	Cisco Digital Media System (VoDs)
Network Control	CS6		BW Queue	EIGRP, OSPF, BGP, HSRP, IKE
Call-Signaling	CS3		BW Queue	SCCP, SIP, H.323
Ops/Admin/Mgmt (OAM)	CS2		BW Queue	SNMP, SSH, Syslog
Transactional Data	AF2		BW Queue + DSCP WRED	Cisco WebEx/MeetingPlace/ERP Apps
Bulk Data	AF1		BW Queue + DSCP WRED	Email, FTP, Backup Apps, Content Dist
Best Effort	DF		Default Queue + RED	Default Class
Scavenger	CS1		Min BW Queue (Deferential)	YouTube, iTunes, BitTorrent, Xbox Live

227133

<http://www.cisco.com/en/US/i/200001-300000/220001-230000/227001-228000/227133.jpg>

E.Borcoci- UPB, ETTI Bucuresti 2014-2015

5.Arhitecturi orientate QoS



5.2 Tehnologii DiffServ

Concluzii

- **Advantages**
 - Scalabilitate buna (stateless rutere, nu sunt prelucrari per-flux in retea core
 - Nu implica semnalizari cu protocoale speciale
 - Implementare mai simpla decat IntServ
 - Tehnologie matura – larg raspandita in echipamentele constructorilor
- **Dezavantaje /limitari**
 - Nu asigura garanhtii E2E
 - Oferă doar garnatii relative in principal
 - Nu exista rezervare explicita, nu exista AC preventiv
 - Necesita un manager de resurse al domeniului (Bandwidth manager) – si AC pentru a devni tehnologie completa

5.Arhitecturi orientate QoS



5.3 Tehnologii IntServ+ DiffServ

- **Intserv at the edges of a network (acces)**
- **Diffserv in the core**
- ED – Edge Device
- IntServ este aplicat (“mapped”) pe DiffServ in ED
 - ED actioneaza ca ruter IntServ in AN
 - ED actioneaza ca ruter DiffServ in “core network”
 - ED poate fi implementat ca ER sau BR
 -
- In aceasta abordare combinata RSVP is tunelat prin reteaua core

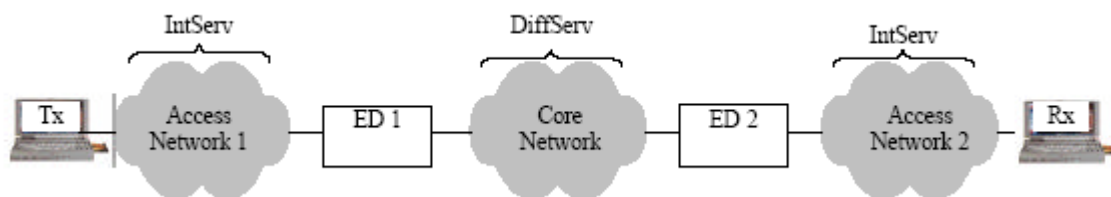


Figure 5-27 Integrarea of IntServ si DiffServ cf. RFC 2998.

5.Arhitecturi orientate QoS

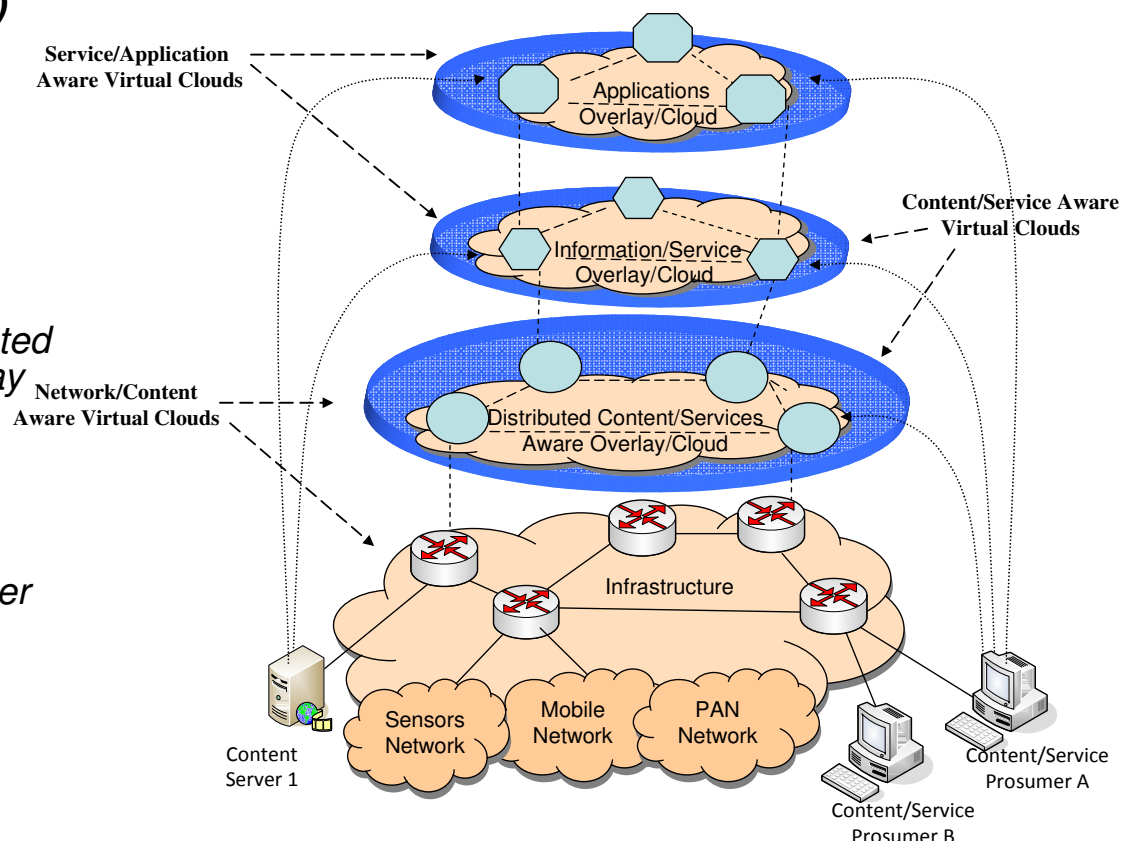


5.4 Arhitecturi integrate

5.4.1 Arhitectura Future Internet orientat Multimedia (FMIA)

■ Macro-nivele

- Infrastructura serviciilor la nivel retea- *Service/Network Infrastructure (SNI)*
- Nivel “overlay” pentru distributia continutului/serviciilor - *Distributed Content/ Services Aware Overlay (DCSAO)*
- Overlay pentru Informatii *Information Overlay (IO)*
- Nivel aplicatii - *Applications Layer (AL)*:



Referinta : Future Media Internet Architecture Think Tank (FMIA-TT), “Future Media Internet Architecture Reference Model”, 1. March 2011, http://www.future-internet.eu/uploads/media/FMIA_Reference_Architecture.pdf.

Figura 5-28. Modelul de referinta FMIA

5.Arhitecturi orientate QoS



5.4 Arhitecturi integrate

5.4.1 Arhitectura Future Internet orientat Multimedia (FMIA)

- ***Service/Network Infrastructure SNI :***
- executa functiunile principale legate de transport cu garantii
 - operatii “content aware” in noduri de retea; manevreaza obiecte “content” – active, fluxuri de biti nestructurate al caror tip este cunoscut;
 - transportul, controlul congestiilor
 - politici de tratare in retea, semnalizari si protocoale aferente
 - QoS si SLA, management de resurse
 - mobilitate a terminalelor si utilizatorilor
 - virtualizare si management (functii FCAPS)
 - siguranta in functionare, disponibilitate, etc.

