

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3777261号

(P3777261)

(45) 発行日 平成18年5月24日(2006.5.24)

(24) 登録日 平成18年3月3日(2006.3.3)

(51) Int. Cl.

H04Q 3/52 (2006.01)

F I

H04Q 3/52

A

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平10-354801	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成10年12月14日(1998.12.14)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2000-184408(P2000-184408A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成12年6月30日(2000.6.30)	(74) 代理人	100075683
審査請求日	平成14年9月24日(2002.9.24)		弁理士 竹花 喜久男
		(72) 発明者	馬場 伸一
			神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝 研究開発センター内
		審査官	稲葉 和生
		(56) 参考文献	特開平10-164025(JP, A)
			特開平10-112700(JP, A)
		(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)	
			H04Q 3/52

(54) 【発明の名称】 光ネットワーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光伝送路を利用する空間多重および波長多重を併用した空間および波長の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行う光ネットワークであって、

前記光ネットワークに所属して通信を行うノードは、

送信波長切替手段と、この送信波長切替手段からの出力光を変調し信号光を出力する変調手段とを有するバースト光送信手段と、

このバースト光送信手段から出力される信号光が送出される光伝送路を設定する送信側空間切替手段と、

前記ノードの受信用に割り当てられた波長が含まれる受信光信号を伝送する一または複数の所定の光伝送路に接続され、前記受信光信号の中から前記ノードの受信に割り当てられた波長をそれぞれ選択的に抜き出す受信波長切替手段と、

前記所定の光伝送路が複数であるときに設けられ、前記受信用波長切替手段によりそれぞれ選択的に抜き出された波長の光信号を選択する受信用空間切替手段と、

この受信用空間切替手段からの出力、または前記所定の光伝送路が一であるときには前記受信波長切替手段の出力を受信し、電気信号に変換するバースト光受信手段と、

通信予定に従って、前記送信波長切替手段と、前記受信波長切替手段と、前記送信空間切替手段と、前記所定の光伝送路が複数であるときは前記受信用空間切替手段とを制御するとともに他ノードの制御情報を交換する制御手段とを有し、

この制御手段は、前記ノードが送信先ノードを時間とともに変えながら行う一連の通信

10

20

を行うにあたって、

前記送信波長切替手段の波長切替速度と、前記送信空間切替手段の空間切替速度とで、いずれか切替時間が長い第1の切替手段の切替対象のうち、

前記送信先ノードで受信可能な状態にあるそれぞれの第1の切替手段の切替対象ごとに前記ノードからの送信データが存在する送信先ノードについて第1の切替手段の切替えスケジュールを作成し、

この切替えスケジュールにおける各切替段階について前記ノードからの送信データが存在する送信先ノードについて、切替時間が短い第2の切替手段の切り替えスケジュールを作成することによって、

前記通信予定を計画することを特徴とする光ネットワーク。

10

【請求項2】

前記第1の切替手段は、前記空間切替手段であることを特徴とする請求項1記載の光ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

波長多重および空間多重を用い、ダイナミックな波長切替および空間切替による通信路設定が可能な大容量光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】

情報化の進展に応じて、ネットワークの大容量化が求められている。光通信を用いたネットワークでは、波長多重技術を用いての大容量化が研究開発されている。しかし、現状の波長多重技術では、100波程度の多重しかできないため、情報通信の需要の伸びにすぐ対応できなくなると考えられる。

20

【0003】

また、現在のところは波長可変光源や波長可変フィルタなどの性能に制限があるため、フレキシブルな通信設定ができる光ネットワークを実現しようとする、さらに利用可能な波長数などが制限されてしまう。そこでこの様なネットワークをさらに多重化することにより将来求められる大容量化に対応することが考えられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

例えば、波長多重ネットワークを空間的に多重したネットワークの例を図3に示す。

30

【0005】

このネットワークの各光リングでは、光波長多重技術を用いて同時に複数の波長の光信号を使えるようにすることにより、光リング上で複数の通信が同時に行える。このような特徴を持つ光リングが空間的に多重されてマルチリングネットワークを構成している。光リングと波長の組合せにより指定される論理的な通信路をチャンネルと呼ぶことにすると、このネットワークでは、それぞれのノードが複数あるチャンネルの中から一つ選んで、それぞれ通信を行なう。各ノードは、チャンネルを選択するために空間的に異なるリングの切替え機能と波長切替え機能を持つ光送受信器を備え、通信の相手先ノードを変える度に前記光送

40

受信器を用いて使用チャンネルを切替える。

【0006】

しかし、この様なネットワークを実現するためには、いくつかの問題点がある。

【0007】

第一の問題点は、前記空間切替え手段と波長切替え手段は全く独立した切替え手段であるが、その切替え時間に差がでる。例えば、空間切替を行なう間に、波長切替は何度も行なえる様な場合、空間切替の時間により、通信時間に比しての切替えに費やす時間、つまり光送受信器の利用効率が決まり、高速な波長切替えの利点が活かされない。

【0008】

第二の問題点は、各ノードはデータを転送するために、必ず相手ノードとの間で、使用す

50

るチャンネルを決定するための通信設定を行なう必要があるが、少量のデータの転送等にまで、時間や処理能力をこの設定に費やすことになり、非効率的である。

【0009】

第三の問題点は、大容量化に伴い前記通信設定のために費やす通信が増加し、複数の通信設定通信がノードで衝突したり、処理順序が不適切になることがある。

【0010】

第四の問題点は、各ノードは、通信の相手先ノードを変える度に相手と合わせて使用チャンネルを切替えるが、その切替え先チャンネルとなる使用可能なチャンネルを選択する処理や、当該使用チャンネルを相手先と一致して正しく選択するためのノードの制御部での処理が重い。

10

【0012】

これらの問題は、光ネットワークの多重による大容量化において生じるもので、本発明は、前記第一の問題と第四の問題の解決を図るものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明による光ネットワークは、複数の光伝送路を利用する空間多重および波長多重を併用した空間および波長の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行う光ネットワークであって、前記光ネットワークに所属して通信を行うノードは、送信波長切替手段と、この送信波長切替手段からの出力光を変調し信号光を出力する変調手段とを有するバースト光送信手段と、このバースト光送信手段から出力される信号光が送出される光伝送路を設定する送信側空間切替手段と、前記ノードの受信用に割り当てられた波長が含まれる受信光信号を伝送する一または複数の所定の光伝送路に接続され、前記受信光信号の中から前記ノードの受信に割り当てられた波長をそれぞれ選択的に抜き出す受信波長切替手段と、前記所定の光伝送路が複数であるときに設けられ、前記受信用波長切替手段によりそれぞれ選択的に抜き出された波長の光信号を選択する受信用空間切替手段と、この受信用空間切替手段からの出力、または前記所定の光伝送路が一であるときには前記受信波長切替手段の出力を受信し、電気信号に変換するバースト光受信手段と、通信予定に従って、前記送信波長切替手段と、前記受信波長切替手段と、前記送信空間切替手段と、前記所定の光伝送路が複数であるときは前記受信用空間切替手段とを制御するとともに他ノードの制御情報を交換する制御手段とを有し、

