

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号

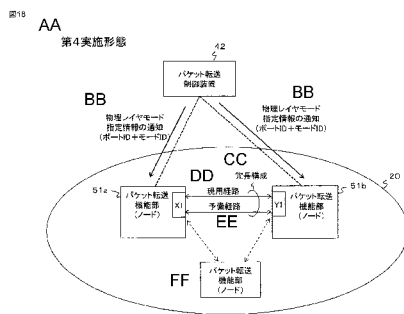
WO 2016/157845 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/717 (2013.01) H04L 12/711 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/001705
- (22) 国際出願日: 2016年3月24日(24.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-068488 2015年3月30日(30.03.2015) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 秋好 一平(AKIYOSHI, Ipppei); 〒1088001
東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会
社内 Tokyo (JP). 西岡 淳(NISHIOKA, Jun); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電
気株式会社内 Tokyo (JP). 木下 憲昭(KISHITA,
Noriaki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号
日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 桂木 雄二(KATSURAGI, Yuji); 〒1700013
東京都豊島区東池袋3丁目21-18第一笠原
ビル603号室 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: NETWORK SYSTEM, NODE DEVICE, CONTROL DEVICE, COMMUNICATION CONTROL METHOD, AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: ネットワークシステム、ノード装置、制御装置、通信制御方法および制御方法



- 42 Packet-transfer control device
51a, 51b, FF Packet-transfer functional unit (node)
AA Fourth embodiment
BB Notification of physical-layer-mode specification information
(port ID + mode ID)
CC Redundancy configuration
DD Active path
EE Standby path

(57) Abstract: [Problem] To provide a network system, a node device, a control device, a communication control method, and a control method which are capable of easily implementing physical-layer-device control required for flow control. [Solution] A communication system is provided with a plurality of nodes which form a network, and a control device which uses flow units to control each of the nodes. The communication system is provided with a redundancy configuration in which at least two communication interfaces are provided to ports of the nodes, at least one of the at least two communication interfaces is used as an active path, and another of the at least two communication interfaces is used as a standby path. The control device manages redundancy configuration information and at least one physical layer mode for every port of each of the nodes, and notifies the nodes of mode specification information specifying physical layer modes selected on the basis of the physical layer modes and the redundancy configuration information. The nodes set corresponding communication interfaces in accordance with the mode specification information for which notification was issued from the control device.

(57) 要約: 【課題】フロー制御に必要な物理レイヤ装置の制御を容易に実行できるネットワークシステム、ノード装置、制御装置、通信制御方法および制御方法を提供する。【解決手段】ネットワークを構成する複数のノードと、各ノードをフロー単位で制御する制御装置と、を有する通信システムであって、ノードのポートに少なくとも2つの通信インタフェースが設けられ、前記少なくとも2つの通信インタフェースの少なくとも1つを現用経路、その他を予備経路として使用する冗長構成を有し、制御装置が、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを管理

理し、物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知し、ノードが、制御装置から通知されたモード指定情報に従って、対応する通信インタフェースを設定する。

WO 2016/157845 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

ネットワークシステム、ノード装置、制御装置、通信制御方法および制御方法

技術分野

[0001] 本発明はソフトウェアネットワーキング（Software Defined Networking：SDN）技術に基づいたネットワークシステムに係り、特にSDNネットワークシステムにおけるノード制御技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、ソフトウェアネットワーキング（以下、SDNと記す。）という新たなネットワーク技術が提案され、その要素技術であるオープンフロー（Open Flow（登録商標。以下同じ。））のようなネットワークプラットフォームの開発がオープンソースで進められている（非特許文献1など）。オープンフロー技術の基本的アイデアはデータプレーンと制御プレーンとを分離し、それらを独立に展開可能にしたことにある。この分離構成によりスイッチは閉じたシステムからプログラム可能なオープンプラットフォームとなる。

[0003] 図1に例示するように、複数の転送ノードからなるネットワークと各転送ノードを制御する制御装置からなるSDNネットワークを考える。たとえば、オープンフローでは、パケットの入力物理ポート番号（L1レイヤ）、MAC（Media Access Control）アドレス（L2レイヤ）、IPアドレス（L3レイヤ）、ポート番号（L4レイヤ）などの識別子の組み合わせによって決定される一連の通信を「フロー」として定義し、フロー単位での経路制御を実現する。転送ノードとして機能するオープンフロースイッチ（OFS）はフローテーブルに従って動作し、フローテーブルは制御装置として機能するオープンフローコントローラ（OFC）からの指示により書き換えられる。

[0004] フローテーブルには、フロー毎に、ルールと、統計情報と、ルールにマッチしたパケットに対して適用する処理を規定したアクションと、からなるフ

ローエントリが格納されている。ルールはフローを識別する条件であり、統計情報は当該フローの総パケット数、総パケットサイズなどのネットワークに関する統計情報である。オープンフローコントローラ（O F C）は統計情報を各O F Sから収集することで、ネットワーク全体の状況を把握することができる。アクションの一例として、指定された物理ポートからパケットを転送することを指示する「O u t p u t」の場合、出力物理ポートとして、入力物理ポート以外の全ての物理ポート（A L L）、コントローラへ転送する物理ポート（C O N T R O L L E R）、入力物理ポート（I N _ P O R T）などを指定することができる。

先行技術文献

非特許文献

- [0005] 非特許文献1：N. McKeown et al. “OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 38(2):69-74, April 2008

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、上述したS D Nはレイヤ2（L 2）以上の制御が中心である。光や無線などの物理レイヤ（L 1）以下の制御のオープン化も求められているが、物理レイヤでは技術の成熟度が十分ではなく、異なるベンダ間で相互接続ができないというのが現状である。このために、L 1以下の制御をオープン化しても、S D Nコントローラはベンダ固有の特性を考慮して制御する必要があり、制御負荷の増大、処理速度の低下などの問題が生じる可能性がある。
- [0007] そこで、本発明の目的は、フロー制御に必要な物理レイヤ装置の制御を容易に実行できるネットワークシステム、ノード装置、制御装置、通信制御方法および制御方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明による通信システムは、ネットワークを構成する複数のノードと、各ノードをフロー単位で制御する制御装置と、を有する通信システムであって、前記ノードのポートに少なくとも2つの通信インタフェースが設けられ、前記少なくとも2つの通信インタフェースの少なくとも1つを現用経路、その他を予備経路として使用する冗長構成を有し、前記制御装置が、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを管理し、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知し、前記ノードが、前記制御装置から通知されたモード指定情報に従って、対応する通信インタフェースを設定する、ことを特徴とする。