5.Arhitecturi orientate QoS



5.4 Arhitecturi integrate

5.4.1 Arhitectura Future Internet orientat Multimedia (FMIA)

- ***Distributed Content/Services Aware Overlay (DCSAO):***
- contine noduri CAN (Content Aware Networking) logice instantiate in rutere, “home-gateways”, dispozitive “edge”
- parte a cestor info poate fi memorat in stratul superior (Info overlay)
- aplica DPI pentru filtrare de continut si servicii Web
- realizeaza functii
 - CA (“inspection, crawling, recognition, categorisation, indexing”)
 - Adaptarea si personalizarea continutului
 - Memorare temporara (“caching”) si “searching”
 - Mecanisme pentru extragerea, combinarea, crearea si orchestrarea de media si servciile aferente
 - Contabilizarea utilizarii resurselor
 - Rezolvarea numelor, *rutare dupa nume* sau dupa capabilitati
 - Protectia continutului (DRM)

5.Arhitecturi orientate QoS



5.4 Arhitecturi integrate

5.4.1 Arhitectura Future Internet orientat Multimedia (FMIA)

- **Information Overlay (IO):**
 - contine noduri (logice) inteligente ce cunsoc localizarea continutului sau a serviciilor Web
 - perechi P2P
 - centre de date grupate in “clouds”
 - dispune si de informatii limitate provenite de la nivel- retea
 - decide la ce nivel si unde se face “caching” de continut
 - controleaza “content and service “findability”, construction, orchestration, representation and deployment”
 - publicare, taxare, realizeaza ciooperare la nivel de “business model”
- **Applications Layer (AL):**
 - include aplicatiile care folosesc diferite servicii de nivel inalt oferite de IO si DCSSAO

5.Arhitecturi orientate QoS



5.4 Arhitecturi integrate

5.4.2 Arhitecturi avansate orientate MM (Content Aware Networking – architecture)

Exemplu:

- “**MediA Ecosystem Deployment through Ubiquitous Content-Aware Network Environments**” FP7 proiect- 2010- 2013
- <http://www.ict-alicante.eu/public/>
- (vezi concepte CAN-NAA cap.1)

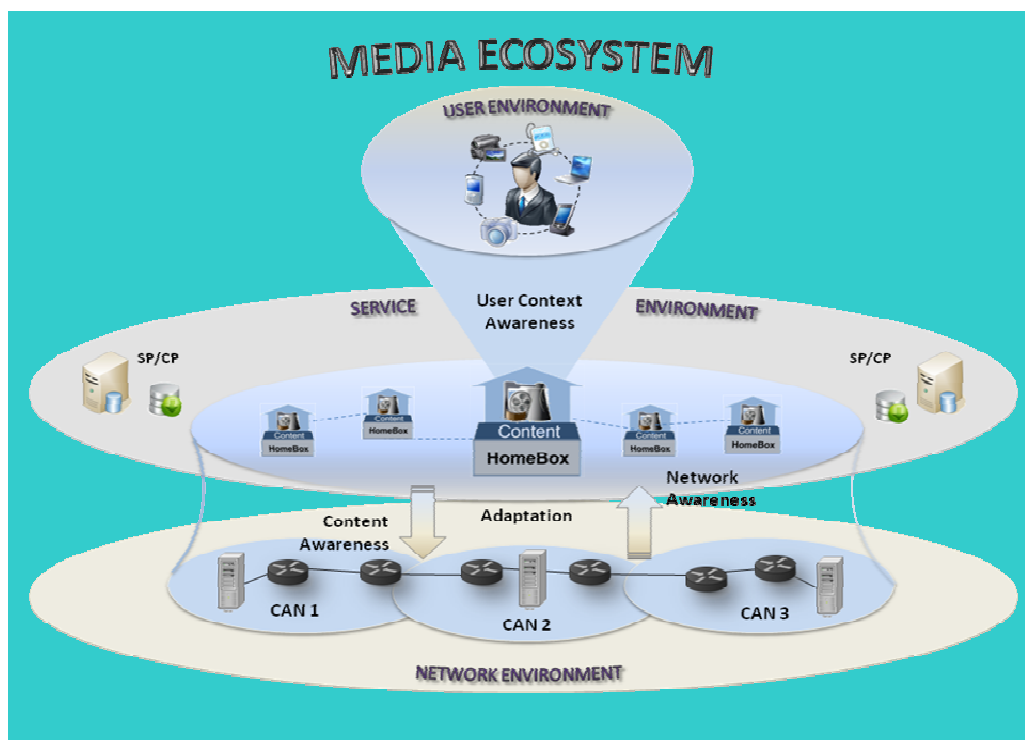


Figura 5-29 Arhitectura generala ALICANTE

5.Arhitecturi orientate QoS



5.4 Arhitecturi integrate

5.4.2 Arhitecturi avansate orientate MM (Content Aware Networking – architecture)

Mediu - Utilizator
Mediu - Servicii
Mediu - Retea

SP/CP Service
Provider/Content
Provider

HB- Home Box

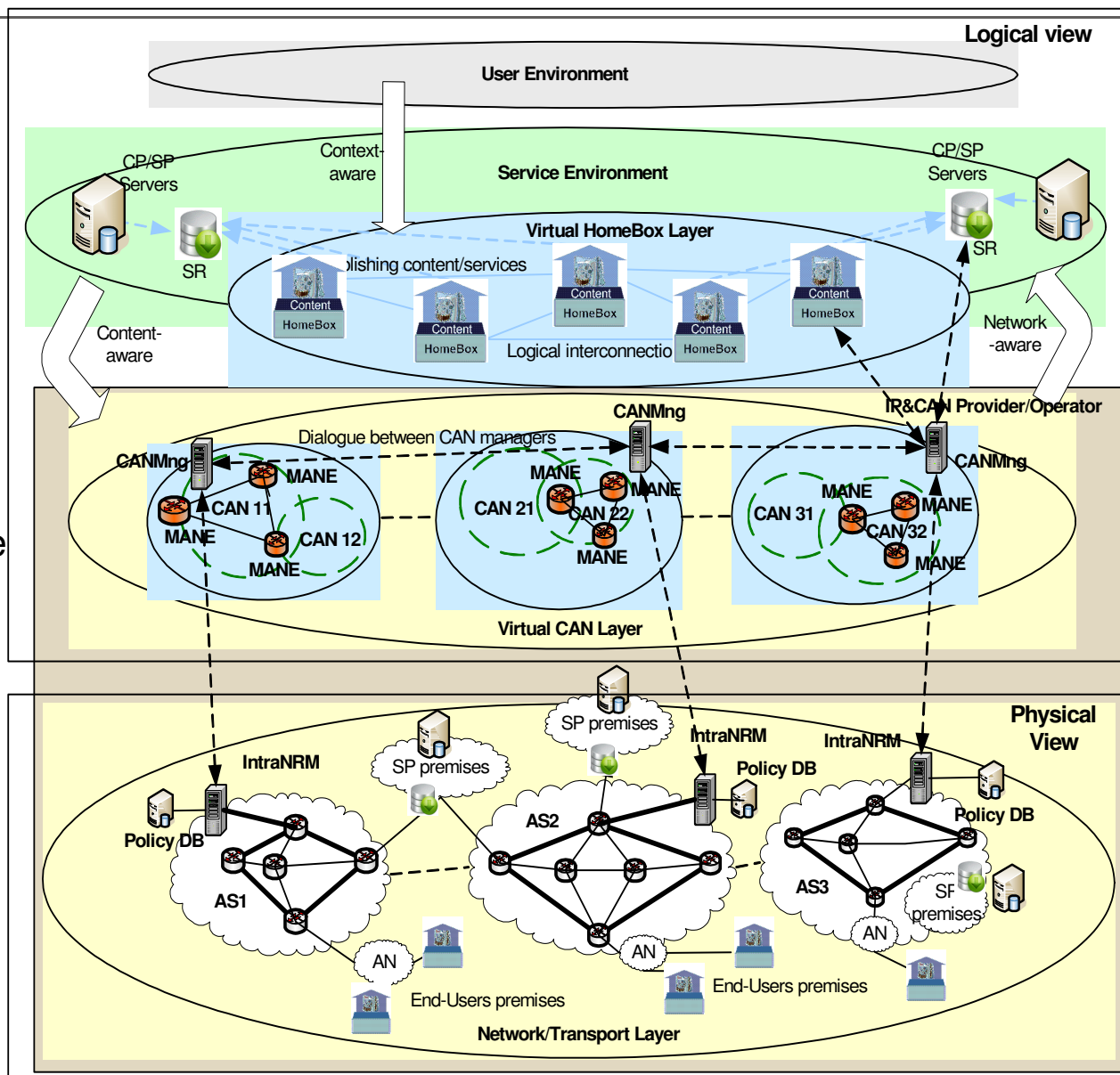
CAN Manager – Manager de
retea VCAN

AS – domeniu autonom

IntraNRM – Intradomain
Network Resource
manager

AN – retea de acces

Figura 5-30
Architecture ALICANTE
Structurarea pe nivele



E.Borcoci- UPB, ETTI Bucuresti 2014-2015

Cuprins



1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate
2. Aplicatii si servicii orientate multimedia
3. Cerinte ale transportului fluxurilor media prin rețele de pachete
4. Functiuni, algoritmi si mecanisme pentru controlul QoS
5. Arhitecturi orientate QoS
6. 👉 Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia

6. Protocoale de control al transportului si semnalizari pentru fluxuri multimedia



6.1

7. Anexe



1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.1. Introducere

OSI, TCP/IP, stive reale, arhitecturi multi-plan

1.2 Nivele functionale

- Dezvoltate incepand cu anii 1970
- Concepte de baza :
 - Structurarea pe nivele
 - Fiecare nivel ofera servicii nivelului superior – I/F de servicii
 - Complexitatea exista doar “la marginea” rețelei (in “end host”)
 - acest concept este (partial) contestat astazi
 - Relatii pe orizontala: protocoale
- Prima impartire (2 nivele) :
 - Functii de retea
 - Functii de prelucrare

