



## (12) PATENTSKRIFT

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

---

(51) Int.Cl.: H 04 L 12/56 H 04 Q 11/04

(21) Patentansøgning nr: PA 1996 00428

(22) Indleveringsdag: 1996-04-12

(24) Løbedag: 1996-04-12

(41) Alm. tilgængelig: 1997-10-13

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2004-01-19

(73) Patenthaver: **Tellabs Denmark A/S, Lautrupbjerg 7-11, 2750 Ballerup, Danmark**

(72) Opfinder: **Andreas Magnussen, Nærum Hovedgade 75, 2 mf, 2850 Nærum, Danmark**

(74) Fuldmægtig: **Zacco Denmark A/S, Hans Bekkevolds Allé 7, 2900 Hellerup, Danmark**

---

(54) Benævnelse: **Fremgangsmåde og netværkselement til overførsel af datapakker i et teletransmissionsnetværk**

(56) Fremdragne publikationer:

**WO A 94/14266**

**WO A 95/15637**

(57) Sammendrag:

Ved en fremgangsmåde til overførsel af datapakker mellem et antal netværkselementer (14;28) i et teletransmissionsnetværk (1) overføres i det mindste nogle datapakker med en bitrate, som afhænger af tilgængelig kapacitet i netværket. Pakker anbringes, når de ankommer til et netværkselement, i et antal indgangskøer (33;37). Derefter overføres pakkerne fra indgangskøerne (33;37) til mindst én udgangskø (38) med en bitrate, som reguleres med en faktor ( $\lambda$ ), der er afhængig af udgangskøens fyldningsgrad.

Et netværkselement (14;28) til anvendelse i et sådant teletransmissionsnetværk (1) omfatter et antal indgangskøer (33;37), hvori datapakker anbringes, når de ankommer til et netværkselement. Netværkselementet omfatter desuden mindst én udgangskø (38), hvortil pakkerne kan overføres fra indgangskøerne (33;37), samt midler til at overføre pakkerne fra indgangskøerne (33;37) til udgangskøen (38) med en bitrate, som kan reguleres med en faktor ( $\lambda$ ), der er afhængig af udgangskøens fyldningsgrad.

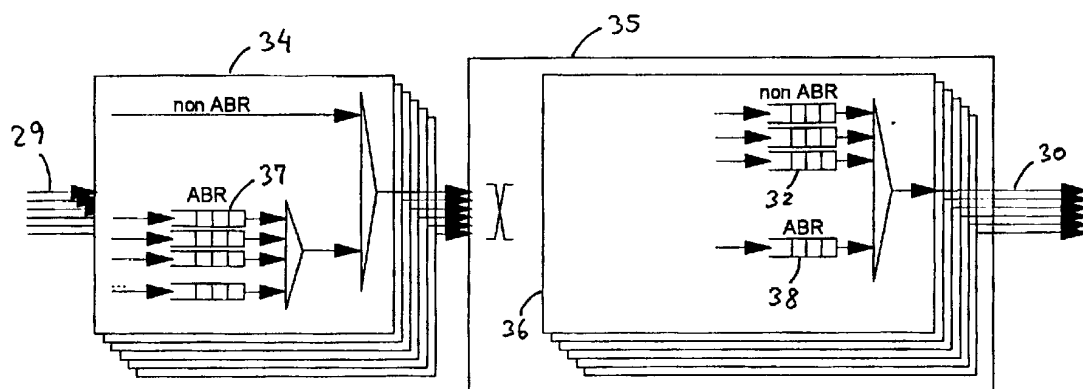


Fig. 5

- Opfindelsen angår en fremgangsmåde til overførsel af datapakker mellem et antal netværkselementer i et teletransmissionsnetværk, hvor i det mindste nogle datapakker overføres med en bitrate, som afhænger af tilgængelig kapacitet i netværket. Pakkerne anbringes, når de ankommer til et netværkselement, i et antal indgangskøer og overføres derefter til mindst én udgangskø. Opfindelsen angår desuden et netværkselement til anvendelse i et sådant teletransmissionsnetværk.
- 5
- 10 Der kendes en række metoder til overførsel af datapakker mellem et antal netværkselementer i et teletransmissionsnetværk. Et eksempel på en sådan metode er ATM (Asynchronous Transfer Mode). ATM er en pakketeknologi, som overfører datapakker med en fast, kort længde. I ATM benævnes
- 15 datapakkerne som celler, og hver celle består af 53 bytes, hvoraf de 48 bytes benyttes til egentlig informationsoverførsel, medens de 5 bytes er såkaldt headerinformation, der anvendes til styring af transmissionen.
- En af fordelene ved ATM og andre tilsvarende teknologier er, at der kun beslaglægges kapacitet i netværket i forhold til de datamængder, der rent faktisk overføres, idet systemet anvender såkaldte virtuelle forbindelser, som opkobles ved at transmittere en opkoblingsanmodning gennem netværket til den ønskede destination.
- 20
- 25 Selve det fysiske netværk, hvori datapakkerne transmitteres, kan f.eks. være et fiberoptisk netværk, hvor der anvendes PDH (Plesiokront Digitalt Hierarki) eller SDH (Synkront Digitalt Hierarki). Der kan også inden for samme infrastruktur forekomme flere forskellige fysiske medier eller protokoller.
- 30
- En virtuel ATM-forbindelse vil undervejs i netværket fra kilde til destination passere et antal netværkselementer.

Et ATM-netværkselements opgave er ud fra en modtagen ATM-celles headerinformation at afgøre, hvilken af netværkselementets udgange cellen skal føres til, og derefter foretage denne operation samtidigt med, at cellens headerinformation opdateres.

Da ATM-celler til en bestemt udgang på et ATM-netværkselement kan komme fra mange forskellige af centralens indgange, kan det forekomme, at disse cellers samlede øjeblikkelige rate kan overstige udgangens kapacitet. Det er kendt, f.eks. fra europæisk patentansøgning EP 680 180, at løse dette problem ved hjælp af store buffere eller køer, som kan opfange en kortvarig overbelastning af celler i netværkselementet.

Da det netop er en af fordelene ved ATM og andre tilsvarende systemer, at der kun beslaglægges kapacitet i netværket i forhold til de datamængder, der rent faktisk overføres, og da data typisk overføres i "bundter", vil nettets belastning være kraftigt varierende. Der vil være tidspunkter, hvor kapaciteten er næsten helt udnyttet, medens der til andre tidspunkter vil være en stor overskudskapacitet. Dette giver mulighed for at tilbyde en tjeneste, som benævnes ABR (Available Bit Rate), som kan anvendes til data, der er ufølsomme over for forsinkelser. Disse data overføres så kun, når der er ledig kapacitet. Optages kapaciteten pludselig af data med højere prioritet (non-ABR data), indstilles eller begrænses transmissionen, indtil der igen bliver ledig kapacitet.

