

La Qualità del Servizio sulle Reti IP

Internet Oggi

- ✓ La Internet attuale è di tipo “Best Effort”
- ✓ Non esistono modi per garantire la Qualità del Servizio ricevuto su Internet
- ✓ Tutti i flussi sono trattati allo stesso modo



W.W.W.: World Wide Wait
“Send and Pray”

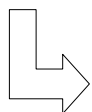
Perché Internet è Best Effort?

1. La pila protocollare TCP/IP è stata sviluppata con l'idea di far accedere tutti allo stesso modo e con le stesse priorità
2. La maggior parte dei nodi di rete (Router) ha delle code interne di tipo FIFO; se arrivano più pacchetti di quelli gestibili, vengono scartati
3. Rate adattivo del protocollo TCP, e le principali applicazioni Internet (HTTP, Mail, FTP) si basano sul TCP, e non richiedono (almeno per ora) Qualità del Servizio

3

La “nuova” Internet

- Integrazione dell'accesso fisso-mobile a Internet
- Video-telefonia, Video-conferenza (Servizi Real – Time)
- Necessità di differenziare la clientela in base alle prestazioni
- Best – effort → Rete Globale



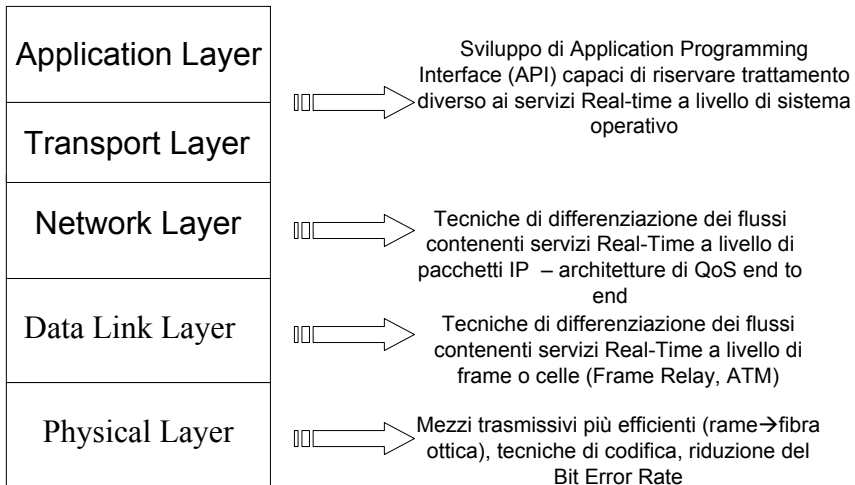
Servizi e utenti diversi con **esigenze** diverse

Quality of Service

4

Qualità del Servizio: come?

QoS percepita: HCI, usabilità



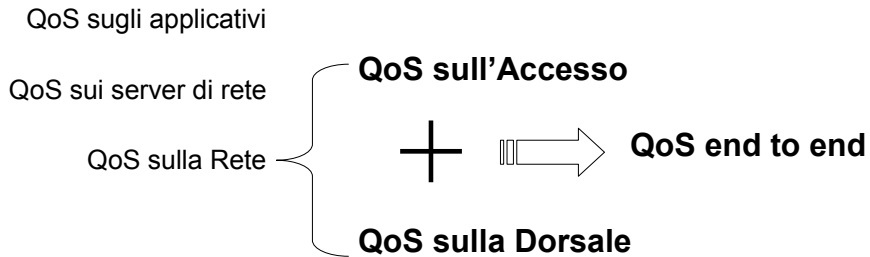
5

Sprint Labs (Sett. 2001): La QoS non serve!!!

- Sprint: 25 PoP in USA, 10 in Europa, 5 in Asia, TIER-1 ISP: Big Internet!
- Dopo 11 Settembre WTC: solo 3% di incremento di traffico sulla rete! E' colpa dei server!
- Ogni settimana le velocità dei link vengono cambiate!
- Usano in media il 30% della capacità di ogni link!
- Nel core (Sprint Labs!) non ci sono perdite ($P_{loss} \sim 0\%$)
- Fra N.Y. e S.Francisco 28 ms di delay, con 5 GigaPoP in mezzo!!!
- *Ciò che SERVE è la Quality of Access!! QoA*
- *Le reti di dorsale europee sono molto più congestionate e con capacità inferiori.*
- *L'overprovisioning non è così semplice in Europa!*

6

Qualità del Servizio: dove?



7

Tipi di traffico sul Web

TRAFFICO NON REAL-TIME

- ✓ E' di tipo Burst
- ✓ Richiede un tasso di errore praticamente nullo
- ✓ Tutti i pacchetti sono trattati allo stesso modo
- ✓ Può essere recapitato con un certo ritardo



TCP

TRAFFICO REAL - TIME

- ✓ E' un flusso di tipo continuo
- ✓ Accetta un certo numero di errori
- ✓ I pacchetti hanno priorità diversa
- ✓ Deve essere recapitato con il minor ritardo possibile



UDP

8

Parametri di QoS IP

- Tasso di perdita dei pacchetti IP
- Delay
- Delay Jitter

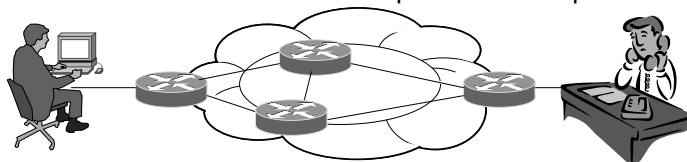
Esempio: Voice over IP

	Scarsa	Media	Buona	Perfetta
• Packet Loss (%)	25	10	3	0
• Delay (ms)	>450	450	250	<150
• Delay Jitter (ms):	225	125	75	0

9

QoS end-to-end

- La Qualità del Servizio end-to-end deve garantire livelli di servizio accettabili in **tutti gli elementi della catena** di comunicazione
- Sorgono problemi quando il link end-to-end attraversa reti di ISP diversi; servono accordi di **peering** e di **Service Level Agreement** fra gli ISP
- Una soluzione è quella di creare un backbone ad altissima velocità, in modo da, almeno per ora, ridurre la dipendenza dalla QoS (USA, Sprint!!)
- Esistono reti in cui non è possibile fare affidamento sulla larga banda (wireless), e le nuove applicazioni richiedono sempre più banda!
- Definizione di un modello architetturale per la QoS di tipo end-to-end



10

Approcci per la QoS

Per la QoS servono differenti strategie nelle diverse parti di rete.

