



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UTBM

DOMANDA NUMERO	101994900382407
Data Deposito	26/07/1994
Data Pubblicazione	26/01/1996

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	J		

Titolo

PROCEDIMENTO PER L'ALLOCAZIONE OTTIMALE DELLE RISORSE PER IL TRASPORTO DI FLUSSI INFORMATIVI A BANDA VARIABILE SU RETI IN TECNICA ATM, E NODO DI PERMUTAZIONE UTILIZZANTE IL PROCEDIMENTO.

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"PROCEDIMENTO PER L'ALLOCAZIONE OTTIMALE DELLE RISORSE PER IL TRASPORTO DI FLUSSI INFORMATIVI A BANDA VARIABILE SU RETI IN TECNICA ATM, E NODO DI PERMUTAZIONE UTILIZZANTE IL PROCEDIMENTO"

a nome CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A., Via G. Reiss Romoli 274, 10148 Torino, nazionalità italiana.

Inventori : Antonio CAPPELLARI

Paolo COPPO

Matteo D'AMBROSIO

Vinicio VERCELLONE
TO 94A000615

Domanda N.

Depositata il

26 LUG. 1994

=====

La presente invenzione si riferisce alle reti ATM, e più in particolare ha per oggetto un procedimento per l'allocazione ottimale delle risorse per il trasporto di flussi informativi a banda variabile su una di tali reti, e a un nodo di permutazione utilizzando il procedimento.

Negli ultimi anni si è assistito a un sempre crescente sviluppo di comunicazioni dati con elevate prestazioni, in termini sia di velocità sia di qualità del servizio. Esempi sono rappresentati dalle comunicazioni tra calcolatori, per l'elaborazione dati distribuita, per l'accesso ad informazioni distribuite ecc. L'introduzione della tecnologia delle reti locali rappresenta uno dei fattori che hanno reso possibile un tale sviluppo e tali reti hanno avuto rapida e costante diffusione nei più svariati settori, diventando spesso il supporto per tutti i servizi di comunicazione dati all'interno delle imprese. A causa della dislocazione in città diverse o in nazioni diverse delle diverse

✱

sedi di una stessa impresa sorge il problema dell'interconnessione delle diverse risorse di comunicazione locali.

La soluzione comunemente adottata per questo problema è rappresentata dalla realizzazione di reti private basate sull'uso di linee dedicate prese in affitto. Tuttavia, il traffico dati che viene generato nella interconnessione di reti locali ha un profilo tipicamente discontinuo (o a banda variabile): questo può condurre ad un utilizzo poco efficiente e flessibile delle risorse dedicate, cosicché può essere difficile ammortizzare il relativo costo, che d'altra parte è notevole. Una possibile alternativa può essere quella di ricorrere a reti ad alta velocità in tecnica ATM, che sono particolarmente adatte a trattare un traffico a banda variabile e che sono anche in grado di costituire per l'utente un'alternativa più economica rispetto all'impiego di linee affittate. In particolare, il gestore pubblico della rete ATM potrebbe fornire su tale rete un servizio di rete privata virtuale a larga banda.

Nella memoria "Broadband Virtual Private Networks and Their Evolution" presentata da S. M. Walters e M. Ahmed al XIV International Switching Symposium, Yokohama (Giappone), 25-30 Ottobre 1992, è descritta una possibile struttura per una rete privata virtuale, basata sul principio della separazione tra allocazione di banda e connettività tra gli "utenti", indicando con questo termine non solo i terminali di utente veri e propri ma anche le varie reti da collegare. In altre parole, si propone di realizzare connessioni punto a punto tra gli utenti mediante canali virtuali, senza associare a tali canali alcuna caratteristica di larghezza di banda; l'allocazione di banda viene fatta a livello di cammino virtuale. (Si ricorda che i canali virtuali rappresentano il livello di moltiplicazione più basso in una rete ATM e i cammini virtuali rappresentano il livello di moltiplicazione immediatamente superiore). All'interno di un nodo, canali virtuali appartenenti a diversi cammini virtuali entranti

devono essere multiplati in cammini virtuali in uscita. Si verifica allora la necessità:
a) di applicare un criterio di multiplazione statistico che permetta di assegnare in modo ottimale la banda ai cammini virtuali d'uscita; b) di garantire allo stesso tempo che la somma dei flussi dei diversi canali virtuali costituenti il cammino virtuale uscente non ecceda mai la banda assegnata a questo.

In una rete che preveda la separazione tra connettività e allocazione di banda, la soluzione immediata per questi problemi potrebbe essere quella di:

- realizzare dapprima una permutazione dei canali virtuali, allocando ad ogni canale virtuale entrante (o all'insieme dei canali virtuali di uno stesso cammino virtuale entrante che debbano essere permutati verso uno stesso cammino virtuale uscente) la sua banda di picco, che può essere quella del cammino virtuale di appartenenza. In generale quindi, a ogni cammino virtuale uscente viene allocata una banda pari alla somma delle bande dei cammini virtuali contribuenti, cioè una banda pari a $\sum W_i$ ($i=1,2,\dots,m$), dove m è il numero di cammini virtuali contribuenti di banda W_i , anche se mediamente il traffico d'ingresso ha una banda nettamente inferiore;
- effettuare un controllo (policing) del traffico uscente dal nodo in modo da assegnare nella rete al cammino virtuale uscente una banda di picco $W_U < \sum W_i$;
- permutare e moltiplicare su linee di rete ad alta utilizzazione i cammini virtuali con banda di picco W_U .

Con questa soluzione tuttavia si ha un'inefficiente allocazione delle risorse di banda all'interno del nodo durante la fase di permutazione dei canali virtuali. In effetti, a fronte di un flusso in ingresso che in media sarà pari alla banda di picco di uscita voluta, occorre allocare sulle porte di uscita del nodo una banda pari a $\sum W_i$, con grave spreco delle risorse interne del permutatore. Per risolvere tale problema sono stati proposti meccanismi di assegnazione delle risorse noti nel loro insieme con la sigla

FRM (Fast Resource Management = Gestione Rapida delle Risorse), tuttavia questi presentano problemi o limitazioni se applicati al caso di sorgenti dati molto discontinue.

L'invenzione ha lo scopo di fornire un procedimento che permette un utilizzo ottimale delle risorse di rete e garantisce un livello di prestazioni adeguato sul trasferimento dei messaggi, in presenza di flussi informativi caratterizzati da un profilo di traffico altamente irregolare.

Secondo l'invenzione si fornisce un procedimento, applicato a flussi informativi composti da celle ATM trasportate lungo la rete tramite canali virtuali raggruppati in cammini virtuali, nel quale, in fase di instaurazione di un collegamento, si assegna una banda di picco ai cammini virtuali e in corrispondenza di ciascun nodo si effettuano un controllo del traffico (policing) in ingresso e in uscita dal nodo, per impedire che traffico proveniente da cammini virtuali diversi e destinato a uno stesso cammino virtuale di uscita del nodo ecceda la capacità di questo, e un livellamento del traffico stesso, per rendere per quanto possibile uniforme l'emissione delle celle relative a un dato cammino virtuale, caratterizzato dal fatto che:

il flusso di celle ATM effettua due passaggi consecutivi attraverso la rete di connessione del nodo, tali che: nel primo passaggio i canali virtuali dei cammini virtuali d'ingresso vengono distribuiti in fasci intermedi di canali virtuali aventi ognuno banda di picco complessiva pari a quella del cammino virtuale di provenienza dei canali contribuenti; tra il primo e il secondo passaggio si effettua una permutazione dei canali virtuali e una memorizzazione temporanea delle relative celle, inserendole in code di servizio associate ai cammini virtuali di uscita, congiuntamente a un livellamento del flusso di celle da associare a un cammino virtuale di uscita; e nel secondo passaggio si effettua una permutazione di cammini



virtuali, per moltiplicare i cammini virtuali di uscita sulle linee di uscita del nodo; e dal fatto che, per tale memorizzazione temporanea, si accettano messaggi nelle code di servizio solo se non è stata superata una soglia di riempimento della rispettiva coda o, in caso di superamento, messaggi caratterizzati come prioritari.

