

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-5176

(P2016-5176A)

(43) 公開日 平成28年1月12日 (2016.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4L 12/735 (2013.01)	HO4L 12/735	5K030
HO4J 14/00 (2006.01)	HO4B 9/00 E	5K102
HO4J 14/02 (2006.01)	HO4L 12/717	
HO4L 12/717 (2013.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日 (出願人による申告)平成25年度、総務省「進化した無線通信技術に柔軟かつ効率的に対応できる光・無線融合基地局ネットワーク基盤の研究開発」産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	特願2014-125382 (P2014-125382) 平成26年6月18日 (2014.6.18)	(71) 出願人 504133110 国立大学法人電気通信大学 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 (74) 代理人 100121131 弁理士 西川 孝 (74) 代理人 100082131 弁理士 稲本 義雄 (72) 発明者 大木 英司 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内 (72) 発明者 ワヤ ファアディニ 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内 Fターム(参考) 5K030 GA14 JL03 LB05 LB07 5K102 AA08 ADO1 AM02 AM08
--	--	---

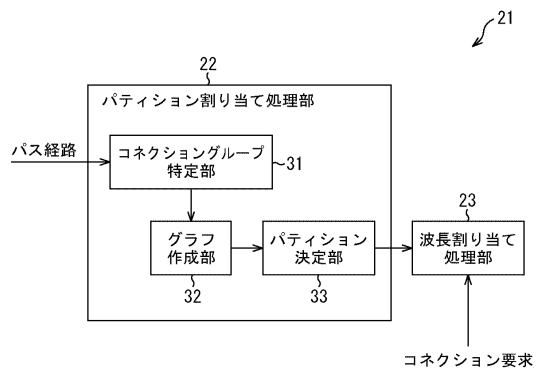
(54) 【発明の名称】 通信処理装置、通信処理方法、並びにプログラム

(57) 【要約】

【課題】帯域フラグメンテーションの発生を抑制する。
【解決手段】コネクショングループ特定部は、エラスティック光ネットワークにおけるノードどうしを接続するパス経路に用いられる1つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループを特定する。パーティション決定部は、コネクショングループ特定部により特定されたコネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられるコネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数であるパーティション数をより小さな値に決定する。本技術は、例えば、エラスティック光ネットワークにおける通信の設定を行う通信設定装置に適用できる。

【選択図】 図9

図9



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のノードがリンクを介して接続されて構成されるエラスティック光ネットワークにおける前記ノードどうしを接続するパス経路に用いられる 1 つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループを特定するコネクショングループ特定部と、

前記コネクショングループ特定部により特定された前記コネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられる前記コネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数であるパーティション数をより小さな値に決定するパーティション決定部と

を備える通信処理装置。

10

【請求項 2】

前記パーティション決定部による決定に従って割り当てられた前記パーティションのインデックスが奇数および偶数のどちらであるかに従って、前記パーティションにおける利用可能な連続スロットブロックのうち、最もインデックスの小さいブロックにコネクション要求を割り当てる処理と、最もインデックスの大きいブロックにコネクション要求を割り当てる処理とを切り替えて波長割り当てを行う波長割り当て処理部

をさらに備える請求項 1 に記載の通信処理装置。

【請求項 3】

前記コネクショングループ特定部により特定された前記コネクショングループを頂点として、同一の前記リンクを共有する前記コネクショングループを辺としたグラフを生成するグラフ生成部をさらに備える請求項 1 に記載の通信処理装置。

20

【請求項 4】

前記パーティション決定部は、前記グラフ生成部により生成された前記グラフを用いて、前記辺を介して隣接する前記頂点どうしが同じ色にならないように全ての頂点に彩色するグラフ色彩化問題を解くことにより、最小の前記パーティション数を決定する

請求項 3 に記載の通信処理装置。

【請求項 5】

前記パーティション決定部は、前記グラフ生成部により生成された前記グラフを用いて、接続される前記辺が多い順番に従って前記頂点に優先的に前記パーティションを割り当て、割り当ての対象となる前記頂点に隣接する他の前記頂点で使用されていない前記パーティションのうち最も小さいインデックスの前記パーティションを選択することを繰り返すことにより、前記パーティション数を決定する

請求項 3 に記載の通信処理装置。

30

【請求項 6】

複数のノードがリンクを介して接続されて構成されるエラスティック光ネットワークにおける前記ノードどうしを接続するパス経路に用いられる 1 つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループを特定し、

その特定された前記コネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられる前記コネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数であるパーティション数をより小さな値に決定する

ステップを含む通信処理方法。

40

【請求項 7】

複数のノードがリンクを介して接続されて構成されるエラスティック光ネットワークにおける前記ノードどうしを接続するパス経路に用いられる 1 つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループを特定し、

その特定された前記コネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられる前記コネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパティ

50

ションユニットの数であるパーティション数をより小さな値に決定する
ステップを含む通信処理をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信処理装置、通信処理方法、並びにプログラムに関し、特に、帯域フラグメンテーションの発生を抑制することができるようにした通信処理装置、通信処理方法、並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、ビデオオンデマンドやテレビ会議などのようなアプリケーションにおいて、動画像を伝送するためには、広い通信帯域が必要となる。従来、このようなアプリケーションによる広い通信帯域を収容するために、直交周波数分割多重方式（OFDM：optical-orthogonal frequency division multiplexing）を利用したエラスティック光ネットワーク（EON：Elastic Optical Network）が利用されている。

【0003】

OFDM技術は、光スペクトル領域において、サブキャリアスロットをオーバーラップして使用する結果、高い帯域利用効率を達成することができる。例えば、OFDMトランスポンダが、接続の要求帯域に応じて適切な数の連続したサブキャリアを割り当てることで、光ネットワークレイヤにおいて柔軟な粒度を得ることができ、エラスティック光ネットワークが実現される。

【0004】

また、エラスティック光ネットワークでは、連続したサブキャリアスロット上にスペクトルが割り当てられ、この連続したサブキャリアのブロックをスロットブロックと称する。そして、エラスティック光ネットワークにおいて、スロットブロックサイズには弾力性があることより、数GHzまたはそれ以下の粒度を実現することができる。

【0005】

そのため、エラスティック光ネットワークでは、動的な接続の設定および解除が帯域フラグメンテーションを引き起こす可能性がある。帯域フラグメンテーションとは、使用可能なスロットブロックがパス経路に沿って整列されていない、または、使用可能なスロットブロックが光スペクトル領域において連続していない条件のことである。

【0006】

ここで、図1および図2を参照して、エラスティック光ネットワークにおける帯域フラグメンテーションについて説明する。

【0007】

図1には、3つのノードN1乃至N3からなるエラスティック光ネットワークが示されている。

【0008】

図1に示すエラスティック光ネットワークでは、リンクL1によりノードN2とノードN3とが接続され、リンクL2によりノードN1とノードN3とが接続され、リンクL3によりノードN1とノードN2とが接続されている。そして、ノードN1乃至N3は、それぞれリンクL1乃至リンクL3を介して通信を中継することができる。

【0009】

図2Aには、接続要求されるスロットブロックが示されており、図2B乃至図2Dには、エラスティック光ネットワークにおけるスロットブロックの使用状態が示されている。図2B乃至図2Dでは、使用されているスロットブロックにハッチングが施されており、ハッチングが施されていないスロットブロックが使用可能であることを示している。

【0010】

図2Aに示すように、リンクL1乃至L3を使用し、2つの連続したスロットブロック

10

20

30

40

50

の接続要求があったとき、図 2 B に示すように、使用可能なスロットブロックが揃っていれば、接続要求に対応することができる。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、図 2 C に示すように、使用可能なスロットブロックがパス経路に沿って整列されていない場合には、接続要求は拒否されることになる。このような未整列スロットブロックは、パス経路におけるリンクでの使用可能なスロットブロックが隣接していない場合、つまり、隣接しているブロックの数が不十分な場合に発生する。

【 0 0 1 2 】

同様に、図 2 D に示すように、使用可能なスロットブロックが光スペクトル領域において連続していない場合にも、接続要求は拒否されることになる。このような非連続スロットブロックは、接続の経路上のリンクで、使用可能なスロットが連続していない場合に発生する。

10

【 0 0 1 3 】

このように、使用可能なスロットブロックが未整列（図 2 C）または非連続（図 2 D）となることによって帯域フラグメンテーションが発生すると、後続する接続要求に対応することが困難になる。従って、孤立したスロットブロックが生成され、使用可能なスロットブロックが接続の要求帯域を満足しない場合、接続要求がブロックされる帯域ブロッキングが発生し、帯域フラグメンテーションが増加すると帯域ブロッキング率が上昇することになる。例えば、帯域ブロッキング率は、全体の接続要求数に対する、帯域不足のためにブロックされた接続要求数の割合で定義される。