本発明によるノード装置は、前記ネットワークとの間でパケットの送受信を行う複数のポートを有し、前記制御装置からのフロー単位の制御に従ってパケットの転送を行う転送手段と、前記複数のポートの少なくとも1つに冗長経路を構成する少なくとも2つの通信インタフェースと、前記制御装置から指定されたポートの物理レイヤモードに従って当該指定されたポートに設けられた通信インタフェースを設定し、前記ネットワークの状況に応じて前記冗長経路の切替制御を行うモード管理手段と、を有することを特徴とする。

本発明による制御装置は、ネットワークを構成する複数のノードの各々に対してフロー単位での制御を実行する制御装置であって、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを格納するモードテーブルと、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された一つのポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知するノード管理手段と、を有することを特徴とする。

本発明による通信システムにおける通信制御方法は、ネットワークを構成する複数のノードと、各ノードをフロー単位で制御する制御装置と、を有する通信システムにおける通信制御方法であって、前記ノードの各ポートに少なくとも1つの通信インタフェースが設けられ、前記少なくとも2つの通信

インタフェースの少なくとも1つを現用経路、その他を予備経路として使用する冗長構成を有し、前記制御装置が各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを管理し、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知し、前記ノードが、前記制御装置から通知されたモード指定情報に従って、対応する通信インタフェースを設定する、ことを特徴とする。

本発明によるノード装置の通信制御方法は、制御装置により制御されるネットワークとの間でパケットの送受信を行う複数のポートと、前記制御装置からのフロー単位の制御に従ってパケットの転送を行う転送手段と、前記複数のポートの少なくとも1つに冗長経路を構成する少なくとも2つの通信インタフェースと、を有するノード装置の通信制御方法であって、前記制御装置からポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を受信し、前記モード指定情報に従って当該指定されたポートに設けられた通信インタフェースを設定し、前記ネットワークの状況に応じて前記冗長経路の切替制御を行う、ことを特徴とする。

本発明による制御方法は、ネットワークを構成する複数のノードの各々をフロー単位で制御する制御方法であって、モードテーブルが各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを格納し、ノード管理手段が、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された一つのポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知する、ことを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、制御装置がポートごとに物理レイヤモードおよび冗長構成情報を管理し、物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知し、ノードが、制御装置から指定されたポートの物理レイヤモードに従って、自身の物理レイヤ装置を設定することで、フロー制御に必要な物理レイヤ装置の制

御を容易に実行できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] 図 1 は背景技術を説明するためのネットワークシステム構成を示す概略図である。

[図2] 図 2 は本発明の第 1 実施形態によるネットワークシステムの制御装置および各ノードの概略的構成を示すブロック図である。

[図3] 図 3 は図 2 に示す制御装置 10 におけるモードデータベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図4] 図 4 は図 2 に示すノードにおけるモード管理データベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図5] 図 5 は第 1 実施形態によるネットワークシステムの動作を示すシーケンス図である。

[図6] 図 6 は本発明の第 2 実施形態によるネットワークシステムの概略的構成を示す図である。

[図7] 図 7 は第 2 実施形態によるパケット転送制御装置の構成例を示すブロック図である。

[図8] 図 8 は第 2 実施形態によるパケット転送機能部の構成例を示すブロック図である。

[図9] 図 9 は第 2 実施形態によるパケット転送機能部の 1 つのポートに紐づけされた 1 つの通信インタフェースの部分的構成例を示すブロック図である。

[図10] 図 10 は図 9 に示す構成例でのパケット転送制御装置におけるモードデータベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図11] 図 11 は図 9 に示す構成例でのパケット転送機能部におけるモード管理データベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図12] 図 12 は第 2 実施形態によるパケット転送機能部の 1 つのポートに紐づけされた複数の通信インタフェースの部分的構成例を示すブロック図である。

[図13] 図 13 は図 12 に示す構成例でのパケット転送制御装置におけるモー

ドデータベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図14]図14は図12に示す構成例でのパケット転送機能部におけるモード管理データベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図15]図15は本発明の第3実施形態によるネットワークシステムの概略的構成を示す図である。

[図16]図16は第3実施形態によるパケット転送制御装置の構成例を示すブロック図である。

[図17]図17は図16に示すパケット転送制御装置におけるトポロジ管理部に含まれるリンク情報テーブルのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図18]図18は本発明の第4実施形態によるネットワークシステムの概略的構成を示す図である。

[図19]図19は第4実施形態によるパケット転送機能部の1つのポートに紐づけされた複数の通信インタフェースの構成例を示すブロック図である。

[図20]図20は図18に示すパケット転送制御装置におけるモードデータベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図21]図21は図18に示すパケット転送機能部におけるモード管理データベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図22]図22は本発明の第5実施形態によるネットワークシステムの概略的構成を示す図である。

[図23]図23は図22に示すパケット転送制御装置におけるモードデータベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

[図24]図24は図22に示すパケット転送機能部におけるモード管理データベースのデータ構造の一例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] <実施形態の概要>

本発明の実施形態によれば、ネットワークのノードを制御する制御装置は、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤコンフィグレーションモード（以下、物理レイヤモードという。）を定義し、ノードは、制御装置から

指定された物理レイヤモードに従って、当該ポートに紐づいた物理装置の設定変更、たとえば一つの物理装置の物理パラメータの変更あるいは別の物理装置への切り替え等を行う。したがって、制御装置は、各ノードに設けられた物理レイヤ装置のベンダ固有特性を考慮する必要がなくなり、フロー制御に必要な物理レイヤ装置の制御負荷が軽減できる。物理レイヤモードは、少なくとも1つ以上の論理パラメータ（たとえばリンク容量、遅延、消費電力など）から構成され、制御装置はネットワークの状況に応じて各ポートの物理レイヤモードを選択することができる。以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態および実施例について詳細に説明する。