Vantaggiosamente, la memorizzazione temporanea e il livellamento sono realizzati in un organo inserito tra le uscite e gli ingressi della rete di connessione del nodo. A seconda che tale organo comprenda una singola unità, in grado di formare tutti i cammini virtuali di uscita del nodo, o una pluralità di unità ciascuna delle quali forma una parte di tali cammini virtuali di uscita, i fasci intermedi di canali virtuali realizzati nella prima fase di permutazione saranno ottenuti mediante una permutazione dei cammini virtuali di ingresso, oppure mediante una permutazione sia di cammini virtuali sia di canali virtuali, in modo tale che a ciascuna unità arrivino tutti i canali virtuali che devono essere trasferiti ai cammini virtuali di uscita serviti dall'unità stessa..

Secondo una preferita caratteristica dell'invenzione, per il livellamento dei flussi di celle, si alloca a ciascun cammino virtuale attivo su una uscita del nodo una banda complessiva multipla di una banda elementare e si leggono le celle della coda corrispondente secondo una trama formata da un numero di intervalli di tempo uguale al numero di bande elementari necessario per formare la banda complessiva.

E' anche oggetto dell'invenzione un nodo in cui la permutazione è realizzata secondo il procedimento, comprendente una rete di connessione e mezzi per effettuare una memorizzazione temporanea delle celle da inoltrare sui cammini virtuali di uscita e un livellamento del traffico, per rendere per quanto possibile uniforme l'emissione delle celle relative a un dato cammino virtuale, caratterizzato dal fatto che i mezzi di memorizzazione temporanea e livellamento del traffico sono collegati tra un gruppo di



uscite e un gruppo di ingressi della rete di commutazione e sono atti a:

- trattare flussi di celle ATM che nella rete di connessione sono già stati sottoposti a una prima fase di permutazione, nel corso della quale i canali virtuali dei cammini virtuali d'ingresso vengono distribuiti in fasci intermedi di canali virtuali aventi ognuno banda di picco complessiva pari a quella del cammino virtuale di provenienza dei canali contribuenti ;
- effettuare la permutazione dei canali virtuali per formare cammini virtuali livellati e conformati da reinserire nella rete di connessione dove sono sottoposti a una seconda fase di permutazione per il trasferimento su linee di uscita del nodo; e effettuare il livellamento del traffico a livello di canale virtuale mediante uno scarto selettivo di celle a livello di messaggio, accettando messaggi in code di servizio associate ai cammini virtuali di uscita solo se non è stata superata una soglia di riempimento della rispettiva coda o, in caso di superamento, messaggi caratterizzati come prioritari.

A maggior chiarimento si fa riferimento ai disegni allegati, in cui:

- la fig. 1 è uno schema di principio di una rete privata virtuale in tecnica ATM;
- la fig. 2 mostra lo schema logico di un nodo di permutazione della rete di Fig. 1, che fa comprendere il problema da risolvere con l'invenzione;
- la fig. 3 è lo schema logico di un nodo in cui è applicata l'invenzione;
- la fig. 4 è lo schema realizzativo del nodo di fig. 3;
- la fig. 5 è lo schema di una variante del nodo della fig. 3;
- la fig. 6 è uno schema a blocchi del servitore; e
- la fig. 7 è un diagramma degli stati relativo all'algoritmo di scarto selettivo.

Con riferimento alla fig. 1, si è rappresentata una rete in tecnica ATM che presenta un certo numero di utenti $UT_1 \dots UT_h$, $UT_k \dots UT_n$ e un certo numero di nodi di

permutazione (cross-connect) $Na...Nm$. Nell'applicazione preferita dell'invenzione alla realizzazione di un servizio di rete privata virtuale, gli "utenti" possono essere per esempio reti locali costituenti il supporto dei servizi di comunicazione di sedi diverse di una stessa azienda. Le celle ATM in cui è organizzata una trasmissione di informazione escono dagli utenti o arrivano agli utenti tramite i canali virtuali; i canali virtuali sono poi raggruppati in base a certi criteri logici in cammini virtuali $VP1...VPh$, $VPk...VPn$. Nel disegno, i canali virtuali sono indicati con linee a tratti all'interno dei cammini virtuali. Per semplicità si è indicato un solo cammino virtuale VPa in uscita da Na e un solo cammino virtuale VPm in ingresso a Nm . Inoltre, nella figura, non si è presa in considerazione l'associazione tra i vari canali virtuali e le giunzioni fisiche su cui essi sono fisicamente convogliati.

Per realizzare la separazione tra connettività e allocazione di banda, come descritto nella memoria sopra citata di S.M. Walters e M. Ahmed, uno stesso cammino virtuale $VP1...VPh$, $VPk...VPn$ raggrupperà p. es. tutti i canali virtuali uscenti da un utente o rispettivamente destinati a un utente. E' compito dell'utente gestire la banda dei canali virtuali all'interno di un cammino virtuale. Vantaggiosamente, tale gestione si basa su criteri di moltiplicazione statistica (cioè la banda allocata ai diversi canali virtuali di un cammino virtuale varia dinamicamente in modo da non superare mai complessivamente la banda di picco del cammino virtuale) in quanto in questo modo si ha un risparmio della banda assegnata ai cammini virtuali. I nodi della rete controlleranno invece il traffico a livello di cammino virtuale: in particolare, verrà effettuato un controllo (policing) del traffico sia in ingresso che in uscita dal nodo (blocchi $P1...Ph$, Pa , Pm , $Pk...Pn$) per impedire che traffico proveniente da più cammini virtuali d'ingresso e destinato a uno stesso cammino virtuale di uscita ecceda la capacità di questo. Il controllo del traffico è una funzione convenzionale nelle reti



ATM e consiste sostanzialmente nello scartare una parte delle celle quando la banda richiesta a un cammino virtuale supera la banda prestabilita per lo stesso. Questa funzione è descritta p. es. nella raccomandazione ITU-T I.371.

Nella fig. 2 si è rappresentato lo schema logico delle operazioni di un generico nodo N della rete di fig. 1, nel caso in cui la permutazione dei canali e cammini virtuali avvenga con il criterio descritto nell'introduzione. Nel nodo entrano un certo numero di cammini virtuali (tre nell'esempio illustrato, indicati con A, B, C e appartenenti a giunzioni d'ingresso diverse E1, E2, E3), a ognuno dei quali è associata una banda di picco W_i , indicata all'interno del rispettivo elemento rappresentativo. A titolo di esempio non limitativo, la banda di picco è supposta uguale (10 Mbit/s) per tutti i cammini virtuali. Il nodo deve permutare i canali virtuali appartenenti ai diversi cammini virtuali di ingresso e formare cammini virtuali in uscita D', E', F', G': questi sono convogliati da tre giunzioni di uscita U1 (cammino F'), U2 (D', E'), U3 (G') e a ognuno di essi è allocata una banda W_u che, sempre a titolo di esempio non limitativo, è supposta uguale per tutti i cammini e uguale a quella dei cammini virtuali d'ingresso. La permutazione avviene in due fasi, schematizzate suddividendo il nodo nei due blocchi VCX, VPX1. Nella prima fase il nodo N agisce solo come un permutatore di canali virtuali e ridistribuisce i canali presenti nei cammini A, B, C tra un gruppo di cammini virtuali intermedi D, E, F, G. Ad ogni canale entrante (o a ogni gruppo di canali entranti che debbano essere permutati verso un medesimo cammino virtuale uscente) è allocata la sua banda di picco, che si suppone uguale a quella del cammino virtuale di appartenenza. I dispositivi di controllo del traffico in ingresso al nodo (schematizzati dagli ellissi PA, PB, PC) provvedono a che la banda di picco disponibile nel cammino virtuale non sia superata. A ognuno dei cammini virtuali D-G viene allocata, come detto sopra, una banda pari alla somma delle bande dei cammini virtuali

contribuenti. E' evidente che si ha un elevato dispendio di banda con scarsa utilizzazione: in effetti, a fronte di un flusso in ingresso che nell'esempio è pari mediamente a 10 Mbit/s, occorre allocare sulle porte di uscita del nodo (cioè sulle linee fisiche che convogliano i cammini virtuali D-G) 20 o 30 Mbit/s con grave spreco delle risorse interne del permutatore. Ai cammini virtuali D, E, F, G sono associati dispositivi di controllo del traffico di uscita (ellissi PD, PE, PF, PG) per limitare la banda di picco di questi cammini virtuali al valore voluto (10 Mbit) per i cammini virtuali di uscita. Si formano così i cammini virtuali D'-G' con banda di picco Wu che, nella seconda fase, vengono fatti rientrare nel nodo e vengono permutati e multiplati su linee di rete ad alta utilizzazione U1...U3. Il nodo in questa fase si comporta come un permutatore di cammini virtuali VPX1. Il problema che può sorgere in questa seconda fase è che un dispositivo di controllo usato da solo attribuisce la responsabilità di un corretto utilizzo della banda alle sorgenti nel loro insieme, ciò che può essere difficile da realizzare essendo le sorgenti indipendenti tra loro.