20

【 0 0 1 4 】

従来より、エラスティック光ネットワークにおける帯域ブロッキング率を低減することを目的として、経路スペクトル割り当て（RSA：routing and spectrum assignment）アルゴリズムが研究されている。例えば、帯域フラグメンテーションの問題を解決するために、グリーンフィールドシナリオ（100%経路再変更が可能なシナリオ）を想定して帯域デフラグメンテーションを行う方式や、通信の瞬断を回避するために、経路再変更の回数を最小化するように帯域フラグメンテーションを行う方式などが提案されている。

【 0 0 1 5 】

また、例えば、特許文献 1 には、光接続を設定するための光波長を割り当てる際に、規則に従って光波長を選択することによって光波長の過剰予約を軽減し、それによって呼損を減少させる光接続設定方法が開示されている。また、特許文献 2 には、1 個の接続には同一の波長を割り当て、最適な接続の収容と波長の割り当てとを実現することができる仮想リングを有する光波長多重網の波長割当方法が開示されている。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 1 1 1 5 2 8 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 1 - 2 5 1 3 1 5 号 公 報

40

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 7 】

上述したように、従来より帯域ブロッキング率を低減する方法が提案されているが、より良好な通信環境を実現するために、さらに効果的に帯域ブロッキング率を低減すること求められている。例えば、使用可能なスロットブロックが未整列または非連続となることを回避し、帯域フラグメンテーションの発生を抑制することが求められている。

【 0 0 1 8 】

本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、帯域フラグメンテーションの発生を抑制することができるようにするものである。

50

【課題を解決するための手段】

【0019】

本開示の一側面の通信処理装置は、複数のノードがリンクを介して接続されて構成されるエラスティック光ネットワークにおける前記ノードどうしを接続するパス経路に用いられる1つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループを特定するコネクショングループ特定部と、前記コネクショングループ特定部により特定された前記コネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられる前記コネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数であるパーティション数をより小さな値に決定するパーティション決定部とを備える。

10

【0020】

本開示の一側面の通信処理方法またはプログラムは、複数のノードがリンクを介して接続されて構成されるエラスティック光ネットワークにおける前記ノードどうしを接続するパス経路に用いられる1つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループを特定し、その特定された前記コネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられる前記コネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数であるパーティション数をより小さな値に決定するステップを含む。

20

【0021】

本開示の一側面においては、複数のノードがリンクを介して接続されて構成されるエラスティック光ネットワークにおけるノードどうしを接続するパス経路に用いられる1つ以上のリンクの組み合わせからなるコネクショングループが特定され、その特定されたコネクショングループについて、同じパーティションに割り当てられるコネクショングループが同一のリンクを共有していない制約条件を満足するように、波長割り当てのためのサブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数であるパーティション数がより小さな値に決定される。

【発明の効果】

【0022】

本開示の一側面によれば、帯域フラグメンテーションの発生を抑制することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】エラスティック光ネットワークの例を示す図である。

【図2】図1のエラスティック光ネットワークにおける帯域フラグメンテーションについて説明する図である。

【図3】エラスティック光ネットワークの構成例を示す図である。

【図4】ノードを接続するリンクの組み合わせを示す図である。

【図5】コネクショングループとリンクとの関係を示す図である。

【図6】コネクショングループをノードとしたグラフを示す図である。

【図7】パーティションごとに分類されたコネクショングループを示す図である。

40

【図8】ファーストラストフィット波長割り当てポリシーを説明する図である。

【図9】通信処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図10】通信処理について説明するフローチャートである。

【図11】グラフ生成処理について説明するフローチャートである。

【図12】パーティション決定処理について説明するフローチャートである。

【図13】ファーストラストフィット波長割り当て処理について説明するフローチャートである。

【図14】ファーストラストフィット波長割り当て処理について説明するフローチャートである。

【図15】性能評価に用いたエラスティック光ネットワークの例を示す図である。

50

【図16】トラヒック量ごとのブロッキング率を示す図である。

【図17】トラヒック量ごとのAASRを示す図である。

【図18】帯域ブロッキング率およびAASRの関係を示す図である。

【図19】本技術を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本技術を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0025】

まず、図3に示すように構成されるエラスティック光ネットワークを用いて、本技術を適用したサブキャリアスロット分割方式に従った通信処理について説明する。

【0026】

図3に示すように、エラスティック光ネットワーク11は、複数のノードNがリンクLを介して接続されて構成される。例えば、図3の構成例では、エラスティック光ネットワーク11は、6個のノードN1乃至N6が7個のリンクL1乃至L7により接続されて構成されている。

【0027】

例えば、リンクL1によりノードN1およびノードN2が接続され、リンクL2によりノードN1およびノードN3が接続され、リンクL3によりノードN2およびノードN4が接続される。また、リンクL4によりノードN1およびノードN5が接続され、リンクL5によりノードN3およびノードN5が接続され、リンクL6によりノードN4およびノードN6が接続され、リンクL7によりノードN5およびノードN6が接続される。

【0028】

そして、このようなエラスティック光ネットワーク11において、ノードN1乃至N6は、パーティション割り当て処理と波長割り当て処理とから構成されるサブキャリアスロット分割方式に従った通信処理を行う。

【0029】

まず、サブキャリアスロット分割方式におけるパーティション割り当て処理について説明する。

【0030】

例えば、エラスティック光ネットワーク11では、接続の帯域要求に対して、波長は連続的に割り当てられる。従って、短い保留時間の接続に対して資源を割り当てると、例えば、資源割り当てが適切に管理されていない場合、整列された使用可能なスロットブロック数が削減されることになる。このことより、サブキャリアスロットの全セットを分割することで、使用可能な非整列スロットブロックの数が低減することになる。

【0031】

しかしながら、パーティション割り当てを行うと、統計多重化効果が減少することによって、帯域ブロッキング率が増加することがある。一般に、受付可能な接続数が増加すると、すなわち、チャンネル数が増加すると、ブロッキング率は低下する。このことより、サブキャリアスロットを分割することは、パーティションにおけるチャンネル数の低下を招くことになり、その結果、ブロッキング率を増加させる可能性がある。

【0032】

例えば、接続要求の到着がポアソン到着で、保留時間が指数分布に従う簡単なモデルでアーランB式を使ってブロッキング率を計算すると、チャンネル数が100であり、要求トラヒック量が100[erl]である場合、ブロッキング率は0.0757と求められる。そして、同じチャンネル資源を4つのパーティションに分割し、トラヒック量もそれぞれのパーティションに分割した場合、例えば、25本のチャンネルに対して25[erl]の要求トラヒック量である場合、各々のパーティションのブロッキング率は0.1438になる。即ち、パーティションに

10

20

30

40

50

分割しない場合よりもブロッキング率が増加する。このことより、パーティションに分割する分割数を最小限にする条件の下で、パーティション割り当てを行うと、帯域ブロッキングを低減することができると考えられる。

【0033】

従って、ノードN1乃至N6は、パーティションに分割する分割数を最小限にする条件を満たすようにパーティションの割り当てを行う。

【0034】

まず、ノードN1乃至N6は、エラスティック光ネットワーク11において、それぞれを接続するパス経路に用いられる1つのリンクLまたは複数のリンクLの組み合わせからなるコネクショングループCLを特定する。

10

【0035】

例えば、図3に示したようなエラスティック光ネットワーク11において、リンクL1乃至L7がそれぞれ同じコストであるとし、ノードN1乃至N6それぞれを接続するルーティング方式として最短パスルーティングを用いるとする。このとき、ノードN1乃至N6それぞれを接続するパス経路に利用されるリンクLは、次の図4に示すように特定される。

【0036】

図4では、縦方向に接続元となるノードNが記載され、横方向に接続先となるノードNが記載されており、接続元のノードNから接続先のノードNへのパス経路に利用されるリンクLの組み合わせが記載されている。

20

【0037】

図4に示すように、ノードN1からノードN2へのパス経路にはリンクL1が利用される。また、ノードN1からノードN3へのパス経路にはリンクL2が利用され、ノードN2からノードN3へのパス経路にはリンクL1およびリンクL2が利用される。同様に、ノードN1からノードN4へのパス経路にはリンクL1およびリンクL3が利用され、ノードN2からノードN4へのパス経路にはリンクL3が利用される。ここで、ノードN3からノードN4へのパス経路には、リンクL5、リンクL6、およびリンクL7と、リンクL1、リンクL2、およびリンクL3とのどちらかが利用される。

【0038】

また、ノードN1からノードN5へのパス経路にはリンクL4が利用され、ノードN2からノードN5へのパス経路にはリンクL1およびリンクL4が利用され、ノードN3からノードN5へのパス経路にはリンクL5が利用される。同様に、ノードN4からノードN5へのパス経路にはリンクL6およびリンクL7が利用され、ノードN1からノードN6へのパス経路にはリンクL4およびリンクL7が利用され、ノードN2からノードN6へのパス経路にはリンクL3およびリンクL6が利用される。さらに、ノードN3からノードN6へのパス経路にはリンクL5およびリンクL7が利用され、ノードN4からノードN6へのパス経路にはリンクL6が利用され、ノードN5からノードN6へのパス経路にはリンクL7が利用される。

