

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7309610号

(P7309610)

(45)発行日 令和5年7月18日(2023.7.18)

(24)登録日 令和5年7月7日(2023.7.7)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 L 12/44 (2006.01)

H 0 4 L 12/44 2 0 0

H 0 4 L 47/76 (2022.01)

H 0 4 L 12/44 B

H 0 4 L 47/76

請求項の数 9 (全16頁)

(21)出願番号 特願2019-550855(P2019-550855)

(86)(22)出願日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(65)公表番号 特表2020-510357(P2020-510357
A)

(43)公表日 令和2年4月2日(2020.4.2)

(86)国際出願番号 PCT/EP2018/056767

(87)国際公開番号 WO2018/167318

(87)国際公開日 平成30年9月20日(2018.9.20)

審査請求日 令和3年3月15日(2021.3.15)

(31)優先権主張番号 1704185.6

(32)優先日 平成29年3月16日(2017.3.16)

(33)優先権主張国・地域又は機関
英国(GB)

(73)特許権者 512133362

ザ・プロボスト、フェローズ、ファウン
デーション・スカラーズ、アンド・ジ・
アザー・メンバーズ・オブ・ボード、オ
ブ・ザ・カレッジ・オブ・ザ・ホーリー
・アンド・アンディバイデッド・トリニ
ティ・オブ・クイーン・エリザベス・ニ
ア・ダブリンTHE PROVOST, FELLOW
S, FOUNDATION SCHOL
ARS, AND THE OTHER M
EMBERS OF BOARD, OF
THE COLLEGE OF THE H
OLY AND UNDIVIDED T
RINITY OF QUEEN ELI
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マルチテナント受動光ネットワークにおける動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化するシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

1つの光回線ターミネーション（OLT）ポイントと、複数の光ネットワークユニット（ONU）と、複数の仮想ネットワークユニット（VNO）とを備える受動光ネットワークにおいて、動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化するシステムであって、各VNOは、1つ以上の仮想動的帯域幅割り当てモジュールを備えて、前記複数のVNOのうちの他のVNOとは無関係に仮想動的帯域幅割り当てをスケジューリングするように構成されており、前記システムは、

前記OLTポイントからのバッファレポート又はレポートフレームを、各前記VNOの各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールに通信するように構成されていると共に、各前記VNOの各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールから仮想帯域幅マップを受信するように構成されたマーキングエンジンを備え、前記マーキングエンジンは、単一の光ネットワークユニットを複数の波長に動的に割り当てるように構成されており、前記マーキングエンジンは、前記仮想帯域幅マップの前記複数の波長にわたる最適なスケジューリングを行うように構成されており、前記マーキングエンジンは、前記VNOからの前記仮想帯域幅マップを、前記複数の光ネットワークユニット（ONU）にスケジューリングされる単一のコヒーレント物理帯域幅マップ割り振りに統合して、前記受動光ネットワーク（PON）上の帯域幅スケジューリング割り振りを実施するように構成されており、

前記受動光ネットワークは、多重波長で動作されるシステムであり、

少なくとも1つのVNOが、前記マーキングエンジンによって波長の物理的割り振りの

情報なしに動作し、前記仮想動的帯域幅割り当てを生成して、前記仮想帯域幅マップを提供するように構成されている、システム。

【請求項 2】

前記マーキングエンジンは、最適化アルゴリズムを使用して、サービスレベル同意制約を満たさない確率を最小化するやり方で、いかにして前記仮想帯域幅マップを統合すべきかを判定するように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

最適化アルゴリズムが、多重波長システムにおける前記複数の波長にわたる、前記仮想動的帯域幅割り当ての最適なスケジューリングを提供する、請求項 1 または請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記マーキングエンジンは、単一の光ネットワークユニットを異なる波長に動的に割り当てるように構成されており、所望の QoS 要件を満たす能力を最適化する、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 5】

1 つの光回線ターミネーション (OLT) ポイントと、複数の光ネットワークユニット (ONU) と、複数の仮想ネットワークユニット (VNO) とを備える受動光ネットワークにおいて、動的帯域幅割り当て (DBA) を仮想化する方法であって、前記方法は、

各 VNO を、仮想動的帯域幅割り当てモジュールを備えるように構成し、前記複数の VNO のうちの他の VNO とは無関係に仮想動的帯域幅割り当てをスケジューリングするステップと、

前記 OLT ポイントからのバッファレポート又はレポートフレームを、各前記 VNO の各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールに通信すると共に、各前記 VNO の各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールから仮想帯域幅マップを受信するように、マーキングエンジンを構成することによって、前記受動光ネットワーク上の帯域幅スケジューリング割り振りを実施するステップであって、前記マーキングエンジンは、単一の光ネットワークユニットを複数の波長に動的に割り当てるように構成されており、前記マーキングエンジンは、前記仮想帯域幅マップの前記複数の波長にわたる最適なスケジューリングを行うように構成されている、ステップと、

前記帯域幅スケジューリング割り振りを実施するために、前記 VNO からの前記仮想帯域幅マップを、前記複数の光ネットワークユニット (ONU) にスケジューリングされる単一のコヒーレント物理帯域幅マップ割り振りに統合するステップと、

少なくとも 1 つの VNO が、前記マーキングエンジンによって波長の物理的割り振りの情報なしに動作し、前記仮想動的帯域幅割り当てを生成して、前記仮想帯域幅マップを提供するように構成されている、方法。

【請求項 6】

最適化アルゴリズムを使用して、サービスレベル同意制約を満たさない確率を最小化するやり方で、前記マーキングエンジンにおいて、いかにして前記仮想帯域幅マップを統合すべきかを判定するステップをさらに備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

最適化アルゴリズムを使用して、多重波長システムにおける前記複数の波長にわたる、前記仮想動的帯域幅割り当ての最適なスケジューリングを提供するステップをさらに備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

単一の光ネットワークユニットを異なる波長に動的に割り当てるように前記マーキングエンジンを構成し、所望の QoS 要件を満たす能力を最適化するステップをさらに備える、請求項 5 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