20

30

この制御手段は、前記ノードが送信先ノードを時間とともに変えながら行う一連の通信を行うにあたって、

前記送信波長切替手段の波長切替速度と、前記送信空間切替手段の空間切替速度とで、いずれか切替時間が長い第1の切替手段の切替対象のうち、前記送信先ノードで受信可能な状態にあるそれぞれの第1の切替手段の切替対象ごとに前記ノードからの送信データが存在する送信先ノードについて第1の切替手段の切替えスケジュールを作成し、この切替えスケジュールにおける各切替段階について前記ノードからの送信データが存在する送信先ノードについて、切替時間が短い第2の切替手段の切り替えスケジュールを作成することによって、前記通信予定を計画する。

【0014】

40

ここで、第1の切替手段、第2の切替手段は、空間切替手段または波長切替手段である。また、第1の切替手段の切替対象、第2の切替手段の切替対象は、空間または波長である。

【0015】

また、所定の光伝送路が一であるときは、当該通信の受信側ノードは、接続されるリングが固定されているため、使用可能チャンネルの組合せが減り、使用チャンネルを決定するための処理が効率化される。

【0016】

さらに、前記第1の切替手段、すなわち切替時間が長い切替手段は前記空間切替手段である。

50

以上の解決手段により、ノードは要求された特定の通信品質を保ちつつ、遅い切替え時間を持つ切替え手段の利用を最小限に抑えるようにチャンネル切替え順序が決定されるので、その結果、稼働時間中のチャンネル切替えが占める時間が最適化された光ネットワークが提供することが可能となる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下に、図を用いて本発明の実施例を説明する。

【0026】

図2に、本発明が適用される光ネットワークの例を示す。ノードAからXがネットワークコアに接続されてネットワークを構成している。このネットワークを介して、ノード相互で情報が転送される。各ノードには端末が接続されているかもしれないし、ルータやスイッチが接続されているかもしれないし、さらに他のネットワークが接続されているかもしれない。いずれにしろそれらで生じた情報が図2に示したネットワークを介して、他の場所へ転送される。

10

【0027】

前記ネットワークの具体的な例の一つが、図3の#1~#4の複数の光リングのサブネットワークにより構成されているネットワークである。各光リングでは、光波長多重技術を用いて同時に複数の波長の光信号を使えるようにすることにより、光リング上で複数の通信が同時に行える。この様な特徴を持つ光リングが空間的に多重されてネットワークを構成している。光リングと波長の組合せにより指定される論理的な通信路をチャンネルと呼ぶことにすると、このネットワークでは、それぞれのノードが複数あるチャンネルの中から一つ選んで、それぞれ通信を行なっている。

20

【0028】

各ノードには、あらかじめ割り当てられたリングと波長の組合せ(チャンネル)があり、そのチャンネルを固定的に受信する光受信器が備えられている。また、ネットワーク内の全ノードに信号を伝送出来るように、接続リングと送信光波長を可変できる光送信器も備える。そして各ノードはこの光送信器を用いて、第一の相手ノード宛に第一の光リングの第一の光周波数であるデータを送出すると、光リングや波長を切替えて第二の相手ノード宛に次のデータを送出する。このように、次々と異なる相手へデータを転送していくので、送信するノードと受信するノードの組合せはダイナミックに変化する。

30

【0029】

図1にノードの構成例を示す。ノードは、4つの光リングに、4つのカプラ104-1~4と空間スイッチ110を介して接続された光送信器107と、4つのうちの一つのリングに波長選択器123を介して接続された光受信器106により光信号の入出力を行なう。これら送受信器の入出力と図示されていない前記ノードのローカルへの入出力インターフェースとが、ルーティング部115を介して接続されている。またノードは、これら光送受信器、ルーティング部などを管理する制御部111を持つ。さらに、前記制御部111による情報転送を主な目的としたデフォルトチャンネル光送受信器108および109が、WDM(Wavelength Division multiple x)カプラ105-1,2を介して光リング103-1に接続されている。

【0030】

前述したノードの光送信器107は、波長可変光源121を持つ。その光出力は、変調器122により情報が変調されたのち、空間切替型光スイッチ110を介していずれかの光リングに接続される。この波長可変光源121及び空間スイッチ110は制御部111により制御される。光受信部は、データが転送されてくるリングからノードに割り当てられている光周波数を選択する波長選択器123により抜き出された光信号をバースト受信に対応した光受信器106で受信、電気信号に変換する。そののち、ヘッダ処理部117でヘッダ処理などを行ない、取り出された情報を出力する。ノードは、ネットワークの持つ伝送容量をより有効に利用したり、マルチキャスト通信対応を容易にするため、光送信部や光受信部を複数持つ場合もあり、また、その場合に送信部と受信部が同じ個数でなくとも良い。

40

【0031】

50

またノードには、以上説明したデータ送受信のメイン光送受信器の他に、ネットワークの制御・管理情報や小容量のデータ通信の伝送に主に使われるデフォルトチャンネル用光送受信器108,109を備える。図1に示す例では、デフォルトチャンネル用送信器109が、波長が0固定で、光リング#1(103-1)に接続されている。同様にデフォルトチャンネル用受信器108も、受信波長が0固定で、光リング#1に接続されている。一般にデフォルトチャンネルは、ネットワークの状況を把握し、他ノードからの通信設定の要求に応えるために、常に受信しておく必要があるため、少なくともデフォルトチャンネル用の光受信部は、メインの光受信器とは兼用しない。また中継する他ノードの通信設定要求のデータを速やかに転送するためには、デフォルトチャンネル用の光送信器もメインの光送信器とは兼用しない方がよい。さらに、この周波数0をメイン光送受信器の用いる波長とは離れた波長を用いることにより、デフォルトチャンネルを分離する波長選択部に低価格の合分波器が使えるメリットがある。例えば、光アンプも多用することになるメイン用のチャンネルを1.55 μm 帯に設定し、一方デフォルトチャンネルを1.3 μm 帯に設定する。また、構内網などファイバ資源が十分にある場合は、デフォルトチャンネル用のファイバを独立させると、さらに合分波器さえ不要になり、システムが簡便化される。なおデフォルトチャンネルに対して、メインの光送受信器が通信を行なうチャンネルをバイパスチャンネルとも呼ぶ。