30

【0039】

このように、複数のノードNそれぞれを接続するパス経路に、1つのリンクL、または、複数のリンクLの組み合わせが利用される。図3に示すエラスティック光ネットワーク11については、図4に示すように、ノードN1乃至N6それぞれを接続するパス経路として、リンクL1乃至L7のうちの1または複数の組み合わせ（以下適宜、コネクショングループCLと称する）が16通り求められる。

40

【0040】

図5には、コネクショングループCL1乃至CL16に用いられるリンクL1乃至L7の組み合わせが示されている。図5において、縦方向にリンクLが記載され、横方向にコネクショングループCLが記載されており、コネクショングループCLに用いられるリンクLに印が記載されている。

【0041】

50

即ち、図5に示すように、コネクショングループCL1は、ノードN1とノードN2との接続に利用されるリンクL1からなり、コネクショングループCL2は、ノードN1とノードN3との接続に利用されるリンクL2からなる。同様に、コネクショングループCL3は、ノードN2とノードN3との接続に利用されるリンクL1およびリンクL2の組み合わせからなる。また、コネクショングループCL4は、ノードN1とノードN4との接続に利用されるリンクL1およびリンクL3の組み合わせからなる。

【0042】

同様に、コネクショングループCL5は、ノードN2とノードN4との接続に利用されるリンクL3からなる。また、コネクショングループCL6は、ノードN3とノードN4との接続に利用されるリンクL5、リンクL6、およびリンクL7の組み合わせからなり、コネクショングループCL7は、ノードN3とノードN4との接続に利用されるリンクL1、リンクL2、およびリンクL3の組み合わせからなる。以下、同様に、図5に示すように、コネクショングループCL8乃至コネクショングループCL16は、それぞれ1つのリンクLまたは複数のリンクLの組み合わせからなる。

10

【0043】

ここで、パーティション割り当て処理を行う際に、必要なパーティションを最小化する問題は、エッジ(辺)を介して隣接するノード(頂点)どうしが同じ色にならないように全てのノードに彩色するグラフ彩色化問題として表現される。そこで、上述したように求められたコネクショングループCLをノードとして、同一のリンクLを共有するコネクショングループCLをエッジで連結したグラフが生成される。

20

【0044】

図6には、コネクショングループCL1乃至CL16をノードとしたグラフが示されている。

【0045】

図6に示すように、リンクL1を共有するコネクショングループCL1、コネクショングループCL3、コネクショングループCL4、コネクショングループCL7、およびコネクショングループCL9が、エッジで連結されている。また、リンクL2を共有するコネクショングループCL2、コネクショングループCL3、およびコネクショングループCL7がエッジで連結されている。以下、同様に、図6に示すように、それぞれリンクLを共有するコネクショングループCLがエッジで連結されている。

30

【0046】

そして、図6に示すようなグラフに基づいて、グラフ彩色化問題を解くことにより、必要なパーティションが最小化される。なお、本実施の形態において、必要なパーティションの最小化とは、最小のパーティション数を含み、その最小のパーティション数(Best)から、ある程度の許容範囲として認められるパーティション数(better)までの所定の幅の中でパーティション数を決定することである。即ち、最小化により求められるパーティション数は、必ずしも最小値である必要はなく、ブロッキング率を低下させる効果を見込むことができる許容範囲内で、より小さな値であればよい。なお、パーティション数は、サブキャリアスロットを分割するパーティションを構成するパーティションユニットの数のことである。

40

【0047】

例えば、コネクショングループCLを、経路が同一である(即ち、同一のリンクLを使用する)コネクションの組として定義し、2つのコネクショングループCLの経路が1つの同一のリンクLを共有していなければ、これらのコネクショングループは独立であると定義する。そして、同じパーティションに割り当てられるコネクショングループは、独立であるという制約条件を満足するように、必要なパーティションが最小化される。

【0048】

図6に示されるグラフの場合、最小のパーティション数は5として求められ、同じパーティションに割り当てられるコネクショングループCLに対して、同一のハッチングが施されている。即ち、コネクショングループCL1乃至CL16は、最小のパーティション数である5つのパーティションで分類することができる。

50

【 0 0 4 9 】

図 7 には、5 つのパティション P 1 乃至 P 5 に分類されたコネクシヨングループ C L 1 乃至 C L 1 6 が示されている。図 7 では、縦方向にリンク L で分類され、横方向にパティション P で分類されるように、コネクシヨングループ C L 1 乃至 C L 1 6 が記載されている。

【 0 0 5 0 】

図 7 に示すように、パティション P 1 には、コネクシヨングループ C L 1、コネクシヨングループ C L 2、コネクシヨングループ C L 5、コネクシヨングループ C L 8、コネクシヨングループ C L 1 0、コネクシヨングループ C L 1 5、およびコネクシヨングループ C L 1 6 が割り当てられる。また、パティション P 2 には、コネクシヨングループ C L 3 およびコネクシヨングループ C L 6 が割り当てられる。

10

【 0 0 5 1 】

同様に、パティション P 3 には、コネクシヨングループ C L 4 およびコネクシヨングループ C L 1 1 が割り当てられ、パティション P 4 には、コネクシヨングループ C L 7 およびコネクシヨングループ C L 1 2 が割り当てられる。また、パティション P 5 には、コネクシヨングループ C L 9、コネクシヨングループ C L 1 3、コネクシヨングループ C L 1 4、コネクシヨングループ C L 1 9 が割り当てられる。

【 0 0 5 2 】

以上のように、エラスティック光ネットワーク 1 1 では、ノード N 1 乃至 N 6 により、5 つのパティション P 1 乃至 P 5 にパティションを割り当てるパティション割り当て処理が行われる。

20

【 0 0 5 3 】

次に、サブキャリアスロット分割方式における波長割り当て処理について説明する。

【 0 0 5 4 】

例えば、エラスティック光ネットワーク 1 1 では、ファーストラストフィット (first-last fit) 波長割り当てポリシーに従って、対応するパティションごとに、コネクシヨン要求に応じた波長割り当て処理が行われる。

【 0 0 5 5 】

ファーストラストフィット波長割り当てポリシーは、パティションが偶数および奇数 (odd-even) のどちらであるかに従って、ファーストフィットとラストフィットとを切り替えて波長割り当てを行うポリシーである。例えば、パティションのインデックスが奇数である場合には、パティションにおける利用可能な連続スロットブロックのうち最もインデックスの小さいブロックにコネクシヨン要求が割り当てられる (ファーストフィット)。一方、パティションのインデックスが偶数である場合には、パティションにおける利用可能な連続スロットブロックのうち最もインデックスの大きいブロックにコネクシヨン要求が割り当てられる (ラストフィット)。なお逆に、例えば、パティションのインデックスが偶数である場合にファーストフィットを行い、パティションのインデックスが奇数である場合にラストフィットを行うようにしてもよい。

30

【 0 0 5 6 】

このように、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当てを行うことにより、例えば、ファーストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当てを行ったときと比較して、使用可能なスロットブロックが連続するように発生することになる。なお、ファーストフィット波長割り当てポリシーは、パティションにおける利用可能な連続スロットブロックのうち最もインデックスの小さいブロックに、常に、コネクシヨン要求を割り当てるポリシーである。

40

【 0 0 5 7 】

図 8 を参照して、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーと、ファーストフィット波長割り当てポリシーとを比較して説明する。

【 0 0 5 8 】

図 8 A には、コネクシヨン要求されるスロットブロックが示されている。図 8 B および

50

図 8 C には、エラスティック光ネットワーク 1 1 において、4 つのスロットブロックごとにパーティションが設けられたときのスロットブロックの使用状態が示されている。

【 0 0 5 9 】

図 8 A に示すように、リンク L 1 乃至 L 3 を使用し、3 つの連続したスロットブロックのコネクション要求がされたときについて説明する。

【 0 0 6 0 】

例えば、図 8 B には、ファーストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当てが行われたときのスロットブロックの使用状態が示されており、パーティション 1 および 2 それぞれの先頭からスロットブロックが使用されている。従って、この場合、使用可能なスロットブロックが非連続であるため、3 つの連続したスロットブロックのコネクション要求は拒否されることになる。

10

【 0 0 6 1 】

これに対し、図 8 C には、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当てが行われたときのスロットブロックの使用状態が示されており、パーティション 1 は先頭からスロットブロックが使用され、パーティション 2 は最後尾からスロットブロックが使用されている。従って、この場合、使用可能なスロットブロックが 3 つ連続しているため、コネクション要求に応じることができる。

【 0 0 6 2 】

以上のように、エラスティック光ネットワーク 1 1 では、ノード N 1 乃至 N 6 において、図 4 乃至図 8 を参照して説明したようなパーティション割り当て処理および波長割り当て処理から構成されるサブキャリアスロット分割方式に従った通信処理が行われる。これにより、エラスティック光ネットワーク 1 1 では、使用可能なスロットブロックが未整列または非連続となることを回避し、帯域フラグメンテーションの発生を抑制することができる。