コンピュータに、請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の方法を実施させるためのプログラム命令を含むコンピュータプログラム又はソフトウェア。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ネットワーク、例えば、受動光ネットワークにおける動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化するシステム及び方法に関する。

【従来技術】

【0002】

Fiber-to-the-premises（FTTP）アクセスネットワーク解法を世界中に導入することは、ファイバインフラストラクチャを至るところに配備する初期費用が高いため妨げられている。受動光ネットワークは、ポイントツーポイント解法と比べて低費用を提供可能であるが、それを所有するための全費用は、多くのオペレータにとって、大量配備を正当化するには依然として高い。したがって、受動光ネットワーク（PON）インフラストラクチャを共有することが、ネットワークオペレータがFTTPサービスを運営する費用を低減するための1つの解法として提案されている。加えて、オペレータが住宅でのサービスに加えて事業所でのサービス（例えば、モバイルバックホールを含む）を提供する能力が、PONネットワーク全体の収入を増大させるためには不可欠である。しかしながら、複数のオペレータ（仮想ネットワークオペレータ（VNO）等）が共有する1つの物理的インフラストラクチャ上で、極めて多様な要件を有するサービスを運営することには、VNOは、PONの容量スケジューリングに対する厳格な制御権を有することが求められる。

【0003】

受動光ネットワーク（PON）は、大容量及び広い受信地域を提供可能であるため、優れたアクセスネットワーク解法の1つとして考えられている。その一方で、PONの配備に必要な資本支出（CAPEX）が高いことが、特に、使用者数及び帯域幅需要が少ない農村地域における大規模な導入に対する障害となっている。この点に関して、これまでに、多数の解法が、アクセスファイバー配備の投資対効果検討書を改善するために提案されてきた。これらはすなわち、ネットワークアーキテクチャ全体を変更すること（M. Ruffini et al., DISCUS: End-to-end network design for ubiquitous high speed broadband services, ICTON 2013）から、費用効率の高い多重波長PON用のトランシーバを開発すること（N. Cheng, et al., Flexible TWDM PON system with pluggable optical transceiver modules, Optics Express, 22(2), 2014）までを含む。経済的持続性に対する相補的な取り組みは、PONによって生成される収入を増やすことであり、これは、企業及び住宅での用途に加えて、例えば、モバイルバックホール（P. Alvarez, et al., Evaluating dynamic bandwidth allocation of virtualized passive optical networks over mobile traffic traces, JOCN 8(3), 2016）や、フロントホール（P. Chanclou et al., Optical fiber solution for mobile fronthaul to achieve cloud radio access network. Future Network Summit 2013）を含むサポート可能なサービスの数及び種類を増やすことにより実現される。Keita Nishimotoらによる「Virtualization of EPON OLT functions and collision suppression techniques for Multi-Point MAC Control」（OFC 2016、アメリカ合衆国カリフォルニア州アナハイム）を名称とする公報は、単一のDBAをハードウェアからソフトウェアに移動させることを開示し、時刻同期だけの特定の課題に取り組んでいる。

【0004】

したがって、上述の全てのサービスが同一のPONインフラストラクチャ上で共存及び動作することが可能なシナリオが、インフラストラクチャの利用を増大させること、したがって新たな収入の流れを生成することにおいて極めて重要である。そして、多様な要件を有するサービスを提供する複数のサービスプロバイダの共存を可能にするには、マルチテナンシーを重視した好適な一連の解法が求められる。アクセスネットワークのマルチテナンシーが、次世代アクセス（NGA）ビットストリーム及び仮想アンバンドルドローカルアクセス（VULA）のような技術により開発されている。しかしながら、これらのアプローチによる課題は、これらの高度仮想化ツールが、5G用途や将来のネットワークが

10

20

30

40

50

必要とする厳格なサービス品質要件を満たすために不可欠であり得る容量スケジューリングを制御する能力を与えない点である。さらなる課題は、PONネットワークにおける無駄な帯域幅であり、というのも、サービス品質が維持されるように、帯域幅割り振りが過剰性能になっている可能性があるからである。これは帯域幅リソースの無駄遣いである。

【0005】

したがって、本発明の目的は、受動光ネットワークにおける動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化する改善されたシステム及び方法を提供することに有る。

【発明の概要】

【0006】

本発明によれば、添付の特許請求の範囲に記載されるように、1つの光回線ターミネーション（OLT）ポイントと、複数の光ネットワークユニット（ONU）と、複数の仮想ネットワークユニット（VNO）とを備える受動光ネットワークにおいて、動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化するシステムが提供される。各VNOは、1つ以上の仮想動的帯域幅割り当てモジュールを備えて、他のVNOとは無関係に帯域幅割り当てをスケジューリングすると共に、前記受動光ネットワーク上の詳細な帯域幅スケジューリング割り振りを提案するように構成されている。

【0007】

本発明は、仮想DBA（vDBA）に関し、すなわち、各VNOがそれ自体の最適な仮想DBAアルゴリズムを、インフラストラクチャプロバイダー（IP）によって制御される共有PONインフラストラクチャの上に配備することを許容する仮想化技術に関する。

【0008】

一実施形態では、OLTからのバッファレポート又はレポートフレームを、各VNOの各仮想動的帯域幅割り当てモジュールに通信するように構成されたマーキングエンジンが提供される。用語「スケジューリングされた帯域幅割り当て」及び「帯域幅マップ」は同じものであることは、明らかであろう。最初の用語は、システムが何を行うかを規定しているため、より機能的であり、一方、2番目の用語は、PONシステムにおいて典型的に使用される用語である。

【0009】

一実施形態では、マーキングエンジンは、各VNOの各仮想動的帯域幅割り当てモジュールから仮想帯域幅マップを受信するように構成されている。

【0010】

一実施形態では、マーキングエンジンは、VNOから受信された受信仮想帯域幅マップを、複数の光ネットワークユニット（ONU）にスケジューリングされる単一のコヒーレント物理帯域幅マップ割り振りに統合するように構成されている。