【0032】

バイパスチャンネルによる通信は、例えば、Yoo,M.らによる`A High Speed Protocol for Bursty Traffic in Optical Networks' (SPIE Vol.3230, pp.79-90, Nov. 1997)に紹介されている`tell-and-go'設定方式を用いる。この場合、各通信は図4に示す次の手順で行なわれる。例えば、ノードAがノードJにデータを伝送する場合、まずノードAは、ノードJ宛にデータを転送する旨をノードJおよび途中ノードに知らせる予告パケット140を送出する。予告パケットは、ネットワークのデフォルトチャンネルに送出される。デフォルトチャンネルは、ネットワークに接続する全ノードが常に送受信できる状態にいる特別なチャンネルである。

【0033】

デフォルトチャンネルを流れるパケットは必ずリング上の隣のノードに受信され、そこで予告パケットに示されている通信予定が既に予約済みの他の通信を邪魔しないか確認した上で、当該通信予定に必要なそのノードでの予約を行なう。これらの処理後、そのノードが最終ノードでなければ予告パケットを次のノードに転送される。従って、各中継ノードでは、処理時間152が必要となる。ノードAを出た予告パケット140は、ノードBで前記処理を行なったのち予告パケット141として送出され、ノードC、ノードDとこれを繰り返して、最後にノードJに到着する。

【0034】

ノードJは予告パケット149を受けとり、ノードAからの伝送を受信できるかどうかを判断し、受け取れる場合は、バイパスチャンネル用光受信器で、ノードAからのデータを待つ。ノードAは、予告パケットを送出後、ある時間 t_1 (153)をおいて、それまでに予告失敗を告げるパケットが戻ってこない限り、バースト状パケット150を一方的に送り出すことになっている。従って、ノードJには、相当時間の経過後、ノードAからのバースト状パケットが届く。また、予告パケットにも t_1 に関する情報が含まれており、それを基にノードJでパケット到着のタイミングも推測できる。それに合わせて、ノードJは受信準備ができる。例えば、光受信器では送信ノードAからの過去の通信時に保存しておいた受信ゲインの設定やクロックの同期位相情報などを受信器の初期値として設定することにより、バースト受信における初期引き込み時間の短縮を図る。また、必要なバッファ領域の確保やルーティング能力の確保などもこの時点で行なわれると、スムーズなバースト/パケット処理が実現できる。

【0035】

次に、さらに具体的な例と効果について説明する。前記の様にして通信を行なうため、ノードは送信に際して、相手先ノードに合わせて、常にリングと波長を選択することになる。バイパス通信送信部では、この選択を上述のとおり波長切替と空間切替の2つの独

10

20

30

40

50

立した切替え手段を用いて行なう。ところが、第一の問題として前記したように、それぞれの手段の切替えに要する時間が著しく異なる。光送信部の波長切替えは、Distributed Bragg Reflector型半導体レーザ(DBR-LD)を光源に用いることにより、その波長制御電極にかかる電流の切替えに応じて、マイクロ秒オーダの速さで行なわれる。一方、空間切替えは、ファイバの接続部をピエゾ素子により機械的に動かすスイッチを用いることにより、ピエゾ素子にかかる電圧でファイバ出力のポートが決まるが、この切替え速度はミリ秒オーダである。そこで各ノードの制御部は、一度空間切替を行なうと、当該リングネットワークで行なうことができる通信をできるだけやっしまい、その後で初めて、空間切替を行なう。こうすることにより、空間切替の頻度を減らして時間の有効利用を行なうことができる。

10

【0037】

各ノードの制御部が行なう通信相手の順番を決定するスケジューリングには、ノード内に蓄積される相手先別データ量や相手先別のサービス予約状況や相手先ノードの負荷の具合が考慮される。ノードはネットワークの外側に接続されている機器や他のネットワークから来るいろいろな通信パケットを受信すると、まず送り先を判定する。次に、メインのバイパスルートで転送するパケットか、デフォルトチャンネルで転送するパケットかを判別する。デフォルトチャンネルで転送する場合は、パケットは、デフォルトチャンネル送信器に接続するバッファに一時蓄えられ、このバッファのパケットは、逐次デフォルトチャンネルに送出される。一方バイパスルートで転送する場合は、送り先ノードごとに分類されたキューに貯められる。場合によっては、同一の送り先の中で、更にサービス毎、フロー毎にキューを分類して貯められることもある。これらの分類は、多くのQoS(Quality of Service)の様に通信ユーザからの要求により設定される場合と、IPルータで用いられているタグスイッチングの様にネットワーク内の効率化の目的でノードにより自主的に設定される場合がある。これらの設定の起動/終了は、既存のプロトコルに従った実装を、ルーティング部および制御部に施すことにより、それらのプロトコルがそのまま利用できる。また、複数の受信器を持つノードに対してもキューの数は受信器の数には関係無い。スケジューリングを行なう制御部は、これらのバッファへのパケットの蓄積具合をみて、多く蓄えられているバッファの相手先から順番にバイパスチャンネルの通信が行なわれる様に通信設定を行なっていく。

20

【0038】

この際に、ノードの制御部は、前記切替え方式毎の切替え時間の違いを考慮するので、まず、相手先をその所属リング毎に分類する。そして、リング毎の全ての相手先をまとめたバッファの蓄積状況から、まずリング移動のスケジューリングを行なう。さらに、各リング内での各相手先バッファの蓄積状況から相手切替えつまり波長切替えのスケジューリングを行なう。制御部111は、作成したスケジューリングに従い、デフォルトチャンネルに予告パケットを送出し、通信設定を順次行なう。ただ、あるリングで通信を設定している時、そのリング上の全ての相手先と通信を設定する訳ではない。バッファに十分な量のパケット、例えば伝送した際のバースト長が波長切替え時間に対して比較し得る位長くなる量以上のパケット、が蓄積されていない場合、その相手先への送出は先送りするかもしれないし、特定のリング上の相手先ばかりバッファが一杯になっていっても、その中で優先度の高いバッファを送出し終えたら、一度、他リングの通信へ切替えるかもしれない。

30

40

【0039】

この様にスケジューリングには、平均的にリーズナブルなサービスが実現される様にするというもう一つのポイントがある。帯域、帯域使用効率、遅延、遅延ゆらぎ、パケット廃棄率などの多種多様なサービスファクタの全てを満たす訳ではなく、ノードあるいはネットワークの運用ポリシーに従って、実現すべき品質は異なる。たとえば、最大遅延時間を大事なファクタとした場合について説明する。ここで制御部は、ノードを通過するパケットが受ける最大遅延時間をできるだけ短くする様にバイパスチャンネルの通信をスケジューリングする。例えば、「ロード(負荷)の高い相手先には、設定失敗を減らすため、早めにt1を十分にとった予告パケットを送っておいて、定期的に通信権を獲得する」、「一定時

