

L'IMPORTANZA DELLA SUDDIVISIONE DINAMICA DELLA BANDA NELLE RETI GPON

Onn Haran
Fellow

Amir Sheffer
Product Line manager

PMC-Sierra

In reti di questo tipo l'unico modo per coniugare la possibilità di oversubscription e una bassa latenza consiste nell'implementare un algoritmo DBA (Dynamic Bandwidth Allocation)

Uno dei vantaggi principali offerti dalle reti ottiche passive (Passive Optical Network, PON), rispetto alle reti composte da fibre punto-a-punto, è che una stessa fibra può essere condivisa tra molti abbonati, riducendo notevolmente i costi di costruzione e manutenzione. Appartengono a questa categoria anche le reti GPON, che operano alla velocità di 2,488 Gbps nella direzione downstream (dal centro verso la periferia) e 1,244 Gbps nella direzione upstream (dalla periferia verso il centro). Una rete GPON comprende un terminale di linea ottica (Optical Line Terminal, OLT) collocato nell'ufficio

centrale e vari terminali di rete ottica (Optical Network Terminal, ONT) installati negli edifici dei clienti o nelle immediate vicinanze. Normalmente le reti GPON sono basate su una topologia ad albero o ad albero-e-rami. Tramite l'impiego di economici dispositivi splitter, una singola fibra ottica viene divisa in più cavi separati che servono i singoli abbonati.

Nella direzione downstream le reti GPON possiedono per loro natura una topologia punto-a-multipunto e possono essere utilizzate per servizi simili a quelli di ogni altra rete Ethernet. Nella direzione upstream, invece, il canale impiega

la TDM, una tecnica che richiede all'OLT di esercitare un controllo sull'attività di trasmissione svolta da ogni singolo ONT. Questo controllo si basa su un algoritmo di suddivisione della banda, che determina la lunghezza e la collocazione temporale delle raffiche di dati inviate dagli ONT in direzione upstream. Nelle prime generazioni di reti PON la suddivisione della banda in direzione upstream era effettuata in modo statico: ogni singolo ONT riceveva cioè una larghezza di banda predefinita. Lo standard GPON, invece, prevede che la banda sia suddivisa in modo dinamico (Dynamic Bandwidth Allocation, DBA), al fine di