Nella fig. 3 si è rappresentato lo schema di principio del funzionamento del nodo N utilizzando l'invenzione, supponendo la stessa associazione cammini virtuali/linee fisiche e la stessa allocazione di banda ai cammini virtuali in ingresso e in uscita già esaminati in connessione con la fig. 2. Gli elementi presenti anche nella fig. 2 sono indicati con gli stessi riferimenti.

Come si vede, la permutazione richiede ancora un doppio passaggio attraverso il nodo, come schematizzato dai due blocchi VPX2, VPX3; inoltre, prima del secondo passaggio, i flussi ATM vengono trattati in un dispositivo di memorizzazione temporanea o servitore di multiplazione statistica SMS, che esegue la permutazione dei canali virtuali e realizza inoltre tutte le funzioni di controllo della banda e la multiplazione statistica sui diversi flussi informativi, formando i cammini virtuali

uscanti D', E', F', G' con la banda richiesta Wu. Nella prima fase il nodo si comporta come permutatore di cammini virtuali trasferendo i cammini virtuali entranti A, B, C sulle porte di uscita a cui è attestato il dispositivo SMS, mantenendo inalterata la banda di picco assegnata ai singoli cammini. I cammini virtuali uscenti da SMS effettuano poi il secondo passaggio nel nodo, come nel caso precedente, per essere permutati sulla giunzione d'uscita opportuna. All'interno di SMS si sono schematizzate con BD, BE, BF, BG le code dei pacchetti per i diversi cammini virtuali di uscita.

Nella fig. 4 si è rappresentato lo schema di collegamento del servitore SMS in un nodo. Questo comprende una rete di connessione PX che presenta due gruppi di porte d'ingresso e di porte di uscita. A un primo gruppo di porte di ingresso arrivano un certo numero di giunzioni d'ingresso E1...En da altri nodi su cui sono convogliati cammini virtuali da trasferire su altrettante giunzioni di uscita U1...Un verso altri nodi. Un secondo gruppo di n giunzioni di uscita U'1...U'n è collegato agli ingressi del servitore SMS, le cui uscite sono collegate giunzioni E'1...E'n che sono riportate al secondo gruppo di ingressi di PX. Pertanto, per effetto della prima fase di permutazione, il traffico presente sulle giunzioni di ingresso è commutato sulle uscite U'1...U'n del secondo gruppo per essere trattato in SMS. Questo forma poi i cammini virtuali di uscita e li inserisce sulle giunzione E'1...E'n che sono poi permutate sulle uscite U1...Un. I collegamenti precisi tra ingressi e uscite stabiliti all'interno della rete PX, durante ciascuna delle due fasi, o all'interno del servitore SMS non hanno alcuna rilevanza per la comprensione dell'invenzione.

Esaminando ora più in dettaglio i compiti del servitore SMS, questo ha sostanzialmente tre funzioni:

1) assorbire eventuali picchi di traffico temporaneamente superiori alla banda Wu di un cammino virtuale uscente (quindi, una normale funzione di memoria tampone);

2) livellare il flusso di celle su tali cammini: per "livellamento" o "shaping" si intende uno smussamento dei picchi di traffico (con riferimento alla banda o al tempo) ottenuto temporizzando l'emissione delle celle relative ai singoli cammini virtuali uscenti in modo tale da garantire un intervallo di emissione tra celle consecutive non inferiore a quello consentito per quel cammino. Il livellamento potrebbe essere realizzato in uno qualsiasi dei modi descritti in letteratura. Tuttavia preferibilmente nella presente invenzione si adotta una soluzione basata sull'allocazione ai singoli cammini virtuali di uscita di una banda complessiva multipla di una banda elementare o quanto (ad esempio di 64 Kbit/s). Tale soluzione sarà descritta più oltre, con riferimento alla fig. 6 che mostra la struttura del servitore SMS.

3) preservare l'integrità dei flussi a livello di messaggio e non a livello di cella con l'adozione di un meccanismo di gestione delle memorie temporanee associate ai singoli cammini virtuali basato su tecniche di scarto selettivo: in altre parole, tenendo presente che la perdita di una cella implica la ripetizione del messaggio, in presenza di sovraccarico si cerca di concentrare le perdite sul numero più limitato possibile di messaggi. Questo viene ottenuto utilizzando un meccanismo a soglia per l'accettazione dei messaggi in ingresso, descritto più avanti.

E' possibile anche che il servitore SMS debba svolgere funzioni di concentrazione. Nella figura si è comunque supposto che tale elemento abbia unicamente funzioni di permutazione sui canali virtuali.

I vantaggi dell'introduzione del servitore e delle modalità di permutazione adottate secondo l'invenzione possono essere così riassunti:

- Si determina un livellamento dei flussi di celle che permette di trattare efficacemente anche traffico molto discontinuo, realizzando la moltiplicazione statistica dei flussi stessi, riducendo le risorse richieste in rete, evitando possibili stati di

congestione nei nodi a valle e/o in particolare alla destinazione, ecc.

- La funzione di scarto selettivo a livello di messaggio protegge il flusso di celle visto dalla destinazione anche in caso di congestione, in particolare in confronto a soluzioni basate semplicemente sullo scarto indiscriminato di tutte le celle quando la memoria tampone è piena

- Si ha la massima reattività alle situazioni di congestione temporanea sui cammini virtuali uscenti e la massima utilizzazione della banda allocata.

- Si limita l'impatto sulle strutture di controllo del nodo, perché non sono richiesti protocolli e procedure di gestione specifici; ad ogni modo l'introduzione del servitore non è incompatibile con soluzioni tipo FRM, che possono essere ritenute complementari ed aggiunte opzionalmente al fine di contenere l'occupazione dei buffer all'interno del server riducendo i tempi di ritardo delle celle o per trattare traffico dal profilo più regolare ed orientato alla connessione

- Infine si effettua una funzione virtuale di conformazione evitando violazioni della banda di picco sui cammini virtuali uscenti.

Alle porte del servitore SMS devono essere presenti tutti i cammini virtuali entranti comprendenti canali virtuali che devono essere trasferiti a un cammino virtuale di uscita e tutti i cammini virtuali uscenti in cui confluiscono i canali virtuali di un dato cammino entrante. Se la banda di quei cammini uscenti eccede la banda disponibile in uscita dal modulo, il servitore dovrà comprendere più moduli, ciascuno dei quali gestisce una parte dei cammini stessi. Un esempio di questa possibilità è rappresentato in fig. 5, in cui si è previsto un servitore composto da due moduli SMS1, SMS2, dal primo dei quali escono i cammini virtuali D', E', G', mentre dal secondo esce il cammino virtuale F'. In queste condizioni in generale un cammino virtuale entrante nel nodo può comprendere canali virtuali che devono essere

trasferiti a cammini virtuali di uscita appartenenti a moduli diversi. Per esempio, nella figura si è considerato il caso in cui i cammini virtuali B, C comprendano canali diretti verso cammini di uscita serviti dai due moduli SMS1, SMS2. Quindi nel primo passaggio all'interno del nodo occorrerà effettuare anche una permutazione di canali virtuali in modo da raggruppare i canali virtuali diretti verso moduli distinti in fasci distinti aventi banda di picco aggregata pari a quella del cammino virtuale di provenienza. Nella prima fase il nodo si comporterà quindi in generale da permutatore VPCX sia di cammini virtuali che di canali virtuali. In particolare: il cammino virtuale A viene ancora permutato come tale, in quanto tutti i suoi canali virtuali sono destinati a cammini virtuali formati da SMS1; per il cammino B, parte dei suoi canali viene permutata in modo da formare un cammino virtuale intermedio B" gestito da SMS1 e un cammino B'" gestito da SMS2; analogamente il cammino virtuale C dà origine ai cammini virtuali C", C"'. Come indicato in figura, a ognuno dei cammini B", B"', C", C"' è assegnata la banda di 10 Mbit/s. Nei due moduli SMS1, SMS2 di SMS viene effettuata la permutazione dei canali virtuali in modo da formare i quattro cammini virtuali di uscita, come nel caso precedente. Il secondo passaggio nel nodo consiste ancora nella semplice permutazione dei cammini virtuali, e pertanto il secondo blocco logico del nodo è ancora indicato con VPX3.