50

間経過してもバイパスチャネルを使用するほどパケットが蓄積されなかったバッファでは、バッファ中のパケットを、デフォルトチャネルバッファに移してデフォルトチャネル経由で送出する」、といったルールを適用して、スケジューリングが行なわれる。

【0040】

図5に制御部111での処理手順例を示す。行き先別キューの状況等から、次のT/2時間のリング切替え順序と各リングでの滞留時間を決定する(ステップ161)。当該リングに属するノードのキューで優先度の高いキューに対して、必要な通信時間等の資源を確保する(ステップ162)。残りリング滞留時間を配分し、当該リングに属するノードの間で、キューの状況から波長切替え順序と各波長での滞留時間を決定する(ステップ163)。当該リングで波長を割り当てられなかったノード行キュー内の待機パケットをデフォルトチャネル送信用バッファに移動する(ステップ164)。続いて、最後のリングであるかどうか判断され、最後でなければステップ162へ進み、最後であればステップ166へ進む。最後のリングの場合には、時間帯 $t_0 \sim t_0 + T/2$ のスケジューリングが終了となる(ステップ166)。そして、処理161~166を時間T/2毎に繰り返すことにより、キューにおいてパケットが受け得る遅延を最大でTに抑えることができる。そして、空間切替のスケジューリングに関わる処理161の後に波長切替のスケジューリングに関わる処理162から処理165を光リングの数だけ繰り返すという独立した2段階の手順で構成されており、これにより前述の効果を持った処理が実施される。

10

【0041】

以上の様に、バッファでの蓄積状況、必要なサービスの確保に加えて、切替え時間の違いを考慮したスケジューリングを行なうことにより、トータルでの通信効率の向上が図られることが、本発明を用いることの最大の利点である。

20

【0042】

予告パケットは、制御部111により、生成・中継される。スケジューリングに従い、相手ノードとその途中のノードに相手ノードにより決まる光リングと波長の組合せのバイパスチャネル使用の予約を行なう。図6に予告パケットの例を示す。予告パケット170には、発信元アドレス、宛先アドレス、実際のデータ送出タイミングを示す $t_1(173)$ 、パケット持続時間(174)等がデータとして含まれる。またデフォルトチャネルは、他の通常の通信のパケットも流れるので、ヘッダはそれと共通化を図る。たとえば、IPパケットをサービスするネットワークでは、20バイトのIPヘッダ互換部171を用いる。ただし、予告パケットは重要度が高い情報なので、デフォルトチャネル受信器108で電気信号に変換されたのち、セレクタ119によって直ちに他のデータから選別され制御部111に渡される。これは、通常のデータ同様にバッファ経由でルーティング機能を通させると、輻輳時には大幅な遅延を被り、最悪のケースではパケットが廃棄されることがあるのを防ぐためである。予告パケットだけでなく、ノード同士の制御情報を交換する制御パケットなども同様の取り扱いをする。このため、予告パケットや制御パケットは、ヘッダ内にそれを示すコードが含まれる。例えば図6に示したIPヘッダ互換部171のversion 4形式では、TOSビットあるいはProtocolフィールドが、version 6形式では、Priorityフィールドがそのために使われる。この様に既存のプロトコルの優先機能を用いることにより、既存のヘッダ処理プログラムあるいは素子に少しの改良を加えるだけでセレクタが作成できる。制御部は、予告パケットを処理後、自ノードが最終宛先でなければ、前記予告パケット170を中継して次ノードに送る。この次ノードは、宛先ノードに届くための経路上にいる隣ノードであり、本実施例の様にリングネットワークの場合には、宛先に依らず隣ノードは一つしかない。

30

40

【0043】

また関連して、制御部が生成する予告パケットや制御パケットをデフォルトチャネル用光送信器109に入力する際も、デフォルトチャネルキューからくる通常データより優先的に送信される様に制御される。

【0044】

制御部111は作成したスケジューリングに従い、行き先別キューからデータをバイパスチャネル用光送信器に転送する制御も行なう。まず、予告パケットにより予告した送出時間にキ

50

キューの内容をバーストにして光送信器から送り出せるタイミングで、キューの内容をヘッダ処理部へ転送する。もし、ノードに再送機能がある場合、バーストは再送される可能性があるため、前記転送時にバッファ上にもデータを残しておく。そして、当該データは、転送後一定時間 t_2 の間に再送を行なわなかった時に、始めてバッファから消去される。IPフォーマットの packets を扱うネットワークの場合、このヘッダ処理部117へ転送されるデータは、IP packets が1つ以上縦続に並んだものになる(図7)。このデータをカプセル化するヘッダ互換部182をこのヘッダ処理部117でつける。バイパスチャネルでの通信は、送信ノードと受信ノードで互いに相手のノードのことがすでに分かっており、また途中ノードでは光信号がそのまま通過するだけなので、いわば専用線を用いた通信と同じで、発信/受信ノードアドレス、バーストのデータ形式/プロトコルの記述はヘッダ中に必要ない。またバーストの誤りについては、データである各IP packets 183~189はそれぞれ誤り検出が出来るので、IPヘッダ互換部182の誤り制御だけが必要である。従って、受信時にバーストの終了位置を決定するのに使われるバースト長を示すフィールドが、IPヘッダ互換部182では最も重要で、このフィールドに誤り訂正のためのフィールドを付加したものが最低限必要なヘッダである。この形式により効率的なデータ転送を行なうことが出来る。

10

【0045】

ただし、途中ノードでの光伝送監視のために発信/受信ノードアドレスがあった方がよいことや、将来の拡張性のためにオプションを設定できること、デフォルトチャンネルではIP packets がそのままやりとりされること等から、バイパスチャネルにおいてもIPヘッダを流用するのも自然で、この場合、図7で示した packets 形式181を用いるIPトンネルを利用するのが良い。他の packets サービス方式に供されるネットワークの場合も同様にできる。また、例えばIPとATMの様に複数のサービス方式が混在するネットワークの場合は前記条件を満たす独自ヘッダが必要となる。

20

【0046】

ヘッダの付加されたバーストは、バイパスチャネル用のバースト光送信器107に入力される。そこで光伝送路に適したスクランブルをかけられ、受信側での同期引き込みに使われるプリアンプルが付加され、変調器122へ入力され、光バーストへと変換される。