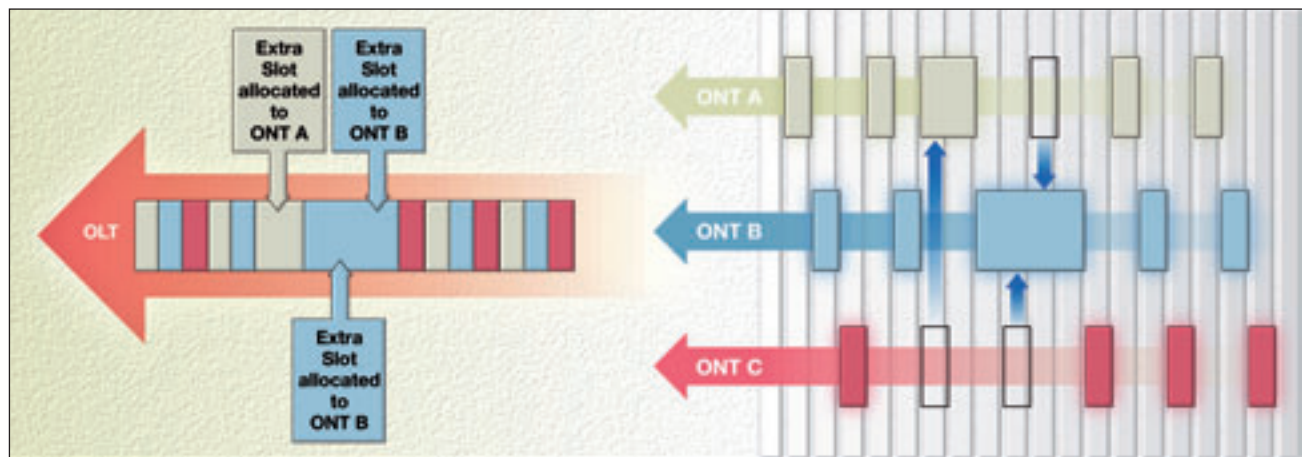


Fig. 1 - Suddivisione dinamica della banda

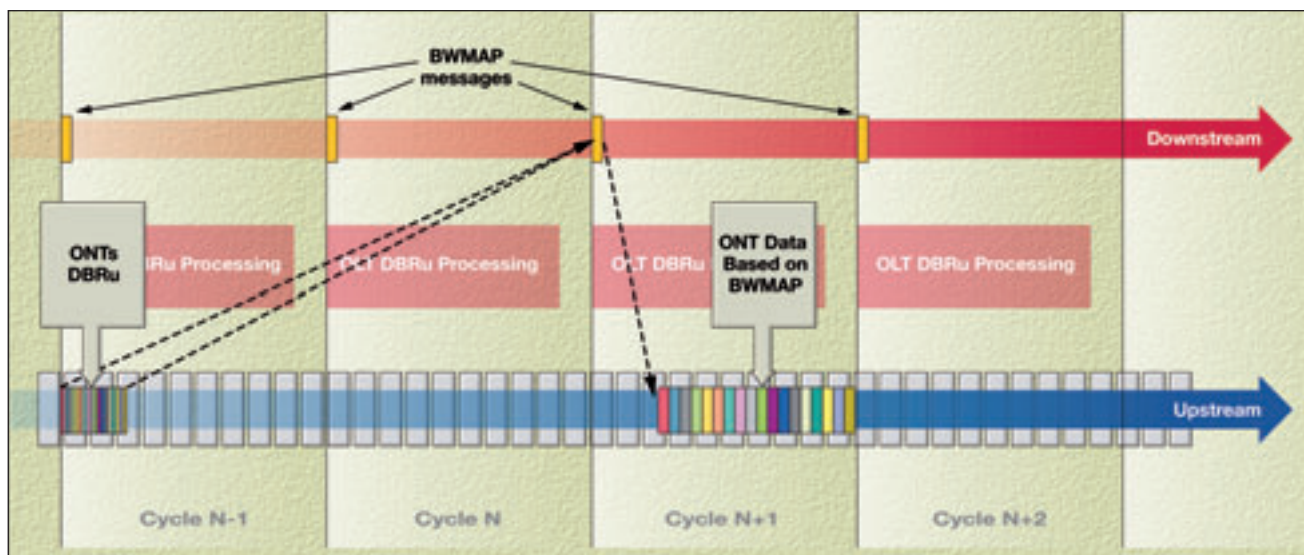


Fig. 2 - Schema del processo di mappatura in direzione upstream

umentarne il tasso di utilizzazione, per raggiungere velocità di connessione più alte e quindi una migliore qualità di servizio (Quality of Service, QoS) nella direzione upstream. Grazie alla tecnica DBA, il terminale OLT può differenziare la larghezza di banda assegnata a ogni singolo ONT o a ogni singola combinazione tra un certo ONT e un certo servizio (T-CONT). La suddivisione della banda può essere basata sulle richieste provenienti dagli ONT, sulla misura del traffico in direzione upstream o su qualunque combinazione tra questi due parametri, tenendo conto delle prestazioni indicate nei contratti sul livello di servizio (Service Level Agreement, SLA) stipulati dai singoli abbonati.

Un buon algoritmo DBA è in grado di modificare rapidamente la suddivisione della banda in direzione upstream, per adattarla alle mutate condizioni del traffico. In un determinato slot temporale alcuni ONT o alcuni servizi riceveranno una larghezza di banda superiore agli

altri, secondo necessità; in un altro slot, saranno invece altri ONT o altri servizi a ricevere una maggiore larghezza di banda. In questo modo è possibile massimizzare il livello di utilizzazione della banda offerta dalla rete PON (Fig. 1).

Oversubscription

La oversubscription, cioè la possibilità per l'operatore di offrire al mercato una larghezza di banda teorica superiore

alla capacità fisica della rete, è un fattore fondamentale ai fini dei risultati economici. Generalmente gli operatori applicano la oversubscription con rapporti compresi tra 4:1 e 20:1, a seconda dei profili d'uso dei loro abbonati. Per rendere possibile tale modalità d'uso, la rete deve essere in grado di assicurare agli utilizzatori un'adeguata qualità di servizio (QoS) anche in queste condizioni.