Fra europæisk patentansøgning EP 678 997 kendes et ATM-system, som også kan håndtere ABR. Et netværkselement i dette system har et indgangs- og et udgangsmodul for hver linie i netværket, som er forbundet til netværkselementet. På indgangsmodulerne findes særlige lagre eller buffere, som er specielt beregnede til ABR-trafik, idet der

er en buffer eller kø for hvert udgangsmodul. Systemet tildeler først kapacitet til disse buffere, når al anden trafik er afviklet, og transmissionen afbrydes igen, hvis der igen er behov for kapaciteten til trafik med højere  
5 prioritet. Når et indgangsmodul har ABR-trafik til et udgangsmodul, sendes en ABR-request til dette, hvor den registreres i en ressourcetildelingsenhed. Når udgangsmodu-  
let har ledig kapacitet, sender ressourcetildelingsenhe-  
den et signal til det pågældende indgangsmodul, hvorefter  
10 ABR-trafikken overføres til udgangsmodulet og videre på den tilhørende linie i netværket.

Selv om denne løsning er i stand til at håndtere ABR-trafik i et ATM-system, er den interne kommunikation i netværkselementet temmelig kompleks og dermed kostbar at  
15 implementere. Samtidigt medfører den u hensigtsmæssige interne regulering af ABR-trafikken, at de anvendte buffere eller køer må være meget lange for at undgå datatab, idet ankomne ABR-celler skal lagres i disse køer, indtil det pågældende udgangsmodul har ledig kapacitet. Desuden gi-  
20 ver systemet ikke mulighed for at kunne fordele den til rådighed værende kapacitet for et udgangsmodul på en fair måde til den indkommende ABR-trafik.

Fra international patentansøgning WO 94/14266 kendes et system, hvor der i et netværkselement til f.eks. ATM-  
25 trafik findes såvel indgangskøer som udgangskøer, og hvor der spærres for overførsel af datapakker fra en indgangskø til en udgangskø, når udgangskøens fyldningsgrad overstiger en tærskelværdi. Herved beskyttes udgangskøerne mod overfyldning, som ville medføre tab af data. Ved  
30 dette system er det imidlertid en væsentlig ulempe, at der kun kan være enten helt lukket eller helt åbent for overførsel af datapakker fra en given indgangskø til en given udgangskø, og desuden kan systemet ikke skelne mellem f.eks. ABR-trafik og almindelig trafik med højere

prioritet. Dette er et problem, fordi det udelukkende er fyldningen af en udgangskø, der bestemmer, om der lukkes for en eller flere af indgangskøerne. Det er således ikke muligt at tildele de ankomende datapakker forskellig  
5 prioritet, og man kan risikere, at en udgangskø er fyldt op med ABR-pakker og derfor lukker af for vigtigere trafik til denne udgang. Endvidere betyder det forhold, at der kun kan være enten helt lukket eller helt åbent for overførselen af datapakker fra en indgangskø til en ud-  
10 gangskø, en ujævn databehandling i netværkselementet.

Desuden er systemet indrettet således, at der lukkes for overføring af data til en udgangskø, når dennes fyldningsgrad passerer en bestemt tærskelværdi, f.eks. når  
15 den er halvt fyldt; men dette betyder, at det ikke bliver muligt at udnytte køens kapacitet fuldt ud, idet den altid vil have et antal tomme pladser. Systemet må derfor forsynes med uforholdsmæssigt store udgangskøer. Det samme gælder indgangskøerne, da disse er knyttet til de ind-  
20 kommende fysiske forbindelser, og der på én indkommende forbindelse kan komme datapakker, som skal fodeles til flere forskellige udgangsforbindelser. Er der lukket for en indgangskø, fordi den "første" datapakke i køen er til en overfyldt udgangskø, vil der også være lukket for de  
25 efterfølgende datapakker, selv om disse er til andre udgangskøer, som ikke er overfyldt. Ud over større indgangskøer betyder dette, at anden trafik med høj prioritet kan blive forsinket unødigt.

30 Fra international patentansøgning WO 95/15637, som i øvrigt beskæftiger sig med en lidt anderledes problematik, er det kendt at tilknytte en indgangskø til hver virtuelle forbindelse i et netværkselement i et teletransmissionsnetværk. Derved tages der højde for den netop omtalte  
35 situation, hvor datapakker til en overfyldt udgangskø

spærrer for datapakker til andre udgangskøer; men dette afhjælper ikke de øvrige beskrevne problemer.

5 Det er derfor et formål med opfindelsen at angive en fremgangsmåde af den i indledningen angivne art, som har en simplere og mere effektiv intern regulering af trafikken, og som kan reducere længden af de anvendte buffere eller køer. Samtidigt skal fremgangsmåden give mulighed for en fair fordeling af den til rådighed værende kapacitet.

10 Ifølge opfindelsen opnås dette ved, at datapakkerne overføres fra indgangskøerne til den mindst ene udgangskø med en bitrate, som reguleres med en variabel faktor, der er afhængig af udgangskøens fyldningsgrad.

15 Ved at regulere bitraten fra indgangskøerne til udgangskøen variabelt i afhængighed af udgangskøens fyldningsgrad opnås en mere jævn opfyldning af udgangskøen, idet man normalt undgår at afbryde overførselen helt. Da der, når en udgangskø nærmer sig fyldning, fortsat overføres datapakker fra indgangskøerne, blot med en lavere  
20 bitrate, vil det fortsat være muligt at have forskellig prioritet til de forskellige indgangskøer og således som nedenfor omtalt opretholde en fair fordeling af den til rådighed værende kapacitet. Desuden kan man anvende en relativt kort udgangskø, da reguleringen vil sikre, at  
25 antallet af datapakker i køen vil være stort set konstant. Endvidere vil man altid være klar til at sende ABR-trafik, når der opstår ledig kapacitet, idet man ikke først skal hente datapakkerne i indgangskøerne.

30 Når der som angivet i krav 2 anvendes flere udgangskøer, og bitraten reguleres for hver udgangskø for sig, kan der endvidere tages højde for variationer i ledig kapacitet mellem de enkelte udgange. Der vil typisk være tale om at

anvende en udgangskø for hver udgående linie fra netværkselementet.

Den mest hensigtsmæssige regulering fremkommer, når den nævnte faktor er relativt stabil, og dette opnås ved som angivet i krav 3 løbende at beregne faktoren ud fra mid-

5 delværdien af fyldningsgraden over en forudgående tidsperiode. Dette er i modsætning til WO 94/14266, hvor der i stedet sker en sampling af fyldningsgraden hver gang, der overføres en datapakke, hvilket giver en mere ustabil re-

10 gulering.

En yderligere forbedring af fremgangsmåden opnås ved som angivet i krav 4 også at regulere bitraten med en faktor, som angiver en indbyrdes vægtning af indgangskøerne. Dette sikrer som nævnt en mere fair fordeling af den kapacitet,

15 der er til rådighed, idet forholdet mellem transmissionshastighederne for et antal indgangskøer, der leverer data til samme udgangskø til stadighed har et indbyrdes forhold bestemt af de tildelte vægte. Dette indbyrdes forhold bevares uændret, når den samlede kapacitet for en

20 udgangskø reduceres ved hjælp af den første faktor som følge af opfyldning af udgangskøen.