【0011】

一実施形態では、各vDBAは、フレーム毎に1つの帯域幅マップを生成する。VNOは、1つの帯域幅マップをそれぞれ生成するより多くのvDBAを有することが可能である。原則として、VNOは、フレーム毎に2つ以上の帯域幅マップを生成することが可能である。まとめて考えると、全てのvDBA（及び類似の全てのVNO）が帯域幅マップを生成することになり、これらはその後、マーキングエンジンによって、1つの帯域幅マップ（フレーム毎）に統合される。

【0012】

当然ながら、単一のVNOが存在する場合、vDBAが1つ存在するか、又は、2つ以上存在するかに応じて、1つ以上の帯域幅マップが存在し得る。1つのvDBAを有する1つのVNOしか存在しない場合、帯域幅マップは1つであり、この場合、統合するものは無く、現在の仮想化されていないPONの単純なケースとなる。

【0013】

一実施形態では、仮想動的帯域幅割り当ては、最適化アルゴリズムを使用して、サービ

10

20

30

40

50

スレベル同意制約を満たさない確率を最小化するやり方で、いかにして前記スケジューリングを統合すべきかを判定するように構成されている。

【0014】

一実施形態では、PONは、多重波長で動作されるシステムである。

【0015】

一実施形態では、少なくとも1つのVNOが、使用される波長数に基づき、独立して、帯域幅容量を割り当てるように構成されており、単一の動的帯域幅割り当てを生成すると共に、単一の帯域幅マップを提供する。

【0016】

一実施形態では、マーキングエンジンは、単一の光ネットワークユニットを異なる波長に動的に割り当てるように構成されており、所望のQoS要件を満たす能力を最適化する。

【0017】

一実施形態では、多重波長システムにおける複数の波長にわたる、仮想動的帯域幅割り当ての最適なスケジューリングを提供する最適化アルゴリズムが提供される。これは、多重波長システムにおいて、マーキングエンジンが、複数の波長にわたるVBMAPの最適なスケジューリングを提供して、2つの目的、すなわち、（例えば、主な目的として）VNOのQoS要件を満たす能力、及び、（例えば、二次的な目的として）全ての波長チャンネルにわたるシステムの処理能力を最大化することを最適化することが可能であることを意味している。これは、この仮想化されたシステムにおいて良好に機能する。なぜなら、VNOは、どの波長チャンネルが使用されているかを見ず（又は気にせず）、マーキングエンジンに、最良の解法を選択することにおいてさらなる自由度を与えるからである。

【0018】

他の実施形態において、1つの光回線ターミネーション(OLT)ポイントと、複数の光ネットワークユニット(ONU)と、複数の仮想ネットワークユニット(VNO)とを備える受動光ネットワークにおいて、動的帯域幅割り当て(DBA)を仮想化する方法が提供される。この方法は、各VNOを、仮想動的帯域幅割り当てモジュールを備えるように構成するステップと、他のVNOとは無関係に帯域幅割り当てをスケジューリングするステップと、前記受動光ネットワーク上の詳細な帯域幅スケジューリング割り振りを提案するステップとを含む。

【0019】

一実施形態では、このシステムは、マルチテナントPONにおける、DBA仮想化のためのフレームレベルシェアリング方法を提供する。

【0020】

PONにおいてDBA（例えばアップストリーム容量スケジューリング機構）を仮想化する原理は、その複数のインスタンスであって、それぞれ異なる仮想ネットワークオペレータに割り当てられるインスタンスの生成を許容するように行う点である。各VNOは、他のVNOとは無関係に、それ自体のスケジューリングアルゴリズムを実行すると共に、共有されるPONにわたる詳細なスケジューリング割り振りを提案する能力を有している。

【0021】

マーキングエンジンの原理は、ユーザとVNOとの間の通信を促進する、及び、VNOからの個々の仮想BMAPを、ユーザへの1つのコヒーレント物理BMAP割り振りに統合するというタスクを有する。また、マーキングエンジンは、最適化アルゴリズムを用いて、SLA制約を満たさない確率を最小化するやり方で、いかにして前記スケジューリングを統合すべきかを判定可能である。

【0022】

本発明に係る仮想化は、多重波長システムに適用可能であることは明らかであろう。ここで、PONは、多数のユーザを扱う2つ以上のチャンネルを有する（既存の多重波長PON）。VNOは、その顧客の、異なる波長への物理的割り振りに関する知識とは無関係に動作する。各波長が物理的に10Gb/sを提供する場合でも、1つのVNOは、このような物理的制約をする必要はなく、このシステムが、全容量が80Gb/sの8つの波

10

20

30

40

50

長を有しているならば、1つのVNOは、例えば、16Gb/s（これはまた動的に変動し得る）に割り当てられてもよい。これは、多数のサービス、すなわち、幾つかは、厳格なサービス品質要件を有し、他はより緩いサービス品質要件を有するか、又は、全くQoSを有さないサービスにわたって広がる。

【0023】

VNOは、使用される波長数に基づき、独立して、容量を割り当てることが可能であり、したがって、単一のDBAを動作させて、単一のBMapを提供する（一方、現在のところ、PONを所有した場合、各波長について別々のDBAを動作させる必要がある）。

【0024】

マージングエンジンを管理するインフラストラクチャプロバイダーは、ユーザ（およびそのサービス）を異なる波長に動的に割り当て、その、VNOに提供するサービスのうちの幾つかのサービスの厳格なQoS要件を満たす能力を最適化することが可能である。

【0025】

一実施形態において、1つの光回線ターミネーション（OLT）ポイントと、複数の光ネットワークユニット（ONU）と、複数の仮想ネットワークユニット（VNO）とを備える受動光ネットワークにおいて、動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化するシステムが提供される。各VNOは、1つ以上の仮想動的帯域幅割り当てモジュールを備えて、他のVNOとは無関係に帯域幅割り当てをスケジューリングすると共に、前記受動光ネットワーク上の詳細な帯域幅スケジューリング割り振りを実施するように構成されており、前記システムは、