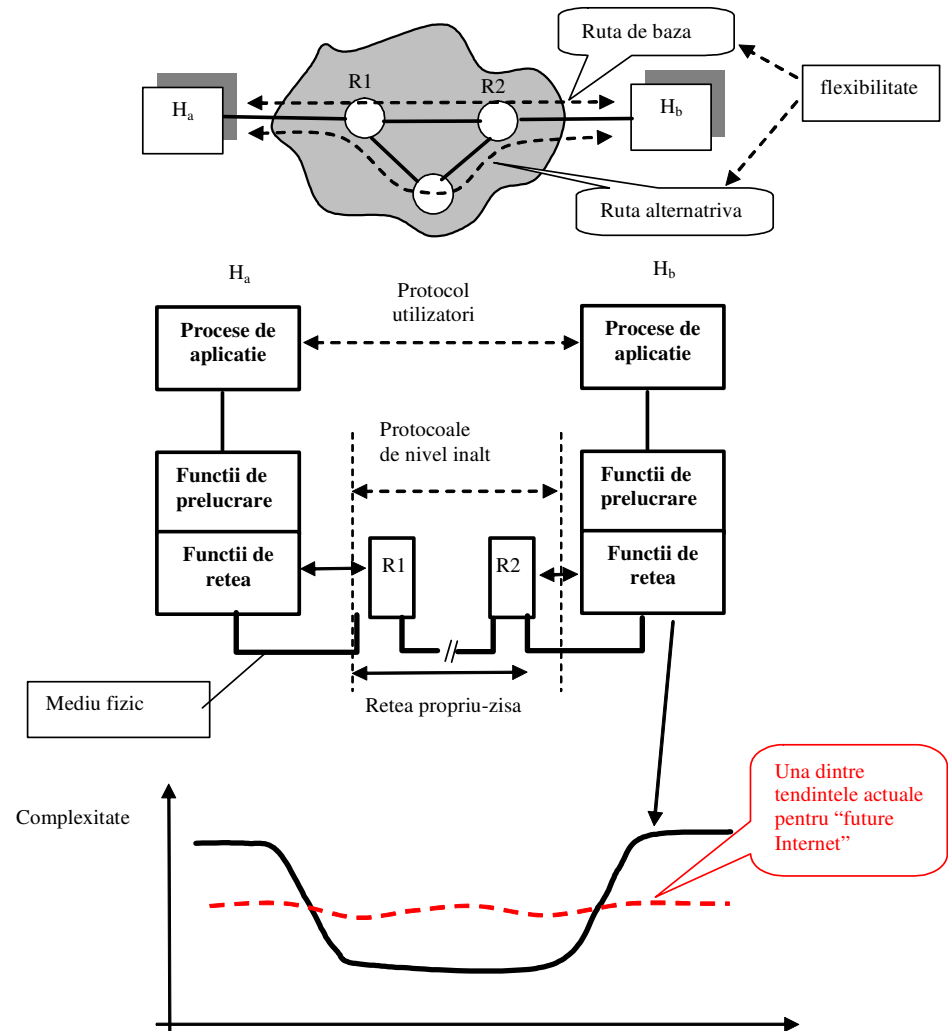


Fig. 1-1 Model conceptual de arhitectura stratificata

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.2 Nivele functionale

- **Sistem real** : ansamblu de terminale, calculatoare, periferice, mijloace de transfer (comutație/transmisie) pentru transferul și prelucrarea informației. Un sistem real deschis (OS) este modelat - OSI, comunică cu alte sisteme similare (*producători diferiți!*)
- **Procesele de aplicație**: elemente ce tratează informația într-un scop particular
 - - *procese de aplicație* (în Ta, Tb - intercomunică printr-un *protocol* (set de reguli de comunicație) de utilizator :
 - Protocoale:
 - de nivel aplicație - între funcțiile de prelucrare ale aplicației
 - între funcții de prelucrare (nivele superioare)
 - pentru funcții de transport propriu-zis prin rețea (nivele inferioare)
- Principiul stratificării se continuă și în interiorul celor două nivele.
- **Exemple de utilizare a arhitecturilor stratificate în rețele** :
 - clasificare după aria geografică: corporale (BAN), personale (PAN), locale (LAN), metropolitane (MAN), de arie mare (WAN)
 - domenii : industrie, cercetare, învățământ, administrație, etc.
 - rețele de calculatoare, telecomunicații, integrate

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

- **ISO** (“Internațional Std. Organization”): **OSI - RM** ("Open System Interconnection - Reference Model") –pentru rețele cu arhitecturi stratificate
- OSI – RM definește : principiile arhitecturale și funcționale pentru sisteme deschise – interconectabile indiferent de producător
- ***Un singur plan arhitectural*** (transporta info-U si de control)
 - stivele reale pot fi diferite de OSI-RM, dar pricipiile se păstrează
- **Criterii de repartizare a funcțiilor pe nivele** : omogenitatea în interiorul fiecărui nivel, interacțiuni minime între nivele, număr rezonabil de nivele.
- **Nivelele de bază_(1-3)** (acces la rețea și transfer al informațiilor prin rețea)
- **Nivelele superioare (4-7):** - funcții mai apropiate de aplicațiile utilizatorului; - uzual - niv.4-7 aparțin terminalelor (protocoale "cap la cap" – indep. de rețea)
- **Principii fundamentale:**
 - - nivelul N ofera lui N+1 un set de **servicii**
 - - accesibile prin **puncte de acces la servicii (SAP = “Service Access Point”)**;
 - - implementarea serviciului: de catre protocol asociat nivelului inferior serviciului
 - - **primitive de serviciu** - transportă info între nivele adiacente
 - - interfata dintre nivele ascunde detaliile de realizare a functiilor unui nivel

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

■ Nivelul 1 (Fizic)

- aspectul fizic al racordării terminalelor la mediul de comunicație
- definește interfețele mecanice, electrice, proceduri de schimb de biți

■ Nivelul 2 (Legătura de date)

■ Functii principale:

- transfer de date (fiabil sau negarantat - după caz) la nivel logic
- mod de lucru – cu/fără conexiune (*Connection Oriented/Connectionless - CO/CL*)

■ *Proceduri pentru :*

- transferul cadrelor de date (cu/fără - detectare/corectare a erorilor)
- control de flux (controlul debitului de trs. de către receptor)
- multiplexare/demultiplexare (n comunicații L2 pe o legătură fizică)
- segmentare/reasamblare (în unele cazuri)

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

- **Nivelul 3 (Rețea)**
- **Functii principale**
 - determinarea rutelor prin rețea (sau rețele în cazul multi-domeniu) – „routing”
 - mod 1-la-1
 - comunicatii de grup („broadcast”, multicast”)
 - dirijarea unităților de date prin rețea – „forwarding”
 - Proceduri pentru:
 - stabilirea/eliberarea conexiunilor (pentru cazul „Connection Oriented”-CO)
 - adresare (eventual pentru interconectare de rețele)
 - selectarea rutelor - dirijarea (rutarea) informațiilor prin rețea
 - controlul congestiei în rețea
 - transfer al pachetelor de date (eventual control de erori și de flux)
 - segmentare/reasamblare (în unele cazuri)
- Funcții introduse după 1990-95:
 - controlul calității serviciilor (QoS)
 - controlul mobilității (micro, macro)
 - asigurarea securității (autentificare, autorizare, confidențialitate, etc.)

1.Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

- **Nivelul 4 (Transport)**
- **Functii principale**
- rol de virtualizare a contextului de retea/rețele interconectate: nu se mai “vad” caracteristicile rețelelor componente ale lantului de transport
- transport "capat la capat" (1-la-1) prin rețea/rețele, independent de caracteristicile rețelei/ rețelelor
- Moduri de lucru CO/CL
- Proceduri pentru :
 - managementul asociațiilor capat-la-capat (CO) - stabilirea/eliberarea,
 - adresarea entităților de transport,
 - transfer al pachetelor de date (cu posibil control de erori și de flux)
 - segmentare/reasamblare (în unele cazuri)
 - resincronizare a entitatilor de la capete

1.Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

- **Nivelul 5 (Sesiune de terminal):**
 - organizarea schimbului de info, structurează dialogul între aplicații
 - verificare a drepturilor de acces ale unui utilizator la un anumit serviciu și coerența secvențelor de mesaje emise sau recepționate, (d.p.d.v al procedurilor)
- **Nivelul 6 (Prezentare) :**
 - sintaxa de reprezentare a informațiilor (alfabet, prezentare grafică pe ecran, etc.)
 - mecanisme de asigurare a protecției informației (securitate)
 - compresie/decompresie
- **Nivelul 7 (Aplicație) :**
 - definește mecanisme comune ce pot fi folosite pentru diverse servicii (programe, baze de date, etc.) Prin intermediul acestui nivel utilizatorul are acces la servicii de nivel înalt
 - Exemple: Telnet- conectare la distanță, FTP, SNMP, SMTP, etc.