20

【 0 0 6 3 】

次に、図 9 は、ノード N 1 乃至 N 6 が備える通信処理装置 2 1 の構成例を示すブロック図である。

【 0 0 6 4 】

図 9 に示すように、通信処理装置 2 1 は、パーティション割り当て処理部 2 2 および波長割り当て処理部 2 3 を備えて構成される。

30

【 0 0 6 5 】

パーティション割り当て処理部 2 2 は、必要なパーティションが最小化するようにパーティションを割り当てるパーティション割り当て処理を行う。また、パーティション割り当て処理部 2 2 は、コネクショングループ特定部 3 1、グラフ作成部 3 2、およびパーティション決定部 3 3 を有して構成される。

【 0 0 6 6 】

コネクショングループ特定部 3 1 は、図 4 を参照して上述したように、エラスティック光ネットワーク 1 1 を構成する複数のノード N を接続するパス経路に基づいて、コネクショングループ C L を特定する。例えば、エラスティック光ネットワーク 1 1 では、ノード N どうしを接続する複数のリンク L それぞれのコストや、パス経路を設定する所定のルーティング方式に従って、複数のノード N を接続するパス経路が設定される。

40

【 0 0 6 7 】

従って、コネクショングループ特定部 3 1 は、現在、エラスティック光ネットワーク 1 1 に設定されているパス経路に基づいて、複数のノード N それぞれを接続する 1 つのリンク L または複数のリンク L の組み合わせからなるコネクショングループ C L を特定する。即ち、図 5 に示したように、コネクショングループ特定部 3 1 は、リンク L 1 乃至 L 7 のうち、コネクショングループ C L 1 乃至 C L 1 6 ごとに用いられているリンク L を特定する。

【 0 0 6 8 】

グラフ作成部 3 2 は、図 6 を参照して上述したように、コネクショングループ特定部 3

50

1により特定されたコネクショングループCLをノードとして、同一のリンクLを共有するコネクショングループCLをエッジで連結したグラフを生成する。なお、グラフ作成部32がグラフを作成する詳細な処理については、図11のフローチャートを参照して説明する。

【0069】

パーティション決定部33は、グラフ作成部32により作成されたグラフに基づき、同じパーティションに割り当てられるコネクショングループは、独立であるという制約条件を満足するように、必要なパーティションを最小化する。例えば、パーティション決定部33は、グラフ色彩化問題を解くことにより、この制約条件を満たす最小のパーティション数を求める。なお、パーティション決定部33が必要なパーティションを最小化する詳細な処理については、後述する数式、または、図12のフローチャートを参照して説明する。

10

【0070】

このように、パーティション割り当て処理部22において必要なパーティションが最小化されると、エラスティック光ネットワーク11を構成する全てのノードNにおいて、決定されたパーティション数でパーティションが割り当てられる。

【0071】

波長割り当て処理部23は、パーティション割り当て処理部22により割り当てられたパーティションごとに、コネクション要求に応じて波長割り当て処理を行う。なお、波長割り当て処理部23が行う波長割り当て処理については、図13のフローチャートを参照して説明する。

20

【0072】

次に、図10は、通信処理装置21が実行する通信処理について説明するフローチャートである。

【0073】

例えば、エラスティック光ネットワーク11が構築されたとき、または、エラスティック光ネットワーク11を構成するノードNまたはリンクLに変更があったとき、処理が開始される。

【0074】

ステップS11において、コネクショングループ特定部31は、例えば、エラスティック光ネットワーク11を構成する全てのノードNと通信を行い、それぞれのノードNを接続しているパス経路を把握する。そして、コネクショングループ特定部31は、パス経路ごとに、それぞれのパス経路に利用されているリンクLを特定することで、1つのリンクLまたは複数のリンクLの組み合わせからなるコネクショングループCLを特定する。

30

【0075】

ステップS12において、グラフ作成部32は、図11のフローチャートを参照して説明するように、コネクショングループCLをノードとして、同一のリンクLを共有するコネクショングループCLをエッジで連結したグラフを生成するグラフ生成処理を行う。

【0076】

ステップS13において、パーティション決定部33は、後述する数式、または、図12のフローチャートを参照して説明するように、ステップS12で生成されたグラフに基づいて、必要なパーティションを最小化するパーティション決定処理を行う。

40

【0077】

ステップS14において、波長割り当て処理部23は、コネクション要求が到着したか否かを判定し、コネクション要求が到着したと判定されるまで、処理は待機される。そして、ステップS14において、コネクション要求が到着したと判定されると、処理はステップS15に進む。

【0078】

ステップS15において、波長割り当て処理部23は、図13のフローチャートを参照して説明するように、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って、コネクション要求に応じて波長を割り当てる波長割り当て処理を行う。そして、波長割り当て処

50

理の処理後、処理はステップ S 1 4 に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

【 0 0 7 9 】

次に、図 1 1 は、図 1 0 のステップ S 1 2 におけるグラフ生成処理について説明するフローチャートである。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 2 1 において、グラフ作成部 3 2 は、グラフを構成するノードの集合 V およびエッジの集合 E を初期化し、それぞれに 0 をセットする。

【 0 0 8 1 】

ステップ S 2 2 において、グラフ作成部 3 2 は、図 1 0 のステップ S 1 1 で特定された各コネクショングループ CL に対応するノード $v_{x,y}$ を設定し、ノードの集合 V に追加する。ここで、 x は、1 から n までの整数 ($x = 1, \dots, n$) であり、 y は、1 から m までの整数 ($y = 1, \dots, m$) である。即ち、 n 個のコネクショングループ CL があり、各コネクショングループ CL に対して、 m トラヒック需要ユニットがある。そして、グラフ作成部 3 2 は、このプロシジャを全てのコネクショングループ CL に対して実行する。

10

【 0 0 8 2 】

ステップ S 2 3 において、グラフ作成部 3 2 は、2 つのノード v とノード w とに対応する 2 つのコネクショングループ CL が少なくとも 1 つのリンク L を共有しているとき、ノード v とノード w との間にエッジ (v, w) を設定し、エッジの集合 E に追加する。ステップ S 2 3 の処理後、グラフ生成処理は終了される。

20

【 0 0 8 3 】

このように、グラフ作成部 3 2 がグラフ生成処理を行うことにより、上述の図 6 に示したように、コネクショングループ CL をノードとして、同一のリンク L を共有するコネクショングループ CL をエッジで連結したグラフが生成される。

【 0 0 8 4 】

これにより、必要なパーティションを最小化する問題は、グラフ彩色化問題に変換される。

【 0 0 8 5 】

つまり、パーティション決定部 3 3 は、図 1 0 のステップ S 1 3 におけるパーティション決定処理において、グラフ作成部 3 2 により生成されたグラフでグラフ彩色化問題を解くことにより、必要なパーティションを最小化することができる。

30

【 0 0 8 6 】

ここで、1 つのノード v は、トラヒック需要ユニットあたりに 1 つのコネクショングループ CL に対応する。また、2 つのトラヒック需要ユニットがあれば、2 つのノードを生成する。そして、2 つのコネクショングループ CL が少なくとも 1 つのリンク L を共有している場合は、2 つのノード v にエッジを接続する。なお、デフォルトとして、同じコネクショングループ CL に対応するノード v 同士は、エッジで接続される。そして、2 つのノード v がエッジで接続されているとき、これらは隣接していると呼ぶ。

【 0 0 8 7 】

そして、グラフ彩色化問題は、隣接しているノードは同じ色を与えないという制約条件を満足するように、ノード v を彩色する。即ち、ノード v を彩色する色は、パーティションサイズを測定するためのユニットであるパーティションユニットにそれぞれ対応する。従って、ノード v を彩色する色の最小値は、パーティションユニット数の最小値となる。従って、パーティションユニットの最小値が得られた後、同じコネクショングループに属するパーティションユニットは、隣同士に配置され、1 つのパーティションに統合される。これにより、大きいトラヒック需要を有するコネクショングループ CL は、より多くのパーティションユニットが与えられ、パーティションサイズが大きくなる。

40

【 0 0 8 8 】

ここで、グラフ彩色化問題を整数線形計画 (ILP: Integer Linear Programming) 問題として定式化する。例えば、グラフ彩色化問題は、次の式 (1) 乃至式 (6) で表される

50

整数線形計画問題に定式化することができる。

【 0 0 8 9 】

【 数 1 】

$$\min \sum_{p \in P} y_p \quad \dots (1)$$

【 数 2 】

$$\text{s. t. } \sum_{p \in P} x_v^p = 1 \quad \forall v \in V \quad \dots (2)$$

10

【 数 3 】

$$x_v^p + x_{v'}^p \leq y_p \quad \forall (v, v') \in E \quad \forall p \in P \quad \dots (3)$$