前記OLTからのバッファレポート又はレポートフレームを、各前記VNOの各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールに通信するように構成されていると共に、各前記VNOの各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールから仮想帯域幅マップを受信するように構成されたマージングエンジンを備え、前記マージングエンジンは、前記VNOから受信された前記仮想帯域幅マップを、前記複数の光ネットワークユニット（ONU）にスケジューリングされる単一のコヒーレント物理帯域幅マップ割り振りに統合して、前記詳細な帯域幅スケジューリング割り振りを実施するように構成されている。

【0026】

他の実施形態において、1つの光回線ターミネーション（OLT）ポイントと、複数の光ネットワークユニット（ONU）と、複数の仮想ネットワークユニット（VNO）とを備える受動光ネットワークにおいて、動的帯域幅割り当て（DBA）を仮想化する方法が提供される。前記方法は、

各VNOが仮想動的帯域幅割り当てモジュールを備えるように構成し、他のVNOとは無関係に帯域幅割り当てをスケジューリングするステップと、

前記OLTからのバッファレポート又はレポートフレームを、各前記VNOの各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールに通信すると共に、各前記VNOの各前記仮想動的帯域幅割り当てモジュールから仮想帯域幅マップを受信するように、マージングエンジンを構成することによって、前記受動光ネットワーク上の詳細な帯域幅スケジューリング割り振りを実施するステップと、

前記詳細な帯域幅スケジューリング割り振りを実施するために、前記VNOから受信された前記仮想帯域幅マップを、前記複数の光ネットワークユニット（ONU）にスケジューリングされる単一のコヒーレント物理帯域幅マップ割り振りに統合するステップと、を備える。

【0027】

記録媒体、キャリア信号、又は、読み出し専用メモリに具現化され得る上記方法を実施させるためのプログラム命令を含むコンピュータプログラムが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0028】

本発明は、以下の、単なる例として記載される実施形態の説明を、添付の図面を参照することにより、より明確に理解されよう。

10

20

30

40

50

【図 1】従来の P O N を示す図であり、単一の D B A スキームが O L T ハードウェア上に実装されている図である。

【図 2】本発明の一実施形態に係る、P O N 上の多数の V N O を、3 つの層を含むマルチテナントアーキテクチャとしての示す図である。

【図 3】本発明の一実施形態に係る、フレームレベルシェアリング（F L S）アーキテクチャを示す図である。

【図 4 - 5】異なる実装例に係る、マーキングエンジンによって実施可能な 2 つの共有ポリシーを示す図である。

【発明の詳細な説明】

【0029】

ここで、図 1 及び図 2 を参照すると、従来の P O N と本発明に係る仮想化された M T - P O N との間の比較が示されている。図 1 は、参照番号 1 によって示される従来の P O N を示しており、単一の D B A スキーム 2 が、物理層 4 における O L T ハードウェア上に実装されている。これは、以下では、P H Y - D B A と呼ばれる。マルチテナンシーアーキテクチャ内の問題は、インフラストラクチャプロバイダーだけが P H Y - D B A 機能を制御する点にある。結果的に、全ての V N O は、彼ら自身の顧客／サービスのアップストリーム D B A プロセスを制御することができず、せいぜい保証された料金のサービスを行うだけであり、彼らの顧客である O N U 3 のバースト割り振りをスケジューリングする能力は有していない。この特徴は、V N O が、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性といったさらなるパラメータを制御するには、重要となる。

【0030】

P O N における多数の V N O の共存を可能にするために、3 つの層を含むマルチテナントアーキテクチャが図 2 に示されている。

【0031】

物理層 4 は、従来の P O N の場合と同じである。主な違いは、物理層 4 が、D B R u（例えば、I T U X G S - P O N プロトコル）を、O N U T - C O N T からマーキングエンジン 5 に向けている点にある。エンジン 5 は、これらを 1 つ以上の仮想 D B A（v D B A）エンジン 6 に直接転送する。v D B A エンジン 6 は、容量を D B R u に割り当てることを担当する。本発明は I T U 基準に準拠するものであるが、当然ながら、同じ機構を（10 G E - P O N）レポートフレームにも適用可能である。P H Y 層 4 は、インフラストラクチャプロバイダーによって制御可能である。

【0032】

仮想 D B A（v D B A）層

仮想 D B A（v D B A）層 7 が、1 つ以上の V N O 6 によって制御され、1 つ以上の V N O 6 は、その仮想 P O N スライス上で動作するために最も適した仮想 D B A アルゴリズムの選択に関する完全制御権を有する。v D B A 7 は、その P O N スライス用の仮想帯域幅マップ（v B M a p）を計算し、これをマーキングエンジン 5 に供給する。

【0033】

v D B A 6 がマーキングエンジン 5 とのフィードバックループを形成するかどうかによって、及び、配信されたアプリケーションの種類に関連した容量を割り当てようとする際の精度の程度によって、多数のバージョンの v D B A が想定可能である。

【0034】

マーキングエンジン層

マーキングエンジン 5 は、主なタスクを 2 つ有するマーキングエンジン層を含む。第 1 に、マーキングエンジン層は、V N O によって制御される v D B A との通信を担当する。マーキングエンジン層は、アップストリームバッファレポート（D B R u 又はレポートフレーム）を v D B A に渡し、対応する仮想帯域幅グラント（仮想帯域幅マップ又は仮想ゲートメッセージ）を受け取る。第 2 に、マーキング層は、全ての v D B A からの仮想帯域幅グラントを分析し、これらを 1 つの物理帯域幅グラント（帯域幅マップ又はゲートフレーム）に統合する。P O N の意味する範囲において、マーキングエンジン層は、仮想 D

10

20

30

40

50

B Aから生成された仮想帯域幅マップを統合することに関与し、物理B M a p (P H Y - B M a p) を生成する。これが、P O N物理インターフェースを介して送信され得る帯域幅マップである。

【0035】

なお、待ち時間及びジッタが制限された、モバイルフロントホール等の幾つかの特定のサービスでは、D B R Uも、v D B Aと直接インターフェースをとるアプリケーションによって生成され得る。フロントホールの場合、例えば、特定のT - C O N T用のD B R Uは、O N Uではなく、B B Uスケジューリングプロセスとv D B Aとの間のインターフェースにより生成され得る。