Con riferimento alla figura 6 il servitore SMS comprende sostanzialmente una sezione di ingresso IN, la memoria temporanea BU, l'unità di controllo UC della memoria BU e una sezione di uscita OU.

La sezione d'ingresso IN comprende una pluralità di elementi IN1, IN2...INn a ciascuno dei quali è attestata una delle linee U'1...U'n. Come indicato per IN1, ciascuno di questi elementi comprende una memoria di tipo FIFO IF1, con un rispettivo controllore CIF1 e una memoria associativa TLB1 del tipo noto come CAM (Content

Adressable Memory = memoria indirizzabile tramite il contenuto) in cui sono memorizzate informazioni relative al cammino virtuale di uscita a cui la cella è associata (in particolare un codice identificativo interno di una coda virtuale realizzata in BU e corrispondente a tale cammino) ed un'informazione di stato del canale virtuale di appartenenza della cella, utilizzata per realizzare lo scarto selettivo a livello di messaggio con le modalità che saranno descritte in seguito. Queste informazioni sono fornite dall'unità di controllo UC tramite un primo sistema di moltiplicazione-demoltiplicazione DM1 che in un senso permette di distribuire alle memorie associative e ai controllori dei diversi elementi della sezione d'ingresso le informazioni di loro pertinenza, e dall'altro consente il trasferimento di informazioni dai controllori CIF all'unità UC. Nella memoria IF1 e nelle corrispondenti memorie di IN2...INn vengono temporaneamente immagazzinate le celle entranti per l'eventuale elaborazione del campo di etichetta e per l'allineamento e la sincronizzazione dei flussi alla base tempi interna del dispositivo. Le celle sono poi trasferite dalla memoria IF del rispettivo elemento IN1...INn della sezione di ingresso alla memoria BU tramite un primo multiplexer MX1. Un ulteriore ingresso di MX1 è collegato all'unità di controllo UC per consentire a questa di inserire particolari flussi informativi per scopi di controllo e gestione.

I controllori CIF svolgono le usuali funzioni necessarie per la scrittura e lettura dati nelle memorie degli elementi IN1...INn. Inoltre, essi provvedono all'estrazione ed analisi dei campi di intestazione delle celle necessari al riconoscimento del tipo di cella e della connessione virtuale di appartenenza, in particolare gli identificativi di cammino e canale virtuale VPI/VCI, il campo PT contenente l'identificativo del tipo di traffico pagante PTI e il campo CLP (Cell Loss Priority). Se la conversione dell'etichetta per sostituire gli identificativi VPI/VCI d'ingresso con quelli di uscita



non è già stata fatta da altri organi del nodo, i controllori CIF provvedono anche a tale operazione. Le informazioni estratte dai controllori CIF sono poi fornite all'unità di controllo UC.

La sezione di uscita OU comprende anch'essa una pluralità di elementi OU1...OU_n a ognuno dei quali è attestata una delle linee di uscita E'1...E'n. Come indicato per OU1, ogni elemento contiene una memoria FIFO FU1 e il relativo controllore CFU1, che svolge funzioni duali di quelle dei controllori CIF delle memorie FIFO in IN, a parte l'estrazione ed analisi di campi della cella uscente, non strettamente necessaria in generale. Le celle da scrivere nelle varie memorie UF di OU giungono da BU tramite un primo demultiplexer DM1, che ha un'ulteriore uscita per l'invio a UC di gruppi di celle particolari; un secondo organo di moltiplicazione-demoltiplicazione MD2 permette lo scambio di informazioni tra i controllori CFU e UC .

La memoria BU è costituita da una memoria a lettura e scrittura al cui interno vengono realizzate le code di servizio BU1....BU_n (alcune delle quali corrispondono a quelle indicate con BD...BG nelle figure 3 e 5) relative ai singoli cammini virtuali di uscita. Un gruppo particolare di code indicato con BU_x è riservato ai flussi provenienti dall'unità di controllo UC o destinati ad essa. Vantaggiosamente la memoria è condivisa su tutte le code, che sono quindi code logiche (o virtuali) e non code fisiche: in altri termini non è necessario allocare in modo statico aree di memoria alle singole code.

L'unità di controllo UC è un'unità elaborativa specializzata a svolgere in maniera efficiente le operazioni di gestione e controllo intelligente di BU. In particolare, UC gestisce mediante un convenzionale meccanismo a liste gli indirizzi della memoria BU allo scopo di realizzare e mantenere le code virtuali con le modalità richieste dalla tecnica di scarto selettivo e di livellamento adottate secondo l'invenzione.

In particolare, per quanto riguarda lo scarto selettivo, ogni canale virtuale viene

gestito da UC come una macchina a stati che può assumere i seguenti tre stati:

- **Riposo:** un canale è considerato in condizioni di riposo dopo la ricezione di una cella di "fine messaggio", riconosciuta tramite le informazioni contenute nel campo PT (Payload Type = tipo di carico pagante) che è previsto nell'intestazione della cella secondo i protocolli normalizzati (in particolare, il protocollo AAL5, descritto nella raccomandazione ITU-T I.363);
- **Accettazione:** il canale passa allo stato di accettazione nel momento in cui viene ricevuta una prima cella relativa ad esso (ciò che viene riconosciuto perché tale cella si presenta durante lo stato di riposo) purché la lunghezza della coda di servizio del cammino virtuale in cui deve essere inserita sia inferiore o uguale ad una certa soglia. Può anche essere previsto che il canale passi a tale stato, indipendentemente dalla lunghezza della coda, se il campo CLP della cella indica un messaggio da servire prioritariamente. Il canale rimane nello stato di accettazione (e quindi le celle vengono ammesse in coda) fino al momento in cui giunge la cella di fine messaggio; quindi il canale ritorna nello stato di riposo;
- **Rifiuto:** il canale passa nello stato di rifiuto quando, in corrispondenza della prima cella relativa ad esso ricevuta durante lo stato di riposo, la lunghezza della coda di servizio del cammino virtuale in cui deve essere inserita è superiore alla soglia (a meno che il messaggio sia prioritario, come detto sopra). In questo stato le celle in ingresso da quel canale vengono scartate fino all'arrivo della cella di fine messaggio che fa ritornare il canale nello stato di riposo.

Questa procedura è illustrata anche nel diagramma degli stati di fig. 7. Si noti che la descrizione che precede presuppone che la soglia sia determinata in modo tale che, se si accetta la prima cella di un messaggio, si accettano anche tutte le celle successive. Per questo motivo non è previsto un passaggio dallo stato di accettazione a quello di

rifiuto nel corso di un messaggio.

Oltre alla soglia di accettazione, è opportuno porre anche un limite massimo alla dimensione delle code di servizio dei cammini virtuali, in modo da evitare che messaggi troppo lunghi possano congestionare l'intera memoria BU danneggiando le code di altri cammini virtuali; ciò limita inoltre i tempi di attesa delle celle nel servitore.