[0012] 1. 第1実施形態

1. 1) システム構成

図2において、本発明の第1実施形態によるネットワークシステムは、有線あるいは無線の物理リンクで接続された複数のノードNと各ノードを制御する制御装置10とからなる。制御装置10は各ノードのポートごとに1つあるいは複数の物理レイヤモードを定義しておき、各ノードは、制御装置10から指定された物理レイヤモードに対応する物理装置の設定変更を行う。

[0013] 制御装置10は、各ノードNと通信するためのノード通信部101、パケット転送ルールデータベース(DB)102、モードDB103および制御部104を含む。パケット転送ルールDB102を用いたフロー単位での経路制御は背景技術と同様であるから、詳細な説明は省略する。モードDB103は、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードを定義したテーブルである。詳細は後述する。

[0014] ノードNは、制御装置10との間で通信を行うための通信部201と、フローテーブル202、パケット転送処理部203、モード管理部204およびモード管理DB205を有する。フローテーブル202およびパケット転送処理部203を用いたフロー単位での経路制御は背景技術と同様であるから、詳細な説明は省略する。本実施形態によれば、パケット転送処理部203の各ポートに1つあるいは複数の通信インタフェースが紐付けられている

。ここでは、簡単化のために、一つのポートP 1には1つの通信インタフェースAが、別のポートP 2には2つのインタフェースBおよびCが、それぞれ紐付けられているものとする。モード管理DB 205は、ポートごとに1つ以上の物理レイヤモードを定義し、それぞれに対応する通信インタフェースの設定パラメータを格納したテーブルである。詳細は後述する。

[0015] 通信インタフェースの通信媒体としては、電気、光あるいは電波を問わないが、後述するように、各ポートにおける少なくとも1つの通信インタフェースにより通信帯域、通信速度、送信電力などの通信パラメータを変更することが必要である。ここでは、モード管理部204が、制御装置10からの指示に従って、各ポートに紐付けされた通信インタフェースのパラメータ設定を変更することができる。

[0016] <モードDB>

図3に示すように、制御装置10のモードDB 103には、各ノードのポートごとのモード情報が格納されている。図3に示されたノードのポート識別子(ID)=1には2つのモード(モードID=1、2)が定義され、ポートID=2には3つのモード(モードID=1、2、3)が定義されており、各モードはリンク容量、消費電力、遅延等の論理パラメータにより定義される。たとえば、ポートID=1およびモードID=1の組み合わせは、リンク容量W11、消費電力P11、遅延D11等により定義される物理レイヤモードに対応する。したがって、任意のノードに対して、物理レイヤモードを特定する情報を用いて、当該ポートのインタフェースが満たすべき条件を指定することができる。以下、物理レイヤモードを特定する情報の一例としてポートIDとモードIDとの組み合わせを用いるが、モードIDの代わりに最大リンク容量を用いることもできる。

[0017] <モード管理DB>

図4に示すように、ノードNのモード管理DB 205には、ポートごとに定義された各モードの通信インタフェース設定情報が格納されている。モード管理DB 205におけるポートおよびモードの組み合わせは、制御装置1

0のモードDB103で定義されたポートおよびモードの組み合わせに対応している。言い換えれば、制御装置10で定義されたポートおよびモードの組み合わせにより指定される物理レイヤ条件を満たすように、ノードNにおける通信インタフェースの物理的設定が定義されている。

[0018] 図4に示されたポートID=1は、図2に示すポートP1が対応し、当該ポートに2つのモード（モードID=1、2）が定義されている。それぞれのモードは1つの通信インタフェースAの2つの設定状態に対応している。ここでは、通信インタフェースAが送信電力を変更可能であるものとし、モードID=1の場合に通信インタフェースAの送信電力パラメータがPa1に、モードID=2の場合に同じく送信電力パラメータがPa2に、それぞれ設定される。

[0019] 図4に示されたポートID=2は、図2に示すポートP2が対応し、当該ポートに3つのモード（モードID=1、2、3）が定義されている。それぞれのモードは2つの通信インタフェースBおよびCのそれぞれの設定状態の組み合わせに対応している。ここでは、通信インタフェースBおよびCがそれぞれ特定の送信電力に設定されているものとする。より詳しくは、モードID=1の場合、通信インタフェースBおよびCを共に有効にすることで当該ポートP2の送信電力がPb+Pcに設定される。モードID=2の場合、通信インタフェースBを有効、通信インタフェースCを無効にすることで当該ポートP2の送信電力がPbに設定される。モードID=3の場合、通信インタフェースBを無効、通信インタフェースCを有効にすることで当該ポートP2の送信電力がPcに設定される。

[0020] 上述したように、モード管理DB205で定義された物理レイヤモードは、制御装置10から指定される物理レイヤモード情報に対応しているが、その管理パラメータの内容は各ノードNのポートごとに接続された通信インタフェース（物理装置）に基づいている。以下、本実施形態の動作を説明する。

[0021] 1. 2) 動作

図5に示すように、制御装置10の制御部104は、モード変更トリガが発生すると（動作S301）、モードDB103を参照し、ノードNのポートにおける物理レイヤモードの変更制御を開始する。モード変更トリガとしては、たとえばノードNから取得する統計情報と所定の制御ポリシーとに基づいて、通信パラメータを変更すべきと判断された場合などである。この場合、制御部104は、モードDB103における対応ポートに定義された複数のモードから制御ポリシーに従って適切なものを選択し、当該ポートIDおよび選択されたモードIDからなる物理レイヤモード指定情報をノード通信部101を通して当該ノードNへ通知する（動作S302）。物理レイヤモード指定情報は、たとえばOpenFlowのPort Modification Messageで送信することができる。あるいは、Netconfのedit-configのオペレーションをRPC(Remote Procedure Control)を用いて実施することで物理レイヤモードを指定することもできる。