【0036】

ここで、P O Nにおいて容量を共有するための機構を、提案されるオプションの数を考慮しつつ詳細に説明する。

【0037】

マージングエンジン5は、全容量共有のためのスキーム及びアーキテクチャを実施するように構成されていてもよく、ここで、波長チャンネルの概念は、仮想オペレータに完全に抽象化されており、したがって、この仮想オペレータは、1つの波長の容量の一部を使用して、又は、複数の波長からの容量を統合させることによって、仮想P O Nを任意の所望の容量において動作させることが可能である。したがって、P O N全体が、容量がそれぞれ10 G b / sである8つの波長上で動作し得る場合であっても、仮想オペレータは、総合容量、例えば6 G b / s、又は18 G b / s、又は、全容量限度内の他の任意の値にわたって動的に動作可能であろう。

【0038】

V N Oは、常にP O Nによって保障されることになる（又は、一定の割合の時間内で保障されることになる）認定情報速度（C I R）、及び、予備の容量がある場合に許容される、C I Rよりも高いピーク情報速度（P I R）を規定可能である。P I Rよりも高いトラフィック速度は自動的に拒絶される（又は、アドミッション制御システムが、トラフィックポリサーではなくトラフィックシェーパを作動させている場合、遅延され得る）。これは、物理オペレータが、オペレータにどれくらいのトラフィックが割り当てられ得るかを、C I Rとして決定することを許容する（原則として、複数のV N Oに割り当てられたC I Rの合計は、全システム容量より大きくてはならないが、V N Oとインフラストラクチャプロバイダー（I P）との間の契約において考慮される利用可能性によっては、ある程度のオーバーブッキングが行われ得る）。

【0039】

当該システム及び方法は、仮想オペレータが、配信されたアプリケーションのサービスのクラスを識別することを許容する。本発明は、オペレータ及びサービス（幾つかは極めて厳格な性能要件を有している）の多重化を許容するので、V N Oが、配信された各サービスの要件のクラスを規定することが重要である。

【0040】

原則的に、規定されるサービス／トラフィックの分類には、主に3つのカテゴリーが存在し得る。最初のカテゴリーでは、サービス品質（Q o S）要件があるが、これらは、C I R及びP I R（つまり、典型的には現在のシステム）に関してのみ考慮される。このようなサービスに関連付けられたT - C O N Tは、「Q o S - T - C O N T」と呼ばれる。トラフィックの第2のクラスでは、システムが適切に機能するためには、C I R / P I R容量以外のさらなる制限が満たされる必要がある。この場合、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性といったさらなるパラメータが特定され、これらを「厳格Q o S - T - C O N T」と呼ぶ。トラフィックの第3のクラスは、単に、ベストエフォート用である。

【0041】

これらの各クラスに対して、さらなるサブカテゴリーが生成され得る。例えば、異なるサブクラスは、異なる待ち時間、ジッタ、パケット損失、及び、容量要件、並びに、それらの利用可能性を規定し得る。利用可能性は、特定の1つのT - C O N Tについて、（容

10

20

30

40

50

量、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性の要件の、任意であるが所定の組み合わせとして意図された) QoSが満たされることになる時間の割合として既定される。

【0042】

一実施形態において、PONにおける複数のVNOの共存を促進するために、図3に示されるフレームレベルシェアリング(FLS)アーキテクチャ10が提供される。FLSアーキテクチャ10は、中程度のアクセス制御層シェアリングのカテゴリーに該当し、PON伝送収束(TC)層12の上部に配置されることになる、新たな層であるマーキングエンジンを含む。なお、本実施形態ではXGS-PON基準が用いられるが、このワークは他の種類のITU-T PON基準にも適用可能である。FLSアーキテクチャ10では、光ネットワークユニット(ONU)3からの帯域幅リクエスト(DBRu)が、TC層12によって、対応するVNOのvDBAインスタンスまで中継される。そのような仮想インスタンスは、物理的に、例えば、PONインフラストラクチャプロバイダーにも所有される中央オフィス内のサーバの上で動作可能である。

10

【0043】

この情報により、各VNO6は、仮想帯域幅マップ(vBWマップ)を算出することが可能であり、当該VNO6が扱うONUへの容量スケジューリングに関する完全制御を実現する。図3に示されるマーキングエンジン層は、2つの主なタスクを有している。第1に、マーキングエンジン層は、各vDBAインスタンスとの通信を処理することに関与する。マーキングエンジン層は、アップストリームバッファレポート(DBRu)をvDBAに渡し、各VNOから、対応する仮想帯域幅マップを受信する。第2に、マーキングエンジン層は、受信した全てのvBWマップに対する完全な分析を行い、これらを1つの物理的帯域幅マップ11に統合させる。この分析は、次のアップストリームフレーム内に、グラントサイジングアプローチ及びグラントスケジューリングアルゴリズムの両方を含む。この動作は、相反するvBWMA分割振りの間、及び、XGS-PONの範囲内の競合を解決するために、極めて重要である。

20

【0044】

vDBA及びマーキングエンジン用の多数の異なるアルゴリズムを実施可能である。例えば、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性の保証の無い(すなわち、QoS T-CO NTの)独立したvDBAを使用してもよい。

【0045】

これは、vDBA7及びマーキングエンジン(ME)5がいかなる特定のクラス定義にも同意せず、特定のT-CO NTに関してMEによって実施されるアドミSSION制御が存在しない、アルゴリズムの最も単純な形であり、最大後方互換性のために現在のDBA機構のほとんどを再利用するものである。ここで、マーキングエンジンは、単に、ONUからのDBRuリクエストを、適切なvDBAエンジンに渡す。各vDBAエンジンは、アップストリームリソースのスケジューリングを操作し、PON基準において定義される帯域幅マップ(BMap)を生成する。その後、全てのBMapが、マーキングエンジンに転送され、マーキングエンジンは、これらを統合する。最も単純な形態では、vDBAは、MEと同期されていなくてもよく、これは、MEは各フレームについてBMapを生成するが、vDBAのうちの幾つかは、これらが生成した仮想BMapが所定時間後にMEに到達し、これが代わりに次のフレームについて割り振られるならば、現在の割り振りに失敗するかもしれないことを意味している。全てのvDBAがそれらのvBMapを送信する必要があるタイミングを知っている(MEと同期されている)同期型形態も、想定可能である。