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

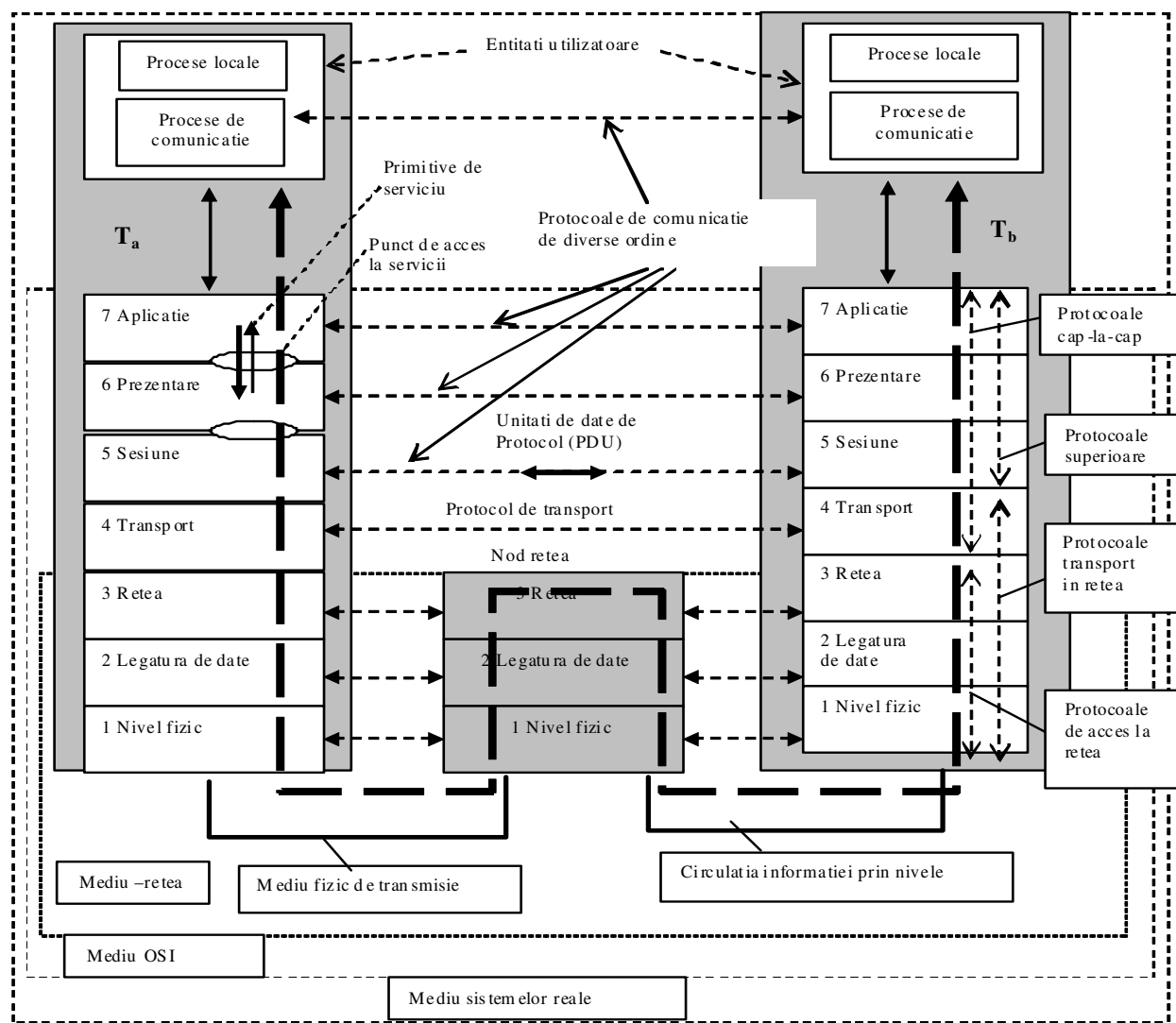


Figura 1-2 Modelul de referință OSI
(arhitectura functionala)

Nota : in diferite texte prin “arhitectura” se intelege de fapt configuratia mixta de noduri si elemente de retea sau terminale cu precizarea (partiala) a functiunilor. Pentru a nu exista ambiguitati vom numi arhitecturile de tip stratificat arhitecturi functionale

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

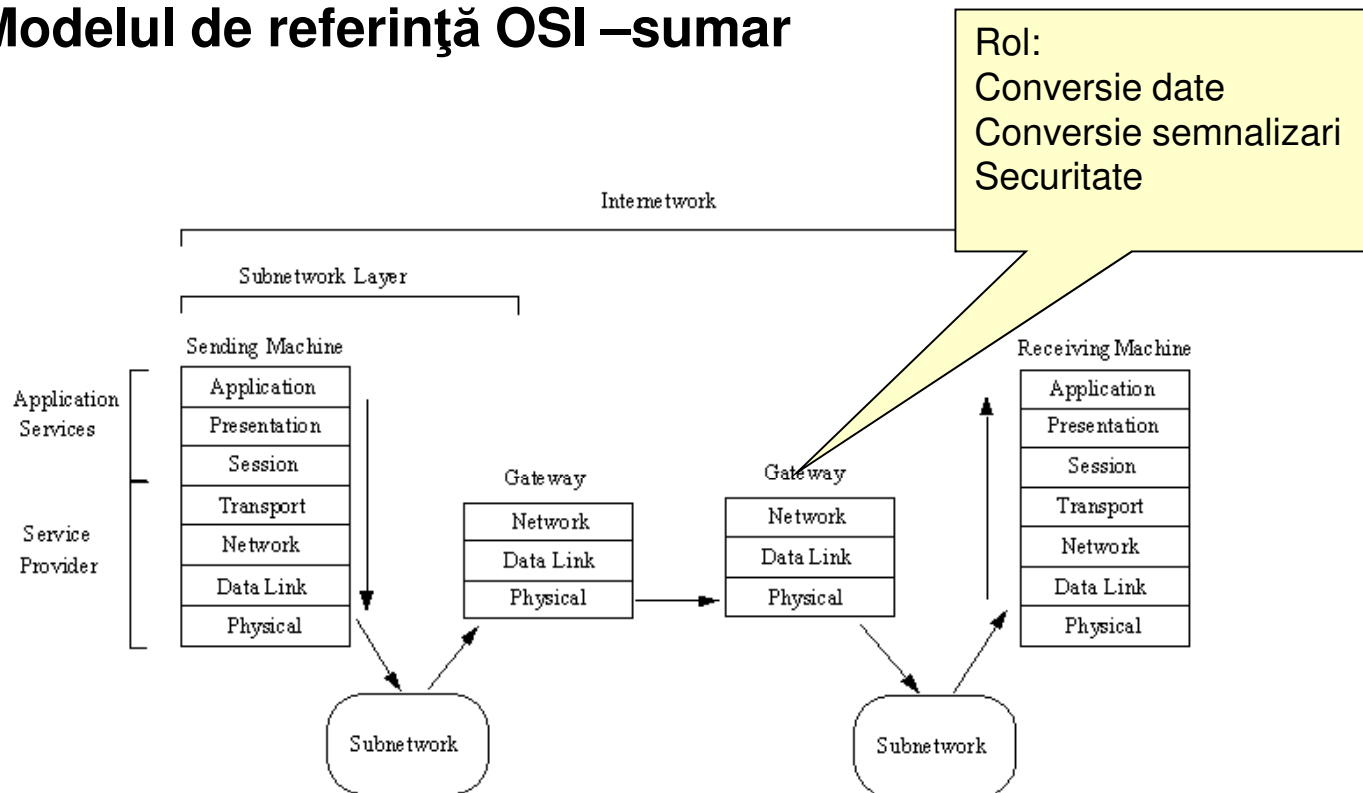


Figura 1-3 Exemplu de interconectare in modelul de referință OSI

Service Provider- furnizor de servicii de conectivitate (nota - azi acceptiunea s-a schimbat, iar prin SP se intelege mai ales furnizor de servicii de nivel inalt)