Si può parlare di:

- **QoS nei nodi di rete** (shaping del traffico, scheduling dei pacchetti, sostanzialmente a livello IP)
- **QoS end-to-end** (meccanismi di segnalazione end-to-end e architetture di rete per la QoS; può coinvolgere anche livelli protocollari superiori).

11

Possibili Funzioni di QoS sui nodi

Edge

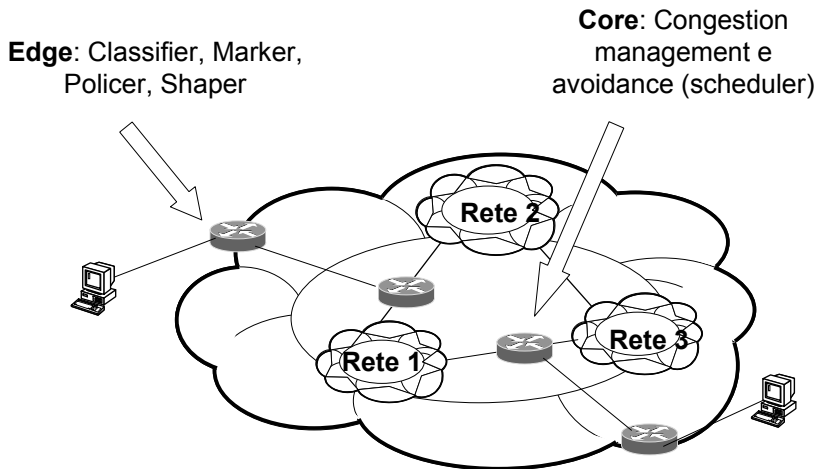
- **Classifier**, osserva i pacchetti IP entranti nel nodo e li classifica in base al loro ind IP, Port Number e al tipo di protocollo superiore
- **Marker**, provvede a “marchiare” i pacchetti a seconda di come sono stati classificati
- **Traffic Policer**, fa condizionamento del traffico, osserva il rate possibile e agisce di conseguenza
- **Traffic Shaper**, modella il flusso sulla porta di uscita in modo da ottimizzare il throughput

Core

- **Scheduler**, genera più code all'interno del nodo di rete, e usa algoritmi di scheduling delle code, evitando o gestendo le congestioni di rete.

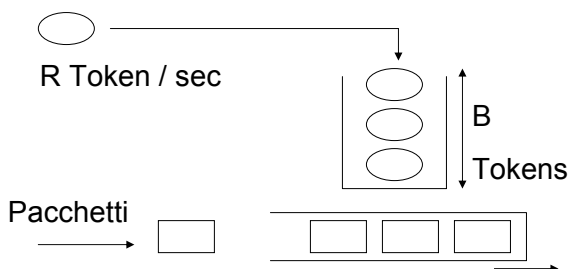
12

QoS sui nodi di rete



13

Esempio di Traffic Policer: Token Bucket

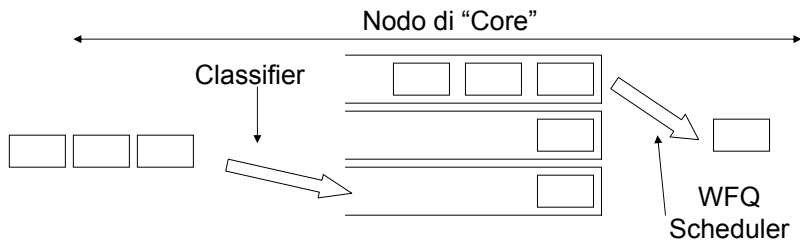


Quando un pacchetto arriva al router, viene tolto dal Bucket un certo numero di Tokens (dipendentemente dalla dimensione del pacchetto), un pacchetto non potrà essere inviato se non ci sono Tokens a sufficienza nel Bucket.

Il router trasmetterà un burst di pacchetti minore o uguale a B , ad un rate minore o uguale ad R : **Traffic Policer**

14

Esempio di Scheduler: Weighted Fair Queuing



- ✓ Prevede code a diversa priorità, e quindi assegnerà a ciascun profilo di traffico la banda che gli compete, indipendentemente dalla congestione sul nodo di rete
- ✓ Accoda il traffico interattivo (Real Time) con priorità maggiore per ridurre il ritardo di propagazione in rete
- ✓ Divide la banda libera residua fra le code in modo pesato, sfruttando al meglio la banda disponibile

15

Weighted Random Early Detection

- ☒ I pacchetti vengono scartati dal nodo di rete con probabilità tanto maggiore quanto più la coda è piena (RED)
- ☒ Si fissano dei limiti per la lunghezza della coda e a seconda del loro superamento si scartano i nuovi pacchetti in arrivo
- ☒ La probabilità di scarto può dipendere in modo pesato dal tipo di classe cui appartengono (WRED)
- ☒ Sfrutta rate adattivo del TCP, che vede lo scarto del pacchetto come dovuto a congestione, e dunque rallenta il rate in trasmissione; non serve con UDP!
- ☒ E' una tecnica per **evitare** la congestione sul nodo di rete, anziché per gestirla una volta che è avvenuta
- ☒ Viene implementata su molti core routers

16

QoS end-to-end: proposte

Proposte IETF:

- ☒ Giugno 1994, RFC 1633, Modello **Servizi Integrati**
- ☒ Dicembre 1998, RFC 2475, Modello **Servizi Differenziati**
- ☒ In previsione ci sono proposte per un'integrazione dei due
(Modello **IntServ-DiffServ**)

17

Il modello Integrated Services

- ✓ **Flusso**: sequenza di pacchetti con stesso indirizzo IP sorgente e destinazione, e stesso Port number
- ✓ Per avere QoS end-to-end ogni router della rete deve allocare banda a sufficienza per i diversi flussi
- ✓ Ciascun router della rete deve avere un **per-flow state** – informazione relativa a ciascun flusso a cui viene data QoS
- ✓ Poiché le risorse su ogni router sono limitate, ciascun router dovrà controllare e decidere quali flussi allocare e quali rifiutare, non è più Best Effort!