【0047】

予告 packets に対して途中ノードまたは相手ノードから不許可 packets が返ってきた場合、ノードは再設定に挑むか通信ノード先を変更して対応しようとする。不許可 packets を受ける頻度が高い場合は、そのリングの負荷(ロード)を高いと判断して、他のリングへ移動する。あるいは、デフォルトチャンネルを通る不許可 packets の頻度を測定することによって、リングのロードを判断するかも知れない。この様に、各ノードは、各リングのロードを直接的あるいは間接的に把握して、空いているリングに優先的に接続するようにする。ただし通信が集中するノードへの予告は、不許可の確率が高くなるので、その度に通信を諦めると当該ノードへの通信ができなくなってしまう。そこで、ランダムにあるいは決められたルールに従って、再設定を繰り返し通信できるまで待つ必要がある。

30

【0048】

また不許可 packets が返ってきた場合に、既に予告 packets からの遅れ時間 t_1 の設定によっては、当該バーストがすでに送出されている場合がある。この時には、当該バーストを構成するデータが既にバッファから消去され、バーストの再送ができない様なシステム構成もあり得る。通常、上位層プロトコルでも再送などの誤り制御機構が備えられており、光ネットワークのレベルで再送しなくてもアプリケーションは動作可能だからこの構成が可能である。

40

【0049】

この不許可 packets の受信前にバーストを送出してしまう場合にもう一つ問題点がある。それは、不許可にも関わらず送出されたバーストが他の送信を許可された(正確には、不許可でなかった)バーストと衝突して、受信側で許可されたバーストの受信に失敗することである。同じ状況は、不許可 packets が途中で誤りなどにより廃棄された場合やプロト

50

クッション機能によるループバックが働いた場合にも生じる。このため受信ノードでは、予告パケットにより設定された時刻になってもバーストが到達しなかったり、あるいは、届いたバーストが再生できなかった場合、当該バーストを送信したと推測されるノードに、バースト転送の失敗を通知する制御パケットをデフォルトチャンネルを介して送信すると良い。ただ、バースト通信主体のネットワークなため、再送はデータに著しい遅延を与える。これを避けるために、各ノードで不許可なバースト伝送を廃棄したり、既に光信号がチャンネル上を伝送されている時には、重ねては光信号が送出できない様な機能を備えるとより良い。この機能は、例えばバイパス送信器出力を光リングに多重するための空間スイッチとカプラで構成されている部分を音響光学効果フィルタ(AOTF:Acousto Optic tunable filter)で構成すると実現できる。AOTFは、任意の波長を任意の程度で合分波できる機能がある。このAOTFを送信光信号の合波器として用いて同時に必要なチャンネルの光信号の一部を抜き出しモニタすることにより、異常時には、前記の様な対策を行なうことができる。

10

【0050】

前述の様に、他ノードの通信状況に関する知識も効率の良いスケジューリングに役立つ。従って、制御部は、デフォルトチャンネルを通過する予告パケットなどから、通信状況を把握する表を作成・管理しておく。この表には、例えば各相手先ノードに、どのノードがいつ通信を行なうかが記録されている。

【0051】

またランダムに発生する通信予約がパケット衝突により失敗する確率を下げるために、各リングは平均負荷が例えば50%以下という状態で動作出来るように、ネットワークは設計される。例えば各リングで使用可能な波長が25波長あり、ノードの総数が100局の場合、4リングで全ノードが波長をフルに活用して通信ができるわけだが、この様な状態をtell-and-go方式で実現するのは難しい。これが、例えばリングを8以上設け、各ノードにも相当の容量が確保できる様に受信器を増設すると、パケットあるいはバースト廃棄率が急激に改善され、通信がスムーズに行なわれる様になる。

20

【0052】

さらに高負荷ノードは、例えば、複数受信器により複数のリングに従属することにより、各受信器の負荷を下げ、同時に負荷を各リングに均等に分散させる効果も提供する。これにより、tell-and-go方式を用いた回線設定によっても、著しくリング数を増やす必要は

30

【0053】

以上の例では、ノードに備えられたメインの光受信器は、接続される光リングが固定され、さらに受信波長も固定されていた。このため、前に述べた様に送信側ノードでは、通信設定を行なうにあたり、使用可能なチャンネルを探して、アレンジする必要がなくなるため、チャンネル設定に要する処理が軽減される。特に、本発明が扱うネットワークは波長や空間という次元を複数用いるため、チャンネルを指定する波長や空間の組合せ数が多い。このため、問題点の第4として指摘したように使用可能な波長のアレンジやその打合せの処理が重くなる問題があったが、前記の様に、本発明によりこの問題が解決される。さらに、前述の他ノードの通信状況に関する知識や複数の受信器設置による受信器負荷の低減などにより、より効率的なチャンネル設定処理が実現できる。

40

【0054】

本実施例中で用いた切替え手段は、ピエゾ素子によりファイバを駆動する空間スイッチとDBR-LDによる送信波長切替の組合せであるため、波長切替の頻度を空間切替の頻度より高くした。これは当然使用する切替え手段により種々の場合が考えられ、例えば、DBR-LDによる送信波長切替と半導体光ゲート(SOAG: Semiconductor Optical Amplifier Gate)による空間スイッチを用いた光送受信部を構成すると、波長切替がマイクロ秒のオーダーで行なわれるのに対して、空間切替がナノ秒オーダーと波長切替より十分速く行なわれるようになる。この場合においても、前記実施例での空間切替と波長切替の使い方を入れ換えることにより、本発明の効果が得られる。また、ノード毎に切替え速度の速い切替と遅い切替

50

の組合せがことなる場合でも、速い切替の方を優先的に使うという本発明を適用することにより、効率的な通信が実現される。

【0055】

本発明の第2の実施例として、前記実施例と同じく図3のネットワークにおいて、各ノードのバイパスチャネル用光受信器もリングおよび波長が可変可能な場合について、以下に説明する。この場合、信号を送信するノードと受信するノード、使用リング、使用波長の組合せが、ダイナミックに変化する。

【0056】

図8にノードの構成例を示す。先の実施例におけるノードと異なるのは、バースト光受信器106が制御部111により制御される空間スイッチ110-2と波長選択部123-1~4を介して、
10 全ての光リングに接続されている点である。このノードでは、バースト光送信器107は、情報を伝送するバイパス通信の送信部として波長可変光源を持ちその出力が空間切替型光スイッチ110を介して各リングに接続されている。バースト光受信器106は、データが転送されてくる光周波数を選択する各リングの波長選択部で選択された光信号が光スイッチで一つだけ選択され、バースト受信に対応した光受信器で受信、電気信号に変換する。そののち、ヘッダ処理などを行ない、取り出された情報を出力する。ノードは、ネットワークの持つ伝送容量をより有効に使い、マルチキャスト通信にも容易に対応するために、光送信部と光受信部を複数持つ場合もある。また、その場合に光送受信器が同じ個数であるとは限らない。