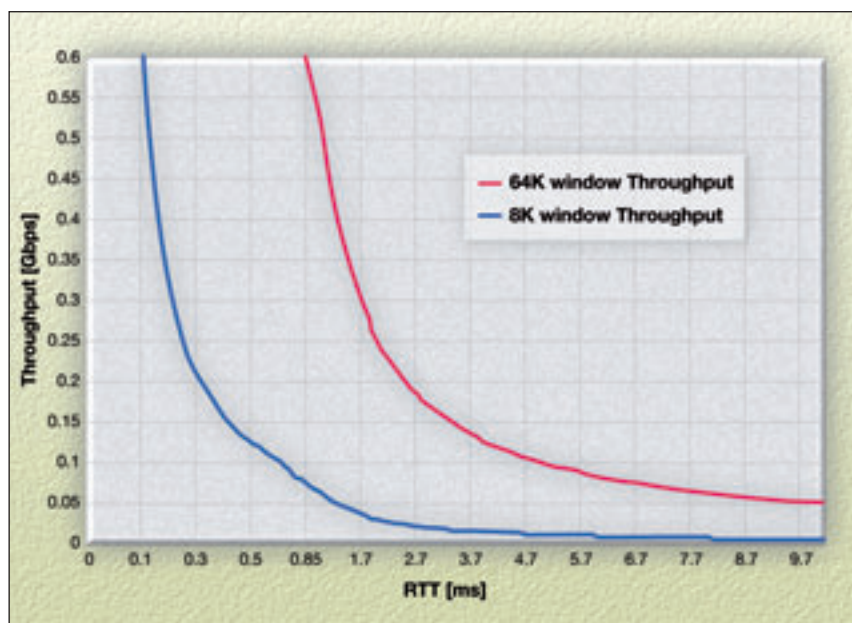


Fig. 3 - Effetto dell'RTT sulla capacità TCP

Generalmente il contratto (SLA) dell'abbonato prevede una tariffa legata ai servizi e una tariffa legata alla larghezza di banda utilizzabile, indipendentemente dall'uso effettivo. Di solito l'accordo indica una larghezza di banda garantita (Committed Information Rate, CIR) e una larghezza di banda supplementare (Excess Information Rate, EIR) che l'abbonato potrebbe usare, se disponibile. Per esempio, un utilizzatore può abbonarsi a un CIR di 40 Mbps e un EIR di 150 Mbps. Se trentadue terminali ONT devono condividere lo stesso canale GPON, tutti con lo stesso SLA, teoricamente la larghezza di banda totale richiesta in direzione upstream ammonta a 1,28 Gbps (1280 / 32 = 40 Mbps), un valore leggermente superiore alla larghezza di banda offerta dalle reti GPON in questa direzione (1,244 Gbps).

Nella modalità di suddivisione statica, che non considera la QoS e non consente la oversubscription, ogni ONT ha continuamente a disposizione la CIR prevista, anche quando questa rimane temporaneamente inutilizzata. In questa situazione il valore di EIR diviene irrilevante. Se invece si usa un algoritmo DBA, diviene possibile assegnare a uno specifico ONT una larghezza di banda che può raggiungere, come picco massimo, il valore EIR. Infatti la banda che in un certo momento non è sfruttata da alcuni ONT può essere assegnata ad altri, il che si traduce in un comportamento più veloce della rete e in una migliore esperienza per il cliente. Ciò porta a un aumento del fatturato per l'operatore, poiché statisticamente c'è sempre la possibilità di offrire al cliente una certa larghezza di banda supplementare.

A questo scopo l'algoritmo DBA deve implementare un multiplexing statistico, che sfrutta la natura discontinua dei servizi di trasmissione dati e il fatto che normalmente i picchi di traffico dovuti ai singoli utilizzatori non sono coincidenti.

Il multiplexing statistico consente l'oversubscription, cioè rende possibile offrire una larghezza di banda teorica in direzione upstream superiore alla capacità fisica del canale. In questo caso la somma delle larghezze di banda massime disponibili per tutti gli abbonati è superiore alla capacità fisica della rete PON e la somma dei "committed rate" è inferiore alla capacità in direzione upstream. L'algoritmo DBA fornisce il necessario controllo sulla QoS, rendendo possibile la oversubscription.