Per quanto riguarda la livellamento, come si è detto la tecnica adottata si basa sull'assegnazione ai singoli cammini virtuali, in fase di contrattazione della banda, di una banda multipla di un certo quanto. In queste condizioni è possibile definire il servizio dei vari cammini virtuali secondo una trama fissa suddivisa in un numero di intervalli o posizioni pari al numero di quanti di banda costituenti l'intera banda utilizzabile sulla giunzione d'uscita. A ogni cammino virtuale viene assegnato il numero di posizioni necessario per fornire al cammino stesso la banda richiesta, e queste saranno distribuite all'interno della trama in modo tale che le celle di ogni cammino virtuale siano servite con intervalli di emissione per quanto possibile uniformi e minimizzando la variabilità dei ritardi di cella causata dai conflitti sui medesimi tempi di servizio. La costruzione di una trama corrisponde semplicemente alla realizzazione di una tabella di memoria con il numero di posizioni voluto, a ciascuna delle quali è associato l'indice di un cammino virtuale da servire. Ogni intervallo della trama corrisponde al tempo di emissione di una cella. La trama viene scandita ciclicamente. La trama di servizio viene costruita una sola volta per ogni gruppo di cammini virtuali contemporaneamente attivi su una particolare uscita di SMS e viene modificata solo quando un cammino virtuale viene cancellato od inserito tra quelli attivi.

Tenuto conto di quanto precede, si deduce immediatamente il funzionamento del blocco SMS. All'ingresso di una cella in IN il controllore CIF della memoria interessata

estrae ed analizza i campi di intestazione contenenti gli identificativi VPI/VCI, l'identificativo PTI (cioè il contenuto del campo PT) e il contenuto del campo CLP. Mediante gli identificativi VPI/VCI il controllore CIF legge nella memoria TLB lo stato (riposo/accettazione/rifiuto) del canale a cui la cella stessa appartiene e le informazioni necessarie per l'inserimento nella opportuna coda virtuale in BU. L'identificativo interno viene inviato all'unità di controllo UC che, per i canali in stato di accettazione, determina sulla base di tale identificativo l'inserimento nella lista opportuna dell'indirizzo del buffer in cui la cella va scritta, in maniera tale da determinare l'accodamento logico della cella alla coda virtuale associata. L'indirizzo di scrittura della cella è stato inviato preventivamente scritto in TLB da UC che lo ha prelevato tra quelli liberi, secondo le consuete modalità di gestione di una coda. Se si tratta della prima cella di un canale in stato di riposo, l'unità di controllo UC valuta, sorvegliando lo stato di occupazione delle code, se è necessario disabilitare temporaneamente le celle del canale in arrivo destinate alla particolare coda considerata; in tal caso effettua, direttamente o tramite la logica di controllo IN, le operazioni di configurazione nella memoria TLB necessarie a disabilitare temporaneamente (modificare in stato di rifiuto) le celle destinate alla coda suddetta. Analogamente il canale in oggetto verrà nuovamente abilitato (quindi il suo stato viene mutato in accettazione), quando lo stato di riempimento della coda si abbassa al disotto della soglia prefissata.

Per effettuare la lettura delle celle dalle code, UC consulta la trama in base alla quale viene effettuata la funzione di livellamento sulle code associate ai cammini virtuali, trama che, come detto, è immagazzinata in un'opportuna area di memoria. Dalla lettura della trama UC ricava l'informazione relativa alla coda virtuale che deve essere servita in ciascun ciclo di funzionamento, e precisamente l'identificativo

A

interno della coda virtuale dalla quale deve essere trasmessa la cella di uscita. Di conseguenza UC invia al blocco OU interessato, durante ciascun ciclo di operazione, l'indirizzo della cella che deve essere trasmessa in uscita, inserendolo poi nuovamente nell'insieme degli indirizzi delle locazioni libere all'interno di BU.

E' evidente che quanto descritto è dato unicamente a titolo di esempio non limitativo e che varianti e modifiche sono possibili senza uscire dal campo di protezione dell'invenzione. In particolare, anche se nell'esempio descritto si è fatto riferimento al caso in cui la banda di picco di tutti i cammini virtuali sia uguale e si mantenga costante attraverso il nodo, il procedimento e il dispositivo sono applicabili inalterati anche nel caso più generale di variabilità della banda.



RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la permutazione di flussi informativi a banda variabile all'interno di un nodo di permutazione di una rete in tecnica ATM, in cui: i flussi informativi sono composti da celle ATM trasportate lungo la rete tramite canali virtuali raggruppati in cammini virtuali; in fase di instaurazione di un collegamento si assegna una banda di picco ai cammini virtuali; e in corrispondenza di ciascun nodo si effettuano un controllo del traffico (policing) in ingresso e in uscita dal nodo, per impedire che traffico proveniente da cammini virtuali diversi e destinato a uno stesso cammino virtuale di uscita del nodo ecceda la capacità di questo, e un livellamento del traffico stesso, per rendere per quanto possibile uniforme l'emissione delle celle relative a un dato cammino virtuale,

caratterizzato dal fatto che: il flusso di celle ATM effettua due passaggi consecutivi attraverso la rete di connessione (PX) del nodo, tali che: nel primo passaggio i canali virtuali dei cammini virtuali d'ingresso (A, B, C) vengono distribuiti in fasci intermedi di canali virtuali (A', B', C'; A'', B'', B''', C'', C''') aventi ognuno banda di picco complessiva pari a quella del cammino virtuale di provenienza dei canali contribuenti; tra il primo e il secondo passaggio si effettua una permutazione dei canali virtuali e si effettua una memorizzazione temporanea delle celle relative, inserendole in code di servizio associate ai cammini virtuali di uscita, congiuntamente a un livellamento del flusso di celle da associare a un cammino virtuale di uscita; e nel secondo passaggio si effettua una permutazione di cammini virtuali, per moltiplicare i cammini virtuali di uscita sulle linee di uscita del nodo; e dal fatto che, per la memorizzazione temporanea si accettano messaggi solo se non è stata superata una soglia di

riempimento della rispettiva coda o, in caso di superamento, messaggi caratterizzati come prioritari, realizzando uno scarto selettivo a livello di messaggio.

2. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che, per lo scarto selettivo a livello di messaggio si memorizza per ciascun canale un'informazione di stato che indica tre possibili stati del canale stesso, e precisamente:

- uno stato di riposo, che il canale assume dopo la fine di un messaggio e in attesa della prima cella di un nuovo messaggio;
- uno stato di accettazione, che il canale assume alla ricezione della prima cella di un messaggio, se le condizioni di riempimento della coda relativa al cammino virtuale di uscita su cui il messaggio va inserito non superano la soglia o se il messaggio è prioritario, e in corrispondenza del quale le celle sono ammesse nella rispettiva coda per gli ulteriori trattamenti, lo stato di accettazione essendo mantenuto fino alla ricezione dell'ultima cella del messaggio;
- uno stato di rifiuto, che il canale assume alla ricezione della prima cella di un messaggio, se le condizioni di riempimento della coda relativa al cammino virtuale di uscita su cui il messaggio va inserito sono superiori a detta soglia e il messaggio non è prioritario, e in corrispondenza del quale le celle non sono inoltrate verso una coda di uscita per gli ulteriori trattamenti, anche lo stato di rifiuto essendo mantenuto fino alla ricezione dell'ultima cella del messaggio.

3. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che per il livellamento si alloca a ciascun cammino virtuale attivo su un'uscita del nodo una banda complessiva multipla di una banda elementare e si leggono le celle della coda corrispondente secondo una trama formata da un numero di intervalli di tempo



uguale al numero di bande elementari necessario per formare la banda complessiva.