【0057】

ノードには、このバイパスチャネル用光送受信器の他に、小容量の通信や制御情報の伝送に主に使われるデフォルトチャネル用の光送受信部を備えるのは、前記実施例と同様である。

各通信は図4に示す手順で前記実施例と同様にして行なわれる。

【0058】

予告パケットを受けとったノードJは、ノードAからの伝送を受信できるかどうかを判断し、受け取れる場合は、ノードAが指定してきた波長にバイパスチャネル用光受信器の受信波長を合わせる。すると、ノードAからのバースト状パケットが届く。ノードAは、予告パケットを送出後、ある時間t1において、それまでに予告失敗を告げるパケットが戻ってこない限り、バースト状パケットを一方向的に送り出す。ノードJがt1以内に予告パケットを
30 受け取れば、ノードJは、ノードAからのパケットを最初から受信できる。

【0059】

この様にして通信を行なうため、ノードは送受信に際して、常にリングと波長を選択することになる。バイパス通信送受信部では、この選択を上述のとおり波長切替と空間切替の2つの独立した切替え手段を用いて行なう。ところが、それぞれの手段の切替えに要する時間が著しく異なる。

【0060】

光送信部の場合、波長切替えは、マイクロ秒オーダの速さで行なわれる。一方、空間切替え速度はミリ秒オーダである。そこで各ノードの制御部は、一度空間切替を行なうと、当該リングネットワークで行なうことができる通信をできるだけやっしまい、その後で初
40 めて、空間切替を行なう。こうすることにより、空間切替の頻度を減らして時間の有効利用を行なうことができる。

【0061】

前記機能を実現するため、各ノードの制御部は、常にどのノードがどのリングで通信を行なっているか、特にその光受信器がどのリングで使われているかをできるだけ把握するように表を管理している。この表は、デフォルトチャネルを流れる前述の通信予告パケットやそれを基に各ノードが作った表をノード間で交換することにより、常に最新状況を反映する様に管理される。また各ノードが、自ノードが利用するリングを変更する度にその存在情報をデフォルトチャネルにブロードキャストする様になると、各ノードは状況を把握しやすくなるので、さらに良い。ノードの存在情報は、各ノードの送受信器が接続リング
50

を変更する直前と直後に流される。変更直後の情報には、例えば予定滞在時間なども含まれて、そのノードへ通信したいノードが通信スケジュールを決めるのにも役立てられる。そして、この表により各ノードは予告パケットの送り先を決定する。

【0062】

ただ、デフォルトチャンネルを流れる予告パケットは、勿論全ノードには伝わらないし、他のノード間での表の交換や各ノードの流す存在情報も全ノードに正しく伝わるとは限らない。このため、表は全てのノードの状況を把握していないかもしれないし、最新の状況を反映していないかも知れない、制御部は、その点も考慮に入れ表の管理や通信スケジュール決定を行なう。例えば予告パケットから得た情報は信頼できるが、ノード間で交換した情報は、既に古くなっているかも知れないので、その点を考慮して表の更改を行なう。これにより、表に基づく通信設定を行なった場合でも、当該通信の成功率が向上する。

10

【0063】

ここまで示した様に各ノードが波長切替を優先して通信していく場合、通信しようとしてもいつも同じリング上にいない相手が生じ、この相手を追いかけて続ける状態になる可能性がある。この様な相手には、予告の予約を行なう、あるいは、リングと周波数の両方を指定し、かつ予告パケットとデータパケットの間を十分にとる様にして、予告パケットを送出することにより、追いかけて状態を減らすことができる。この様に通信要求をかなり早くから予告すると良いが、それでもすでに通信希望のタイミングにどのリングに居るかが決まっている可能性もあるので、デフォルトチャンネルを介して相手のスケジュールをあらかじめ得ておくのも良い。

20

【0064】

デフォルトチャンネルでは、小容量の通信もその上で行なうので、ノード数が増えると1チャンネルでは容量が足りなくなる。デフォルトチャンネルが低負荷、十分低いパケット廃棄率で運用されていないと、予告パケットなどが相手ノードに届かずに途中で消失して通信に失敗するなど、デフォルトチャンネルの容量制限でネットワーク全体の利用効率が低減してしまうという問題が生じる。そこで、デフォルトチャンネルの容量が不足する場合には、瞬時的なケースに対しては、予告パケットを優先的に伝送し通常データはバッファリングや廃棄により対応する。一方、平均的に不足する場合には、各リングにデフォルトチャンネルを設定するマルチデフォルトチャンネルの構成が有効である。この場合のノードの構成を図9に示す。デフォルトチャンネル用光送受信器108、109は、WDMカプラ105-1~8と制御部111によりコントロールされる空間スイッチ124-1、2により、全リングのデフォルトチャンネルに対して光信号の入出力が可能になっている。ただし依然、デフォルトチャンネル用光送受信器108及び109は一つずつしか備えていない。ノードは、各リングでデフォルトチャンネルを介して、リングの負荷をチェックしながら通信順序を検討する。リングを切替えたノードは、直後に、接続したことを伝えると共に前にいたリングの通信状況等の情報を知らせるパケットを新しいリング上に放送すると良い。これにより、あるリングでも他リングのほぼ最新の情報が入手でき、他のノードのリング間切替えなどのスケジュールリングの参考になる。

30

【0065】

またデフォルトチャンネルを、各リングに分散させることにより、第一の実施例でも触れたデフォルトチャンネルとバイパスチャンネルの1.3 μ m/1.55 μ mの波長多重が同様に使えるので、デフォルトチャンネルが安価に構成できる。

40

【0066】

マルチデフォルトチャンネル構成において、ノードが複数のデフォルトチャンネル用光送受信器を持つ場合は、多少ノードの光送受信器が高価になるが、さらに通信効率を上げられる。制御部111が、現在通信を行なっているリングの他に、次に切替を予定しているリング、さらにその次のリングのデフォルトチャンネル情報も入手できる様になるからである。ネットワークにこの様なノードが数ノードあるだけでも、そのノードが最新の他リング情報を流すことができ、他のノードがリング切替をスケジュールリングするのに参考にできる。また、複数のバイパスチャンネル用光送受信器106,107を持つノードは、各光送受信器の

50

ための制御を行なうために、複数のデフォルトチャンネル用光送受信器108,109を持つ必要がある。そしてこの時、同時に前述したリング間での情報交換を助けることができる。