【 数 4 】

$$y_{p_i} \geq y_{p_{i+1}} \quad (i=1, 2, \dots, |P|-1) \quad \dots (4)$$

【 数 5 】

$$y_p = \{0, 1\} \quad \forall p \in P \quad \dots (5)$$

【 数 6 】

$$x_v^p = \{0, 1\} \quad \forall v \in V, \quad \forall p \in P. \quad \dots (6)$$

20

【 0 0 9 0 】

但し、式 (1) 乃至式 (6) において、パーティションユニットの集合 P は $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{|P|}\}$ であり、 x_v^p および y_p はバイナリ変数である。もし、ノード v に対応するトラヒック需要ユニットあたりのコネクショングループがパーティション p に割り当てられた場合、バイナリ変数 x_v^p は 1 であり、それ以外の場合、バイナリ変数 x_v^p は 0 である。もし、パーティション p が 1 回でも使用されていた場合、バイナリ変数 y_p は 1 であり、それ以外の場合、バイナリ変数 y_p は 0 である。

【 0 0 9 1 】

30

ここで、式 (1) は、必要なパーティションユニット p の数を最小化する目的関数を示している。式 (2) は、各ノード v には、1つのパーティションが割り当てられることを示している。式 (3) は、隣接した2つのノード v は異なる色が与えられることを示しており、換言すると、同じリンクを共有する経路を有する2つのコネクションは、同一のパーティション p に割り当てられないことを示している。

【 0 0 9 2 】

また、式 (3) は、ノードの集合 V に含まれる全てのノード v して、バイナリ変数 x_v^p は、バイナリ変数 y_p の値を超えないことを示している。これは、バイナリ変数 x_v^p が 1 となるようなノード v が少なくとも1つ存在すれば、バイナリ変数 y_p は 1 であることを示している。また、式 (4) は、パーティションユニット p は、パーティションユニットの集合 P に含まれるパーティションユニットインデックス i の小さい順番から使用されることを示している。そして、式 (5) および式 (6) は、 x_v^p および y_p がバイナリ変数であることを示している。

40

【 0 0 9 3 】

従って、パーティション決定部 33 は、このような式 (1) 乃至式 (6) により定式化された整数線形計画問題を解くことにより、最小のパーティション数を決定することができる。

【 0 0 9 4 】

なお、コネクショングループ CL の数やトラヒック需要などが大きいとき、このような整数線形計画問題を解くための計算の複雑度が増大するため、現実的な時間で、整数線形

50

計画問題を解くことは困難となる。そこで、パーティション決定部 33 は、高ノード次数優先法 (LDF: Largest Degree First) を適用して、グラフ彩色化問題を解くことができる。

【0095】

即ち、次の図 12 に示すフローチャートは、高ノード次数優先法を適用してグラフ彩色化問題を解くパーティション決定処理 (図 10 のステップ S13) である。

【0096】

ステップ S31 において、パーティション決定部 33 は、図 10 のステップ S12 で生成されたグラフを構成する複数のノード v のうち、彩色されていないノード v を確認する。

【0097】

ステップ S32 において、パーティション決定部 33 は、ステップ S31 で確認したノード v の中から、リンクが最も多い高次数のノード v を、処理対象として選択する。

【0098】

ステップ S33 において、パーティション決定部 33 は、ステップ S32 で処理対象としたノード v に対して彩色する色を選択する。例えば、パーティション決定部 33 は、処理対象のノード v に隣接する他のノード v で使用されていない色のうち、最も小さいインデックスの色を選択する。

【0099】

ステップ S34 において、パーティション決定部 33 は、ステップ S33 で選択した色を使用して処理対象のノード v を彩色する。

【0100】

ステップ S35 において、パーティション決定部 33 は、全てのノード v が彩色されたかを判定し、全てのノード v が彩色されていないと判定された場合、処理はステップ S31 に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

【0101】

一方、ステップ S35 において、パーティション決定部 33 が、全てのノード v が彩色されたと判定した場合、ノードを彩色した色数が最小のパーティション数として決定され、パーティション決定処理は終了される。

【0102】

以上のように、パーティション決定処理において、パーティション決定部 33 は、ノード v に接続している隣接ノード数であるノード次数の高い順番に従って、ノード v に彩色する (パーティションを割り当てる)。そして、パーティション決定部 33 は、隣接する他のノード v で使用されていない色 (パーティション) のうち最も小さいインデックスの色を選択するというポリシーに従って、ノード v に彩色することを繰り返すことにより、最小の色数で全てのノード v に彩色することができる。なお、彩色過程において、一度彩色されたノード v の色は変更されない。

【0103】

次に、図 13 は、図 10 のステップ S15 における波長割り当て処理について説明するフローチャートである。

【0104】

ステップ S41 において、波長割り当て処理部 23 は、各パラメータを初期化する。即ち、波長割り当て処理部 23 は、コネクション要求のサイズ W 、各パーティションにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_p 、および、全てのサブキャリアスロットにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_t を初期化する。

【0105】

ステップ S42 において、波長割り当て処理部 23 は、図 10 のステップ S14 で到着したと判定されたコネクション要求のコネクショングループ CL を確認する。

【0106】

ステップ S43 において、波長割り当て処理部 23 は、ステップ S42 で確認したコネクショングループ CL に対応するパーティション P にコネクション要求を割り当てる。

10

20

30

40

50

【0107】

ステップS44において、波長割り当て処理部23は、ステップS43でコネクション要求が割り当てられたパーティションPにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_p が、コネクション要求のサイズ W 以上であるか否かを判定する。

【0108】

ステップS44において、波長割り当て処理部23が、パーティションPにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_p が、コネクション要求のサイズ W 以上であると判定した場合、処理はステップS45に進む。

【0109】

ステップS45において、波長割り当て処理部23は、コネクション要求が割り当てられたパーティションPのインデックスが奇数であるか否かを判定する。

10

【0110】

ステップS45において、波長割り当て処理部23が、コネクション要求が割り当てられたパーティションPのインデックスが奇数であると判定した場合、処理はステップS46に進む。ステップS46において、波長割り当て処理部23は、パーティションPにおける利用可能な連続スロットブロックのうち、最もインデックスの小さいブロックにコネクション要求を割り当て、その後、波長割り当て処理は終了される。

【0111】

一方、ステップS45において、波長割り当て処理部23が、コネクション要求が割り当てられたパーティションPのインデックスが奇数でない（即ち、偶数である）と判定した場合、処理はステップS47に進む。ステップS47において、波長割り当て処理部23は、パーティションPにおける利用可能な連続スロットブロックのうち、最もインデックスの大きいブロックにコネクション要求を割り当て、その後、波長割り当て処理は終了される。

20

【0112】

一方、ステップS44において、波長割り当て処理部23が、パーティションPにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_p が、コネクション要求のサイズ W 以上でない（即ち、コネクション要求のサイズ W 未満である）と判定した場合、処理はステップS48に進む。

【0113】

ステップS48において、波長割り当て処理部23は、全てのサブキャリアスロットにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_t が、コネクション要求のサイズ W 以上であるか否かを判定する。

30

【0114】

ステップS48において、波長割り当て処理部23が、全てのサブキャリアスロットにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_t が、コネクション要求のサイズ W 以上であると判定した場合、処理はステップS49に進む。ステップS49において、全てのサブキャリアスロットにおける使用可能な連続スロットブロックのうち、最もインデックスの小さいブロックにコネクション要求を割り当て、その後、波長割り当て処理は終了される。

40

【0115】

一方、ステップS48において、波長割り当て処理部23が、全てのサブキャリアスロットにおける使用可能な連続スロットブロック数 S_t が、コネクション要求のサイズ W 以上でない（連続スロットブロック数 S_t がコネクション要求のサイズ W 未満である）と判定した場合、コネクション要求は拒否されて、その後、波長割り当て処理は終了される。

【0116】

以上のように、波長割り当て処理部23が、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って、コネクション要求に応じて波長を割り当てる波長割り当て処理を行うことによって、使用可能なスロットブロックがより連続して生成されるようにすることができる。

50

【 0 1 1 7 】

なお、波長割り当て処理部 2 3 は、上述したようなファーストラストフィット波長割り当てポリシーの他、例えば、ファーストフィット波長割り当てポリシーに従って、コネクション要求に応じて波長を割り当てる波長割り当て処理を行ってもよい。即ち、パーティション割り当て処理によって必要なパーティションが最小化されていれば、ファーストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当て処理を行っても、パーティションが割り当てられていない場合と比較して、ブロッキング率が抑制される。

【 0 1 1 8 】

図 1 4 は、ファーストフィット波長割り当てポリシーに従って、コネクション要求に応じて波長を割り当てる波長割り当て処理について説明するフローチャートである。

10

【 0 1 1 9 】

ステップ S 5 1 乃至 S 5 4 では、図 1 3 のステップ S 4 1 乃至 S 4 4 と同様の処理が行われ、ステップ S 5 4 において、波長割り当て処理部 2 3 が、パーティション P における使用可能な連続スロットブロック数 S_p が、コネクション要求のサイズ W 以上であると判定した場合、処理はステップ S 5 5 に進む。