1.Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate



1.3 Modelul de referință OSI –sumar

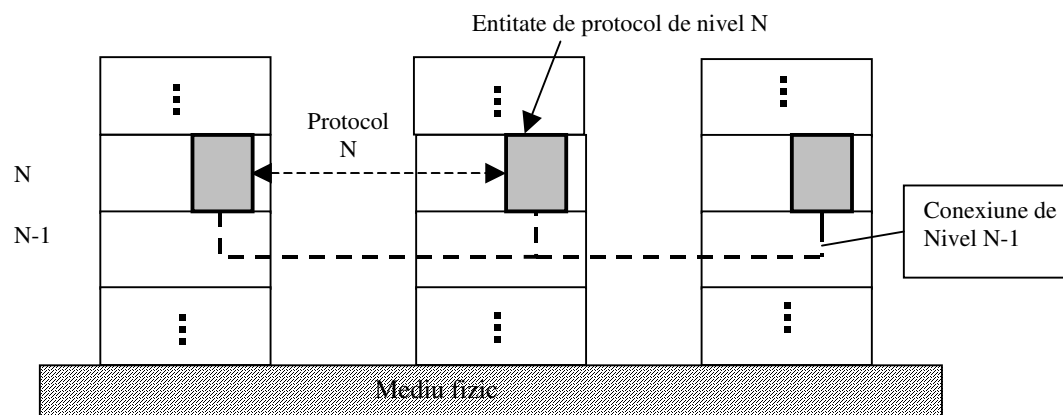


Figura 1-4 Organizarea pe nivele a sistemelor deschise

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.3 Modelul de referință OSI –sumar

■ Observații:

- un protocol -N poate realiza o **conexiune de nivel N - C(N)**
- serviciul de nivel N-1 - poate să fie cu/fără conexiune (CO/CL)
- realizari particulare (instanțieri) pentru entități E(N)
- entitate (N) : punct terminal al unei comunicații, sau tranzit (**releu**)
- E(N) oferă serviciile prin SAP, la una sau mai multe entități (N+1)

■ **Model arhitectural clasic** – cuplaj cât mai slab între nivelele (N) – care permite

- proiectare și implementare independentă
- flexibilitate – putem modifica un nivel fără a afecta altele dacă I/F se păstrează

■ **Nota: principiul cuplajului slab între nivele nu mai este păstrat azi în totalitate:**

- Ex. 1 Optimizare internivel – în special în L1-L3 – tehnologii „wireless”
 - Scop: performanțe mai bune prin cooperarea L1- L2 - L3
- Ex. 2 „Content aware networking” and Network aware applications”- tendința recentă ce introduce mai multă inteligență la nivel L3 și cuplează astfel straturile de transport cu cele de aplicații.

■ **Comunicația între entități omoloage**

- **Cu conexiune de nivel N (notată cu C(N))** - asociere logică între $n \geq 1$ SAP(N)
 - conexiunile se termină în SAP prin **capete de conexiune**
 - comunicația pe o conexiune : *simplex* , *semiduplex*, *duplex*
- **Fără conexiune** (pe baza adreselor celor două entități)

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

■ 1.3 Modelul de referință OSI –sumar

■ *Principii de constructie a adreselor*

- Identificarea entitatilor-aplicatie: se face la nivelul prin nume.

global (valabil in mediul OSI)

local (valabil intr-un anumit domeniu).

- Nume permit proceselor aplicatie sa comunice intre ele

- Numelor trebuie sa fie unice

- *server de nume* (In Internet: DNS = *Domain name server*)

■ **Corespondenta intre nume si adrese.**

- Accesul la un proces aplicatie (prin retea) se face pe baza adresei (intr-o masina pot exista $n \geq 1$ procese aplicatie, deci adresa trebuie sa permita identificarea univoca a acestora).
- Retele mari: fiecare subretea poate avea propriul server de nume.
- Exista o ierarhie de servere de nume.
- Unicitatea globale a unui nume ← prefixarea lui cu identificatorul subretelei.

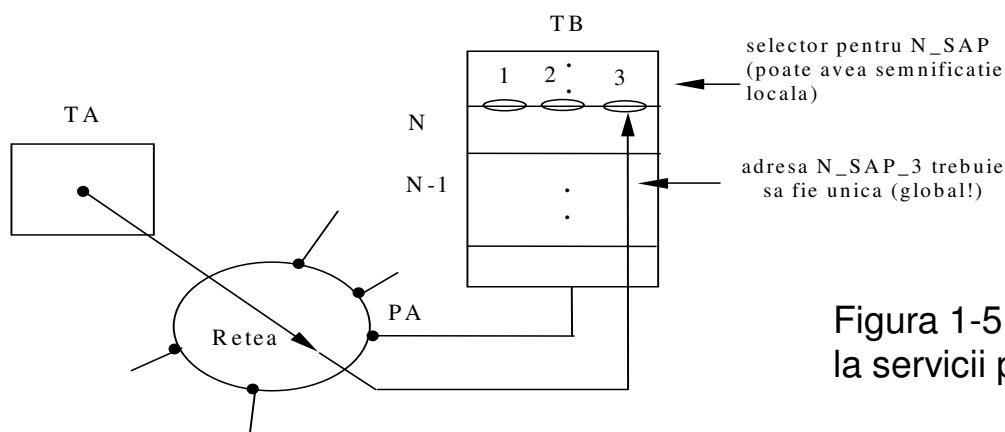


Figura 1-5 Identificarea unui punct de acces la servicii pe baza adresei globale

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

- Modelul OSI - ramas doar un model de referinta.
- Motive:
 - model prea rigid
 - arhitecturi - anterioare sau dezvoltate odată cu OSI-RM (ex. TCP/IP)
 - numar de nivele prea mare
- **Arhitectura TCP/IP – diferita de OSI**
 - succes in practica: INTERNET - colectie de retele interconectate bazate pe stiva TCP/IP
 - mai simpla si mai practica
 - dezvoltarea – impulsionata de de piata (www, P2P, MM,etc.)
 - IETF – organizatia principala de standardizare
- **Explicatia succesului stivei TCP/IP**
 - avansul tehnologiei micro-electronice → scaderea drastica a pretului de cost al terminalelor si cresterea gradului lor de inteligenta; un terminal actual = calculator (inclusiv mobile)
 - Posibilitate de integrare a serviciilor : stive arh. in terminal de tip „calculator”
 - aplicatii populare: www, P2P, VoIP, VoD,MM, retele sociale, IPTV

1. Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 Arhitectura TCP/IP

■ Modele de comunicare

1. Criteriul simetriei

- Model asimetric: Client-server
 - cele mai multe aplicatii sunt organizate ca pereche client-server
 - server – ofera servicii spre clienti
 - clasificare servere: secventiale, concurente
- **Server Secvential:**
 - asteapta sosirea unei cereri de la un client ; executa cererea clientului ;
returneaza raspuns catre client
 - dezavantaj: – serializare, deci viteza mica
- **Server Concurrent**
 - 1. asteapta sosirea unei cereri de la un client
 - 2. start al unui nou server (process/task/thread – depinde de OS) si executia cererii clientului de catre acest process
 - 3. returneaza raspuns catre client
 - 4. go to 1.
- Model simetric: „Peer to peer – P2P- dezvoltare semnificativa dupa 2000

2. Criteriul „sincronism”

- comunicatii sincrone (in timp real sau nu: VoIP, AVC, VoD, FTP, etc.)
 - terminalele sunt simultan active
- comunicatii asincrone : „E-mail, publish/subscribe”

3. Modul de obtinere a informatiei: push/pull

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 Arhitectura TCP/IP

- - se folosește “stiva” TCP/IP :
- - IP pe nivelul 3, - TCP/UDP pe nivelul 4
- - nivele superioare (nediferențiate în 5-6-7): aplicații (**Telnet, Ftp, Rlogin, E-mail, SMTP**, etc.)
- **TCP** = "Transmission Control Protocol" - protocol de transport (CO)
- **UDP** = "User Datagram Protocol" - protocol de transport (CL)
- **IP** = "Internet Protocol" - protocol de rețea (CL)

Application (communicația între procese și aplicații instalate pe sisteme gazda “hosts” diferite)	Aplicații: Telnet, FTP, E-mail, SNMP, WWW, P2P, VoIP, VoD, IPTV, etc. Tranzacții: HTTP, Transport în timp real: RTP, RTCP Control: SIP, SDP, etc.
Transport (transfer de date E2E cu serviciu fiabil sau negaranțat, rezervare de resurse, securitate)	TCP, UDP, SCTP, etc. TLS RSVP
Internet (Network) layer (calcul de rute, dirijare, management și control de de resurse, tratarea mobilității, securitate, comunicații de grup)	IP RIP, EIGRP, IS/IS, OSPF, BGP, ICMP, IGMP, MIP, IPSEC Multicast.
Data link (acces CO or CL la nivelul “rețea”)	(LLC) + MACx (IEEE 802.x)
Physical layer (diferite tehnologii cu /fara fir)	(IEEE 802.x, etc.)