30

40

【0046】

この形態では、MEはトラフィッククラス定義を知っておらず、MEは、単に、トラフィックがCIR及びPIRポリシーと一致するかどうかを確認し、その後、複数のVNOからのvBMapを1つの物理BMapに統合する。この単純なMEアルゴリズムは、割り振りの変化を最小化しつつ、vBMapを統合することになる。

【0047】

50

より高度なMEアルゴリズムも、同一フレーム内の隣接していないONU伝送の割り振りを最小化することが可能である。これは、2つ以上のVNOによって同一のONUが扱われる場合に有効であり、同一のONUからの複数のアップストリームバーストに関連付けられた伝送の諸費用を低減することが可能である。その後、さらなる容量がIPにより使用されて、CIR及びPIR予算全体を増大させ得る。

【0048】

これらの技術は、複数のVNOからの多重化トラフィックを許容するが、vBMAP内の容量のスケジューリングが元のまま維持されることにはいかなる保証も与えるものではない。したがって、vDBAが慎重にvBMAPを割り振って、待ち時間及びジッタを制御したとしても、MEは、このような割り振りがPHY-BMAPにおいて維持されることを保証することはできない。

10

【0049】

これらのさらなるQoS機構が満たされることが期待できない場合、MEの極めて単純な実施が行われ得る。ここで、T-CONT割り振りは、各vBMAP内の割り振りを圧縮した後、各VNOのvBMAPを連結させることによって割り当てられる（つまり、バースト伝送間の必須の保護間隔を除く、T-CONT割当間のあらゆる間隔を除去する）。

【0050】

なお、通常、vDBAは、フレーム毎にvBMAPを与えることに何の制約も有していない。MEがその自身の各アップストリームフレームのシェアを各VNOに割り当てる限り、各vDBAは、独立して、各サービス間隔(SI)を割り当てることが可能である。MEが、頻繁に繰り返されるアイドルアップストリームフレームがスケジューリングされたことを通知すると、より高機能のアルゴリズムが、vDBAのうちの1つをシフトするために実施され得る。

20

【0051】

他の一実施形態は、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性の保証を有する（すなわち厳格QoS T-CONTの）連携されたvDBA割り振りをを用いることができる。この方法では、同意されたCIR及びPIRを配慮することに加えて、IPは、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性といったさらなる性能パラメータを保証しようとする。

【0052】

この場合には、トラフィックが、（例えば、サポート可能なジッタ、待ち時間、及び、利用可能性を規定するために、）特定のクラスのサービスに適切にタグ付けされることが重要である。このようなクラスは、その後、PON基準に従って、T-CONTに関連付けられる。

30

【0053】

他の一実施形態では、厳格に実行されるvBMAP計算が用いられてもよい。この場合、vDBAは、自立的にvBMAPを計算し、トラフィックスロット割り振りを特定のT-CONTに関連付ける。MEが異なるvDBAからの複数のvBMAPをPHY-BMAPにまとめようとする時に、これは、まず、BMAPの重複していない部分を割り当てる。ここで、重複は、より厳格なジッタ／待ち時間／利用可能性の要件を有するT-CONTに優先的に生じ、優先度がより低いT-CONTにシフトする。典型的には、ベストエフォートT-CONTを、PHY-BMAPに沿ったどこかに移動させること、又は、異なるフレームに割り振られることが可能である。QoS T-CONTを、多数のフレームにわたって移動させてもよい。しかしながら、厳格なQoS T-CONTは、これらが属するクラスのジッタ／待ち時間／利用可能性要件に違反しない場合にのみ移動可能である。なおこれは、いつも可能であるとは限らず、したがって、IPは、保証されたQoSを有するT-CONTに対してアドミSSION制御を行う必要がある。

40

【0054】

新たなT-CONTが、vDBAが提案する通りに（つまり、vBMAP内の特定の位置に）割り当てられない場合、MEは、vDBAにフィードバックを提供して、別の割り振りを提案することが可能である。vDBAがこれを受け入れる場合（つまり、これがそ

50

のQoS要件にまだ準拠している場合)、MEは、その容量を割り当てる。

【0055】

なお、この機構は、(フロントホールタイプのアプリケーション等の)静的容量要件を有するサービスの場合に最良に機能する。なぜなら、アドミSSION制御は、サービスの開始時に適用されることが可能であり、そこで、更新される前の多数のフレームの間維持されることが可能だからである。極めて変動しやすいトラフィックの場合、アドミSSION制御システムは、厳格なQoSを最大容量まで保証する必要がある。より多くの容量が必要とされる場合、より高い容量閾値を有する新たなアドミSSION制御に同意される必要がある。

【0056】

当然ながら、このアドミSSION制御を単一のフレーム毎に行うことが可能である場合、システムは完全に動的になる。

【0057】

ジッタ対待ち時間のトレードオフ

MEが、上述のように、厳格QoS T-CONTをPHY-BMapに適合させることができない場合、このエンジンは、vDBAに、別の割り振りを受け入れるように提案可能である。こうすることにより、MEがジッタの設定値を保証することは許容されるだろうが、この問題はVNOに移り、当該サービスのジッタを増大させることになるともいえる。最終的に、これは、アプリケーションにとって重要なエンドツーエンドジッタである。なお、しかしながら、ジッタは差分量であるので、厳格QoS T-CONTが別の場所に永久的にシフトされると、そのジッタは、(引き起こされるさらなる待ち時間が許容され得る限り)低い値に定着することになる。

【0058】

緩やかに実行されるvBMap計算

この場合、vDBAは、vBMap内のどこにT-CONTを割り振る必要があるかを正確に特定しないが、vBMapを使用して、サービスのT-CONTクラスに関する情報を伝達する。