18

IntServ: Componenti di base

- **Traffic Classes:** classi di servizio ottenibili
- **Traffic Control:** esegue controllo sul traffico che transita su ogni nodo di rete (ad esempio con WFQ)
- **Setup Protocol:** costituisce il sistema di segnalazione fra i nodi di rete per l'allocazione delle risorse di banda

19

Classi di Traffico

- ❖ **Default:** è il servizio Best Effort della Internet attuale
- ❖ **Guaranteed Service:** supporta traffico Real-Time che richiede un ritardo di propagazione limitato
- ❖ **Controlled Load Service:** approssima un servizio di tipo Best Effort su una rete non congestionata (è l'unica per ora implementata!)

20

Controllo di Traffico

- **Admission Control:** controlla che le risorse sul router e nella rete possano supportare un particolare servizio richiesto
- **Packet Classifier:** esamina ind. IP e Port number di ogni pacchetto per vedere a che classe appartiene
- **Packet Scheduler:** schedula i pacchetti per trasmetterli alla porta di uscita del router (usando ad esempio WFQ)

21

Protocollo di Setup

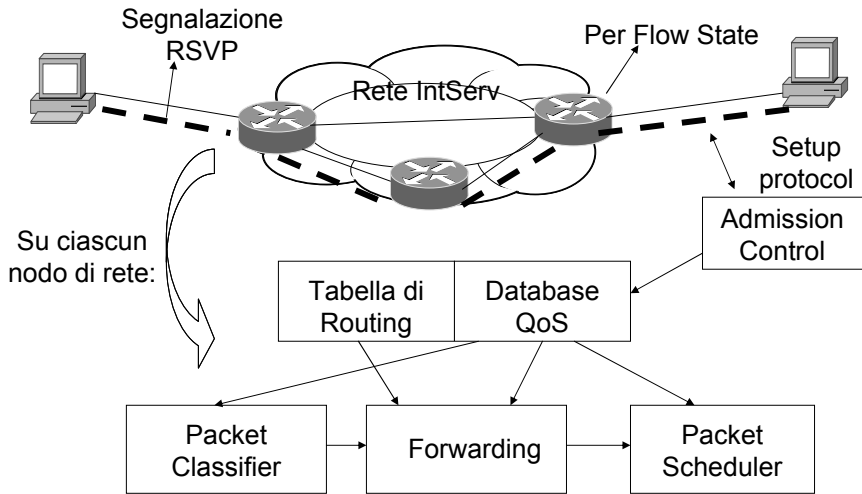
Nel modello Servizi Integrati lo standard per il protocollo di setup dei nodi di rete è il

Resource Reservation Protocol – RSVP

- Abilita gli host o i router a richiedere l’allocazione delle necessarie risorse di rete
- Installa nei nodi di rete il “Per-flow state” soft (refreshing periodico)

22

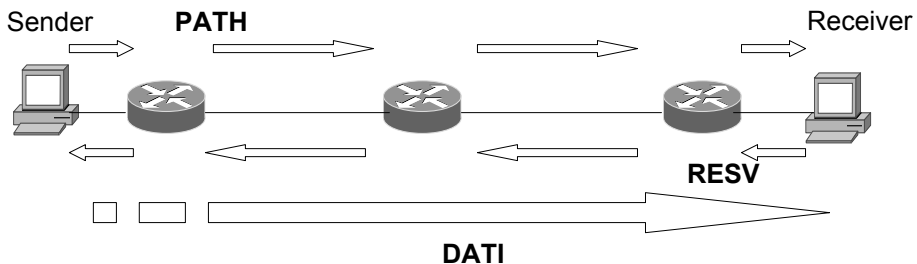
Schema di funzionamento dell'IntServ



23

I messaggi RSVP

- **PATH** Message: trasmesso dall'utente chiamante verso l'utente chiamato (se unicast) o gli utenti del gruppo multicast chiamati
- **RESV** Message: trasmesso dall'utente chiamato verso l'utente chiamante in risposta al suo PATH



24

Fasi RSVP: messaggio PATH

1. Un'applicazione o l'host chiamante avvia una sessione RSVP
2. Inserisce nel PATH message il **Sender Template** (oggetto contenente IP address e Port Number) ed il **Sender Tspec** (descrive le caratteristiche del traffico dati generato)
3. Il messaggio di PATH segue il path definito dal protocollo di routing (ad esempio OSPF)
4. Ciascun router legge il PATH, memorizza il Sender Template e installa lo stato della richiesta, e può aggiornare l' **Adspec**, un oggetto del PATH che riassume le caratteristiche di QoS del percorso fatto fino a quel router

25

Fasi RSVP: messaggio RESV

1. L'host chiamato riceve le caratteristiche dell'utente chiamante, del percorso fatto per raggiungerlo e una traccia per ritornare al chiamante
2. Genera un RESV message, contenente due campi: il **FilterSpec** (identifica ind IP e Port number del chiamante) ed il **Flowspec** (contiene il traffico e la QoS che l'utente chiamato richiede)
3. Ciascun router del cammino a ritroso aggiorna il proprio classifier con il Filterspec, e lo scheduler con il Flowspec
4. Il RESV viene letto dall' Admission Control di ogni router, che determina se ci sono o meno le risorse richieste, in caso affermativo le alloca per il traffico dati che avverrà da chiamante a chiamato, altrimenti invia un errore al chiamato che provvederà a generare un RESV con richieste differenti

26

Allocazione di risorse con RSVP

Per avere maggior controllo sulla QoS delle applicazioni, RSVP prevede diversi "reservation styles", fra cui:

- **Fixed-Filter (FF)**: una prenotazione di banda per ogni utente chiamante (videoconferenza con requisiti di ritardo stringenti)
- **Shared-explicit (SE)**: più utenti chiamanti nella stessa sessione possono dividere una prenotazione di risorse (solo uno per volta può parlare)
- RSVP riassume le prenotazioni provenienti da flussi **multicast**, allocando sul nodo la maggior banda richiesta, e poi trasmette il Flowspec totale al router vicino (farà admission control sul flusso totale)