Når der f.eks. er tale om et ATM-system, transmitteres datapakkerne eller cellerne via et stort antal virtuelle forbindelser i netværket, og man opnår så en særligt

25 fleksibel regulering ved som angivet i krav 5 at benytte en indgangskø for hver virtuelle forbindelse, som kommer ind til det pågældende netværkselement, idet man så kan vægte de enkelte virtuelle forbindelser for sig uden hensyn til, om de eventuelt ankommer til netværkselementet

30 på samme fysiske linie. Dette sker ved, at hver indgangskø har sin egen vægtfaktor, som det også fremgår af krav 6.



Ved pludselige ændringer i datamængden kan det forekomme, at udgangskøen bliver fyldt op, uden at reguleringsfaktoren kan nå at regulere bitraten fra indgangskøerne ned, da der som nævnt midles over en tidsperiode. Dette undgås som nævnt i krav 7 ved i så fald helt at afbryde overførselen af datapakker fra indgangskøerne. Herved undgås datatab i denne situation.

Ved en hensigtsmæssig udførelsesform for opfindelsen er transmissionsnetværket som angivet i krav 8 et ATM-netværk, og de nævnte datapakker, der overføres med en bitrate, som afhænger af til tilgængelig kapacitet i netværket, udgøres af ABR-trafik.

Som nævnt angår opfindelsen desuden et netværkselement til anvendelse i et sådant transmissionsnetværk. Når elementet omfatter en udgangskø og midler til at regulere bitraten variabelt i afhængighed af denne køes fyldningsgrad, opnås de ovenfor beskrevne fordele. Kravene 10-13 angiver hensigtsmæssige udførelsesformer for elementet svarende til det tidligere beskrevne.

Som nævnt i krav 14 vil et sådant netværkselement typisk omfatte en omkoblingsenhed samt et antal indgangsmoduler og et antal udgangsmoduler, og det vil i så fald være hensigtsmæssigt at anbringe indgangskøerne på indgangsmodulerne, idet der som følge af det store antal vil blive tale om en unødigt kompleks styring, hvis de som normalt anbringes i selve omkoblingsenheden.

Udgangskøen eller -køerne kan enten som i krav 15 anbringes i omkoblingsenheden, eller, når der findes en udgangskø for hvert udgangsmodul, anbringes på disse, som det fremgår af krav 16.

Opfindelsen vil nu blive beskrevet nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

- fig. 1 viser et netværk, hvori opfindelsen kan finde anvendelse,
- fig. 2 viser et netværkselement til anvendelse i netværket fra fig. 1,
- 5 fig. 3 viser et eksempel på en udformning af et netværkselement,
- fig. 4 viser en model for ABR-køer i elementet fra fig. 3,
- fig. 5 viser en udførelsesform for et netværkselement  
10 ifølge opfindelsen,
- fig. 6 viser tilbagekoblinger i elementet fra fig. 5,
- fig. 7 viser en anden udførelsesform for et netværkselement ifølge opfindelsen, og
- fig. 8 viser tilbagekoblinger i elementet fra fig. 7.
- 15 Fig. 1 viser et simplificeret eksempel på, hvorledes et ATM-net 1, hvori opfindelsen kan finde anvendelse, kan være opbygget. Netværket skaber forbindelse mellem et antal ATM-terminaler 2-4 (brugere eller ATM-abonnenter), og det består af et antal netværkselementer 5-7 samt et antal  
20 transmissionslinier 8-13, som forbinder terminalerne med netværkselementerne samt disse indbyrdes.
- ATM er en pakketeknologi, som overfører trafik mellem ATM-terminaler i korte pakker eller celler, som hver er på 53 bytes, hvoraf de 48 bytes anvendes til egentlig in-  
25 formation, medens de 5 bytes anvendes til en såkaldt headerinformation, der bl.a. bruges til at styre transmissionen. Det fysiske transmissionsmedium, der sørger for transmissionen af datapakkerne eller ATM-cellerne ad transmissionslinierne 8-13, kan f.eks. være optiske fib-

re, på hvilke der anvendes PDH (Plesiokront Digitalt Hierarki) eller SDH (Synkront Digitalt Hierarki), og systemet kan f.eks. anvendes til bredbånds-ISDN (Integrated Services Digital Network).

- 5 ATM-netværkets opgave er således blot at overføre ATM-celler fra ét punkt i netværket til et andet, hvilket som nævnt styres af overheadinformationen. Den ATM-trafik, som netværket skal overføre, kan have konstant eller variabel bitrate, og især af hensyn til sidstnævnte sker  
10 transmissionen ved hjælp af virtuelle forbindelser, som således kun beslaglægger transmissionskapacitet i forhold til den reelt overførte datamængde. En virtuel forbindelse opkobles ved at sende oplysninger fra afsenderstedet til de netværkselementer, som må passeres for at nå frem  
15 til destinationen, om, hvilken vej de skal videresende de til forbindelsen hørende ATM-celler. Disse kan identificeres ved hjælp af deres overheadinformation.

Netværket 1 i fig. 1 er som nævnt simplificeret, idet det kun er vist med tre netværkselementer 5-7, som indbyrdes  
20 er forbundet med tre transmissionslinier 11-13. I praksis vil et ATM-netværk være langt mere omfattende og bestå af et stort antal netværkselementer, som indbyrdes er forbundet med et stort antal transmissionslinier. Det skal understreges, at der på hver transmissionslinie kan overføres et stort antal virtuelle forbindelser. I fig. 1 vil  
25 eksempelvis en virtuel forbindelse fra terminal 3 til terminal 4 forløbe ad transmissionslinierne 9, 13 og 10 og undervejs passere netværkselementerne 6 og 7.

På fig. 2 er vist et netværkselement 14, som er forbundet  
30 til fire transmissionslinier 15-18. ATM-celler hørende til en virtuel forbindelse kan f.eks. ankomme til netværkselementet 14 på linien 15, og netværkselementet har så til opgave ud fra cellernes overheadinformation at af-

gøre, hvilken linie cellerne skal videresendes ad. Som det fremgår af pilene på transmissionslinierne, er disse dobbeltrettede. Til hver linie findes der derfor et indgangsmodul 19-22 og et udgangsmodul 23-26. Selve omkoblingen og styringen heraf sker i omkoblingsenheden 27.

Den beskrevne opbygning af hhv. et netværk og et netværkselement er den samme, uanset om der i netværket forekommer ABR-trafik eller ej. ABR-trafik er trafik, som ikke er følsom over for forsinkelser i transmissionen, dvs. trafik, hvor det er uden betydning, hvornår den når frem til destinationen, blot den når sikkert frem. Typisk vil denne trafik undervejs blive anbragt i buffere eller køer i netværkselementernes indgangsmoduler, indtil der er ledig kapacitet på den relevante udgangslinie, hvorefter den videresendes og på denne måde udnytter overskydende kapacitet i netværket. Eksempler på anvendelser, som kan udnytte ABR, er filoverførseler, e-mail, distribueret regnekraft, interaktive tjenester, osv.

Den øvrige trafik, som her benævnes non-ABR-trafik, skal have prioritet over ABR-trafikken, idet man ellers kan risikere, at ABR-trafikken tiltager sig hele kapaciteten. Eksisterende prioritetsniveauer i non-ABR-trafikken påvirkes ikke af, om der forekommer ABR-trafik.