[0022] 制御装置10から物理レイヤモード指定情報を通信部201を通して受信すると、ノードNのモード管理部204は、モード管理DB205を参照して、当該物理レイヤモード指定情報にあるポートIDおよびモードIDと一致するエントリを読み出す（動作S303）。モード管理部204は、読み出されたエントリの物理レイヤ管理パラメータに従って通信インタフェースを設定する（動作S304）。

[0023] たとえば、制御装置10からポートID=1、モードID=1の物理レイヤモード指定情報を受信すると、モード管理部204は、モード管理DB205からポートID=1、モードID=1に対応するエントリ（通信インタフェースA=有効、送信電力Pa1等）を読み出し、当該通信インタフェースAに設定する。制御装置10からポートID=1、モードID=2の物理レイヤモード指定情報を受信すると、モード管理部204は、対応するエントリ（通信インタフェースA=有効、送信電力Pa2等）を読み出し、当該通信インタフェースAに設定する。制御装置10からポートID=2、モードID=2の物理レイヤモード指定情報を受信すると、モード管理部204

は、対応するエントリ（通信インタフェースB＝有効（送信電力P_b）、C＝無効等）を読み出し、当該通信インタフェースBおよびCに設定する。

[0024] 1. 3) 効果

上述したように、本発明の第1実施形態によれば、制御装置と各ノードとの間で物理レイヤモードを定義しておき、制御装置からの特定ポートの物理レイヤモード指定に従って、ノードの当該ポートに紐付いた物理装置の通信設定を行う。これにより、制御装置は、各ノードに設けられた物理装置のベンダ固有特性を考慮する必要がなくなり、フロー制御に必要な物理レイヤ装置の制御負荷が軽減する。

[0025] さらに、制御装置はネットワークの状況に応じて各ポートの物理レイヤモードを指定することができるので、各ノードは指定されたモードに従って自己の物理レイヤ装置の通信設定を行うことができ、ネットワークのより効率的な運用が可能となる。

[0026] 2. 第2実施形態

本発明の第2実施形態によれば、上述した第1実施形態と同様に、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードが定義されており、さらに制御装置はノードへ通知すべき物理レイヤモードを制御ポリシーに従って決定する。制御ポリシーはネットワークの状況に応じて更新される。たとえば、ネットワークの各ノードから取得した統計情報に基づいて、制御ポリシーを生成あるいは更新することができる。制御ポリシーの生成あるいは更新は、制御装置内に設けられた管理手段により実行されてもよいし、制御装置とは別個にネットワーク上に設けられた管理手段により実行されてもよい。

[0027] 以下、各ノードの通信インタフェースを無線通信装置、制御装置をパケット転送制御装置、各ノードをパケット転送機能部とし、パケット転送制御装置とは別個の管理装置により制御ポリシーが管理される場合を一例として説明する。

[0028] 2. 1) システム構成および動作

図6において、本発明の第2実施形態によるネットワークシステムは、管

理装置 30、パケット転送制御装置 40 および複数のパケット転送機能部 50 からなるものとする。管理装置 30 としては、例えばネットワーク機器を直接管理する EMS (Element Management System) などを利用できる。管理装置 30 およびパケット転送制御装置 40 は一つの管理システムを構成してもよい。

[0029] 第 1 実施形態と同様に、複数のパケット転送機能部 50 は有線あるいは無線の物理リンクで接続されてネットワーク 20 を構成し、パケット転送制御装置 40 によりフロー制御および物理レイヤモード制御が実行される。パケット転送制御装置 40 は第 1 実施形態における制御装置 10 と同様の機能を有し、パケット転送機能部 50 は同じくノード N と同様の機能を有するが、パケット転送制御装置 40 が管理装置 30 により提供される制御ポリシーに従って物理レイヤモード指定情報を選択する点が異なっている。パケット転送制御装置 40 およびパケット転送機能部 50 の詳細については後述する。

[0030] 図 6 に示すように、管理装置 30 は、ネットワーク 20 の各パケット転送機能部 50 における各フローに関する統計情報を取得し（動作 S 401）、統計情報から得られるネットワーク状況に応じて、たとえば新たな制御ポリシーの生成、既設の制御ポリシーの更新等を実行する（動作 S 402）。制御ポリシーとしては、たとえば、昼間は低遅延モードに設定し、夜間は省電力モードに設定する時間依存の制御ポリシー、ネットワーク 20 のトラフィックが所定値より大きくなれば低遅延モードに設定し、所定値以下になれば省電力モードに設定するトラフィック依存の制御ポリシー、などを採用することができる。管理装置 30 は、こうして設定された新規の制御ポリシーあるいは更新制御ポリシーをパケット転送制御装置 40 へ通知する（動作 S 403）。

[0031] パケット転送制御装置 40 は、管理装置 30 から提供された制御ポリシーに基づいて、第 1 実施形態で述べたように物理レイヤモードを決定し（動作 S 404）、たとえばポート ID およびモード ID の組み合わせからなる物理レイヤモード指定情報をパケット転送機能部 50 へ通知する（動作 S 405）。たとえば、昼間（たとえば午前 9 時～午後 5 時）は低遅延モード、夜間

(たとえば午後9時～翌朝6時)は省電力モードという制御ポリシーが指示された場合、パケット転送制御装置40は、昼間であればネットワーク20が低遅延で動作する物理レイヤモードを選択し、夜間になれば省電力モードで動作する物理レイヤモードを選択して各パケット転送機能部50へ通知する。管理装置30は、昼間／夜間の時間帯を更新した制御ポリシーをパケット転送制御装置40へ通知することもできるし、あるいは別の制御ポリシー(たとえば上記トラフィック依存の制御ポリシーなど)に切り替えることもできる。

[0032] <パケット転送制御装置>

図7に示すように、本実施形態によるパケット転送制御装置40は、ネットワークに接続しパケット転送機能部50および管理装置30と通信するための通信部401を有し、さらに、フロー単位での経路制御を実行するための機能部(制御メッセージ処理部402、パケット転送ルール管理部403、パケット転送ルールDB404、経路・アクション計算部405、トポロジ管理部406、通信端末位置管理部407およびパケット転送機能管理部408)を有する。