【0059】

この場合、MEは、T-CONTの割り振りをPHY-BMap内のどこに配置するかを選択することにおいてより高い自由度を有する。

【0060】

ジッタ最小化アルゴリズム

ジッタとは差分値であるので、連続した少なくとも2つのT-CONT割り振りにわたって計算される必要がある。実際には、これは、多くの場合、多数の割り振りにわたって計算され、及び、変動として測定される。以下のアルゴリズムは、MEが、PHY-BMap割り振りにおけるジッタを制御するための多数の実装例を記載するものである。

【0061】

ジッタ最小化競合解決

このアルゴリズムは、多数のフレームをカバーするムービングウィンドを介して動作し、平均待ち時間を計算し、これから、ジッタを、各厳格QoS T-CONT伝送についての遅延の変動として計算する。

【0062】

新たなフレーム毎に、MEは、vBMapリクエストを、当該フレームについての計算されたジッタを最小化する1つのリクエストに統合する。最適な解法を計算するためには時間が短すぎると想定されるので、MEアルゴリズムの実施時には、ヒューリスティックを考慮する必要がある。

【0063】

単にフレーム内の全ての厳格QoS T-CONTにわたってジッタを最小化するのではなく、異なる厳格QoS T-CONT間にフェアネスを提供しようとする、アルゴリズムの変形も提案される。したがって、これはまた、各厳格QoS T-CONTの個々

10

20

30

40

50

のジッタを最小化しようとし、システムによりフェアネスをもたらす。この場合でも、複雑度が恐らくWJMアルゴリズムよりも高いヒューリスティックアルゴリズムが使用されることは想定可能である。

【0064】

ジッタ最小化競合の回避

このアルゴリズムでは、マーキングエンジンが、各サービスに求められるジッタ制約（最大及び平均）に応じて、各／複数のアップストリームフレーム内の各厳格QOS T-CONTの開始点を規定する。

【0065】

最終的に、上記のアルゴリズムのうちのいずれかが、上述の厳格に実行される又は緩やかに実行されるアルゴリズム上で、動作し得る点に留意されたい。

【0066】

共有ポリシー

このポリシーでは、動作中の各vDBAは、その割り振られた、アップストリーム容量、Ciのシェアを認識している。したがって、生成された仮想帯域幅の累積grantサイズは、いかなる状況下でも、アップストリームフレームの対応するVNOシェアを超過することはあり得ない。このポリシーは、マーキングエンジンタスクの複雑度を低減することを支援する。マーキングエンジンは、低減された帯域幅grantのサイズを現状のまま維持するものとする。マーキングエンジンは、スケジューリングアルゴリズムを実施するだけで、完全な帯域幅マップが重複されたgrantを有さないことを保証することになる。

【0067】

このポリシーの図は、図4において、参照番号20によって示されている。ここで、第3のVNOが十分にロードされていないため十分な帯域幅容量があるにもかかわらず、第2のVNOは、その超過需要帯域幅21を割り振ることは出来ない。この単純なポリシーは、十分にロードされていないVNOの未使用の容量が、他の過度にロードされたVNOに共有されることを許容しない。しかしながら、これは、VNO間の完全な分離を確保する。SS静的機構とは異なり、各VNOは、アップストリームフレーム毎にポーリングされることが可能であり、低待ち時間要件を満たすことを支援する。

【0068】

図5において、参照番号30で示される容量共有ポリシーは、帯域幅利用効率とVNOの分離とを妥協させるものである。このポリシーは、以下の通りに機能する。各vDBAは、全PON容量を所有しているかのように機能し、対応する仮想帯域幅マップを生成する。結果的に、これらのvBWマップ32、32、及び、33は、全アップストリームフレームと同じ程度の累積grantサイズを有していることが可能である。マーキングエンジン層5のタスクは、全てのVNOからの仮想帯域幅マップを処理して最終帯域幅マップを生成するために、より高機能である。grantサイズに関して、マーキングエンジンは以下のように機能する。

1) 全ての帯域幅grantの累積サイズがアップストリームフレーム内に収まることが可能であれば、いずれの仮想帯域幅マップgrantサイズも低減されない。

2) 全ての帯域幅grantの累積サイズが大きすぎて、1つのアップストリームフレーム内に収まらない場合、過度にロードされたVNOの帯域幅grantが低減されて、次のアップストリームフレームに適合されることになる。

【0069】

一般的に言えば、帯域幅grant低減プロセスは、保証されていない帯域幅grantを、最も遅延に寛容なT-CONTから、必要に応じてより高いものに至るまで削除し、マーキングエンジン層は、最初に、ベストエフォートトラフィックgrantを低減することを開始する。それでもまだ十分でない場合、保証されていないトラフィック帯域幅grantも低減されることになる。説明した分析は、単一波長システムに基づくものであるが、この概念を、多重波長システムにも容易に拡張可能であり、ここで、例えば、複数の波長にわたる全PON容量が、容量の良好な粒度を有する複数のスライスに仮想化される（例

10

20

30

40

50

例えば、仮想スライスは、10GPONとして動作する必要はないが、必要に応じて、例えば4GPON又は18GPONとして動的に割り当てられてもよい）。加えて、本発明はまた、フロントホールのような、極めて低待ち時間を要件とするアプリケーションに容易に適用可能である。例えば、BBUがDBAを埋め込み、DBRuメッセージを待つことなく帯域幅マップを生成することが可能であり、したがって、BBUとOLTとの間の厳格な同期化を可能にする。

【0070】

SDNプロビジョニングシステムとの関係

なお、vDBAシステムにおいて考慮される容量、待ち時間、ジッタ、及び、利用可能性の値は、単に、PONシステムに対して相対的なものである。

【0071】

実際には、PON上で動作しているサービスは、端末相互間で、したがって多数のネットワークを介して満たされる必要があるQoS要件を有し、PONは、単にこれらのネットワークのうちの1つかもしれない。SDNシステムを用いて、全てのQoS要件パラメータを計算すると共に、当該PON区域に適用されるべき容量、ジッタ、待ち時間、及び、利用可能性の相対値を計算してもよい。