På fig. 3 er vist et generelt netværkselement 28, som er beregnet til at håndtere såvel non-ABR- som ABR-trafik ifølge opfindelsen. Elementet har et antal indgående linier 29 og et antal udgående linier 30. Som tidligere beskrevet vil de indgående og de udgående linier normalt høre sammen i par svarende til de fysiske transmissionslinier. For hver af de udgående linier 30 findes der et kømodul 31, hvori ATM-celler (såvel ABR som non-ABR), som skal videresendes ad den pågældende udgangslinie, midlertidigt anbringes. Som det ses, findes der et antal køer

32 for non-ABR-trafikken og et antal køer 33 for ABR-trafikken. Ved den kendte teknik findes der normalt én ABR-kø for hver udgående linie, men som det ses, er der her et antal ABR-køer 33 på hvert kømodul 31. Dette skyldes, at der her anvendes én indgangskø for hver virtuelle forbindelse, som passerer netværkselementet 28. Antallet af køer vil altså variere med antallet af opkoblede virtuelle forbindelser, og der vil typisk være mange køer til hver udgående linie.

10 På fig. 4 er vist en simpel model for, hvorledes ABR-køerne kan fungere. Transmissionsraten  $r_c$  for den kø, der hører til virtuel forbindelse  $c$ , er givet ved:

$$r_c = \begin{cases} \min\{W_c \cdot \lambda, r_{ic}\}, & \text{if } Ql_c = 0 \\ W_c \cdot \lambda, & \text{if } Ql_c > 0 \end{cases} \quad (1)$$

15 hvor  $r_{ic}$  er den indkommende cellerate for forbindelse  $c$ ,  $W_c$  er den relative vægt for forbindelse  $c$ ,  $Ql_c$  er længden af den virtuelle kø for forbindelse  $c$ , og  $\lambda$  er en værdi, der er valgt således, at

$$B_o \geq \sum r_c, \quad (2)$$

20 hvor  $B_o$  er den tilgængelige rate for udgangslinie  $o$ . Hvis formelen (2) er opfyldt for uendeligt høje værdier af  $\lambda$ , er de virtuelle køer tomme, og formelen (1) reduceres til  $r_c = r_{ic}$ . En ABR-forbindelse kan være i tre tilstande, aktiv når  $Ql_c > 0$ , inaktiv når  $r_c = 0$  og i en overgangstilstand når  $Ql_c = 0$  og  $r_{ic} > 0$ . Overgangstilstanden optræder, når der netop begynder at ankomme celler til en tom kø, og denne situation er uden betydning for det følgende.

25 Det ses af formelen (1), at når der befinder sig celler i en af køerne (svarende til at den tilhørende forbindelse er aktiv, dvs.  $Ql_c > 0$ ), er transmissionsraten fra denne kø givet ved udtrykket  $W_c \cdot \lambda$ , og det fremgår af formelen (2), at  $\lambda$  er en faktor, som sikrer, at den samlede transmissi-

onsrate fra de køer, som overfører celler til en given udgangslinie, ikke overstiger dennes tilgængelige rate  $B_0$ , som jo varierer afhængigt af non-ABR-trafikken. Når kapaciteten, som er til rådighed for ABR på en udgangslinie, mindskes, må man således reducere  $\lambda$  for denne udgangslinie, så der overføres færre celler fra de tilsluttede køer. Transmissionsraten for alle køer, som er tilknyttet en bestemt udgang, reduceres således med samme faktor. Det vil nedenfor blive nærmere beskrevet, hvorledes  $\lambda$  kan udledes. Derimod er vægtfaktoren  $W_c$  individuelt bestemt for hver virtuelle forbindelse og dermed for hver indgangskø og angiver forholdet mellem transmissionsraterne for de enkelte køer. Kombinationen af de to faktorer sikrer en fair fordeling af den til rådighed værende kapacitet, idet det indbyrdes forhold bestemt af  $W_c$  bevares uændret, også når der ved hjælp af faktoren  $\lambda$  reguleres op eller ned for den samlede transmissionsrate til en given udgangslinie.

På fig. 3 er indgangskøerne 33 hørende til de virtuelle forbindelser anbragt på kømoduler 31, idet der hører et kømodul til hver udgående linie. Kømodulerne er derfor placeret i selve omkoblingsenheden 27 (fig. 2) eller eventuelt med et kømodul placeret i hvert udgangsmodul. Denne løsning kan imidlertid være meget kompleks, da antallet af køer vil være meget stort og styrefunktionerne derfor overordentligt komplicerede. Det vil derfor være hensigtsmæssigt i stedet at placere indgangskøerne i indgangsmodulerne, idet hvert indgangsmodul så har køer for de virtuelle forbindelser, som kommer ind på den tilhørende indgangslinie.

Dette er vist på fig. 5. De indgående linier 29 og de udgående linier 30 svarer til fig. 3. Netværkselementet har her et antal indgangsmoduler (svarende til antallet af indgående linier), hvoraf her er vist indgangsmodulet 34.

Som det kendes fra fig. 2, er disse forbundet til omkoblingsenheden 35, som har et antal kømoduler 36, som svarer til antallet af udgående linier. Non-ABR-trafikken behandles helt som på fig. 3, idet den som vist blot passerer gennem indgangsmodulerne til køerne 32 på kømodulerne. For ABR-trafikken findes der derimod nu et antal indgangskøer 37 på hvert indgangsmodul 34, hvilket antal som nævnt svarer til antallet af virtuelle forbindelser, som kommer ind på den tilhørende indgangslinie. På kømodulerne 36 findes der nu blot én ABR-kø 38 for hver udgangslinie, og denne kø, som benævnes udgangskøen opsamler så ABR-celler til udgangen hidrørende fra de indgangskøer, hvis virtuelle forbindelse skal ledes til den pågældende udgang. Som det vil blive beskrevet nærmere nedenfor, kan antallet af celler, som står i denne kø, benyttes til at udlede faktoren  $\lambda$ , idet man, hvis køen er ved at blive fyldt op, reducerer  $\lambda$  og dermed nedregulerer den rate, hvormed cellerne overføres fra indgangskøerne til udgangskøen.

Den nødvendige størrelse af indgangskøerne, der som nævnt hver især svarer til en virtuel ABR-forbindelse, vil ofte være på f.eks. 1 000-50 000 celler, og disse køer bør som nævnt implementeres på indgangsmodulerne frem for i omkoblingsenheden, idet hastighedskravet til det lager, der implementerer køerne, er  $2R$  på indgangsmodulerne og  $R(N+1)$  i omkoblingsenheden, hvor  $R$  er bitraten og  $N$  er antallet af udgangsporte på omkoblingsenheden. Når indgangskøerne er placeret på indgangsmodulerne, vil størrelsen af ABR-køen i omkoblingsenheden være begrænset til f.eks. 200-500 celler. Tilbagekoblingen fra omkoblingsenheden til indgangsenhederne (dvs.  $\lambda$ ) skal sikre, at de i omkoblingsenheden placerede køer hverken bliver overfyldt eller bliver tømt, hvis der står ABR-celler i kø til en given udgang på et af indgangsmodulerne.