[0033] 本実施形態によるパケット転送制御装置40は、さらにパケット転送機能管理部408により管理されるモードDB409およびポリシー記憶部410を有する。パケット転送機能管理部408は、パケット転送機能部50の能力を管理する中で、パケット転送機能部50のポートと物理レイヤモードと紐付けてモードDB409に格納し管理する。モードDB409には、後述するように、各パケット転送機能部50のポートごとに1つ以上の物理レイヤモードを定義したテーブルが格納されている。

[0034] また、パケット転送機能管理部408は、通信部401および制御メッセージ処理部402を通して管理装置30から受信した制御ポリシーをポリシー記憶部410に格納し、制御ポリシーに従った管理を行う。すなわち、パケット転送機能管理部408は、モードDB409およびポリシー記憶部410を参照することで、制御ポリシーに従って適切な物理レイヤモードを選択する機能を有する。

[0035] <パケット転送機能部>

図8に示すように、本実施形態によるパケット転送機能部50は、パケット転送制御装置40および管理装置30と通信するための通信部501を有し、さらに、フロー単位で制御されたパケット転送を実行するための機能部（転送処理部502、フローテーブルDB503およびフローテーブル管理部504）を有する。

[0036] 転送処理部502はテーブル検索部510およびアクション実行部511という2つの機能部と複数のポートを有する。転送処理部502の各ポートには1つあるいは複数の通信インタフェース部505が接続されている。通信インタフェース部505は、電気、無線、光等の物理インタフェースであり、たとえばイーサネット（登録商標、以下同じ。）等のインタフェースを含むことができる。転送処理部502のテーブル検索部510は、受信したパケットのレイヤ1～レイヤ4のヘッダ情報を用いてフローテーブルDB503を検索し、マッチするフローエントリがあれば、アクション実行部511は当該フローエントリに定義されたアクションを当該受信パケットに対して適用する。

[0037] モード管理部506は、パケット転送制御装置40から指示された物理モード指定情報（ポートIDおよびモードID）に基づいてモード管理DB507を参照し、通信インタフェース部505の設定を変更することができる。モード管理DB507には、後述するように、ポートごとに定義された各モードの通信インタフェース設定情報が格納されている。

[0038] 以下、通信インタフェース部505として無線通信装置を例示し、ポートに1つの通信インタフェースが紐付けされた第1例と、ポートに複数の通信インタフェースが紐付けされた第2例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0039] 2. 2) 第1例

図9は、図8のパケット転送機能部50における転送処理部502のポート周りの構成を例示する。第1例では、転送処理部502のポートに一つの

無線通信インタフェース部 505 が接続され、無線通信インタフェース部 505 における無線送受信部はその送信パワーがモード管理部 506 によって制御可能であるものとする。以下、この第 1 例におけるパケット転送制御装置 40 のモード DB 409 とパケット転送機能部 50 のモード管理 DB 507 とのデータ構成例を説明する。

[0040] 図 10 に示すように、パケット転送制御装置 40 のモード DB 409 には、各ノードのポートごとのモード情報が格納されている。図 10 に示されたノードのポート ID = 1 には 3 つのモード（モード ID = 1、2、3）が定義されている。ここでは、各物理レイヤモードが消費電力によって定義されている。たとえば、ポート ID = 1 およびモード ID = 1 の組み合わせには消費電力 30W が、ポート ID = 1 およびモード ID = 2 の組み合わせには消費電力 20W が、ポート ID = 1 およびモード ID = 3 の組み合わせには消費電力 10W がそれぞれ対応している。したがって、物理レイヤモードを特定する情報（ここでは、ポート ID とモード ID との組み合わせ）を用いて、当該ポートの物理レイヤ条件（消費電力）を指定することができる。なお、モードが変わると、通信インタフェース部 505 の送信パワーが変化するので、適応変調で適用可能な変調方式が変化し、それがモードごとの容量の上限に反映している。

[0041] 図 11 に示すように、パケット転送機能部 50 のモード管理 DB 507 には、ポートごとに定義された各モードの通信インタフェース設定情報が格納されている。モード管理 DB 507 におけるポートおよびモードの組み合わせは、パケット転送制御装置 40 のモード DB 409 で定義されたポートおよびモードの組み合わせに対応している。また、モード ID に対応して通信インタフェース ID を設けているので、モード管理部 506 はモード管理 DB 507 を参照することでポートと通信インタフェース部 505 との対応関係を解決できる。

[0042] 図 11 に示されたポート ID = 1 は図 9 に示すポートが対応し、当該ポートに 3 つのモード（モード ID = 1、2、3）が定義されている。それぞれ

のモードは無線通信インタフェース部 505 の 3 つの設定状態に対応している。ここでは、モード管理部 506 が、パケット転送制御装置 40 が制御ポリシーに従って選択した物理レイヤモード指定情報（ポート ID およびモード ID）に従って、無線通信インタフェース部 505 の参照送信パワーを変更することができる。

[0043] なお、第 1 例では無線トランスポートを想定しているが、本実施形態では無線トランスポートに限定されない。また、第 1 例では、ポートに一つの無線通信インタフェース部 505 が接続されているので、無線通信インタフェース部 505 のインタフェース状態は有効、適用変調は ON、および自動送信電力制御（ATPC）は ON に固定されている。さらに、第 1 例のモード管理 DB 507 は、パケット転送制御装置 40 のモード DB 409 の情報を含まないが、含んでもよい。

[0044] 2. 3) 第 2 例

図 12 は、図 8 のパケット転送機能部 50 における転送処理部 502 のポート周りの構成を例示する。第 2 例では、転送処理部 502 のポートに複数の無線通信インタフェース部 505 が接続され、無線通信インタフェース部 505 における無線送受信部はその送信パワーが一定で、モード管理部 506 によって IF 状態の有効（アクティブ）／無効（インアクティブ）を制御可能であるものとする。したがって、モード管理部 506 の制御により、アクティブ無線通信インタフェース部 505 の個数を変化させることができ、結果的にポートの送受信データ容量を変化させることができる。以下、説明を簡単化するために、ポートに 3 つの無線通信インタフェース部 505 が接続されている場合を例示し、この第 2 例におけるパケット転送制御装置 40 のモード DB 409 とパケット転送機能部 50 のモード管理 DB 507 とのデータ構成例を説明する。