【 0 1 2 0 】

ステップ S 5 5 において、波長割り当て処理部 2 3 は、パーティション P における利用可能な連続スロットブロックのうち、最もインデックスの小さいブロックにコネクション要求を割り当て、その後、波長割り当て処理は終了される。

【 0 1 2 1 】

20

一方、ステップ S 5 4 において、波長割り当て処理部 2 3 が、パーティション P における使用可能な連続スロットブロック数 S_p が、コネクション要求のサイズ W 以上でない（即ち、コネクション要求のサイズ W 未満である）と判定した場合、処理はステップ S 5 6 に進む。

【 0 1 2 2 】

そして、ステップ S 5 6 および S 5 7 において、図 1 3 のステップ S 4 8 および S 4 9 と同様の処理が行われ、その後、波長割り当て処理は終了される。

【 0 1 2 3 】

以上のように、波長割り当て処理部 2 3 は、ファーストフィット波長割り当てポリシーに従って、コネクション要求に応じて波長を割り当てる波長割り当て処理を行うことができる。

30

【 0 1 2 4 】

次に、図 1 5 乃至図 1 8 を参照して、パーティション割り当て処理および波長割り当て処理から構成されるサブキャリアスロット分割方式に従った通信処理についての性能評価を説明する。

【 0 1 2 5 】

例えば、図 1 5 に示すような 1 4 個のノードにより構成されるエラスティック光ネットワークを用いて、サブキャリアスロット分割方式と従来方式とでシミュレーションを行い、それぞれの方式によるシミュレーション結果を比較する。また、それぞれの方式において、ファーストフィット波長割り当てポリシーおよびファーストラストフィット波長割り当てポリシーの両方による波長割り当て処理を行った場合における比較を行う。

40

【 0 1 2 6 】

また、整列スロットブロックの増加と帯域ブロッキング率に与える影響を調査するために AASR (aligned available slot blocks ratio) という評価指標を用いる。例えば、それぞれのコネクショングループ c に対する AASR は、次の式 (7) で定義される。

【 0 1 2 7 】

【 数 7 】

$$\psi_c = \frac{A_c}{B} \quad \dots (7)$$

50

【 0 1 2 8 】

但し、式 (7) において、 B は、全サブキャリア数であり、 A_c は、コネクシヨングループ c に対する連続した整列スロットブロック数の最大値を示し、 C は、コネクシヨングループのセットを示す。従って、全コネクシヨングループに対する ASSR の平均値は、次の式 (8) で定義される。

【 0 1 2 9 】

【 数 8 】

$$\psi = \frac{\sum_{c \in C} (\psi_c)}{|C|} \quad \dots (8)$$

10

【 0 1 3 0 】

但し、式 (8) において、 $|C|$ は、コネクシヨングループ数である。

【 0 1 3 1 】

そして、図 1 5 に示したエラスティック光ネットワークについて、1 つのサブキャリアスロットの帯域は、12.5GHz であり、全サブキャリアスロット数は 300 であるという評価条件を用いてシミュレーションを行った。

【 0 1 3 2 】

また、シミュレーションでは、コネクシヨン要求は、ポアソン到着で指数分布の保留時間として、動的に発生するものとし、パーティショニングの効果に着目するために、議論を簡単化することを目的として、経路は最短経路を選択する。また、それぞれのコネクシヨンの要求トラヒック需要は、ランダムに生成されるトラヒック行列で表される。コネクシヨングループとトラヒックマトリクスに基づいて、要求されるパーティシヨンユニット数は 4 とされ、それぞれのパーティシヨンユニットにおけるスロット数は 7 5 とされる。従って、シミュレーションにおいて、各コネクシヨングループは、1 つパーティシヨンユニットに対応するので、要求されるパーティシヨン数は 4 となる。

20

【 0 1 3 3 】

図 1 6 には、シミュレーションにより求められたトラヒック量ごとのブロッキング率が示されている。

【 0 1 3 4 】

図 1 6 において、横軸はトラヒック量を示し、縦軸はブロッキング率を示している。また、シミュレーションは、パーティシヨン割り当て処理を行わずにファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式 (従来方式) 、パーティシヨン割り当て処理を行わずにファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式、パーティシヨン割り当て処理を行ってファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式、パーティシヨン割り当て処理を行ってファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式の 4 通りで行われた。

30

【 0 1 3 5 】

図 1 6 に示すように、パーティシヨン割り当て処理を行ってファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式により、最も低い帯域ブロッキング率となる。

40

【 0 1 3 6 】

また、パーティシヨン割り当て処理を行ってファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式は、パーティシヨン割り当て処理を行わずにファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式 (従来方式) よりも、高い帯域ブロッキング率となっている。

【 0 1 3 7 】

これは、使用可能な連続かつ整列スロットブロックを発生させる条件によるものである。即ち、パーティシヨン割り当て処理を行わずにファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式においては、使用可能なスロットブロックは、全サブキャリアスロットの大きいインデックスの領域に集められる。

50

【0138】

これに対し、パーティション割り当て処理を行ってファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式においては、各パーティションにおいて、より多くの整列したスロットブロックを与えるが、ファーストフィット波長割り当てポリシーは、これらのブロックをお互いに孤立させてしまう。そのため、使用可能な連続かつ整列スロットブロックの数が減少することになる。

【0139】

従って、要求トラヒック量が増加するにつれて、パーティション割り当て処理を行わずにファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式では、使用可能な連続して整列したスロットブロックが全サブキャリアスロットの大きいインデックスの領域に集められるため、低い帯域ブロッキング率となる。

10

【0140】

一方、パーティション割り当て処理を行わずにファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式では、使用可能な連続したスロットブロックが、全体のサブキャリアスロットの中間領域に集められるため、パーティション割り当て処理を行わずにファーストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式と比較して、使用可能な連続スロットブロックの数が減少している。

【0141】

また、パーティション割り当て処理を行わずにファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式は、パーティション割り当て処理を行ってファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式よりも、少ない使用可能な整列されたスロットブロックを発生する。従って、パーティション割り当て処理を行わずにファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従った波長割り当てを行う方式は、最も高い帯域ブロッキング率となる。

20

【0142】

図17には、シミュレーションにより求められたトラヒック量ごとのAASRが示されている。

【0143】

図17において、横軸はトラヒック量を示し、縦軸はAASRを示している。また、シミュレーションは、図16と同様に4通りで行われた。

30

【0144】

図17に示すように、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当て処理を行うことにより、いずれのトラヒック量においても、AASRは最も値となっている。即ち、ファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当て処理では、より多くの使用可能な連続した整列されたスロットブロックが生成されることが示されている。

【0145】

図18は、帯域ブロッキング率およびAASRの関係を示す図である。図18において、横軸はAASRを示し、縦軸は帯域ブロッキング率を示している。

【0146】

図18に示すように、AASRが高くなると、帯域ブロッキング率が低くなる。これは、数多くの使用可能な連続した整列したスロットブロックが、低い帯域ブロッキング率を与えることを示している。

40

【0147】

このようなシミュレーション結果において、本実施の形態におけるパーティション割り当て処理を行うことにより、従来よりも、より多くの使用可能な整列されたスロットブロックを生成することが示された。また、波長割り当ての調査において、本実施の形態におけるファーストラストフィット波長割り当てポリシーに従って波長割り当て処理を行うことにより、従来よりも、より多くの使用可能な整列されたスロットブロックを生成することが示された。

50

【 0 1 4 8 】

以上のように、エラスティック光ネットワーク 1 1 において、パーティション割り当て処理および波長割り当て処理から構成されるサブキャリアスロット分割方式を適用することで、使用可能なスロットブロックが未整列または非連続となることを回避することができる。これにより、使用可能な整列されたスロットブロックを多く生成することができ、帯域フラグメンテーションの発生を抑制することとなる結果、帯域ブロッキング率を低減することができる。

【 0 1 4 9 】

なお、本実施の形態においては、ノード N が備える通信処理装置 2 1 がパーティション割り当て処理部 2 2 を有する構成とされている。これに対し、例えば、エラスティック光ネットワーク 1 1 の全体を監視するようなサーバ装置がパーティション割り当て処理部 2 2 を有し、そのサーバ装置からエラスティック光ネットワーク 1 1 を構成する各ノード N にパーティションを設定するようにしてもよい。

10

【 0 1 5 0 】

また、例えば、エラスティック光ネットワーク 1 1 を構成する 1 つのノード N がパーティション割り当て処理部 2 2 を有し、そのノード N のパーティション割り当て処理部 2 2 が、他のノード N に対してパーティションを設定するようにしてもよい。

【 0 1 5 1 】

なお、上述のフローチャートを参照して説明した各処理は、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）も含むものである。また、プログラムは、1 の CPU により処理されるものであっても良いし、複数の CPU によって分散処理されるものであっても良い。

20

【 0 1 5 2 】

また、上述した一連の処理（情報処理方法）は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、プログラムが記録されたプログラム記録媒体からインストールされる。