Algoritmi DBA di tipo SR e NSR

Gli algoritmi DBA si dividono in due categorie:

Status Reporting (SR) - Tutti gli ONT forniscono informazioni (report) sulla lunghezza delle rispettive code di dati in attesa di essere trasmessi upstream, informazioni che sono utilizzate per il calcolo effettuato dall'OLT. Ogni ONT può avere vari Transmission Container (T-CONT),

TOP - The NEW GENERATION

ALIMENTATORI SWITCHING PER APPLICAZIONI GRAVOSE IN AUTOMAZIONE, TELECOMUNICAZIONI, SICUREZZA - FISSAGGIO SU BARRA DIN E PARETE



TOP 203

TOP 114B

TOP 212

2-25A 12-24-48VDC

- VERSIONI NO BREAK BATTERIA IN TAMPONE
- DIMENSIONE CONTENUTE SENZA VENTILATORE

ALIMENTATORI RACK 19" DUE VIE

CON MICROPROCESSORE DI CONTROLLO CARICA E SEGNALAZIONE REMOTA

HP114RS 13.5V 14A
HP114RS 13.5V 25A
con trasformatore antifulmine

DISPONIBILI
MODELLI CON USCITA
24V,48V,110V 10-100A

NOVITÀ
ANNUNCIATA



- ALTA EFFICIENZA : TECNOLOGIA SWITCHING
- BATTERIA IN TAMPONE
- APPLICAZIONI: radiocomunicazioni, automazione, sicurezza

CARICABATTERIA AUTOMATICI

NOVITÀ CON PROCESSORE CONTROLLO CARICA

BCS130 12V 30A
BCS150 12V 50A
BCS220B 24V 25A
BCS250 24V 50A

- TRE USCITE INDIPENDENTI per caricare fino a 3 batterie
- CONTROLLO stato di carica su singola batteria
- PER TUTTI I TIPI DI BATTERIE
- TECNOLOGIA SWITCHING



PRODOTTI IN ITALIA
VENDUTI IN TUTTO IL MONDO

L'alimentazione da 35 anni per eccellenza si chiama:

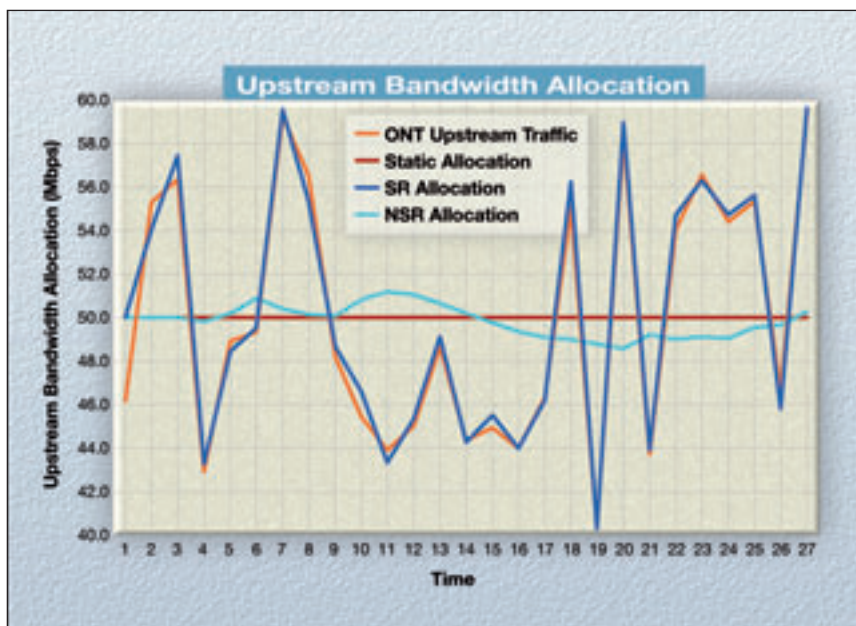


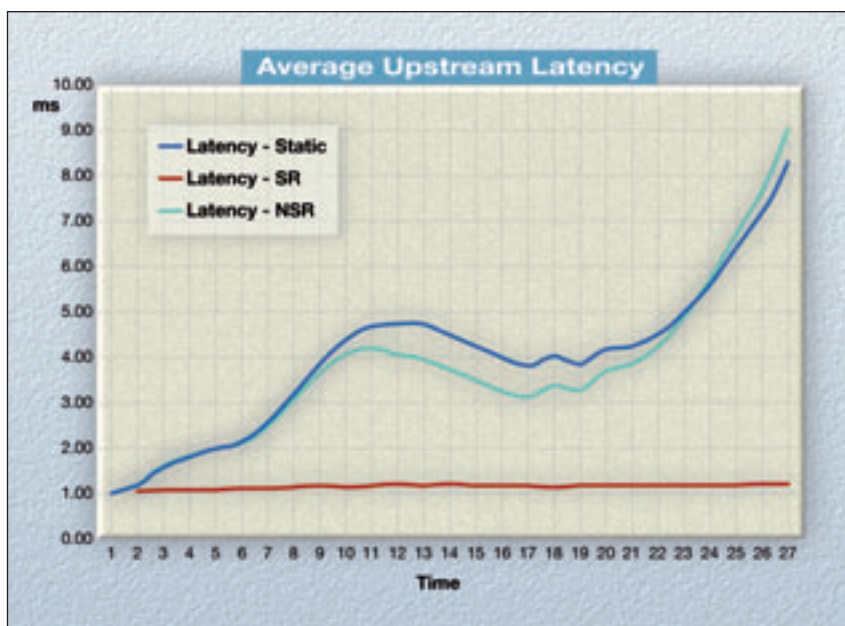
Fig. 4 - Suddivisione della banda con differenti algoritmi

ciascuno con la propria classe di traffico. Combinando l'informazione sulla lunghezza della coda con le condizioni previste dal contratto SLA di ogni T-CONT, il terminale OLT è in grado di ottimizzare la suddivisione della banda in direzione upstream.

Non Status Reporting (NSR) - Gli ONT non forniscono informazioni esplicite sulla lunghezza delle rispettive code. L'OLT, quindi, le può soltanto stimare in modo approssimativo. Generalmente, per ogni dato ciclo, la stima si basa sulla trasmissione effettiva nel ciclo precedente: la larghezza di banda assegnata diminuisce quando si osservano frame vuoti e aumenta fino a quando si osservano nuovamente altri frame vuoti. Non esiste un punto di compromesso ideale tra la velocità di risposta all'aumento del traffico e il tasso di utilizzazione della rete: il miglioramento di uno dei due parametri comporta sempre il peggioramento dell'altro. Indipendentemente dalla larghezza di banda assegnata, la latenza aumenta.

Fig. 5 - Latenza media in direzione upstream con diversi algoritmi di suddivisione della banda

Gli algoritmi SR sono migliori degli algoritmi NSR sotto tutti i punti di vista. Consentono infatti di raggiungere un livello di utilizzazione più alto poiché l'OLT non può sovrastimare né sottostimare la lunghezza delle code. Offrono anche valori di latenza inferiori, poiché possono concedere i permessi di trasmissione (grant) non appena l'ONT invia l'informazione relativa al traffico, mentre generalmente gli algoritmi NSR



aumentano in modo graduale la durata dei grant, cosicché sono necessari più grant fino a esaurire i dati in attesa di essere trasmessi. Ne consegue che gli algoritmi DBA di tipo SR concedono i grant più velocemente (a fronte dei report provenienti dagli ONT), oltre a rendere possibile la oversubscription e un'alta efficienza in direzione upstream.