4. Procedimento secondo la riv. 3, caratterizzato dal fatto che la trama di livellamento del traffico viene costruita una sola volta per il rispettivo gruppo di cammini virtuali contemporaneamente attivi e viene aggiornata in corrispondenza della cancellazione di uno dei cammini o dell'attivazione di un nuovo cammino.
5. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che la memorizzazione temporanea e il livellamento sono realizzati in un organo (SMS) inserito tra le uscite e gli ingressi della rete di connessione del nodo (PX), il quale riceve in ingresso tutti i fasci intermedi di canali virtuali e forma tutti i cammini virtuali di uscita del nodo, e dal fatto che i fasci intermedi di canali virtuali realizzati nella prima fase di permutazione sono ottenuti mediante una permutazione dei cammini virtuali in ingresso al nodo.
5. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che la memorizzazione temporanea e il livellamento sono realizzati in un organo (SMS) inserito tra le uscite e gli ingressi della rete di connessione del nodo (PX) e comprendente una pluralità di unità (SMS1, SMS2) ciascuna delle quali forma una parte dei cammini virtuali di uscita dal nodo, e dal fatto che i fasci intermedi di canali virtuali realizzati nella prima fase di permutazione e associati a ognuna di tali unità sono ottenuti mediante una permutazione sia di cammini virtuali sia di canali virtuali, in modo tale che a ciascuna unità arrivino tutti i canali virtuali che devono essere trasferiti ai cammini virtuali di uscita serviti dall'unità stessa.
7. Nodo di permutazione di una rete in tecnica ATM in cui si trasmettono celle ATM

trasportate lungo la rete tramite canali virtuali raggruppati in cammini virtuali a ciascuno dei quali è assegnata, in fase di instaurazione di un collegamento, una banda di picco, il nodo comprendendo una rete di connessione (PX) e mezzi (SMS) per effettuare una memorizzazione temporanea delle celle da inoltrare sui cammini virtuali di uscita e un livellamento del traffico, per rendere per quanto possibile uniforme l'emissione delle celle relative a un dato cammino virtuale, caratterizzato dal fatto che i mezzi (SMS) di memorizzazione temporanea e livellamento del traffico sono collegati tra un gruppo di uscite e un gruppo di ingressi della rete di connessione (PX) e sono atti a:

- trattare flussi di celle ATM che nella rete di connessione (PX) sono già stati sottoposti a una prima fase di permutazione, nel corso della quale i canali virtuali dei cammini virtuali d'ingresso (A, B, C) vengono distribuiti in fasci intermedi di canali virtuali (A', B', C'; A'', B'', B''', C'', C''') aventi ognuno banda di picco complessiva pari a quella del cammino virtuale di provenienza dei canali contribuenti;
 - effettuare la permutazione dei canali virtuali per formare cammini virtuali di uscita livellati e conformati da reinserire nella rete di connessione (PX), dove sono sottoposti a una seconda fase di permutazione per il trasferimento su linee di uscita del nodo;
 - effettuare il livellamento del traffico a livello di canale virtuale mediante uno scarto selettivo di celle a livello di messaggio, accettando messaggi per l'inserimento in code di servizio associate ai cammini virtuali di uscita solo se non si è superata una soglia di riempimento della rispettiva coda o, in caso di superamento, messaggi caratterizzati come prioritari.
8. Nodo secondo la riv. 7, caratterizzato dal fatto che i mezzi (SMS) di livellamento

comprendono almeno un'unità comprendente:

- un elemento di memorizzazione (BU) in cui vengono organizzate code di servizio associate ai diversi cammini di uscita;
- un'unità (UC) di controllo dell'elemento di memorizzazione per la gestione di tali code, tale unità generando, sulla base dello stato di riempimento delle code, un'informazione di stato per ogni canale virtuale indicativa della possibilità di accettare o meno un messaggio proveniente sul canale stesso, e costruendo e gestendo la trama per la livellamento del traffico di uscita;
- una pluralità di elementi d'ingresso (IN1...INn), in numero uguale alle linee di ingresso/uscita del nodo e comprendenti ognuno: una memoria (IF1) di tipo FIFO per la memorizzazione temporanea dei flussi di celle che hanno subito la prima fase di permutazione; una memoria associativa (TLB) di tipo indirizzabile mediante il contenuto, che memorizza informazioni relative al cammino virtuale di uscita a cui una cella ricevuta va inoltrata e l'informazione di stato del canale virtuale di appartenenza di detta cella, fornita dall'unità (UC) di controllo dell'elemento di memorizzazione; e un controllore della memoria FIFO (IF1) che, sulla base delle informazioni contenute nella memoria associativa, comanda l'eventuale inoltro ai mezzi di memorizzazione, per l'inserimento nelle code, solo delle celle relative a messaggi prioritari o a messaggi ricevuti su canali per i quali, in corrispondenza della prima cella dei messaggi stessi, l'informazione di stato del rispettivo canale indica la possibilità di accettazione;
- una pluralità di elementi di uscita (OU1...OU_n), ognuno associato a una linea di uscita e comprendente una memoria di tipo FIFO (FU1) e un controllore della memoria stessa, che comanda l'inoltro delle celle sulla linea di uscita sulla



base delle informazioni sulla trama di livellamento fornite dall'unità di controllo (UC) dell'elemento di memorizzazione.

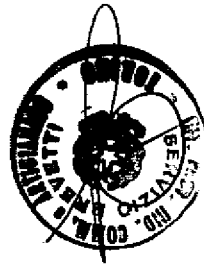
9. Nodo secondo la riv. 8 caratterizzato dal fatto che in detto elemento di memorizzazione (BU) si organizzano anche code relative a flussi di celle da inoltrare all'unità di controllo (UC) o fornite da questa.
10. Nodo secondo la riv. 8 o 9, caratterizzato dal fatto che l'elemento di memorizzazione (BU) è un elemento condiviso e le code di servizio sono code virtuali.
11. Nodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 10, caratterizzato dal fatto che i mezzi (SMS) di memorizzazione temporanea e livellamento comprendono un'unica unità, e la rete di connessione (PX), nella prima fase di permutazione, effettua una permutazione a livello di cammini virtuali.
12. Nodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 10, caratterizzato dal fatto che i mezzi (SMS) di memorizzazione temporanea e livellamento comprendono una pluralità di unità (SMS1, SMS2) ciascuna delle quali gestisce una parte dei cammini virtuali di ingresso e di uscita del nodo, e dal fatto che la rete di connessione (PX), nella prima fase di permutazione, raggruppa i canali virtuali d'ingresso diretti a cammini virtuali gestiti da unità distinte in fasci distinti aventi banda aggregata uguale alla banda del canale virtuale di provenienza.
13. Nodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 12, caratterizzato dal fatto che i mezzi (SMS) di memorizzazione temporanea e livellamento sono atti ad allocare a ciascun cammino virtuale attivo su una uscita del nodo una banda complessiva multipla di una banda elementare e organizzare la lettura delle code di servizio associate ai cammini virtuali contemporaneamente attivi su tale uscita leggendo le celle della coda corrispondente secondo una trama formata da un

numero di intervalli di tempo uguale al numero di bande elementari necessario
per formare la banda complessiva.

P.P. CSELT
Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.



(Dr. Franco CABELLA)



TO 940000151

TO 94A000076

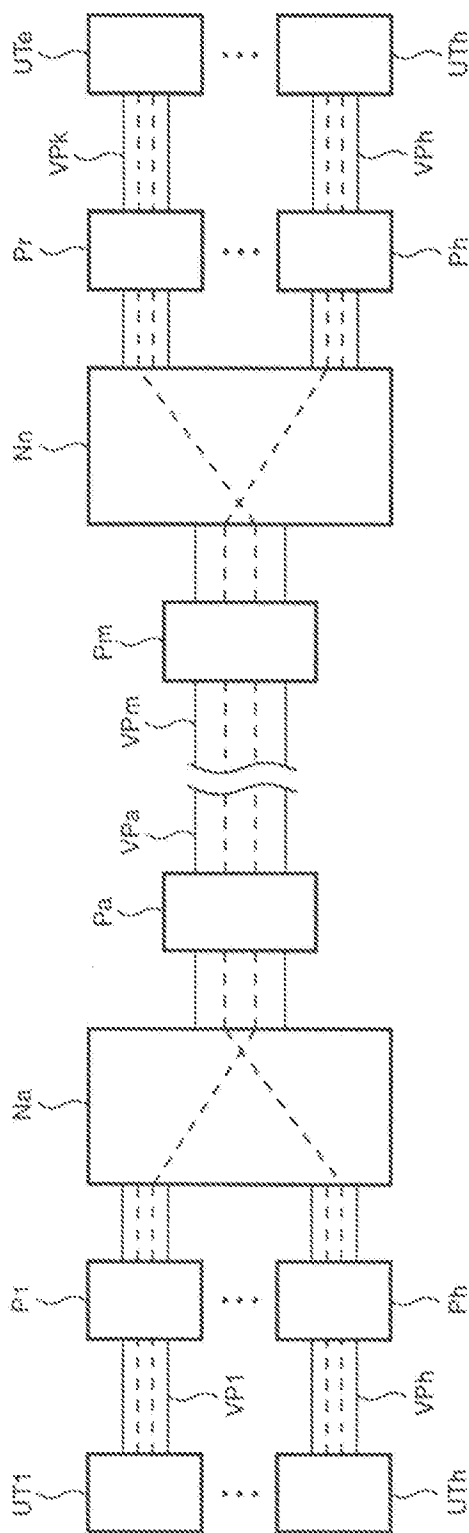
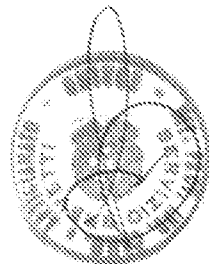


FIG. 1



p.p. CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.a.