Fig.1-6
Arhitectura
Simplificata
TCP/IP

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.4 Arhitectura TCP/IP

- **Retea: protocoale principale**
- IP – Internet Protocol + ICMP, IGMP, RIP, OSPF BGP
- IP include: ARP – *Address Resolution Protocol* (IPaddr → MACaddr)
- RARP – *Reverse Address Resolution Protocols*
(MACaddr → IPaddr)
- **Legatura de date:**
 - LLC – Logical Link Control + MAC- Medium acces Control
 - Exemple
 - IEEE 802.3x (~Ethernet)
 - WiMAX (IEEE 802.16) , WiFi (IEEE 802.11), PAN- IEEE 802.15, etc.
 - AAL – ATM Adaptation Layer + ATM –Asynchronous Transfer Mode
- **Exemple de protocoale din stiva TCP/IP:**
 - **Aplicatii (Lista partiala) :**
 - MIME – Multipurpose Internet Mail Extensions + SMTP – Simple Mail Transfer Protocol
 - Mesagerie extinsa : voce, date, video, multimedia
 - HTTP – Hypertext Transfer Protocol – used in WWW application
 - FTP – File Transfer protocol, Telnet – for remote connection
 - Aplicatii WWW
 - Aplicatii multimedia: VoIP, Videoconferinta, VoD, IPTV
 - Aplicatii P2P

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

■ **Protocoale de rutare- la nivel IP:**

- RIP – Routing Information Protocol –intradomeniu, bazat pe vectori de distante
- OSPF – Open Shortest Path First Protocol –intradomeniu (bazat pe “link-state”)
- BGP – Border Gateway Protocol - interdomeniu, bazat pe vectori de cale
- IDRP – Inter Domain Routing Protocol – interdomeniu pentru IPv.6
- AODV, DSR, OLSR, HWMP, etc. rutare in retele wireless/mesh

■ **Transport etichetat, incapsulare**

- MPLS Multi Protocol Label Switching
- GRE- tunelare

■ **Mobilitate**

- MIPv4, MIPv6 (tratarea mobilitatii terminalului la nivel retea –”roaming”)
- *Management, control*

■ **Management si control**

- SNMP – Simple Network Management Protocol- aplicatie de management
- ICMPv.4, v.6 – Internet Control Messages Protocol
- DHCP- Dynamic Host Configuration Protocol

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

Comunicatii de grup (multicast)

- IGMP – Internet Group Management Protocol (v.1, v.2, v.3)-
inregistrare a unor masini la un grup logic de multicast
- ***Multicast routing protocols:***
 - DVMRP – Distance Vector Multicast Routing Protocol- protocol pentru stabilire de arbori SPT in retele IP - bazat pe vectori de distanta
 - PIM-DM – Protocol Independent Multicast – Dense Mode
 - PIM-SM – Protocol Independent Multicast – Sparse Mode
 - CBT – Core based Tree
 - MOSPF – Multicast OSPF – multicast extension of OSPF
 - MBGP – Multicast BGP – extension of BGP to multicast
- ***Protcoale Multicast la nivel transport (rol principal- fiabilitate):***
 - XTP – Xpress Transport Protocol
 - RMTP – Reliable Multicast Transport Protocol
 - SRM – Scalable Reliable Multicast Protocol
 - MFTP – Multicast File Transfer Protocol
 - PGM – Pretty Good Multicast

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate



1.4 ArhitecturaTCP/IP

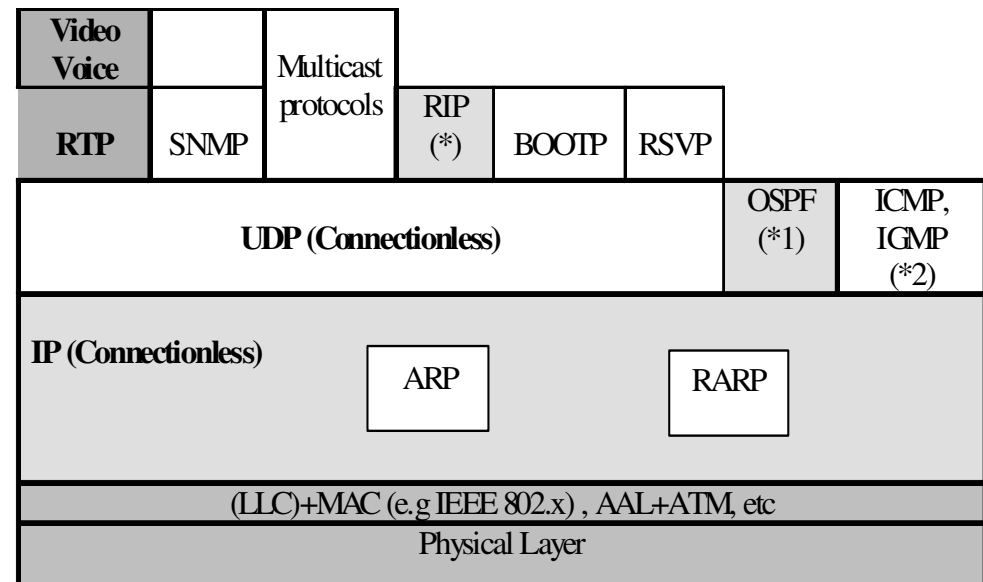
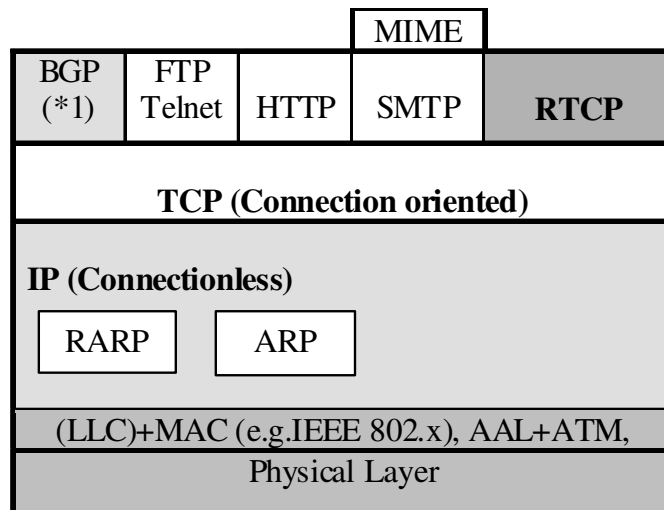
- ***Real time stream and QoS related protocols:***
 - RTP – Real Time Protocol (transfer and synchronising real time streams data)
 - RTCP – Real Time Control Protocol – auxiliary to RTP (tranfer of control info)
- **RSVP – Resource Reservation Protocol**
- ***Semnalizari si control:*** (nivel aplicatie)
 - NSIS – Next Step in Signalling –transport semnalizari
 - SIP – Session Initiation Protocol- initiere si control sesiune in VOIP, AVC
 - SDP – Session Description Protocol- auxiliar la SIP
 - LDP – Label Distribution Protocol (pentru MPLS)
 - DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

- **Protocoale – “middleware” :**
 - P2P = Peer to peer
 - Ex. Gnutella, Napster , BitTorrent, etc
- **Securitate, Control acces**
 - IPsec- nivel 3
 - TLS- nivel 4
 - AAA- Authentication, Authorization Accounting(aplicatie)

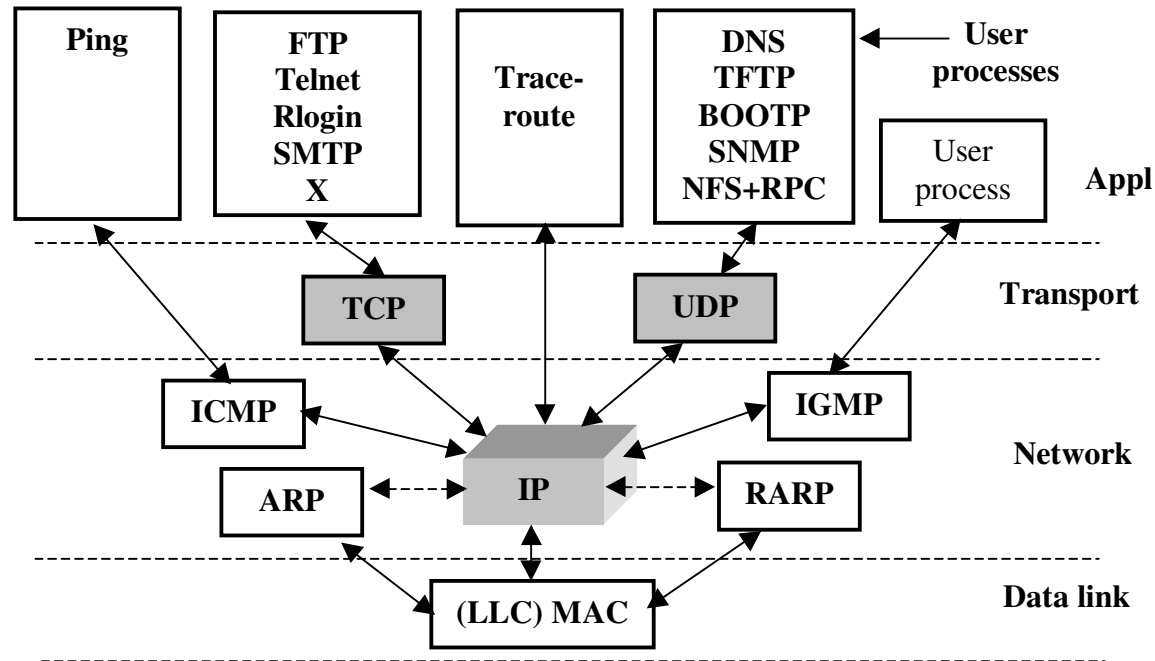
Fig. 1-7 Exemple de protcoale in stiva TCP/IP
(*1) – nu sunt protocoale de transport;
sunt folosite in cooperare cu IP - pe nivel retea