Suddivisione basata sui cicli DBA e parametri di valutazione

La maggior parte degli algoritmi DBA impiega il concetto di ciclo. Un ciclo DBA è il tempo necessario per completare la trasmissione da tutti gli ONT. Come illustrato schematicamente dalla figura 2, in ogni ciclo il terminale OLT raccoglie i messaggi DBRu provenienti dagli ONT, li elabora nel ciclo successivo e usa il risultato di questa elaborazione per mappare il ciclo seguente. La lunghezza del ciclo incide notevolmente sulle prestazioni del servizio IP, poiché determina la capacità di cambiare le mappe di suddivisione della banda, adattandole ai cambiamenti del traffico. I parametri principali per valutare la prestazione di un algoritmo DBA sono tre:

- latenza, cioè il tempo di attesa di un pacchetto in coda in un ONT prima della trasmissione upstream;
- fairness (imparzialità), cioè la capacità di rispettare o non rispettare allo stesso modo i contratti SLA di tutti gli ONT;

- tasso di utilizzazione, cioè la percentuale di banda utilizzabile nel canale upstream.

I tre criteri sono legati tra loro. In un certo senso, la latenza è il più importante ed è anche il miglior indicatore della qualità dell'algoritmo DBA. Il tasso di utilizzazione e la fairness, infatti, vengono ottimizzati in modo da ridurre la latenza. Anche un algoritmo DBA caratterizzato da basso tasso di utilizzazione e cattiva fairness può raggiungere un buon valore di latenza, specialmente nei casi di test sintetici. Ma è molto probabile che in condizioni reali, con un andamento del traffico discontinuo, la latenza aumenti per alcuni o per tutti gli ONT.

Fondamentalmente un basso valore di latenza è essenziale per ottenere un veloce funzionamento del protocollo TCP in direzione downstream. Ritardare un messaggio ACK di TCP in direzione upstream, infatti, limiterebbe la velocità di download effettiva. Dal punto di vista dell'operatore, l'aumento della velocità di download si traduce direttamente in una maggiore soddisfazione del cliente. Il grafico di figura 3 illustra l'effetto del Round Trip Time (RTT) sulla capacità di TCP.

Nell'esempio sono state usate due finestre: 64 Kbyte e 8 Kbyte. RTT è il tempo totale del tragitto dal PC al server e ritorno, compreso il tempo di elaborazione a entrambi i capi; la rete PON è quindi responsabile solo di una parte del ritardo complessivo. In una rete ottimizzata per bassa latenza, la parte del ritardo dovuta alla PON non deve prevalere sulle altre componenti. Ad esempio, al fine di raggiungere una capacità di 100 Mbit/s, il tempo RTT totale deve essere 5 ms. Supponendo che il ritardo non imputabile alla PON sia 3 ms, restano 2 ms per la rete PON. Un ritardo dovuto alla PON di 7 ms limiterà la capacità a 50 Mbps, sebbene la rete possa raggiungere una velocità doppia. In questo caso, poiché la rete di accesso diviene il collo di bottiglia, l'operatore è costretto a compiere sforzi enormi per limitare il ritardo di rete complessivo a 3 ms, sforzi e spese che si sarebbero potuti evitare.

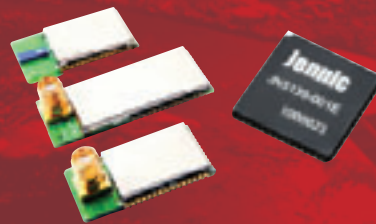
Effetto della suddivisione della banda sulla latenza in direzione upstream

Con il passaggio a reti più simmetriche, assume importanza critica il corretto dimensionamento della code negli ONT in direzione upstream. La loro lunghezza deve essere sufficiente a prevenire la perdita di pacchetti ma non deve aumentare la latenza, cosa che avrebbe un effetto negativo sulle prestazioni TCP. L'algoritmo di suddivisione della banda ha un effetto molto significativo sulla riduzione della latenza e sulle dimensioni dei buffer.

La seguente simulazione del traffico generato dagli ONT in direzione upstream assume un contratto SLA upstream da 50 Mbps e un traffico costituito da applicazioni P2P e caricamento di video e immagini. Questi impieghi sfruttano la banda disponibile in modo discontinuo, ma la media è di 50 Mbps. Ai fini della simulazione si assume che la coda dell'ONT in direzione upstream abbia una lunghezza

ZIGBEE

Microcontrollori wireless e moduli certificati per creare reti punto-punto, stella o mesh a standard ZigBee o IEEE802.15.4. Grazie alle funzioni di routing, di auto-generazione e di auto-riparazione della rete la disposizione dei nodi non deve essere predefinita ma si adatta automaticamente e in tempo reale al luogo in cui viene installata. Ideali anche per sistemi di comunicazioni audio full duplex low-power.