Franco Cabella
(dr. Franco CABELLA)

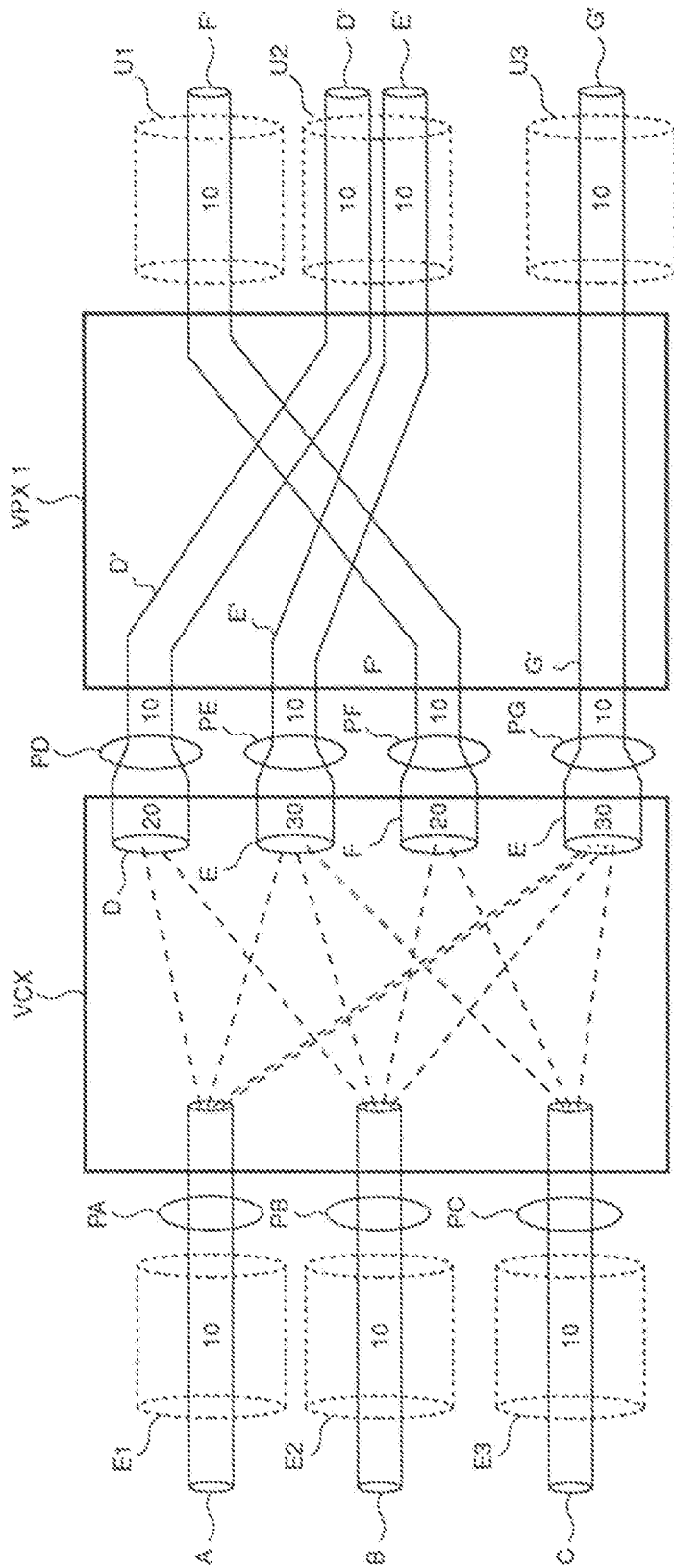
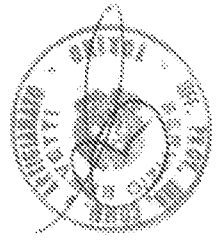
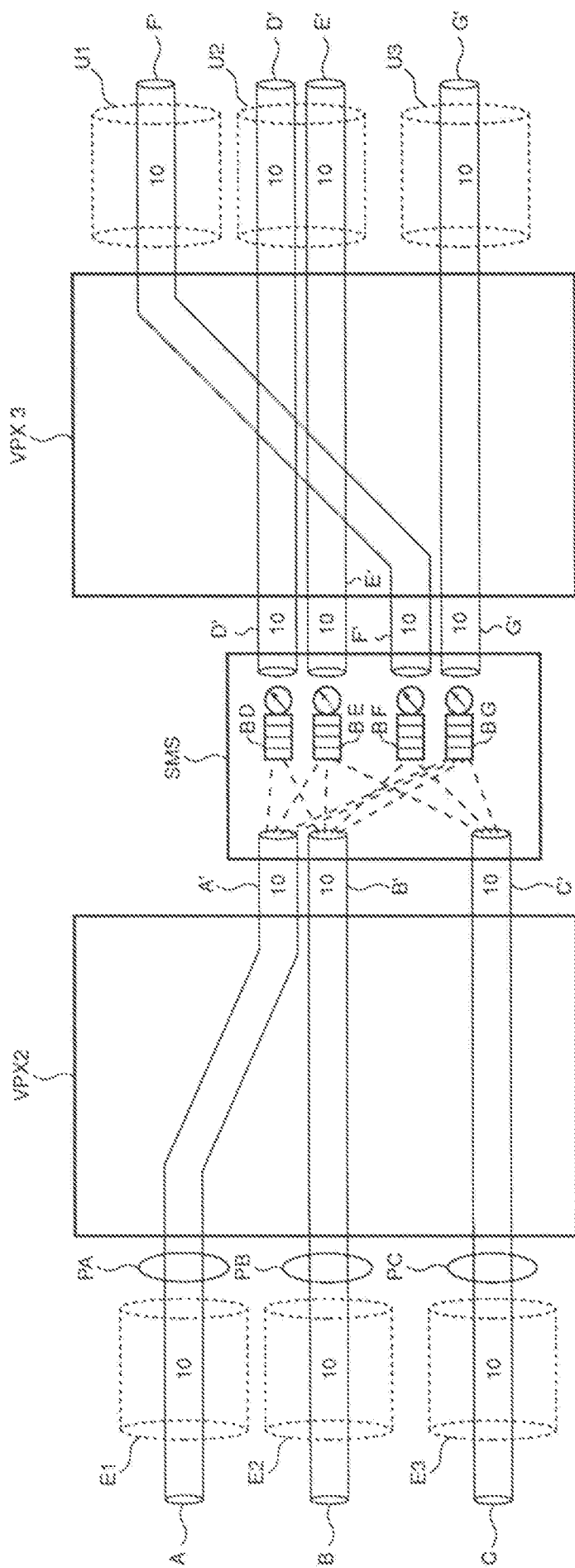


FIG. 2
P.P. CSELT - Centro Studi e Laboratori
Telecomunicazioni S.p.A.
Franco Cabella
(dr. FRANCO CABELLA)

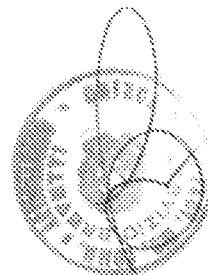




p.p. CSMT - Centro Studi e Laboratori
Telecomunicazioni S.p.A.