【0067】

図10に示すような構成により、全ノードがマルチデフォルトチャンネルの数だけデフォルトチャンネル用光送受信器を備えるとさらに良い。各リング用デフォルトチャンネル光送受信器108-1~4,109-1~4はそれぞれWDMカプラ105-1~8を介して、いずれかの光リングに接続されている。各送信部108-1~4は、行き先ノードごとに後述するマルチリンクコネクション制御を行なうML部125-1,2を介してパケットを入力している。また、通常のデフォルトチャンネル用の合流器118の後に、前述のML部との間に行き先毎にパケットを振り分ける振分器127も備える。各受信部出力は、発信ノード毎のML部125-3,4を介して合流器126により合流され、セレクタ119に渡される。

10

【0068】

この場合に生じる前記第三の問題に対しては、簡易で効率的なデフォルトチャンネルの利用が実現できる。まず、複数のデフォルトチャンネル間に通信を分岐させ、また、複数のデフォルトチャンネル間からの通信を合流する機能を備えることにより、ノード間ごとに複数あるデフォルトチャンネルをマルチコネクションにより構成された一つのリンクとみなすことができるようになる。従ってノードの制御部は、どの情報を相手先に接続されているどのデフォルトチャンネルに流すかを区別する必要がなくなる。各ノードはロードの低いデフォルトチャンネルを選んで予告パケットや情報を送出することにより、各デフォルトチャンネル間の負荷が分散し、通信呼損率が十分低く保たれ、デフォルトチャンネルの性能不足によるネットワーク全体の効率低下が生じ難くなる。そして、マルチリンクプロトコル等の順序制御プロトコルを分岐/合流機能に適用することにより、通信予約の順序の逆転等がなくなり、確実性の高い処理が実現される。また、あるデフォルトチャンネルが障害により使用不可になっても、残りのチャンネルを活用することにより、障害の影響が無い、信頼性の高いチャンネルを実現できる。

20

【0069】

前記第一、第二の実施例においては、通信設定方式として、「tell-and-go」を用いた例を示してきた。この方式は、手順が簡単である上に、各ノードが独立に自律的にスケジューリングを行なえるため、各ノードの状況に応じて、通信設定が調整・変更できるため、通信負荷の時間的な変化や地理的な偏りに自在に対応でき、また、分散システムであるところからくる部分的な障害に非常に強い利点もある。しかも全く自由にデータを送り出すALOHA方式に比べるとスループットが高い。しかし、ネットワークの負荷が高くなると、急激に通信の衝突が頻発して、ネットワークの効率的な活用ができなくなる。そのため、通信容量の点で十分余裕のあるネットワーク設計が必要となり、コストがかかる問題点もある。

30

【0070】

一方、前述した技術は通信設定方式には依らない。例えばネットワークの本来の通信容量をより効率的に利用するという点では、あらかじめ全ノードのスケジュールを決めてしまうプリアサイン型の通信設定方式が有効であるが、この場合にも前述した技術は有効である。この方式を用いる場合、ネットワーク全体のスケジューリングを行なうスケジューラが存在し、スケジューラが各ノードの通信要求を集め、それに基づいた全ノードのスケジューリングを刻々と行なっていく。この場合でも、第1および第2の実施例により説明した構成を採ることにより、依然その効果が得られる。

40

【0071】

まずスケジューラは、ノード(あるいは、各バイパス用光送受信器。以下同様)をリングの数より多い複数のグループに分ける。そして、次にそのグループをいずれかのリングに割り当てていく。さらに各リングの中で、あるグループのノードAから異なるグループのノードBへの通信。と、異なるグループに属するノード間の通信のスケジューリングを行なう。各リングでグループ間の通信のスケジューリングが終了すると、次のグループの組合せを各リングに設定していき、その中でのグループ間の通信をスケジューリングする。

50

これを順次行なっていくが、適宜相手グループが無い時などに、グループ内での通信のスケジューリングも行ない実施する。この時、このグループの組合せ変更が各ノードにとってはリング切替えとなり、グループ間通信中の相手ノード変更が波長切替えとなる。従って、ここでも前記2種類の切替が区別され、リング切替(=空間切替)の頻度を低減する様にスケジューリングが行なわれており、その結果、ネットワークの利用効率が向上する。

【0072】

また、この様に2段階のスケジューリングを行なうことにより、スケジューラは、ノードの数よりはずっと少ないグループ数、グループ内ノード数という常に少ない数の組合せのスケジューリングをするだけで良いので、スケジューラの処理量が大幅に削減される利点もある。

【0080】

【発明の効果】

以上、いくつかの実施例を用いて示した様に、ダイナミックに通信チャンネルを設定する大容量光ネットワークにおいて、生じ易い通信容量の非効率的な利用の問題は、本出願で開示した、ノードでの切替順序の設定、マルチリング構成において受信に使用するリングの数を制限する技術などにより解決され、効率的で高信頼なデータ通信が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明する光ノードの第一の例のブロック図である。