Tilbagekoblingsinformationen består af en blød og en hård tilbagekobling. Den bløde tilbagekobling ( $\lambda$ ) sikrer fairness mellem ABR-forbindelserne og regulerer ABR-trafikken fra indgangsmodulerne. Den hårde tilbagekobling forhindrer celledtab, hvis ABR-bufferen i omkoblingsenheden skulle blive helt fyldt op. Alle indgangsmoduler, som leverer celler til en given udgangskø, modtager samme hårde og bløde tilbagekobling. Tilbagekoblingsinformationen er vist på fig. 6, som i øvrigt svarer til fig. 5. Indgangsmodulerne 34 og omkoblingsenheden 35 med kømodulerne 36 er de samme, og desuden er vist udgangsmodulerne 40. Omkoblingsenheden beregner i beregningskredsløbet 41 værdien af  $\lambda$  for den pågældende udgang ved at anvende længden af den relevante ABR-kø 38.  $\lambda$ -værdierne overføres som vist fra beregningskredsløbet 41 til et antal trafiktilpasningskredsløb 42 i indgangsmodulet 34 og udgør således den bløde tilbagekobling. Tilbagekoblingen er på figuren kun vist til et af trafiktilpasningskredsløbene 42, men sker naturligvis til alle de kredsløb, som leverer til udgangskøen 38. Hver  $\lambda$ -værdi (dvs. for hver udgang) overføres hver gang, der er forløbet  $T_{update}$  celleperioder, og den bløde tilbagekobling overfører således i middel  $N/T_{update}$  værdier af  $\lambda$  i hver celleperiode, hvor  $N$  er antallet af udgangsporte på omkoblingsenheden. Når tilpasningsfunktionerne 42 har behov for at kende den øjeblikkelige tilladte rate for en given forbindelse, beregnes raten på basis af den senest modtagne  $\lambda$ -værdi for den forbindelse.

Selve beregningen af  $\lambda$  i kredsløbet 41 er ganske kompliceret, hvis der skal ske en nøjagtig beregning, og der anvendes derfor en tilnærmet metode, som fremgår af nedennævnte formel til beregning af  $\lambda_{o,t}$ , dvs.  $\lambda$  for udgangslinie  $o$  til tiden  $t$ . Som ovenfor nævnt og for at spare beregningskraft beregnes  $\lambda_{o,t}$  kun hver gang, der er



forløbet  $T_{update}$  celleperioder. Idet udtrykket  $n \hat{=} m$  for to heltal  $n$  og  $m$  defineres som  $(m \bmod n) = 0$ , er  $\lambda_{o,t}$  givet ved:

$$\lambda_{o,t} = \begin{cases} f(\lambda_{o,t-T_{update}}, Ql_{o,t}, Ql_{o,t-T_{update}}), & t > 0 \wedge T_{update} \uparrow t \\ \lambda_{o,t-1}, & \neg(T_{update} \uparrow t) \\ 0, & t = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Et eksempel på en simpel algoritme  $f()$  til en styresløjfe til beregning af  $\lambda_{o,t}$  er:

$$f(\lambda_{old}, Ql, Ql_{old}) = \max\{\lambda_{old} - F_a \cdot (Ql - Ql_{old}) - F_b \cdot (Ql - Ml), 0\} \quad (4)$$

hvor

$t$  er tiden i celleperioder i omkoblingsenheden,

$Ql_{o,t}$  er kølængden af udgangskøen for port  $o$  til tiden  $t$ ,

10  $Ml$  er kølængden i en imaginær stabil tilstand med 100% udnyttelse af  $B_o$ ,

$F_a$  og  $F_b$  er konstanter, og

$T_{update}$  er beregningsfrekvensen for  $\lambda$  (antal celleperioder).

15 Den hårde tilbagekobling 43 indeholder information om fyldte ABR-køer i omkoblingsenheden. Når et indgangsmodul detekterer en fyldt ABR-kø i omkoblingsenheden, ophører den med at afsende celler, som skal overføres til den kø. Det skal bemærkes, at den hårde tilbagekobling kun for-

20 hindrer celletab i omkoblingsenheden, men ikke garanterer fairness. Hvis den bløde tilbagekobling og tilpasningsfunktionen 42 var ideelle, ville den hårde tilbagekobling ikke være nødvendig. Den hårde tilbagekobling 43 benyttes, når den bløde tilbagekobling ikke kan mindske celle-

25 raterne fra indgangsmodulerne hurtigt nok.

Det samlede system sørger for, at der ikke sendes tomme celler til en given port, hvis der et sted i systemet står celler i kø til denne port. Dette gælder dog ikke, hvis ABR-køen for en given udgangsport i omkoblingsenheden er tom, samtidigt med at der står ABR-celler til denne port i indgangskøerne. Denne situation forekommer, når den bløde tilbagekobling ikke kan øge  $\lambda$  hurtigt nok.

I øvrigt kan ATM-netværkselementet være forsynet med både indgangsmoduler, som ifølge opfindelsen kan håndtere ABR, og moduler, som ikke kan håndtere ABR. Selve omkoblingsenheden skal i så fald være indrettet til ABR og kunne levere den hårde og den bløde tilbagekobling, og ABR-forbindelser kan naturligvis kun opkobles mellem indgangs- og udgangsmoduler, som kan håndtere ABR.

Et alternativ til den på figur 5 og 6 viste løsning er vist på fig. 7, hvor der også er anbragt køer på udgangsmodulerne. Indgangsmodulerne 34 og omkoblingsenheden 35 med kømodulerne 36 er de samme som på fig. 5. Derudover er der anbragt køer på udgangsmodulerne 39. Dette benævnes også submultipleksning, og køerne på udgangsmodulerne benævnes submultipleksningskøer. Køstrukturen er den samme på udgangsmodulerne 39 som i omkoblingsenheden 35, idet udgangskøerne blot er flyttet fra omkoblingsenheden til udgangsmodulerne. Køerne i omkoblingsenheden anvendes nu til ratetilpasning fra de mange indgangsmoduler til et udgangsmodul.

På fig. 8 er vist den hårde og den bløde tilbagekobling i denne situation. De ABR-køer, som her udgør "flaskehalsen" med hensyn til bestemmelse af  $\lambda$ -værdien, er køerne på udgangsmodulerne 39, og kredsløbet 41 er derfor anbragt her, og som før føres den bløde tilbagekobling herfra til tilpasningskredsløbet 42 i indgangsmodulet 34.

Beregningen af  $\lambda$  kan ske på samme måde som tidligere beskrevet.

Risikoen for, at en ABR-kø i omkoblingsenheden bliver fyldt, er den samme som på fig. 6, og den hårde tilbagekobling 43 er derfor stadig nødvendig for at forhindre  
5 celletab i omkoblingsenheden. Funktionen af den hårde tilbagekobling er derfor uændret.

Som følge af den anvendte submultipleksning vil bufferne på udgangsmodulerne være større end dem i omkoblingsenheden, og da celleraten til udgangsmodulet i middel desuden  
10 er lavere end i omkoblingsenheden, reduceres sandsynligheden for, at ABR-køerne i udgangsmodulet bliver fyldt op. Hvis det alligevel sker, vil tilbagekoblingen 44 stoppe alle celler til udgangsmodulet, dvs. også til de  
15 andre ABR-køer, selvom disse muligvis ikke er fyldt op. Dette er acceptabelt, da ABR-køerne på udgangsmodulerne som sagt kun yderst sjældent vil blive fyldt op.