- MICROPROCESSORE 32-BIT 16MHZ 96KB DI RAM, 192KB ROM
- INTERFACCE UART, SPI, I2C ADC, DAC, 21 I/O, COMPARATORI E 5 TIMER
- CONSUMO TX/RX < 39 MA, CONSUMO SLEEP 2µA
- VERSIONI: ANTENNA CERAMICA, SMA, UFL, ANCHE HIGH POWER > 1KM
- RANGE TEMPERATURA -20°C / +70°C
- CERTIFICAZIONI EN 300-328/EN 301-489, FCC PART 15 E JAPAN ARIB STD-T66
- AMBIENTE DI SVILUPPO GRAFICO, LINGUAGGIO C, LIBRERIE API, DEMO OPEN SOURCE, COMANDI AT COMPLETI
- KIT VALUTAZIONE CON 5 BOARD, SENSORI E DISPLAY LCD

MODEM 868 MHZ

Modem RF per la trasmissione dati seriali punto-punto o punto-multipunto per building automation, telelettura e sensoristica. La modalità di trasmissione è trasparente e permette di interfacciarsi direttamente con la porta seriale senza dover gestire la comunicazione. La sezione radio a supereterodina garantisce qualità e sicurezza alla trasmissione che nella versione a 500 mW permette di raggiungere anche 5 km nel rispetto delle norme europee e italiane.



- TRASMISSIONE BIDIREZIONALE A 863-870MHZ
- VERSIONI DA 4, 10 E 500 MW INTERCAMBIABILI
- BAUD RATE SERIALE DA 600 BPS A 115200 BPS
- INTERFACCIA RS232 TTL O RS485
- MODALITÀ TRASPARENTE O INDIRIZZATA
- 14 CANALI A BANDA LARGA O 70 A BANDA STRETTA
- RANGE TEMPERATURA -20°C / +70°C
- COMPLIANT RTTE EN 300-220/EN 301 489 FCC PART 15.247
- KIT DI VALUTAZIONE PER OGNI MODELLO



SPECIAL-IND S.P.A.
 PIAZZA SPOTORNO, 3 • 20159 MILANO
 TEL. +39 02 6074741
 FAX +39 02 66800493
 readerservice.it n.21858

WWW.SPECIALIND.IT

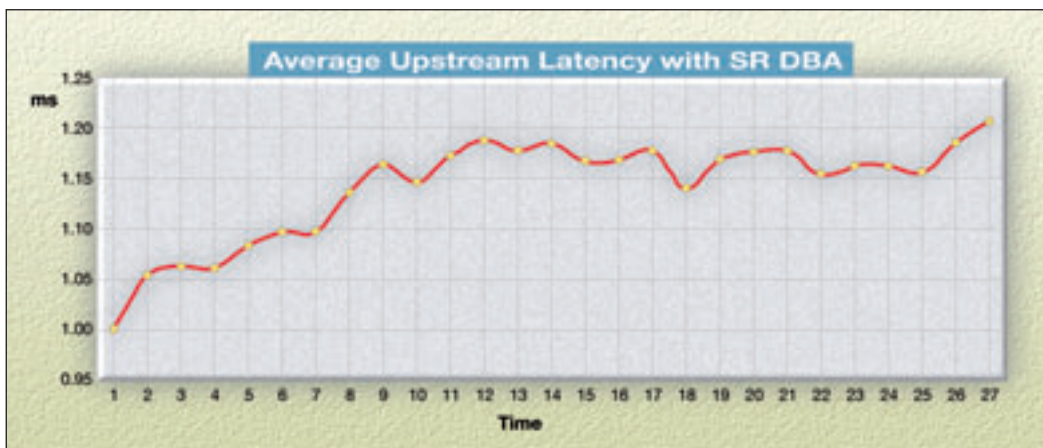


Fig. 6 - Latenza media in direzione upstream con algoritmo DBA di tipo SR

za infinita, condizione in cui non si verifica mai la perdita di pacchetti e la latenza upstream si accumula. Vengono simulati tre metodi di suddivisione della banda upstream da parte dell'OLT: statico, dinamico NSR e dinamico SR. Si assume inoltre che la rete sia congestionata e che quindi non sia disponibile alcuna larghezza di banda residua.