30

【 0 1 5 3 】

図 1 9 は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【 0 1 5 4 】

コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 1 0 1 , ROM (Read Only Memory) 1 0 2 , RAM (Random Access Memory) 1 0 3 は、バス 1 0 4 により相互に接続されている。

【 0 1 5 5 】

バス 1 0 4 には、さらに、入出力インタフェース 1 0 5 が接続されている。入出力インタフェース 1 0 5 には、キーボード、マウス、マイクロホンなどよりなる入力部 1 0 6 、ディスプレイ、スピーカなどよりなる出力部 1 0 7 、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる記憶部 1 0 8 、ネットワークインタフェースなどよりなる通信部 1 0 9 、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリなどのリムーバブルメディア 1 1 1 を駆動するドライブ 1 1 0 が接続されている。

40

【 0 1 5 6 】

以上のように構成されるコンピュータでは、CPU 1 0 1 が、例えば、記憶部 1 0 8 に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース 1 0 5 及びバス 1 0 4 を介して、RAM 1 0 3 にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

【 0 1 5 7 】

コンピュータ (CPU 1 0 1) が実行するプログラムは、例えば、磁気ディスク (フレキ

50

シブルディスクを含む)、光ディスク(CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory),DVD(Digital Versatile Disc)等)、光磁気ディスク、もしくは半導体メモリなどよりなるパッケージメディアであるリムーバブルメディア111に記録して、あるいは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供される。

【0158】

そして、プログラムは、リムーバブルメディア111をドライブ110に装着することにより、入出力インタフェース105を介して、記憶部108にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部109で受信し、記憶部108にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM102や記憶部108に、あらかじめインストールしておくことができる。

10

【0159】

なお、本実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【符号の説明】

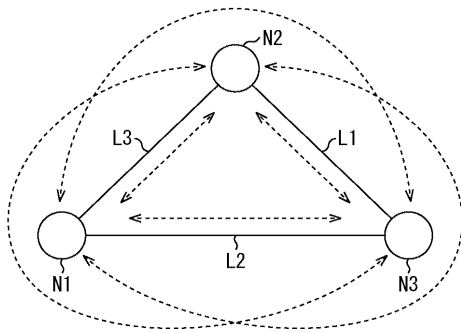
【0160】

- 11 エラスティック光ネットワーク
- 21 通信処理装置
- 22 パティション割り当て処理部
- 23 波長割り当て処理部
- 31 コネクショングループ特定部
- 32 グラフ作成部
- 33 パティション決定部

20

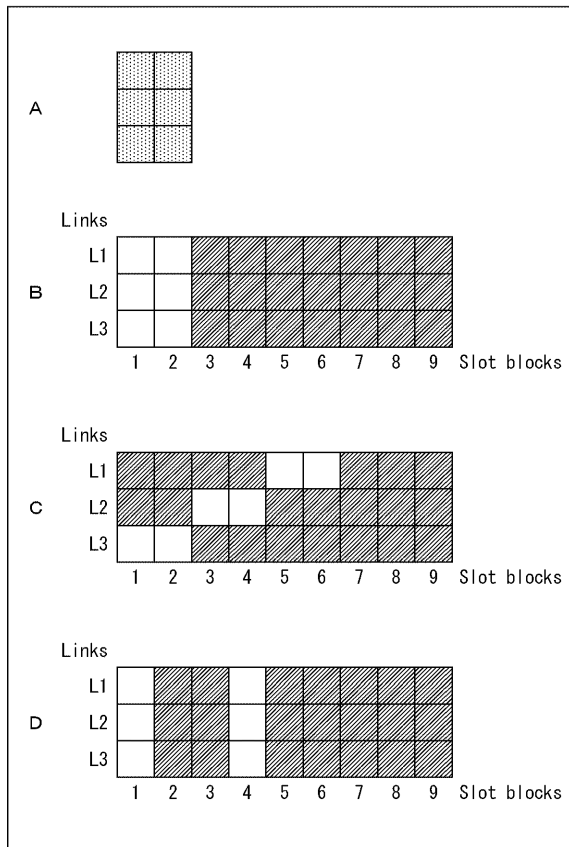
【図1】

図1

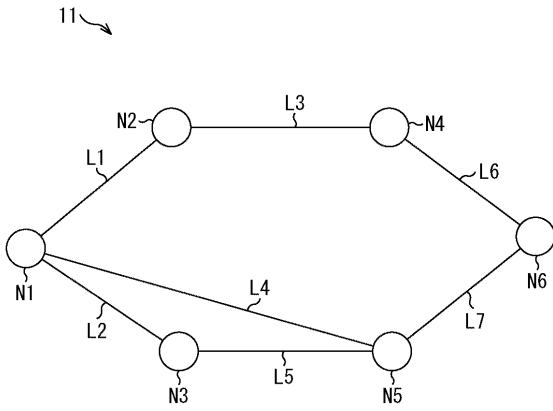


【図2】

図2



【 図 3 】
図3



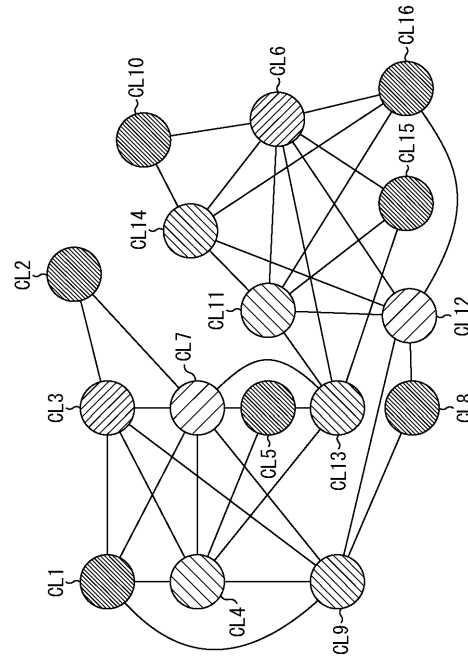
【 図 4 】
図4

Node	Destination					
	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Source						
N1		L1	L2	L1, L3	L4	L4, L7
N2			L1, L2	L3	L1, L4	L3, L6
N3				L5, L6, L7	L5	L5, L7
N4				L1, L2, L3	L6, L7	L6
N5						L7
N6						

【 図 5 】
図5

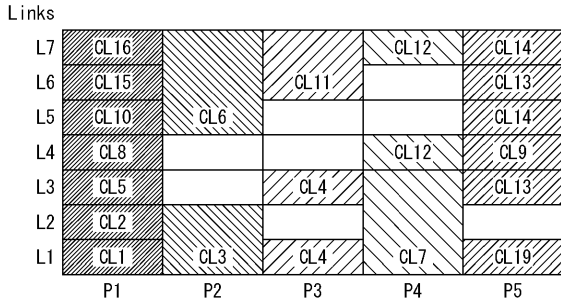
Link	Link Utilization Combination																
	CL1	CL2	CL3	CL4	CL5	CL6	CL7	CL8	CL9	CL10	CL11	CL12	CL13	CL14	CL15	CL16	
7																	○
6						○											○
5						○											○
4									○								
3									○								
2										○							
1											○						