Selv om der er blevet beskrevet og vist en foretrukket udførelsesform for nærværende opfindelse, er opfindelsen  
20 ikke begrænset til denne, men kan også antage andre udførelsesformer inden for det, der angives i de efterfølgende krav.

## P a t e n t k r a v :

-----

1. Fremgangsmåde til overførsel af datapakker mellem et antal netværkselementer (14;28) i et teletransmissions-  
5 netværk (1), hvor i det mindste nogle datapakker overføres med en bitrate, som afhænger af tilgængelig kapacitet i netværket, og hvor pakker, når de ankommer til et netværkselement, anbringes i et antal indgangskøer (33;37), og derefter overføres til mindst én udgangskø (38),  
10 k e n d e t e g n e t ved, at pakkerne overføres fra indgangskøerne (33;37) til den mindst ene udgangskø (38) med en bitrate, som reguleres med en variabel faktor ( $\lambda$ ), der er afhængig af udgangskøens fyldningsgrad.
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t  
15 ved, at der findes flere udgangskøer (38), og at datapakkerne fra hver indgangskø (33;37) overføres til én af udgangskøerne (38) med en bitrate, som reguleres med en faktor ( $\lambda$ ), der er afhængig af denne udgangskøes fyldningsgrad.
- 20 3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at den nævnte faktor ( $\lambda$ ) for udgangskøen (38) eller hver udgangskø (38) løbende beregnes ud fra middelværdien af køens fyldningsgrad over en forudgående tidsperiode ( $T_{update}$ ).
- 25 4. Fremgangsmåde ifølge krav 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at den bitrate, hvormed datapakkerne overføres fra indgangskøerne (33;37) til udgangskøen (38) eller en af udgangskøerne (38), desuden reguleres med en anden faktor ( $W_c$ ), som angiver en indbyrdes vægtning af ind-  
30 gangskøerne.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, hvor datapakkerne overføres via et antal i netværket opkoblede virtuelle forbindelser, k e n d e t e g n e t ved, at der tildeles en indgangskø (33;37) til hver virtuelle forbindelse, som  
5 passerer det pågældende netværkselement (14;28).
6. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte anden faktor ( $W_c$ ) for hver indgangskø (33;37) er en på forhånd angivet vægtfaktor for den til indgangskøen hørende forbindelse i forhold til de øvrige  
10 forbindelser, som er opkoblede i netværket.
7. Fremgangsmåde ifølge krav 1-6, k e n d e t e g n e t ved, at overførselen af datapakker fra indgangskøerne (33;37) til udgangskøen (38) eller en af udgangskøerne (38) uafhængigt af nævnte regulering af  
15 bitraten afbrydes helt, hvis den pågældende udgangskø (38) er fyldt op.
8. Fremgangsmåde ifølge krav 1-7, k e n d e t e g n e t ved, at transmissionsnetværket (1) er et ATM-netværk, og at de nævnte datapakker, der overføres med en  
20 bitrate, som afhænger af til tilgængelig kapacitet i netværket, udgøres af ABR-trafik.
9. Netværkselement (14;28) til anvendelse i et teletransmissionsnetværk (1), hvor der overføres datapakker mellem et antal netværkselementer med en bitrate, som afhænger  
25 af til tilgængelig kapacitet i netværket, og som omfatter et antal indgangskøer (33;37), hvori datapakker, når de ankommer til et netværkselement, anbringes, mindst én udgangskø (38), hvortil pakkerne kan overføres fra indgangskøerne (33;37), samt midler til at overføre pakkerne  
30 fra indgangskøerne (33;37) til den mindst ene udgangskø (38), k e n d e t e g n e t ved, at nævnte midler er

indrettet til at overføre pakkerne med en bitrate, som kan reguleres med en variabel faktor ( $\lambda$ ), der er afhængig af udgangskøens fyldningsgrad.

10. Netværkselement ifølge krav 9, k e n d e t e g -  
5 n e t ved, at hver indgangskø svarer til en virtuel forbindelse i netværket.

11. Netværkselement ifølge krav 9 eller 10, k e n -  
d e t e g n e t ved, at det desuden omfatter midler til  
10 at regulere den bitrate, hvormed datapakkerne overføres fra indgangskøerne (33;37) til udgangskøen (38), med en anden faktor ( $W_c$ ), som angiver en indbyrdes vægtning af indgangskøerne.

12. Netværkselement ifølge krav 9-11, k e n d e -  
t e g n e t ved, at det desuden omfatter midler til  
15 uafhængigt af nævnte regulering af bitraten helt at afbryde overførselen af datapakker fra indgangskøerne (33;37) til udgangskøen (38) eller en af udgangskøerne (38), hvis den pågældende udgangskø (38) er fyldt op.

13. Netværkselement ifølge krav 9-12, k e n d e -  
20 t e g n e t , at det er indrettet til anvendelse i et ATM-netværk, hvor de nævnte datapakker, der overføres med en bitrate, som afhænger af til tilgængelig kapacitet i netværket, udgøres af ABR-trafik.

14. Netværkselement ifølge krav 9-13, og som omfatter en  
25 omkoblingsenhed (35), et antal indgangsmoduler (34) og et antal udgangsmoduler (39;40), k e n d e t e g n e t ved, at de nævnte indgangskøer (37) er placeret på indgangsmodulerne (34).

15. Netværkselement ifølge krav 14, k e n d e t e g -  
n e t ved, at nævnte udgangskø (38) er placeret i omkob-  
lingsenheden (35).

16. Netværkselement ifølge krav 14, k e n d e t e g -  
5 n e t ved, at der findes et antal udgangskøer, som  
mindst svarer til antallet af udgangsmoduler, og at ud-  
gangskøerne er placeret med mindst én udgangskø på hvert  
udgangsmodul (39).