La figura 4 descrive la correlazione tra il traffico generato dagli ONT in direzione upstream, caratterizzato da discontinuità, e le diverse modalità di suddivisione. Il traffico upstream che entra attraverso la porta UNI di ogni terminale ONT ha una velocità media di 50 Mbps. Se si usa la suddivisione statica, il terminale OLT assegna costantemente 50 Mbps, indipendentemente dal traffico entrante, e non considera le necessità dell'ONT. Se si usa la suddivisione basata su un algoritmo NSR, l'OLT è in grado di rispondere lentamente alle variazioni del traffico ONT entrante, con un certo offset temporale, ma - poiché non ha visibilità sulla lunghezza delle code nei vari ONT - il terminale OLT non può suddividere la banda in modo tale da limitare tale lunghezza né la latenza.

Come illustrato dalla figura 5, i pacchetti che si accumulano nella coda upstream dell'ONT vengono trasmessi con latenza crescente. In tutte le condizioni reali, la coda upstream dell'ONT raggiungerebbe il limite di overflow. Alcuni pacchetti sarebbero quindi abbandonati e ritrasmessi, con un risultato complessivo che non permette di distinguere nettamente tra l'algoritmo

DBA di tipo NSR e la modalità di suddivisione statica.


Se invece si sceglie la modalità di suddivisione basata su un algoritmo di tipo SR, l'OLT è in grado di misurare il traffico generato dagli ONT e ha piena visibilità sulla lunghezza delle relative code. La suddivisione basata su algoritmo SR tiene conto efficacemente delle necessità dell'ONT e permette quindi di svuotare la coda upstream in modo tempestivo. Come mostrato dalle figure 5 e 6, la latenza upstream si mantiene bassa e relativamente costante, e non c'è rischio di overflow della coda e di perdita dei pacchetti.

Fairness

La fairness è un parametro elusivo. Un algoritmo imparziale dovrebbe garantire che il peggioramento del servizio rispetto alle condizioni previste negli SLA sia equamente condiviso tra tutti gli ONT. La fairness può essere garantita solo considerando le informazioni sullo stato della coda provenienti da tutti gli ONT. Meno ONT si considerano, più è difficile garantire la fairness. Con la modalità NSR e la modalità di suddivisione statica, che non considerano affatto le informazioni sullo stato delle code, la fairness non può essere ottenuta. Dal punto di vista dell'operatore, un alto livello di fairness indica una maggiore capacità di rispettare gli SLA, con il conseguente aumento della soddisfazione dei clienti. In una rete PON, l'unico modo per coniugare la possibilità di oversubscription e una bassa latenza consiste nell'implementare un algorit-

mo DBA. L'algoritmo DBA, infatti, consente di minimizzare la latenza, migliorare il tasso di utilizzazione e rispondere rapidamente ai cambiamenti del traffico. I risultati migliori si ottengono con algoritmi DBA di tipo SR. La qualità del DBA prescelto è importante, poiché si traduce in un aumento del fatturato dell'operatore. Il dispositivo PAS5211 di PMC-Sierra, un System-On-Chip che contiene un terminale OLT per rete GPON dotato di quattro porte, fornisce le funzioni principali di una soluzione OLT conforme allo standard ITU-T G.984 GPON.

Il chip offre tutte le funzionalità di un dispositivo OLT GPON, compreso un processore embedded per la gestione della PON in tempo reale e gli algoritmi per la DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) programmabile.

Il dispositivo può essere utilizzato in combinazione con le soluzioni della famiglia ONT (Optical Network Terminal) di PMC-Sierra o con altre soluzioni ONT conformi a GPON. Implementando un algoritmo DBA di tipo SR nel canale upstream di una rete GPON, l'operatore può applicare la oversubscription e offrire così una larghezza di banda superiore a 5 Gbps in direzione upstream, sfruttando la natura discontinua del traffico. Tramite il multiplexing statistico e le informazioni (report) fornite dagli ONT, è possibile ridurre la latenza fino al 90%. 

PMC-Sierra (Avnet Memece)
readerservice.it n. 1