Franco Cabella
(Dr. Franco CABELLA)

FIG. 3



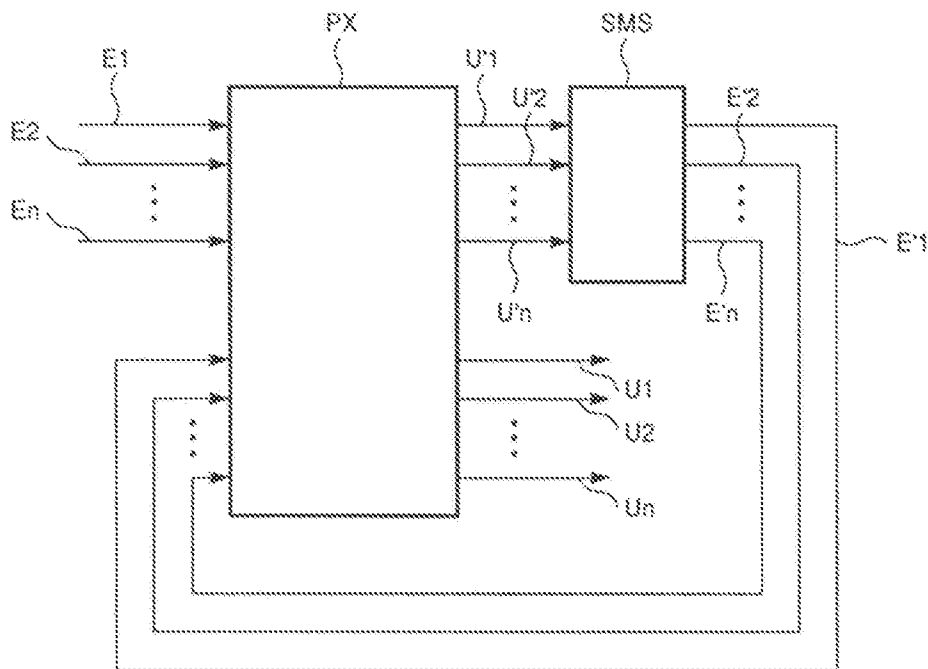
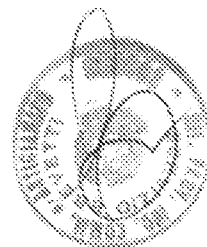


FIG. 4

p.p. CSELT - Centro Studi e Laboratori
Telecomunicazioni S.p.A.

Franco Cabella
(dr. Franco CABELLA)



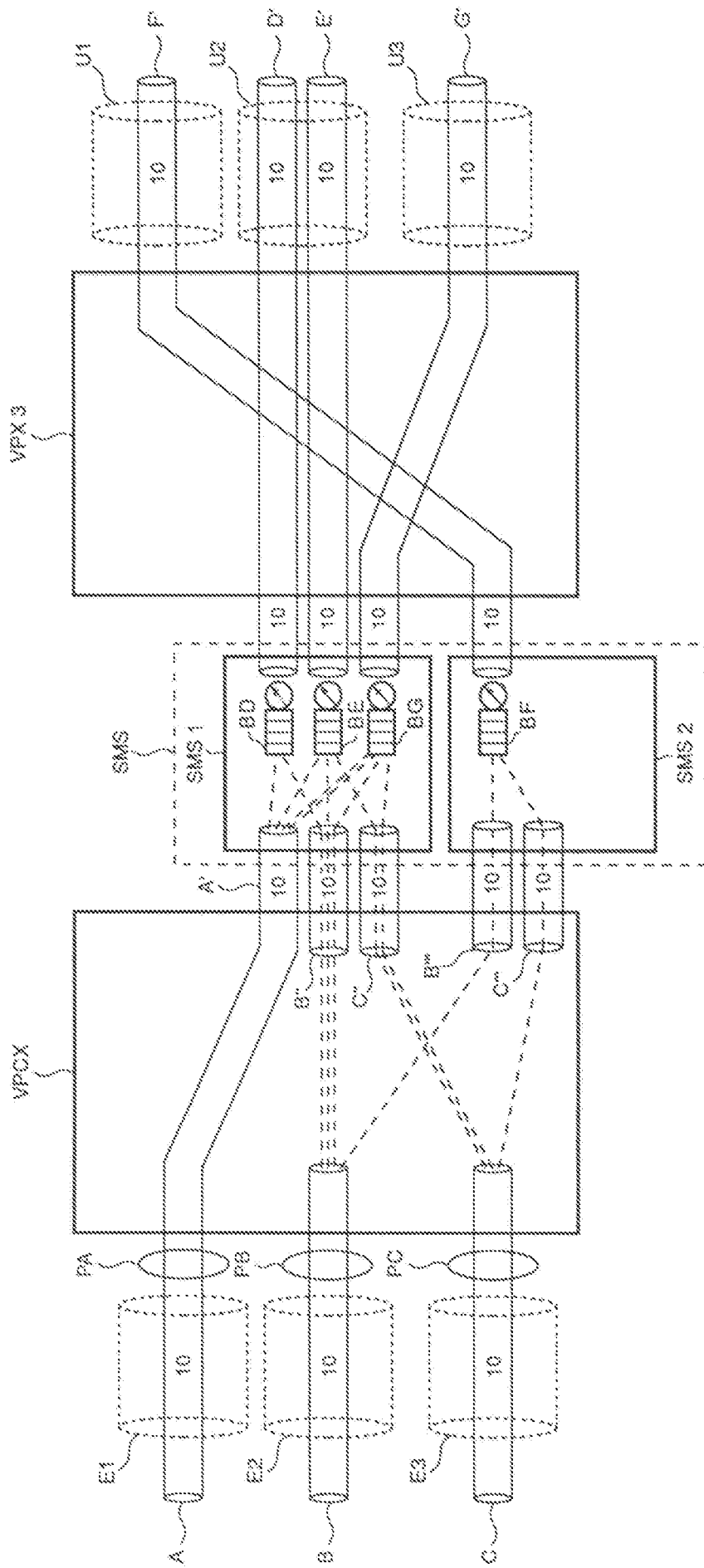
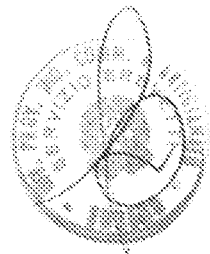


FIG. 5

p.p. CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.

Franco Cabella
(or. Franco CABELLA)



TO 94A000615

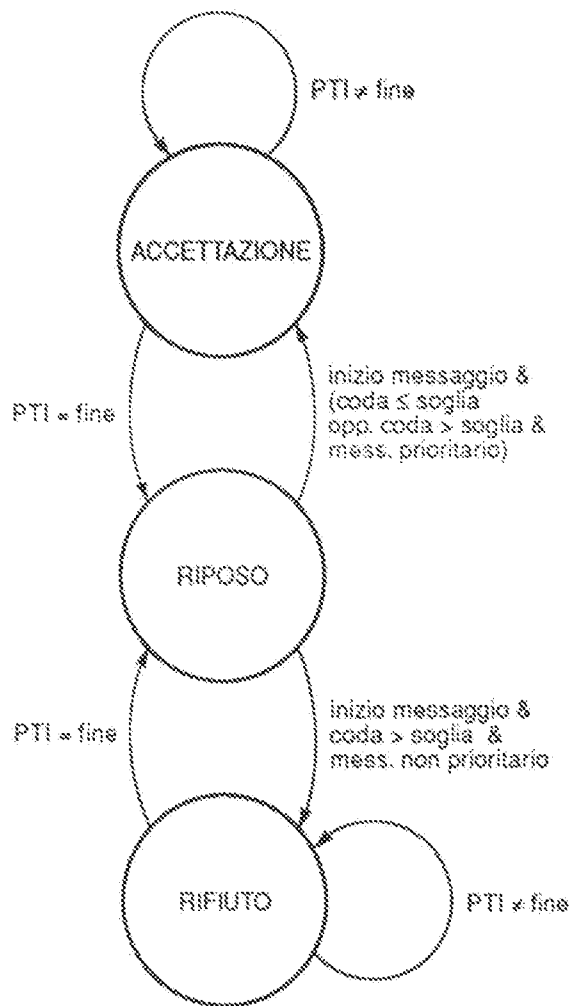


FIG. 7

p.p. CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.

Franco Cabella
(dr. Franco CABELLA)