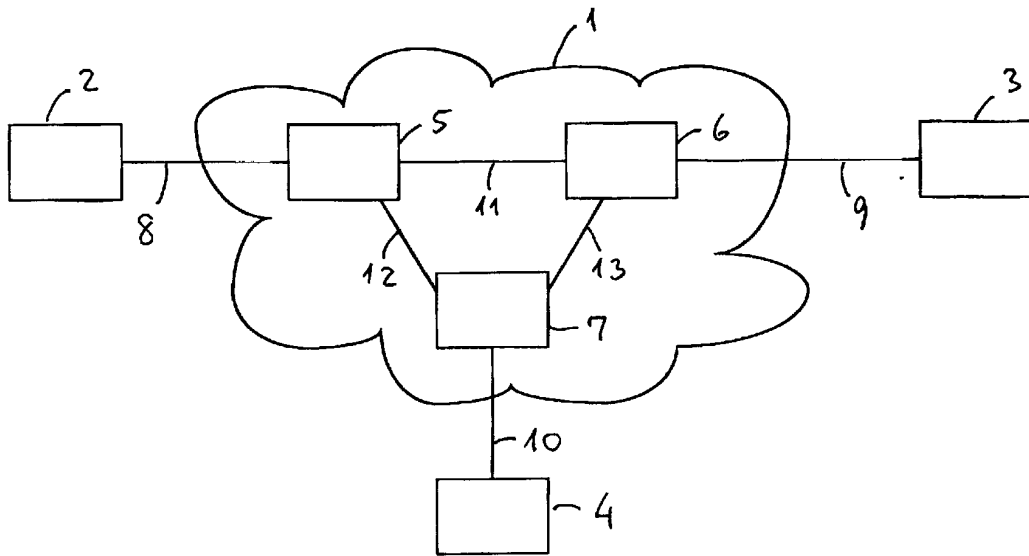


Fig. 1

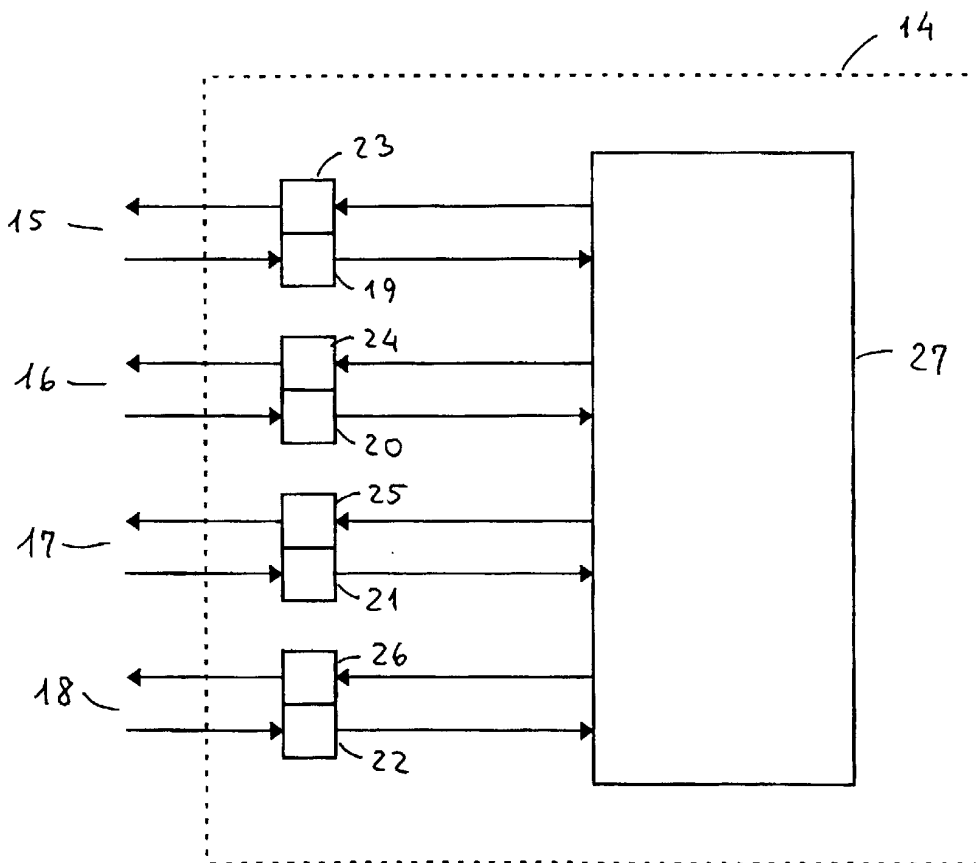


Fig. 2



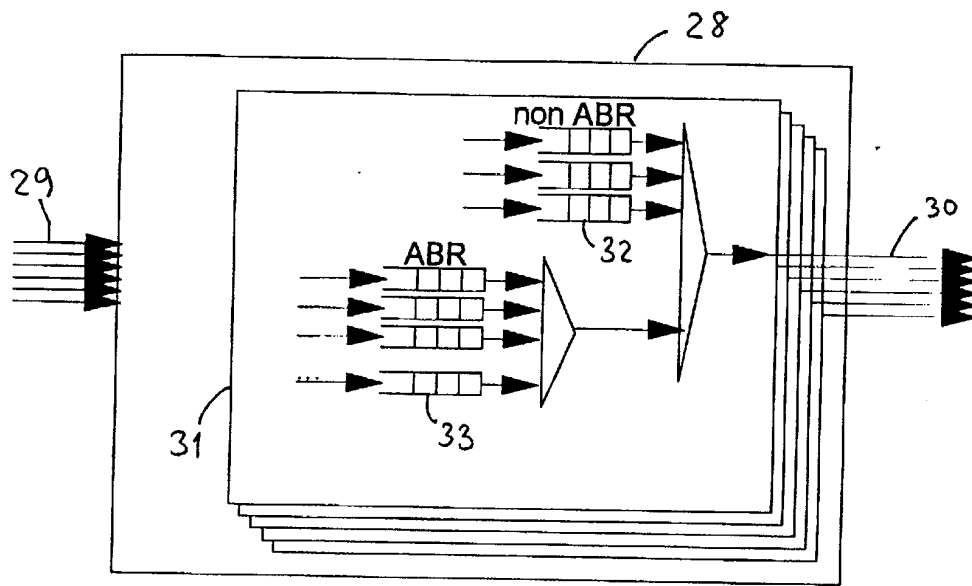


Fig. 3

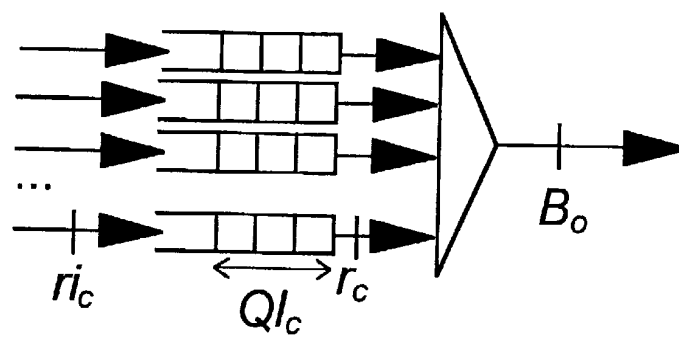


Fig. 4