1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

- Figura 1-7 Multiplexarea la nivelul IP



TFTP – Trivial FTP
Network File Server

BOOTP – Bootstrap Protocol NFS –

DNS – Domain Name Server RPC – Remote Procedure Call

Exemple :

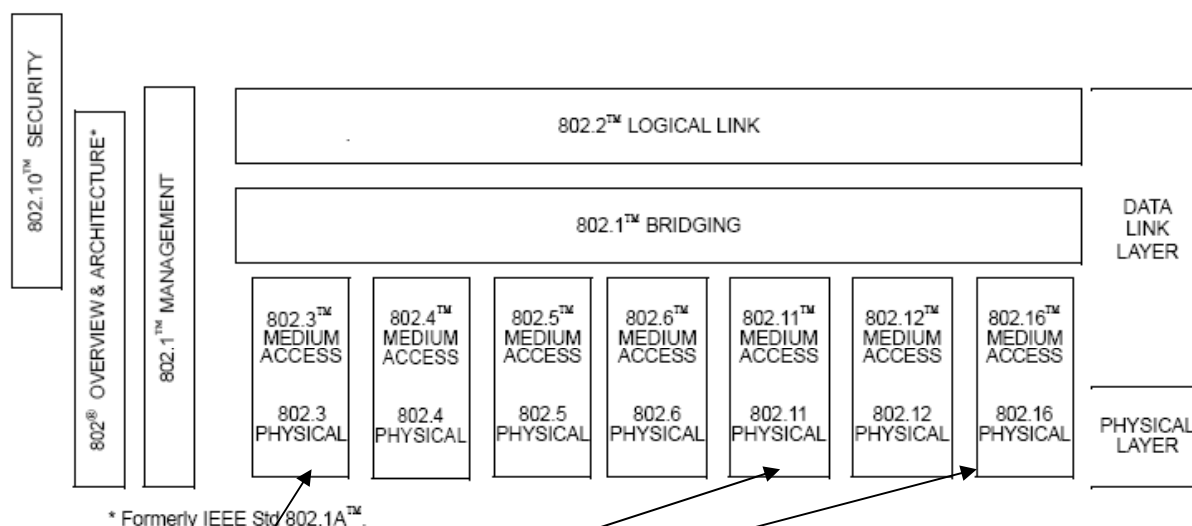
“TCP based server” – concurrent;

“UDP based server” - sequential

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.4 Arhitectura TCP/IP

Exemple de tehnologii L1-L2 pentru LAN, MAN



Folosite actualmente

Altele: IEEE 802.15, IEEE 802.20, IEEE 802.21, LTE

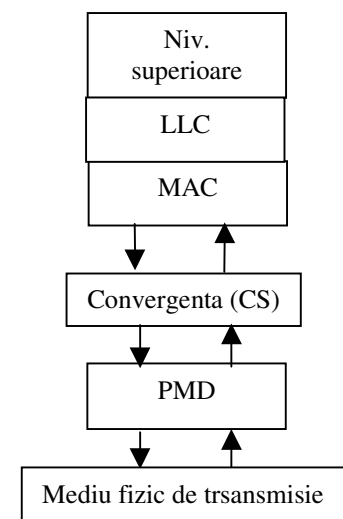


Figura 1-8 Arhitectura functionala pentru Ethernet 100 Base T

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

Exemple de tehnologii L1-L2 pentru LAN, MAN

- IEEE 802.1 Bridging (networking) and Network Management
- IEEE 802.2 LLC inactive
- IEEE 802.3
- Ethernet IEEE 802.4 Token bus (disbanded)
- IEEE 802.5 Defines the MAC layer for a Token Ring (inactive)
- IEEE 802.6 MANs (disbanded)
- IEEE 802.7 Broadband LAN using Coaxial Cable (disbanded)
- IEEE 802.8 Fiber Optic TAG (disbanded)
- IEEE 802.9 Integrated Services LAN (disbanded)
- IEEE 802.10 Interoperable LAN Security (disbanded)
- IEEE 802.11 a/b/g/n Wireless LAN (WLAN) & Mesh (Wi-Fi certification)
- IEEE 802.12 100BaseVG (disbanded)
- IEEE 802.13 Unused
- IEEE 802.14 Cable modems (disbanded)

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

Exemple de tehnologii L1-L2 pentru LAN, MAN

- IEEE 802.15 Wireless PAN
- IEEE 802.15.1Bluetooth certification
- IEEE 802.15.2 IEEE 802.15 and IEEE 802.11 coexistence
- IEEE 802.15.3 High-Rate wireless PAN
- IEEE 802.15.4 Low-Rate wireless PAN (e.g., ZigBee, WirelessHART, MiWi, etc.)
- IEEE 802.15.5 Mesh networking for WPAN
- IEEE 802.16 Broadband Wireless Access (WiMAX certification)
- IEEE 802.16.1 Local Multipoint Distribution Service
- IEEE 802.17 Resilient packet ring
- IEEE 802.18 Radio Regulatory TAG
- IEEE 802.19 Coexistence TAG
- IEEE 802.20 Mobile Broadband Wireless Access
- IEEE 802.21 Media Independent Handoff
- IEEE 802.22Wireless Regional Area Network
- IEEE 802.23 Emergency Services Working GroupNew (March, 2010)

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.4 ArhitecturaTCP/IP

Exemple de stive: Signalling System No.7 -SS7

- Planul de control al retelelor de tip telecom – cu comutatie de circuite (ISDN, GSM).
- **De interes pentru MM?** - exista segmente de retea cu comutatie de pachete si /sau de circuite. Pentru transport E2E - protcoalele de semnalizare conlucreaza SS7 : protocoale sgn.: controleaza stabilirea.entinerea si eliberarea „circuitelor”.
- - componența SS7 (ex. GSM - MSC):
 - subsistemul de transportul mesajelor sgn (MTP 1-2-3)
 - aplicații de control specifice : TUP, ISUP, MAP, etc.
 - lipsesc nivelele 4-5-6 definite explicit (unele din functiuni sunt incorporate in nivelele superioare)

Signalling Connections Control Part (SCCP) – optional pentru L3 cu mod de lucru CO.

TCAP -"Transaction Capabilities Application Part" - serviciu tranzactional pentru aplicatii

Tranzactie : comunicatie de tip intrebare-raspuns, de regula cu volume mici de date

Exemple de aplicatii de semnalizare :

TUP - "Telephonic User Part"- control pentru apeluri telefonice

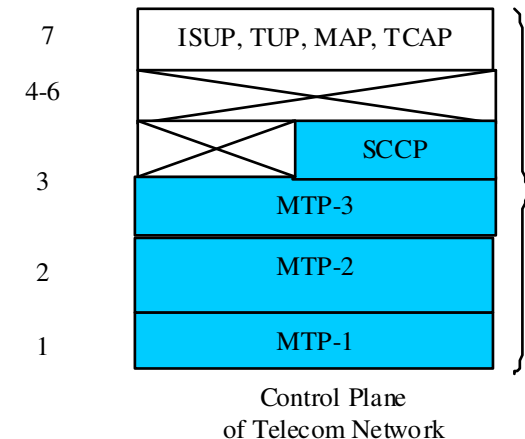
ISUP - "ISDN User Part" - control pentru apeluri ISDN

MAP - "Mobile Application Part" – control al mobilitatii terminalelor in GSM

Partea comuna (MTP) de transport amesajelor

in mode CL (daca lucreaza direct peste MTP3)

in mod CO (daca lucreaza peste SCCP)



1.Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.5 Tehnologia MPLS

Multiprotocol Label Switching = (Comutatie de etichete multiprotocol)

- **MPLS = comutație rapidă de pachete la nivel trei** (folosită în rețele TCP/IP)
 - Dar conlucrea cu orice protocol L2, L3 (“multiprotocol”)
- **De ce este de interes pentru transport de fluxuri MM?** - MPLS poate asigura QoS la nivel –retea prin conlucrare cu tehnologia DiffServ.