[0045] 図 13 に示すように、パケット転送制御装置 40 のモード DB 409 には、各ノードのポートごとのモード情報が格納されている。図 13 に示されたノードのポート ID = 1 には 3 つのモード（モード ID = 1、2、3）が定

義されている。ここでは、各物理レイヤモードが消費電力／容量によって定義されている。たとえば、ポート I D = 1 およびモード I D = 1 の組み合わせには消費電力 30 W／容量 240 Mbps が、ポート I D = 1 およびモード I D = 2 の組み合わせには消費電力 20 W／容量 160 Mbps が、ポート I D = 1 およびモード I D = 3 の組み合わせには消費電力 10 W／容量 80 Mbps がそれぞれ対応している。したがって、物理レイヤモードを特定する情報（ここでは、ポート I D とモード I D との組み合わせ）を用いて、当該ポートの物理レイヤ条件（消費電力／容量）を指定することができる。なお、上述したように、モードが変わると、ポートの有効通信インタフェース数が増減し、それがモードごとの容量の変化に反映している。

[0046] 図 14 に示すように、パケット転送機能部 50 のモード管理 DB 507 には、ポートごとに定義された各モードの通信インタフェース設定情報が格納されている。モード管理 DB 507 におけるポートおよびモードの組み合わせは、パケット転送制御装置 40 のモード DB 409 で定義されたポートおよびモードの組み合わせに対応している。また、モード I D に対応して通信インタフェース I D およびその状態（有効／無効）フラグを設けているので、モード管理部 506 はモード管理 DB 507 を参照することでポートとアクティブな通信インタフェース部 505 との対応関係を解決できる。

[0047] 図 14 に示されたポート I D = 1 は図 12 に示すポートが対応し、当該ポートに 3 つのモード（モード I D = 1、2、3）が定義されている。それぞれのモードはアクティブな無線通信インタフェース部 505 の個数が異なる。ここでは、モード管理部 506 が、パケット転送制御装置 40 が制御ポリシーに従って選択した物理レイヤモード指定情報（ポート I D およびモード I D）に従って、異なる数の無線通信インタフェース部 505 をアクティブにする。たとえば、ポート I D = 1 およびモード I D = 1 の組み合わせに対しては 3 つすべての無線通信インタフェース部 505 をアクティブにし、ポート I D = 1 およびモード I D = 2 の組み合わせに対しては 2 つの無線通信インタフェース部 505 を、ポート I D = 1 およびモード I D = 3 の組

み合わせに対しては1つの無線通信インタフェース部505を、それぞれアクティブにする。

[0048] このように、パケット転送制御装置40が制御ポリシーに従った物理レイヤモード指定情報（ポートIDおよびモードIDの組み合わせ）により所望の物理レイヤ条件（ここでは消費電力／容量）を指定することで、パケット転送機能部50は、自身の物理装置（ここでは無線通信インタフェース部）に対して、指定された物理レイヤ条件に基づいた設定を行うことができる。

[0049] なお、第2例では無線トランスポートを想定しているが、本実施形態では無線トランスポートに限定されない。また、第2例では、ポートに3つの無線通信インタフェース部505が接続されている場合を例示したが、一般に複数個の通信インタフェース部が設けられた場合に本実施形態は適用可能である。

[0050] 2. 4) 効果

上述したように、本発明の第2実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果に加えて、制御装置がノードへ通知すべき物理レイヤモードを制御ポリシーに従って決定する。制御ポリシーは、ネットワークの状況（たとえばネットワークの各ノードから取得した統計情報）に基づいて、生成あるいは更新される。制御装置はネットワークの状況に応じて各ポートの物理レイヤモードを指定することができるので、各ノードが指定された物理レイヤモードに従って自己の物理レイヤ装置の通信設定を行うことで、ネットワークのより効率的な運用が可能となる。

[0051] 3. 第3実施形態

本発明の第3実施形態によれば、上述した第1実施形態と同様に各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードが定義され、さらに制御装置はノード間の一つのリンクにおける伝送方向をも管理する。また、制御装置は、第2実施形態と同様に、ノードへ通知すべき物理レイヤモードを制御ポリシーに従って決定することで、ネットワークの状況に応じて、ノード間のリンクの伝送方向ごとに各ポートの物理レイヤモードを指定することができ、ネ

ットワークのより効率的な運用が可能となる。

[0052] 図15において、本発明の第3実施形態によるネットワークシステムは、パケット転送制御装置41および複数のパケット転送機能部50からなる。複数のパケット転送機能部50は有線あるいは無線の物理リンクで接続されてネットワーク20を構成し、第2実施形態と同様に、パケット転送制御装置41によりフロー制御および物理レイヤモード制御が実行される。パケット転送制御装置41は、任意の隣接するパケット転送機能部50aおよび50bの間のリンクにおけるデータ伝送の方向に応じて、第1および第2実施形態と同様の物理レイヤモード制御を実行する。以下、パケット転送機能部50aのポートXとパケット転送機能部50bのポートYとの間にリンクが構成されているものとして本実施形態について説明する。

[0053] 図16に示すように、パケット転送制御装置41は、図7に示すパケット転送制御装置40と基本的に同じ構成を有するが、トポロジ管理部406にリンク情報テーブル406aを設けた点が異なっている。従って、図7と同じ機能を有するブロックには同じ参照番号を付して説明は省略する。また、パケット転送機能部50aおよび50bは、図8に示すパケット転送機能部50と同じ構成であるから説明は省略する。