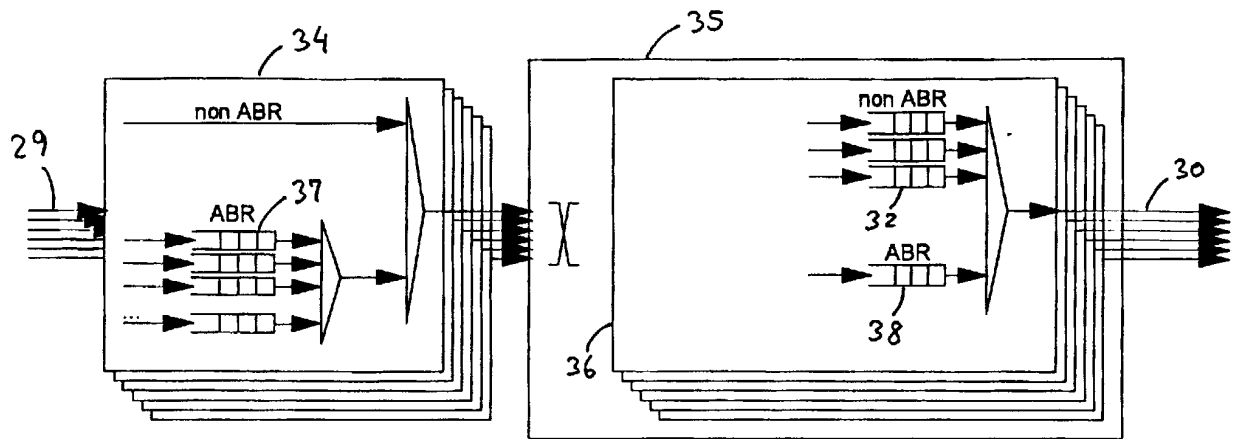


Fig. 5

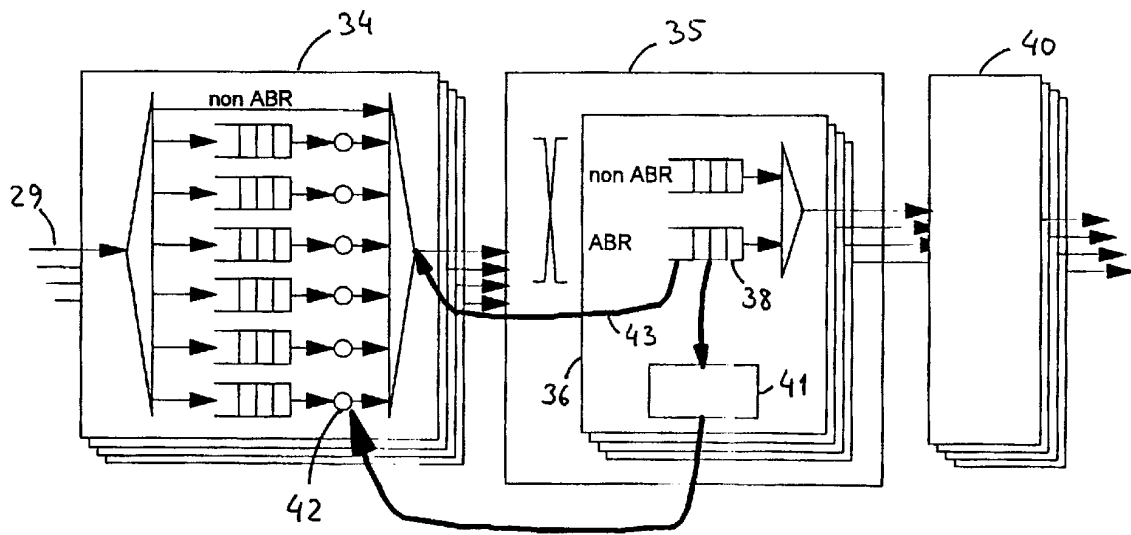


Fig. 6

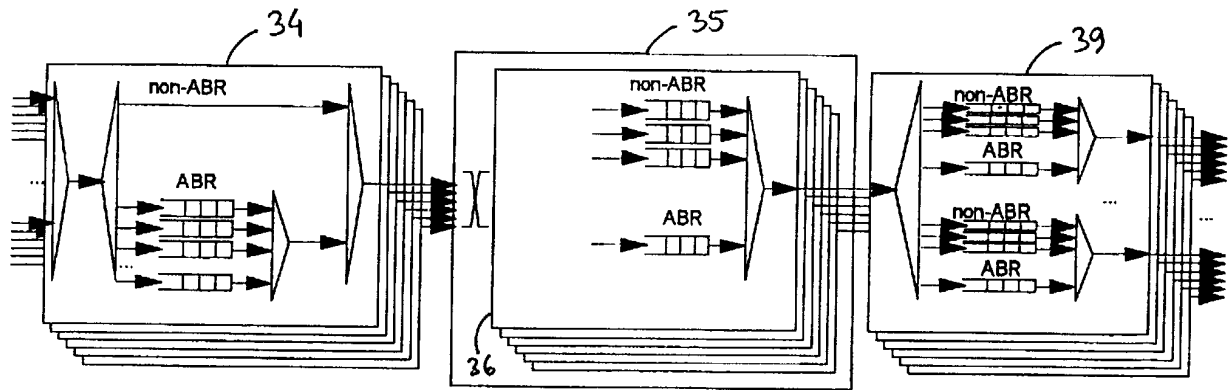


Fig. 7

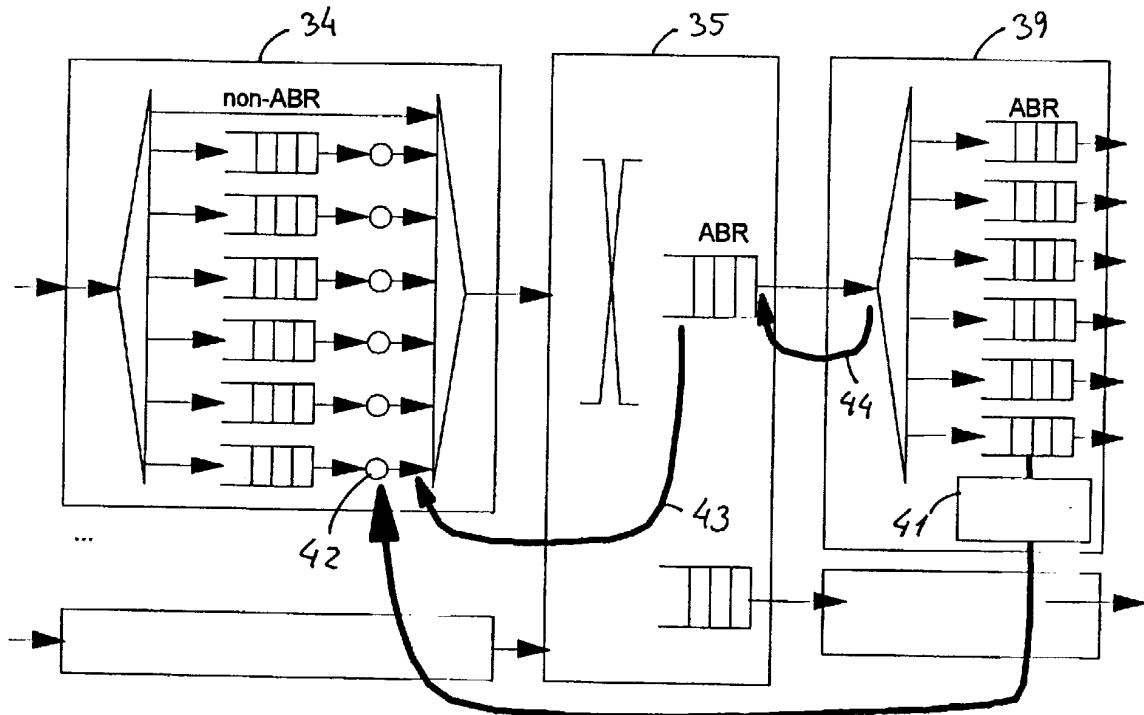


Fig. 8