27

Vantaggi dell'IntServ

- ✓ Allocazione dinamica della banda, se il protocollo di routing calcola un nuovo path ottimo RSVP lo segue
- ✓ Winsock2, nuova API per W98, NT e W2000 che chiama e gestisce funzioni RSVP (anche ATM) per la QoS; RSVP si usa già dal Pc!
- ✓ Sempre più router supportano RSVP (Cisco con IOS da 11 in poi, assieme a WFQ)
- ✓ E' un protocollo relativamente maturo, e dunque più stabile e diffuso

28

Limiti dell'IntServ

- Lo stato per-flow è di tipo “soft”, cioè richiede di essere aggiornato periodicamente (ogni **30 sec**) sui router, il che comporta un notevole aumento del traffico di segnalazione
- Richiede la memorizzazione degli oggetti relativi ad ogni flusso su ogni router del link
- **Non è scalabile** in reti di elevate dimensioni!!!
- Necessita di una rete con buon Best Effort, e routing stabile (le tabelle non devono variare troppo!)

29

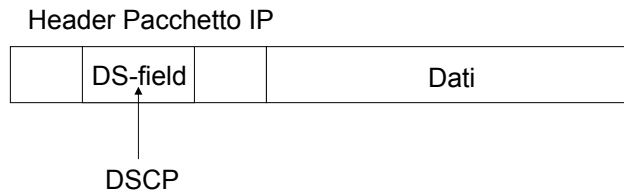
Il modello Differentiated Services

- La complessità si sposta all'edge della rete, dove si classificano i singoli pacchetti, si marchiano (“**colorazione**”) e si aggregano per poi inviarli nel core
- Flussi provenienti da diverse applicazioni possono essere aggregati insieme e trattati allo stesso modo (non è più l'applicazione che decide la QoS, come in IntServ); opera su **aggregati**
- Nel core, il flusso aggregato riceve un trattamento relativo alla classe di servizio e al colore dei pacchetti che contiene (**per-class state**, non più per-flow)
- Non c'è più segnalazione (RSVP) né admission control, e dunque si deve fare **provisioning** delle risorse a priori (si allocano più risorse del necessario), e controllare all'edge che il traffico immesso non sia eccessivo

30

DiffServ: componenti di base

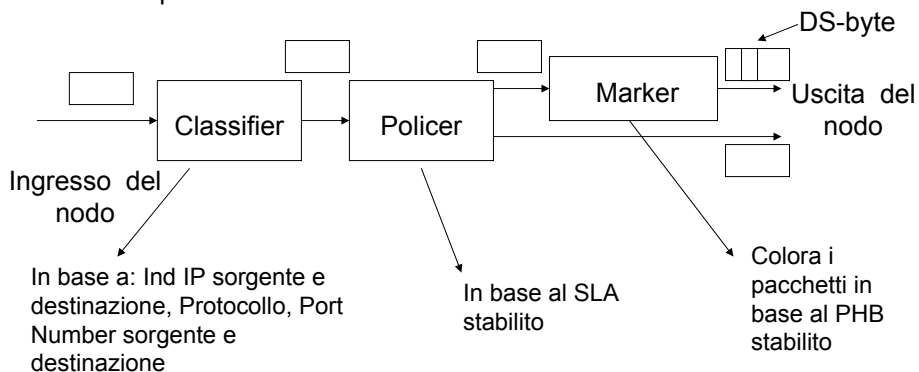
- ✓ Il **byte DS** nell'header IP (Type Of Service field in IPv4 e Traffic Class field in IPv6); Differentiated Services Code Point (DSCP) su 6 bit
- ✓ Il **Per-Hop-Behavior (PHB)**, definisce il servizio che il pacchetto riceverà a ciascun hop nella rete
- ✓ Il **Behavior Aggregate (BA)**, un gruppo di pacchetti (aggregato) con stesso DSCP; nella rete si applica un PHB ad ogni BA



31

Funzioni DS all'Edge

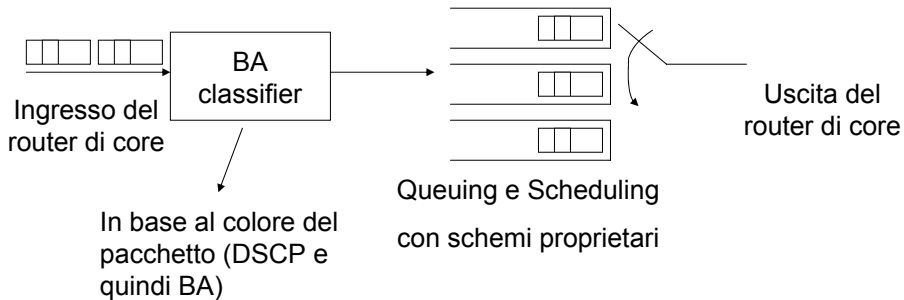
- L'utente deve stabilire un contratto di SLA con l'ISP, e negoziare la QoS ottenibile a priori.



32

Funzioni DS al Core

- Oggi si hanno flussi da 10 Gbps sul core, dunque i router devono avere elaborazione più semplice e veloce possibile!
- Nel core tutti i pacchetti con stesso PHB (cioè dello stesso BA) saranno trattati allo stesso modo



33

Tipi di PHB

- ✓ **Default:** Best Effort tradizionale
- ✓ **Expedited Forwarding** (EF-RFC 2598): supporta connessioni con basse perdite, basso ritardo e basso jitter; lo switching nel core deve essere rapido, e dunque il traffico è condizionato all'edge e il rate in ingresso è limitato. Usa un solo DSCP (101110, 46) per immettere il pacchetto nella coda a più alta priorità nei router di rete (con WFQ ad esempio)
- ✓ **Assured Forwarding** (AF- RFC 2597): definisce 4 classi di servizio relative, ciascuna con tre livelli di precedenza di scarto; usa 12 distinte combinazioni di DSCP. Il SLA dipende da: classe AF (risorse allocate), livello di traffico di quella classe, drop precedence (in caso di congestione)

34

PHB AF: DSCP

- In caso di congestione, i pacchetti vengono scartati dal nodo di rete in base al DSCP con cui sono stati “colorati” (WRED)
- I DSCP forniti sono “recommended”, possono essere personalizzati dai diversi costruttori