■ **Sumar al principiilor MPLS**

- Rutarea IP tradițională- funcții principale:
- **determinarea rutelor** „*routing*” (căutare a drumurilor de cost minim ; tabelelor de dirijare)
- **dirijarea** ”*forwarding*” fiecărui pachet sosit la un Pin al unui ruter pe o I/F de ieșire
 - - cautare pentru fiecare pachet în parte
 - - comparând *a_dst* (din antetul de nivel trei pachetului IP), cu informațiile conținute în *Fwd_Table*
 - **-Rezultatul: identitatea portului de ieșire care va fi selectat**
- - IP „*connectionless*” $\Rightarrow$ orice nou pachet - *analizat în mod independent* de cele anterioare (flexibilitate) a IP
 - - dar căutarea - consumă timp și putere de calcul pentru fiecare pachet în parte

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.5 Tehnologia MPLS

- Se înlocuiește *dirijarea bazată pe căutare* cu o *comutație („swapping”) de etichete* realizata rapid (fără căutare)
- La intrarea într-un domeniu MPLS fluxurile de pachete
 - sunt mai întâi clasificate în clase de echivalență (d.p.d.v al dirijarii – „*Forwarding Equivalence Classes*” - FEC)
 - Fiecărei FEC îi corespunde un identificator de lungime fixă numită etichetă MPLS („*label*”)
 - Fiecare pachet aparținând unei clase FECi este etichetat cu eticheta clasei respective, iar eticheta se adaugă în fața antetului IP
- **Etichetele au valabilitate locală pe link-uri între nodurile comutatoare**
- În fiecare nod MPLS (comutator) următor, dirijarea pachetului etichetat, se face apoi prin comutație de etichete, pe baza unui tabel de comutație a etichetelor, conform relației:
 - $(port_intrare, etichetă_intrare) \rightarrow (port_ieșire, etichetă_ieșire),$
 - prin adresare indexată la un tabel de comutație

1.Arhitecturi stratificate ale retelelor integrate

1.5 Tehnologia MPLS

- La ieșirea din domeniul MPLS și reîntrarea într-un domeniu IP, etichetele sunt eliminate de către ruterul de ieșire, care dirijează în continuare pachetul prin "forwarding" tradițional.
- MPLS : *sub-nivel arhitectural intermediar* între nivelul 2-3; se păstrează implementările existente pentru nivelele DL și N.
- Pentru a aloca etichete segmentelor (*link-urilor*) este nevoie de informații de rutare.
 - MPLS este că admite informații furnizate de orice tip de protocol de rutare, de de unde și numele de „multiprotocol”.

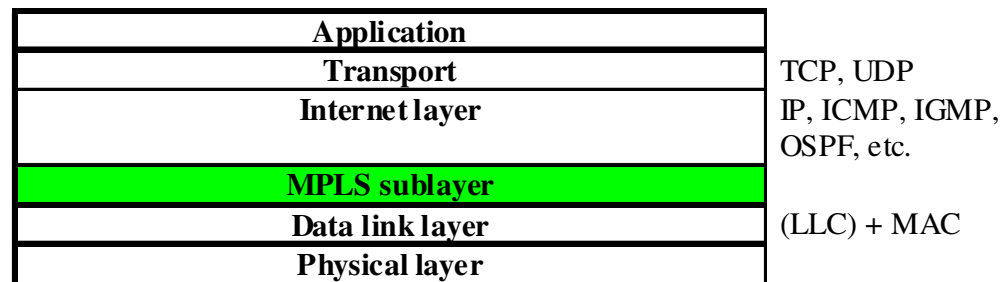


Figura 1-10 Modificarea stivei TCP/IP pentru MPLS

1. Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.5 Tehnologia MPLS

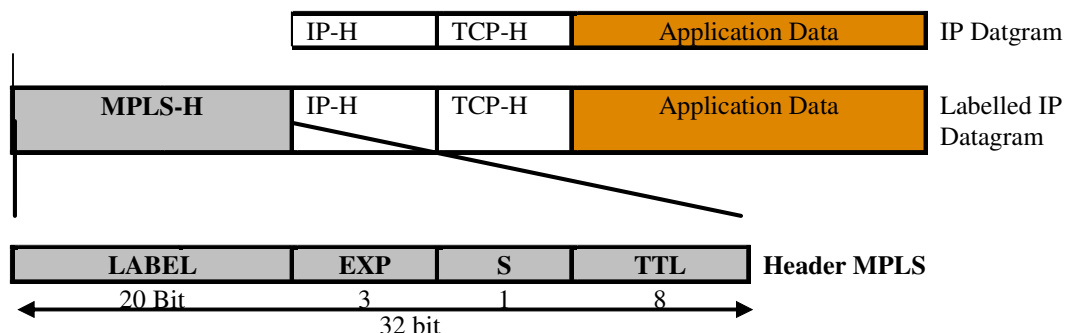


Figura 1-11 Adaugarea antetului MPLS in fata celui de nivel 3.

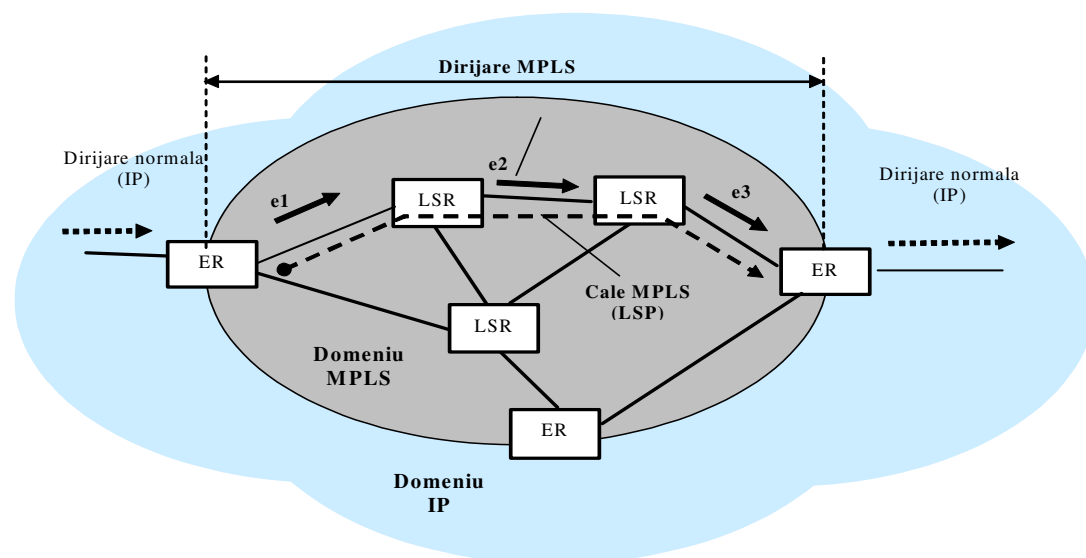


Figura 1-12 Dirijarea pachetelor în interiorul unui domeniu MPLS

LER – (“**L**abel **E**dge **R**outer”) - ruter de frontieră al domeniului MPLS

LSR – (“**L**abel **S**witch **R**outer”) - comutator de etichete/ruter intern domeniului MPLS

LSP - „**L**abel **S**witched **P**ath”) - cale cu comutație de etichete MPLS

1.Arhitecturi stratificate ale rețelelor integrate

1.5 Tehnologia MPLS

- Avantaje ale tehnologiei MPLS
- mai rapidă decât căutarea în tabele la nivel IP (“table look-up
- flexibilitate:
 - compatibilă cu orice nivel L2 sau
 - nu afectează rutarea
 - MPLS permite realizarea de ierarhii de rutare (mai multe nivele de etichete) și tehnici “tunel”.
 - Poate colabora cu ruterele IP traditionale
- suport pentru *inginerie de trafic* (“*Traffic Engineering*”- TE)
- posibil a defini explicit rutele dorite (similar cu rutarea de tip sursa
- asigură suport suplimentar pentru controlul (QoS) MPLS fiind complementară cu tehnologii QoS specifice din Internet (IntServ, Diffserv).
- permite realizarea de rețele virtuale private (VPN).
- se poate generaliza și aplica și în rețele optice (GMPLS)
- permite flexibilitate în clasificarea pachetelor
- **Probleme – MPLS ?**
 - $CO \Rightarrow$ complexitate și un dinamism mai mic în comparație cu IP:
 - - funcții și protocoale suplimentare în planul de control
 - Căile MPLS trebuie construite *în avans* în raport cu transferul pachetelor de date
 - Deteriorarea unei căi MPLS conduce la întreruperea transferului de date ceea ce face necesară definirea de căi LSP principale și de rezervă.