【 図 6 】
図6



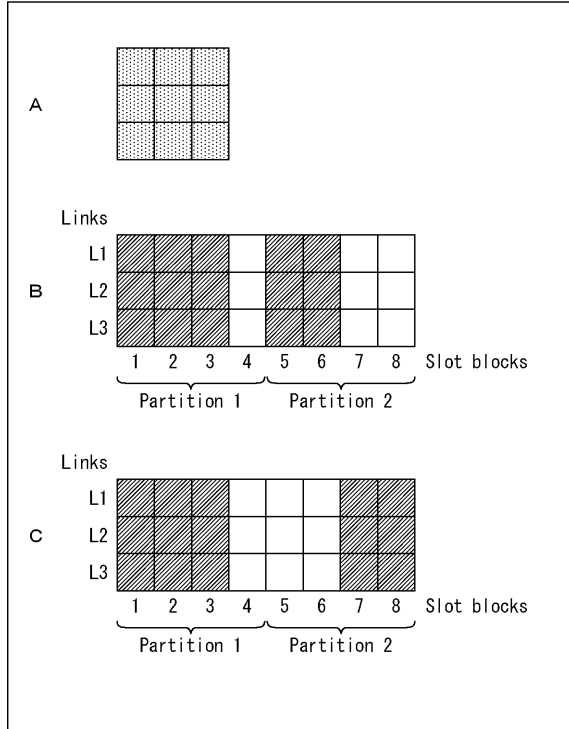
【 図 7 】

図7



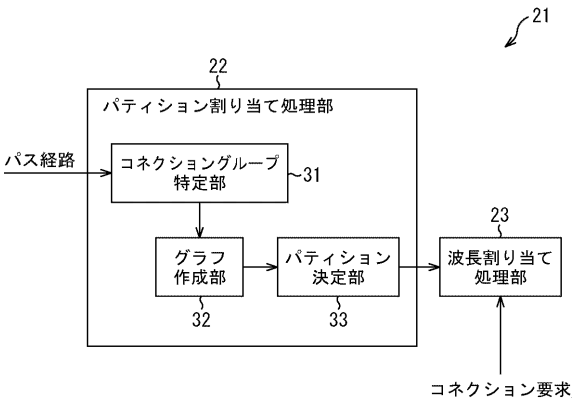
【 図 8 】

図8



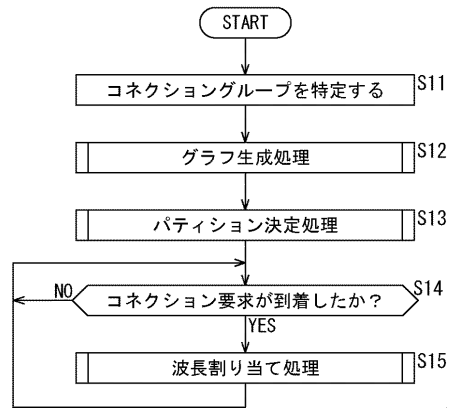
【 図 9 】

図9



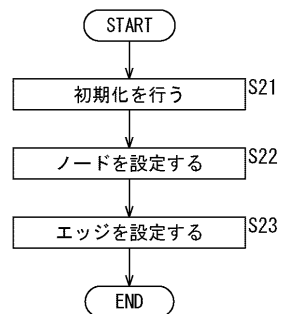
【 図 10 】

図10



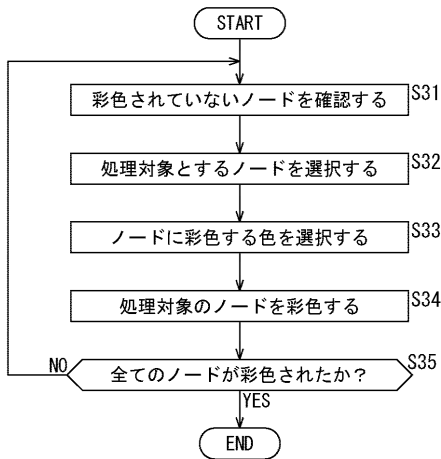
【 図 11 】

図11



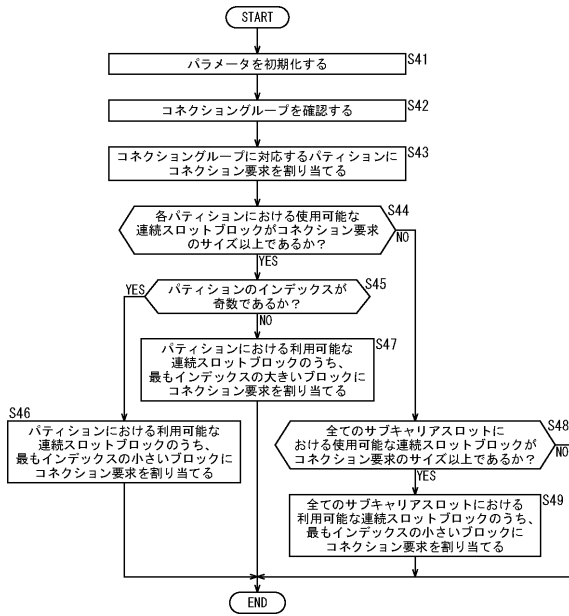
【図 1 2】

図12



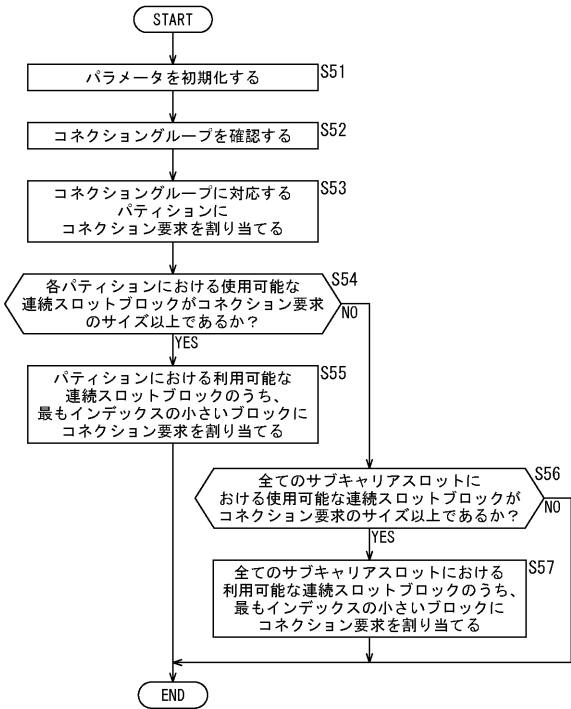
【図 1 3】

図13



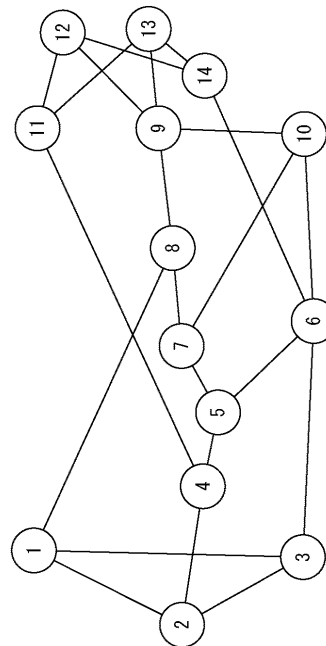
【図 1 4】

図14

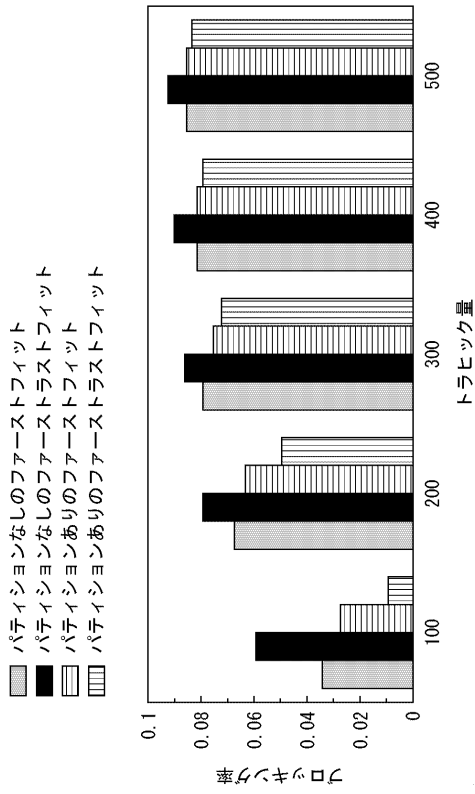


【図 1 5】

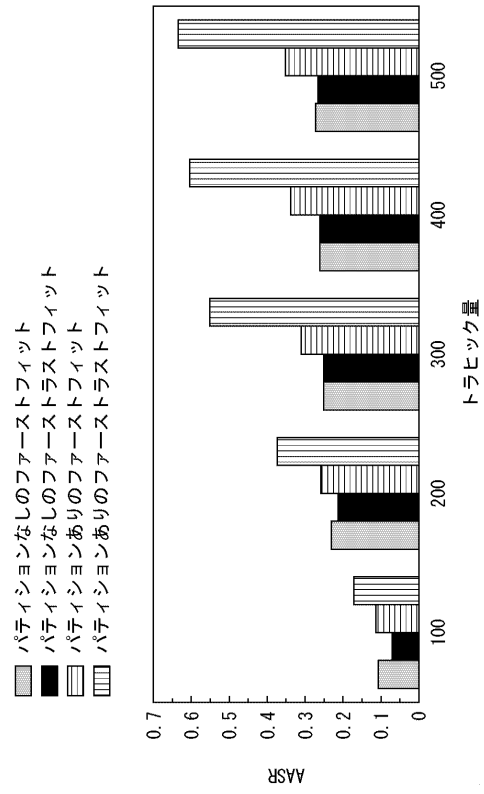
図15



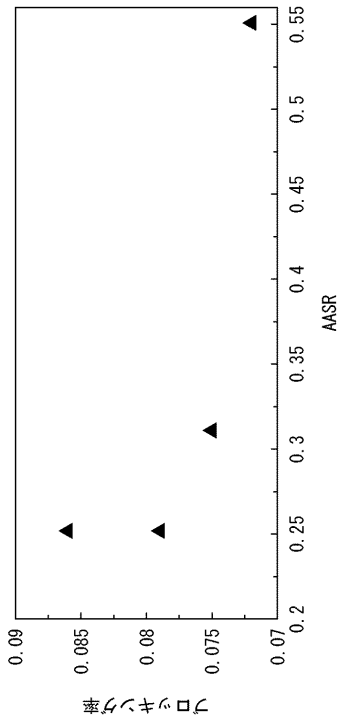
【図16】
図16



【図17】
図17



【図18】
図18



【図19】
図19