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Low Drop	001010 (10)	010010 (18)	011010 (26)	100010 (34)
Medium Drop	001100 (12)	010100 (20)	011100 (28)	100100 (36)
High Drop	001110 (14)	010110 (22)	011110 (30)	100110 (38)

35

Vantaggi del modello DiffServ

- ✓ Maggiore scalabilità, ottenuta aggregando microflussi con stesso DSCP e assegnando loro i relativi PHB
- ✓ La complessità viene spostata sull’edge
- ✓ Non è più necessario il protocollo di segnalazione RSVP, con conseguente minor carico sui router
- ✓ Sfrutta la sempre crescente velocità del Backbone
- ✓ Fornisce agli ISP un modo semplice di assegnare diverse classi di QoS ai clienti, con tariffazione diversa
- ✓ E’ più facilmente implementabile a breve termine, anche insieme ad altre tecnologie (Bell Canada dà già DiffServ su MPLS)

36

Limiti del modello DiffServ

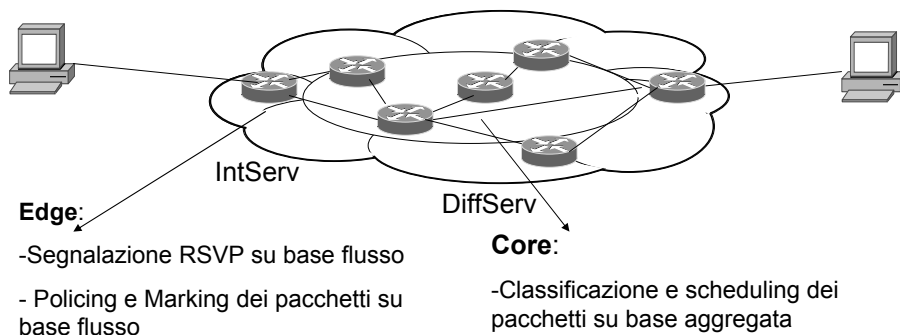
- ✓ La diffusione dei DiffServ su domini di providers diversi impone accordi di peering bilaterali, difficili da gestire
- ✓ L'implementazione dei DiffServ sui boundary routers è ancora oggetto di ricerca (Bandwidth Broker)
- ✓ E' un approccio recente, e dunque necessita di un periodo di assestamento e di standardizzazione
- ✓ All'interno di un singolo ISP, soprattutto su reti piccole, l'approccio IntServ permette un'allocatione di banda più dinamica
- ✓ DiffServ funziona solo se con l'ISP si è preventivamente negoziato un utilizzo di banda non superiore al 50% della capacità del link (regola di Van Jacobson); ciò perché non c'è modo di sapere se la rete accetterà o meno le risorse richieste (manca Admission Control)

37

Proposta: DiffServ+IntServ

❖ **Edge:** si sfrutta la segnalazione con RSVP, l'allocatione dinamica di banda, e l'Admission Control → **IntServ**

❖ **Core:** è richiesta una forte scalabilità e semplicità → **DiffServ**



38

Altri approcci alla QoS sul Core

- ✓ QoS Policy
- ✓ MPLS
- ✓ Traffic Engineering
- ✓ Constrained Based Routing
- ✓ QoS basata su IP e su ATM

39

QoS policy

- L'Admission Control di IntServ e il Provisioning delle risorse di DiffServ sono esempi di QoS Policy
- Policy : "Se accade X, fai Y"
- Es: Colorazione dei pacchetti a seconda dell'indirizzo IP, rifiuto di un flusso RSVP perché la banda non è disponibile, etc....
- Si associa un **ruolo** ad un'interfaccia, e ciascun ruolo può avere più policy
- Nuovo servizio di rete: definizione dei ruoli, delle policy relative e loro installazione sulle interfacce (molto usato anche in VPN)
- Le soluzioni proposte da IETF (RSVP Admission Policy – RAPcharter) sono implementabili solo in reti single-provider, e la loro scalabilità è ancora un problema complesso (molti SLA fra ISP diversi)

40

Cenni al MPLS

- ✓ **MultiProtocol Label Switching** è un protocollo di instradamento situato fra i livelli 2 e 3 della pila OSI
- ✓ Ciascun pacchetto MPLS ha un'intestazione, che contiene fra l'altro una label di 20 bit ed un campo Class of Service
- ✓ IP (o altri protocolli di rete → Multiprotocol) può essere imbustato in un pacchetto MPLS; il router abilitato leggerà solo la label
- ✓ MPLS necessita di un protocollo che distribuisca le label sui router per installare dei Label Switched Paths (analoghi ai VC di ATM, o ai Path di RSVP); per tale scopo si è proposto Label Distribution Protocol o RSVP
- ✓ Sono state proposte molte architetture di rete che utilizzano MPLS insieme a DS-byte, RSVP per il signaling e vari meccanismi di QoS

41

Traffic Engineering

- RSVP ha la capacità di fornire una piattaforma di comunicazione fra router che elabora routes non standard, a prescindere dai protocolli di routing dinamico (OSPF)
- Il **Traffic Engineering** si propone di smaltire il traffico in punti congestionati, o di bilanciare il traffico su reti con path multipli
- OSPF calcola le routes possibili, RSVP prenota le risorse e definisce il Path, il RESV message lascia in ogni router le labels di MPLS; si ha così una rete MPLS capace di trattare flussi di traffico aggregato (grazie a RSVP)
- Cisco ed Ericsson (con Torrent) supporteranno presto l' approccio del Traffic Engineering con RSVP e MPLS

42

Constrained Based Routing

- ❖ E' un meccanismo per rendere automatico il Traffic Engineering
- ❖ Il CBR è usato per calcolare routes soggette a più vincoli; seleziona le routes ottime per i flussi DiffServ in modo da ottimizzare le loro richieste di QoS
- ❖ Il calcolo delle routes segue algoritmi matematici con complessità dipendente dalle metriche di routing usate nella rete
- ❖ Assieme agli algoritmi di routing dinamico, CBR determina il path ottimo per i messaggi RSVP, che poi lungo di esso allocheranno le risorse
- ❖ Aumenta tuttavia il carico elaborativo ed il traffico di segnalazione in rete, incrementa le tabelle di routing, e può causare instabilità degli algoritmi di routing