[0054] 図17に示すように、リンク情報テーブル406aには、一方向のフローと反対方向のフローの各々に関する、送信元パケット転送機能部IDおよび送信元ポートIDと、宛先パケット転送機能部IDおよび宛先ポートIDと、各フローの状態(Active/Inactive)と、が登録されている。たとえば、パケット転送機能部50aからパケット転送機能部50bへのフローに関しては、送信元パケット転送機能部IDが“A”、送信元ポートIDが“X”、宛先パケット転送機能部IDが“B”、宛先ポートIDが“Y”、フロー状態が“Active”となっている。

[0055] パケット転送制御装置41のパケット転送機能管理部408は、モードDB409、ポリシー記憶部410およびリンク情報テーブル406aを参照することで、パケット転送機能部50aのポートXあるいはパケット転送機能

部50bのポートYの通信インタフェースに対して、制御ポリシーに従った適切な物理レイヤモードを選択することができる。

[0056] このように、本発明の第3実施形態によれば、上記第1および第2実施形態の効果に加えて、隣接ノード間のリンクの伝送方向ごとに、それらの送信元ポートおよび宛先ポートに対して、ネットワーク状況に応じて適切な物理レイヤモードを指定することができ、ネットワークのより効率的な運用が可能となる。

[0057] 4. 第4実施形態

本発明の第4実施形態によれば、上述した第1実施形態と同様に各ノードのポートごとに複数の物理レイヤモードが定義され、さらに制御装置は各ポートの冗長構成を利用してノード間通信の信頼性を考慮した通信制御あるいは経路選択が可能となる。また、制御装置は、第2実施形態と同様に、ノードへ通知すべき物理レイヤモードを制御ポリシーに従って決定することで、ネットワークの状況に応じてノード間の経路の切り替えを行うこともできる。

[0058] 4. 1) システム構成

図18において、本発明の第4実施形態によるネットワークシステムは、パケット転送制御装置42および複数のパケット転送機能部51からなる。複数のパケット転送機能部51は有線あるいは無線の物理リンクで接続されてネットワーク20を構成し、第2実施形態と同様に、パケット転送制御装置42によりフロー制御および物理レイヤモード制御が実行される。パケット転送制御装置42は、任意のパケット転送機能部51aとパケット転送機能部51bとの間に冗長経路を構成し、一方を現用経路、他方を予備経路として使用する。以下、パケット転送機能部51aのポートX1とパケット転送機能部51bのポートY1との間に現用経路と予備経路とが構成されている場合を一例として本実施形態について説明する。

[0059] 図19は、図18のパケット転送機能部51aにおける転送処理部502のポート周りの構成を例示する。転送処理部502のポートX1に2つの無線通信インタフェース部505wおよび505pが接続されている。無線通

信インタフェース部505wおよび505pは同じ物理パラメータを有してもよいし、たとえば使用周波数帯あるいは波長帯が異なってもよい。ここでは、無線通信インタフェース部505wが現用経路、無線通信インタフェース部505pが予備経路に設定されているものとする。すなわち、パケット転送制御装置42からの物理レイヤモード指定情報に従って、モード管理部506が無線通信インタフェース部505wを通常アクティブ、無線通信インタフェース部505pを通常スタンバイにそれぞれ設定する。

[0060] たとえば、通常状態において、無線通信インタフェース部505wの経路自体に障害が発生すると、他方の無線通信インタフェース部505pをアクティブにすることで通信を維持できる。また、予備経路が現用経路とは別に設定されている場合には、現用経路に障害が発生しても、予備経路に切り替えることで通信を維持することができる。

[0061] 4. 2) 動作

＜第1例＞

以下、パケット転送機能部51aのポートX1とパケット転送機能部51bのポートY1との間に同じ通信パラメータで2つの経路が構成されている場合を一例として、パケット転送制御装置42のモードDB409とパケット転送機能部51のモード管理DB507のデータ構成例について説明する。

[0062] 図20に示すように、パケット転送制御装置42のモードDB409には、各ノードのポートごとのモード情報が格納されている。図12に示されたノードのポートID=1には3つのモード（モードID=1、2、3）が定義され、それぞれの物理レイヤモードが消費電力および冗長構成の有無によって定義されている。たとえば、ポートID=1では、モードID=1が消費電力「30W」、冗長構成「あり」、モードID=2が消費電力「20W」、冗長構成「あり」、モードID=3が消費電力「10W」、冗長構成「あり」にそれぞれ対応し、ポートID=2では、同じ通信パラメータで冗長構成「なし」となっている。したがって、物理レイヤモードを特定する情報

(ここでは、ポートIDとモードIDとの組み合わせ)を用いて、通信の信頼性(冗長構成の有無)を考慮して、当該ポートの物理レイヤ条件(消費電力)を指定することができる。なお、モードが変わると、通信インタフェース部505の送信パワーが変化するので、適応変調で適用可能な変調方式が変化し、それがモードごとの容量の上限に反映している。

[0063] 図21に示すように、パケット転送機能部51のモード管理DB507には、ポートごとに定義された各モードの通信インタフェース設定情報が格納されている。モード管理DB507におけるポートおよびモードの組み合わせは、パケット転送制御装置42のモードDB409で定義されたポートおよびモードの組み合わせに対応している。上述したように、ポートID=1は冗長構成を有するので、1つのモードIDに対応して2つの通信インタフェースIDおよびそれらの状態(有効/無効)フラグが設けられ、冗長構成が機能している場合には、いずれの通信インタフェース状態も「有効」となり、一方がActive、他方がStandbyとなっている。ポートID=2は冗長構成を持たないので、1つの通信インタフェース部505の状態が「有効」でActiveとなっている。モード管理部506はモード管理DB507を参照することでポートとアクティブな通信インタフェース部505との対応関係を解決できる。

[0064] <第2例>

第2実施形態で述べたように、パケット転送制御装置42が制御ポリシーに従った物理レイヤモード指定情報(ポートIDおよびモードIDの組み合わせ)により所望の物理レイヤ条件を指定する場合、ネットワークの状況に応じて冗長構成の選択を制御できる。たとえば、より高い信頼性が必要となれば冗長構成を有するポート(ポートID=1)を選択し、それ以外は冗長構成を持たないポート(ポートID=2)を選択する。あるいは、ネットワーク状況に応じてポートを切り替えることで、経路を変更することも可能である。