【図2】本発明が適用される大容量ネットワークの例を示す図である。

【図3】本発明が解決する問題点を示しているマルチリング光ネットワークの例を示す図である。

【図4】マルチ光リングネットワークにおけるポイント-ポイント通信の手順例を示す図である。

【図5】最大バッファ遅延を制御するスケジューリングアルゴリズムの例を示す図である。

【図6】予告パケットのフレーム構成例を示す図である。

【図7】バーストパケットのフレーム構成例を示す図である。

【図8】本発明を説明する光ノードの第二の例のブロック図である。

【図9】マルチデフォルトチャンネル対応の光ノードの第一の例のブロック図である。

【図10】マルチデフォルトチャンネル対応の光ノードの第二の例のブロック図である。

【符号の説明】

103-1~4 光リング

106 バースト光受信器

107 バースト光送信器

108 デフォルトチャンネル用光受信器

109 デフォルトチャンネル用光送信器

110 空間スイッチ

111 制御部

115 ルーティング部

118 合流部

119 セレクタ

123 波長選択部

140 予告パケット

150 バーストデータパケット

170 予告パケットフォーマット

181 バーストパケットフォーマット

124-1,2 空間光スイッチ

125-1~4 マルチリンクコネクション制御部

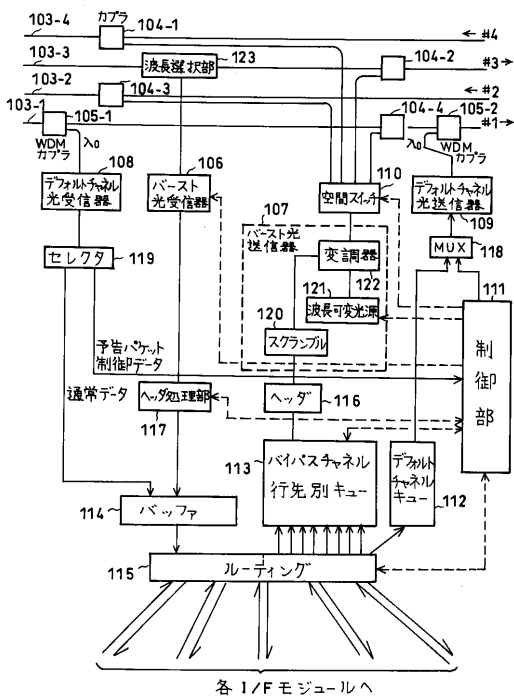
10

20

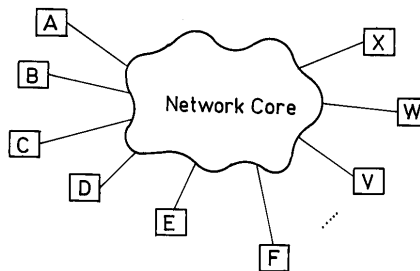
30

40

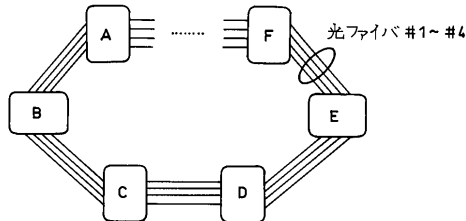
【図1】



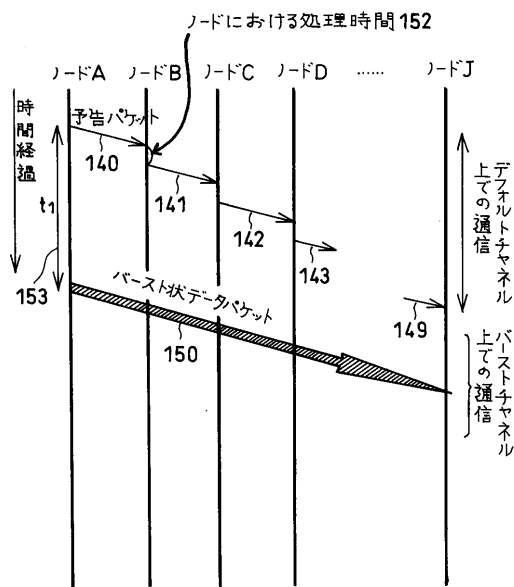
【図2】



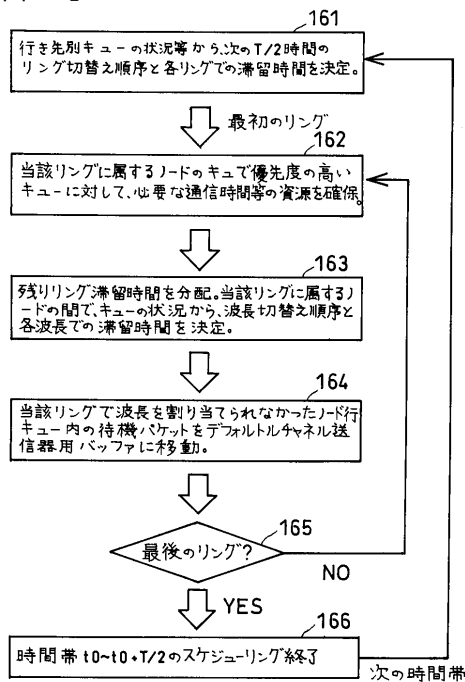
【図3】



【図4】

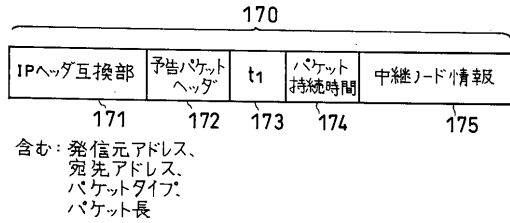


【図5】

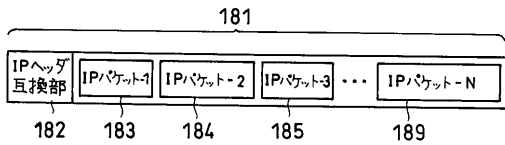


最大バッファ遅延 < T を満たすスケジューリングアルゴリズム例

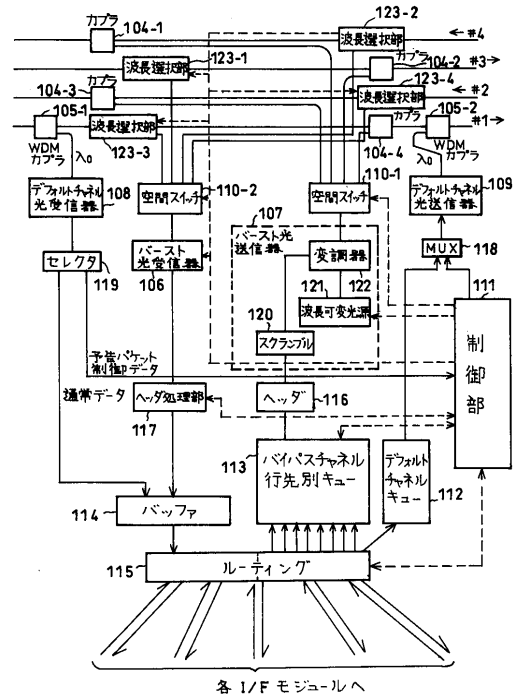
【図6】



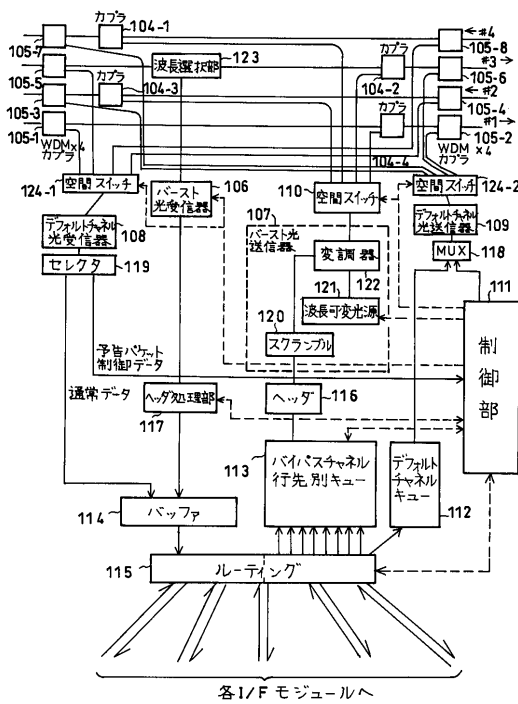
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