43

QoS basata su IP e su ATM

- ATM usa un protocollo di segnalazione sia per stabilire le connessioni virtuali sia per allocare le risorse per queste
- Le prenotazioni di risorse in RSVP sono **dinamiche** (grazie al soft-state), mentre in ATM sono statiche
- ATM è **source-oriented**, cioè la richiesta di risorse parte dalla sorgente; in RSVP parte dalla destinazione del traffico dati
- RSVP richiede che i nodi notifichino la QoS disponibile, in ATM una tale segnalazione sarebbe molto complessa
- L'integrazione di RSVP su ATM richiede dunque una **maggiore flessibilità** allo strato ATM per andare incontro ai requisiti di RSVP

44

Misura della QoS su reti IP

- ✓ Necessaria conoscenza della QoS installata sul nodo (si può osservare il DSCP nei DiffServ, ma in RSVP è necessario conoscere il soft-state di ogni router)
- ✓ HP ha introdotto **Webqos** (Maggio 2000), un tool di monitoring della QoS su reti per e-services che opera con Policy Networking di Cisco
- ✓ Cisco IOS supporta **Internetworking Performance Monitor (IPM)**, che usa ICMP (Ping), e messaggi TCP e UDP per monitorare i parametri per VoIP e QoS (jitter per UDP, errori, packet loss, etc)

45

Metodi di misura della QoS IP

- ✓ **Metodi Attivi:** si inietta traffico nella rete (probe packets, ping, traceroute)
 - ⊖ Più flessibile e semplice da gestire.
 - ⊖ Si va ad influenzare il carico e le prestazioni della rete.
- ✓ **Metodi Passivi:** si osserva il traffico che scorre nella rete (SNMP, tcpdump, sniffer, ..)
 - ⊖ E' necessario analizzare grosse quantità di dati.
 - ⊖ Per reti di grandi dimensioni risulta molto oneroso (Sprint: raccolgono 2 Terabyte per ogni PoP!!!!)

46

Tecniche di QoS sull'accesso

LAN QoS:

- IEEE 802.1p (1998): *User priority* definita a livello 2 (MAC). Priorità non supportata in 802.3 (Ethernet) e WLAN (802.11)
- **WLAN QoS:** Wireless LAN che offrono QoS garantita ad applicazioni real-time

ADSL/ATM QoS:

- Suddivisione dei flussi ADSL e differenziazione del servizio offerto

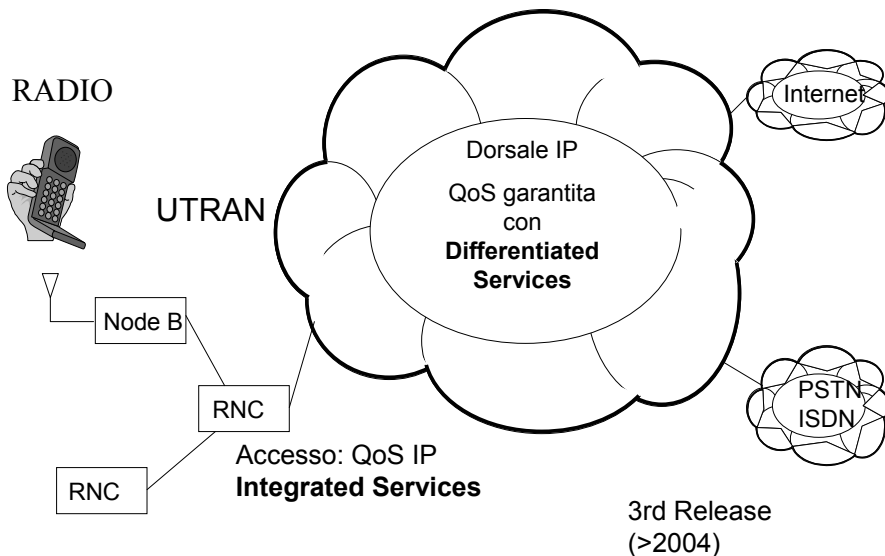
QoS in UMTS (UTRAN):

- Definizione di algoritmi di scheduling che offrano QoS ai terminali UMTS per servizi voce e video

Problemi aperti: mappatura fra colorazione dei pacchetti a livello IP e Data Link.

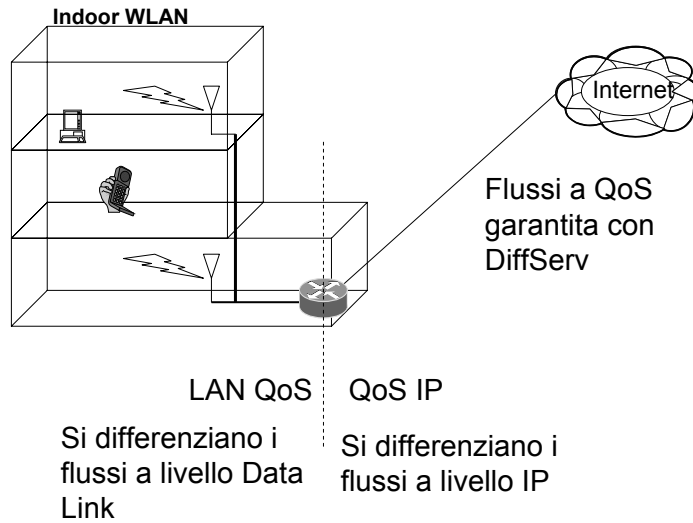
47

QoS IP in reti Wireless: UMTS



48

QoS IP in reti Wireless: WLAN



49

Reti per la Qualità del Servizio IP

Tecnologie Internet Avanzate

- ❖ **Multicast**: possibilità di inviare i pacchetti IP ad un gruppo selezionato di utenti; usata per videoconferenze
- ❖ **IPv6**: nuova versione del protocollo IP che permette di avere indirizzi IP su 128 bit anziché su 32
- ❖ **Mobile IP**: insieme delle architetture di rete, dei protocolli e delle tecniche di routing per l'integrazione delle tecnologie IP su reti wireless (IP over UMTS)
- ❖ **Virtual Private Networks**: tecnologie per implementare reti virtuali private attraverso tunneling su reti pubbliche
- ❖ **Voice over IP**: insieme delle architetture per la trasmissione di flussi audio real-time su reti IP