【0072】

図面を参照して説明した本発明における実施形態は、コンピュータ装置、及び／又は、コンピュータ装置において実行されるプロセスを含む。しかしながら、本発明はまた、コンピュータプログラム、特に、本発明を実施するように構成されたキャリア上又はその中に格納されたコンピュータプログラムにも拡張される。このプログラムは、ソースコード、オブジェクトコード、若しくは、部分的にコンパイルされた形状等のコード仲介ソース及びオブジェクトコード、又は、本発明に係る方法を実施する際の使用に適した他の形態を有していてもよい。キャリアは、例えばCDROM等のROMや、例えばメモリースティック又はハードディスク等の磁気記録媒体といった、記憶媒体を含んでいてもよい。キャリアは、電気又は光ケーブルを介して、又は、無線又は他の手段により、送信され得る電気又は光信号であってもよい。

【0073】

明細書では、用語「含む（comprise）、含まれる、及び、含んでいる」、又は、そのあらゆる変形例と、用語「含む（include）、含まれる、及び、含んでいる」、又は、そのあらゆる変形例とは、全て、互いに置換可能であるものと考えられ、これらは、出来る限り広く解釈されるべきであり、その逆もまた有効である。

【0074】

本発明は、上記の実施形態に限定されず、構成および細部において変形させてもよい。

10

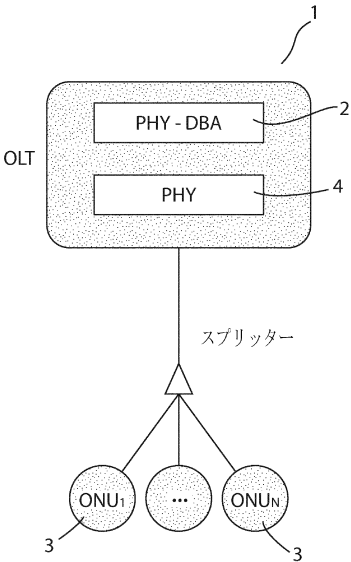
20

30

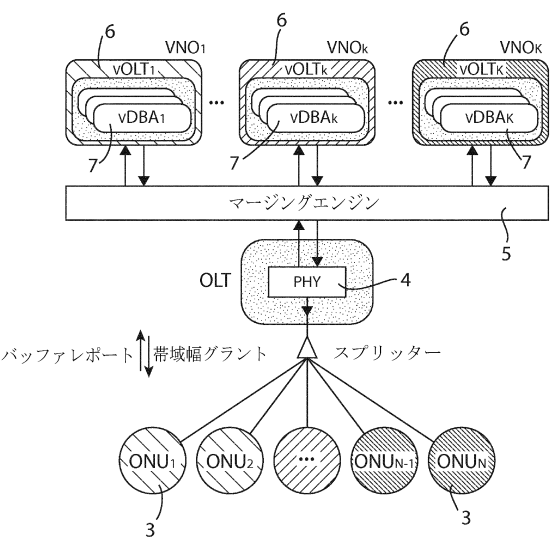
40

50

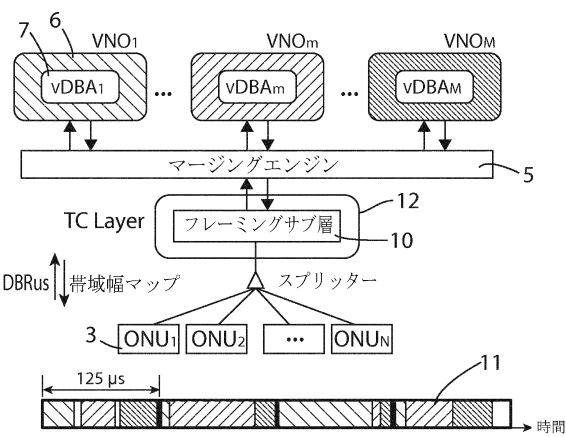
【図面】
【図 1】



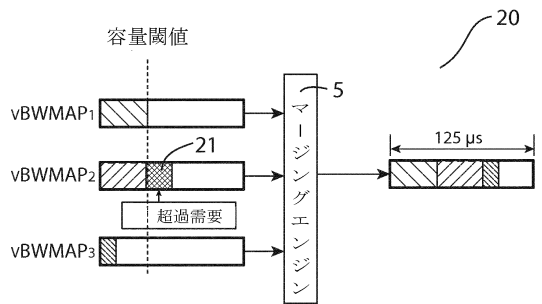
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

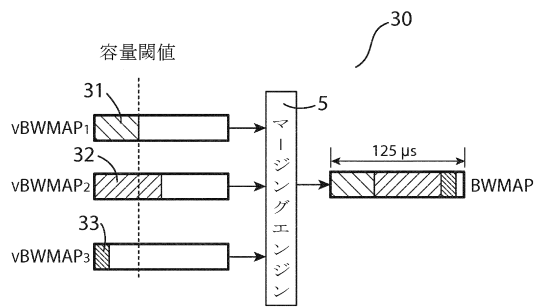
20

30

40

50

【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

ZABETH NEAR DUBLIN

アイルランド、ダブリン 2、カレッジ・グリーン

(74)代理人 100169904

弁理士 村井 康司

(74)代理人 100181021

弁理士 西尾 剛輝

(72)発明者 マルコ ラッフィーニ

アイルランド、ダブリン、スワーズ ロード 143

(72)発明者 エイマー エルラサド

アイルランド、キルデア州、メイヌース、オーモンド ハウス ライリーマンナー 12 , メイヌース

(72)発明者 ニマ アフラズ

アイルランド、ダブリン 1、メイヤー ストリート ロウワー、カスタム ハウス スクエア、スカ
リフ ロード 134

審査官 羽岡 さやか

(56)参考文献 特開2014-143502 (JP, A)

特開2013-115637 (JP, A)

Chengjun Li et al., Bandwidth resource sharing on the XGPON transmission convergence l
ayer in a multi-operator scenario, Journal of Optical Communications and Networking (Vo
lume: 8, Issue: 11, Nov. 2016), 2016年11月17日, P.835-843

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04L 12/44

H04L 47/76