51

Reti per QoS: MBone

- Marzo 1992 in USA: per la prima volta vengono collegate 20 sedi per ricevere il Meeting dello IETF in audioconferenza sulla rete MBone (**Multicast Backbone**), un insieme di "isole" multicast-enabled
- La connettività su MBone era inizialmente ottenuta con tunnels punto-punto incapsulati su pacchetti IP
- Oggi MBone ha multicast nativo sui router ed è sempre più integrata su Internet
- MBone viene utilizzata per distribuire in multicast flussi audio-video in tempo reale (videoconferenza)

52

6Bone

- Marzo 1996: prima connessione fra laboratori in Danimarca, Francia e Giappone in **IPv6** su 6Bone
- Su 6Bone si implementano, oltre alle tecnologie IPv6, anche Multicast e QoS
- Inizialmente 6Bone utilizzava tunneling su IP, imbustando i pacchetti IPv6 in pacchetti IPv4; ad oggi, sempre più router (dal Cisco IOS 11) hanno funzionalità IPv6 al loro interno, e supportano IPv6 nativo
- I siti 6Bone oggi sono più di 250, tra cui due in Italia (CSELT a Torino e INFN a Bologna)

53

vBNS

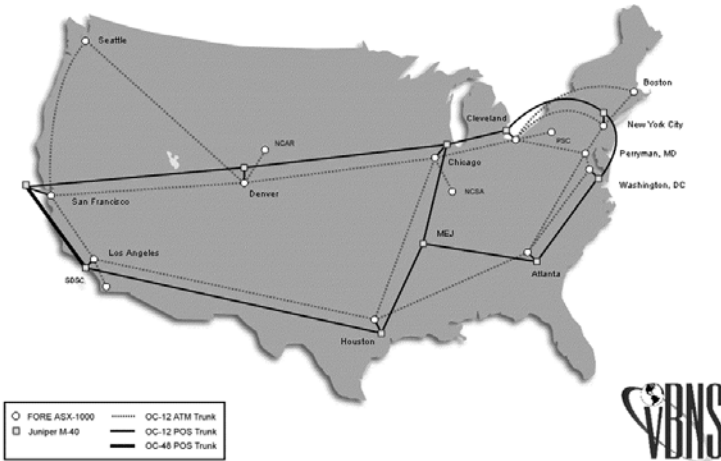
- ❖ La rete **very High Backbone Network Service (vBNS)** è stata creata da MCI nell'Aprile 1995 per la sperimentazione di Multicast, IPv6 e QoS
- ❖ 25000 Km in fibra ottica lungo tutti gli USA, in tecnologia Packet over SONET, ed ATM, con rates nel backbone di 2.4 Gbps, e all'accesso di 622 Mbps

54

vBNS: mappa

vBNS Backbone Trunks

© 2000 MCI WorldCom



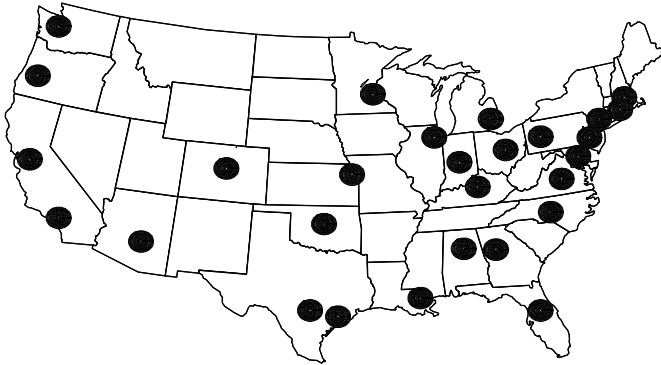
55

Internet 2

- vBNS è stata la base di partenza per il **progetto Internet 2**, creato nell'Ottobre 1996 negli USA da un gruppo di oltre 100 Università e Aziende Statunitensi (tra cui Cisco, AT&T, Lucent, IBM, Qwest, Nortel, MCI, Università della California)
- Internet 2 ha come **mission** lo studio delle nuove tecnologie per la futura generazione di Internet, tra cui IPv6, Multicast, Servizi Integrati e Differenziati, e nuove tecnologie per la QoS (MPLS)
- Internet 2 si è appoggiata inizialmente alla infrastruttura vBNS, definendo dei **GigaPoPs**, ossia punti di presenza della rete a velocità superiori al Gbps che forniscono l'accesso a Internet 2 aggregando più flussi utente a 622 Mbps ed elaborandoli secondo le tecnologie di QoS oggetto di ricerca
- Internet 2 supporta IPv6 nativo, e prevede campus networks in ATM, con **100 Mbps al Desktop**

56

Internet 2 GigaPoPs



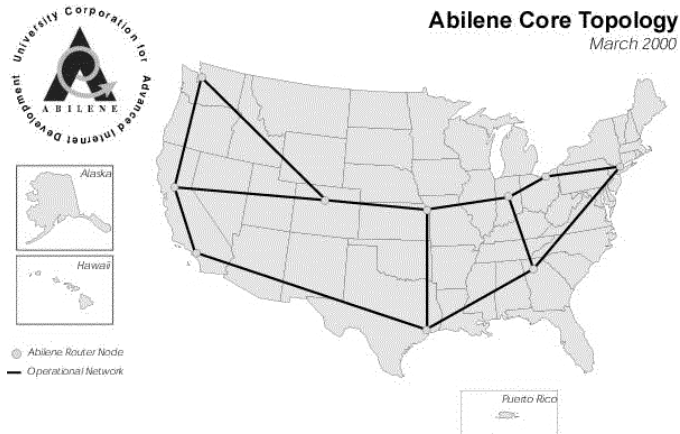
57

Abilene

- Nel Febbraio 1999 a vBNS si è aggiunto un altro Backbone per Internet 2: la rete **Abilene** è stata creata da un consorzio di Università e da Qwest (per la fibra), Nortel (per SONET) e Cisco (per i router)
- Oltre 20000 Km in fibra ottica con IP/ATM/SONET, con rates comparabili a vBNS; usa i GigaPoPs per connettersi a vBNS
- Realizzata per lo studio di QoS e meccanismi di sicurezza su IP avanzati
- Dal Maggio 2000 Abilene supporta IPv6

58

Abilene: mappa



59

QBone

- La QoS riveste particolare interesse nella comunità di Internet2, e perciò nel 1998 è stato lanciato il progetto **QBone**, per la sperimentazione di tecnologie QoS
- QBone studia la possibilità di implementare DiffServ interdominio su Internet2 (PHB: Expedited Forwarding), ed ha definito il **Bandwidth Broker**, un router di bordo con capacità di interconnettere domini di routing di ISP diversi e che supporta sia funzionalità DiffServ che segnalazione RSVP
- Il Bandwidth Broker si pone come elemento di interesse per il modello IntServ-DiffServ, e per la definizione dei DiffServ su reti multiprovider

60

Applicazioni I2: La caverna virtuale



61

Tele-immersione



62

3D Mapping e Nanomeccanica



3D brain mapping



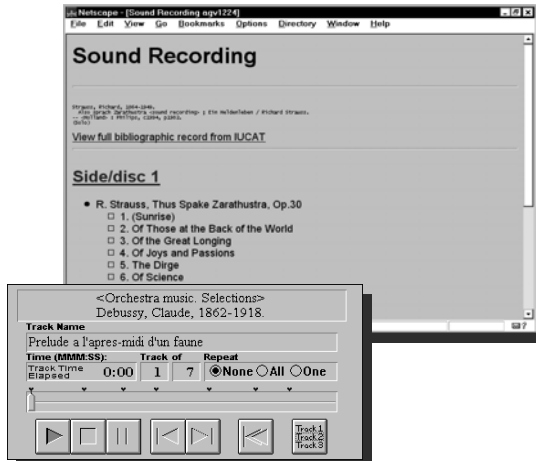
Distributed Nano-manipulator

63

Librerie Digitali

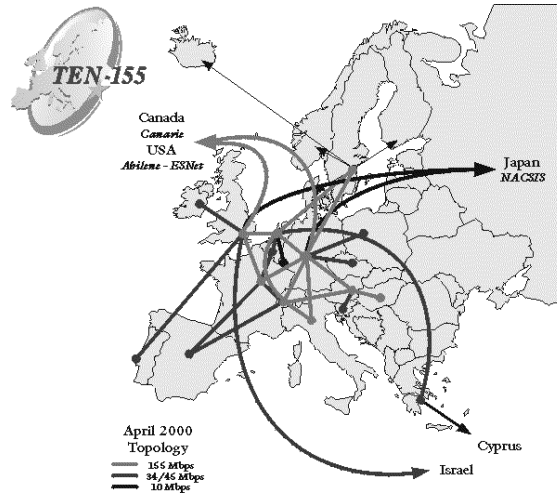
Video-Audio
consultazione

On-line



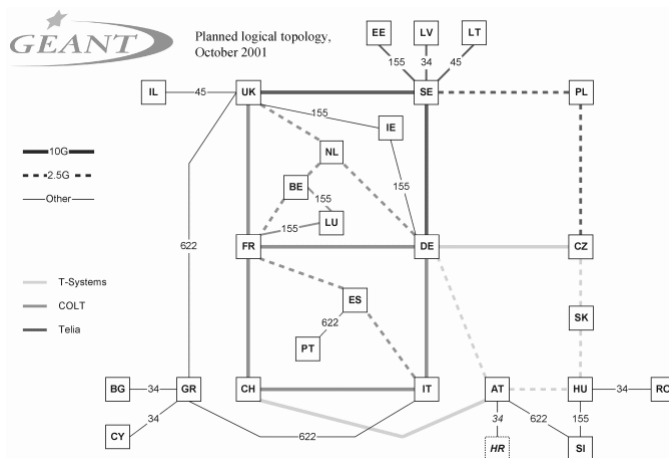
64

La rete TEN-155 in Europa



65

GEANT



66

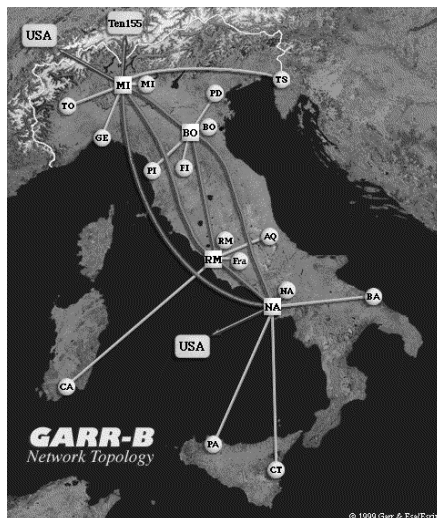
Internet 2 in Italia

❖ Nel Febbraio 1999 GARR-B (assieme ad altri organismi europei) ha firmato con la comunità Internet 2 un Memorandum of Understanding (MOU) per la interconnessione ad Internet 2 e per la collaborazione nella ricerca

❖ In Italia: rete dorsale GARR-B, connessa con altre reti di ricerca mondiali tra cui Internet2 tramite un link Napoli-NewYork a 45 Mbps

67

La rete GARR-B in Italia

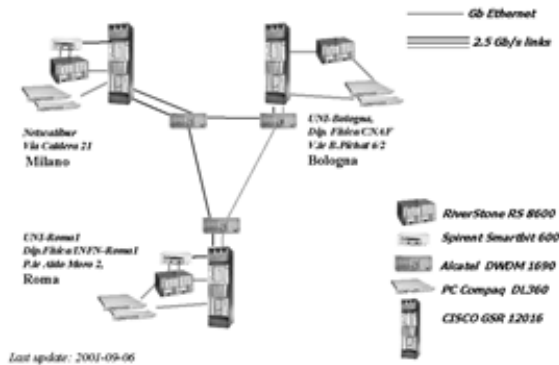


- Core nodes
- PoP nodes
- Backbone (155 Mbps)
- Collegamenti internazionali (2 – 155 Mbps)
- Linee di collegamento (34 – 155 Mbps)

68

GARR-G

Infrastruttura pilota GARR-G



69

Riferimenti sul Web

www.ietf.org

www.cisco.com

www.6bone.net

www.vbns.net

www.internet2.edu

www.qbone.org

www.garr.it

www.dante.net

<http://pilota.garr.it>

70