[0065] 4. 3) 効果

本発明の第4実施形態によれば、上記第1～第3実施形態の効果に加えて、制御装置が各ポートの冗長構成を利用してノード間通信の信頼性を考慮した通信制御あるいは経路選択が可能となる。また、ノードへ通知すべき物理レイヤモードを制御ポリシーに従って決定することで、ネットワークの状況に応じて冗長構成を利用した通信制御あるいはノード間の経路の切り替えを行うことができる。

[0066] 5. 第5実施形態

本発明の第5実施形態によれば、上述した第1実施形態と同様に各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードが定義され、さらに制御装置は、時間分割でノード間のリンク方向および物理レイヤ条件を変更する。制御装置は、第2実施形態と同様に、ノードへ通知すべき物理レイヤモードを制御ポリシーに従って、さらに時間的な制御区分に応じて決定することができる。すなわち、時間帯別、日別、月別、季節別などの時間区分に応じてノード間のリンク方向とその物理レイヤ条件とを変更することで、トラフィックの量および方向の時間的変動に応じてネットワークをより効率的に運用することが可能となる。

[0067] 5. 1) システム構成

図22において、本発明の第5実施形態によるネットワークシステムは、パケット転送制御装置43および複数のパケット転送機能部52からなる。複数のパケット転送機能部52は有線あるいは無線の物理リンクで接続されてネットワーク20を構成し、第2実施形態と同様に、パケット転送制御装置43によりフロー制御および物理レイヤモード制御が実行される。パケット転送制御装置43は、任意のパケット転送機能部52aとパケット転送機能部52bとの間に一方向のリンクとその反対方向のリンク（一方のノードにとってのIn方向リンクとOut方向リンク）とを管理し、時間分割により物理レイヤモードを変更することができる。パケット転送機能部52のポートには図19と同様の通信インタフェース部505が設けられているものとし、モード管理部506が物理レイヤモード指定情報に従って通信インタ

フェース部505の設定を変更する。

[0068] 以下、パケット転送制御装置43は図7に示す構成を有し、各パケット転送機能部52は図8に示された構成を有するものとし、パケット転送制御装置43のモードDB409とパケット転送機能部52aのモード管理DB507のデータ構成例について説明する。ここでは、パケット転送機能部52aにおけるトラフィック量と方向が時間帯に応じて変動するものとする。

[0069] 5. 2) 動作

図23に示すように、パケット転送制御装置43のモードDB409には、各ノードのポートごとのモード情報が格納されている。図22に示されたノードのポートID=1には3つのモード（モードID=1、2、3）が定義され、それぞれの物理レイヤモードがIn方向リンクとOut方向リンクとに区別されて定義されている。たとえば、ポートID=1では、モードID=1でIn方向の容量が「160Mbps」、Out方向の容量が「80Mbps」、モードID=2でIn方向の容量が「120Mbps」、Out方向の容量が「120Mbps」であり、モードID=3でIn方向の容量が「80Mbps」、Out方向の容量が「160Mbps」である。なお、Availability、遅延および消費電力はいずれのモードでも同じである。したがって、物理レイヤモードを特定する情報（ここでは、ポートIDとモードIDとの組み合わせ）を用いて、当該ポートで満たすべきIn方向あるいはOut方向の物理レイヤ条件（容量）を指定することができる。

[0070] たとえば、午前中（6時～12時）はIn方向のトラフィックの方が大きく、午後（12時～18時）はIn方向とOut方向はほぼ同じトラフィックとなり、夜間（18時～翌朝6時）はOut方向のトラフィックの方が大きくなることが統計的に分かっているならば、午前中はポートID=1およびモードID=1を、午後はポートID=1およびモードID=2を、夜間はポートID=1およびモードID=3をそれぞれ指定する制御ポリシーをパケット転送制御装置43に設定すればよい。

[0071] 図24に示すように、パケット転送機能部52のモード管理DB507に

は、ポートごとに定義された各モードの通信インタフェース設定情報が格納されている。モード管理DB507におけるポートおよびモードの組み合わせは、パケット転送制御装置43のモードDB409で定義されたポートおよびモードの組み合わせに対応している。上述したように、ポートID=1およびモードID=1であれば、無線通信インタフェース部505のIn方向のたとえば参照送信パワーを増大させ、ポートID=1およびモードID=3であれば、無線通信インタフェース部505のOut方向のたとえば参照送信パワーを増大させる。

[0072] 5. 3) 効果

本発明の第5実施形態によれば、上記第1～第4実施形態の効果に加えて、時間分割でノード間のリンク方向および物理レイヤ条件を変更することで、トラフィックの量および方向の時間的変動に応じてネットワークをより効率的に運用することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0073] 本発明はSDN化されたトランスポート網のシステムに適用可能である。

符号の説明

- [0074] 10 制御装置
20 ネットワーク
30 管理装置
40～43 パケット転送制御装置
50～52 パケット転送機能部
101 ノード通信部
102 パケット転送ルールデータベース
103 モードデータベース
104 制御部
201 通信部
202 フローテーブル
203 パケット転送処理部

- 204 モード管理部
- 205 モード管理データベース
- 404 パケット転送ルールデータベース
- 409 モードデータベース
- 410 ポリシ記憶部
- 502 転送処理部
- 503 フローテーブル
- 505 通信インタフェース部
- 506 モード管理部
- 507 モード管理データベース

請求の範囲

- [請求項1] ネットワークを構成する複数のノードと、各ノードをフロー単位で制御する制御装置と、を有する通信システムであって、
- 前記ノードのポートに少なくとも2つの通信インタフェースが設けられ、前記少なくとも2つの通信インタフェースの少なくとも1つを現用経路、その他を予備経路として使用する冗長構成を有し、
- 前記制御装置が、各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを管理し、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知し、
- 前記ノードが、前記制御装置から通知されたモード指定情報に従って、対応する通信インタフェースを設定する、
- ことを特徴とする通信システム。
- [請求項2] 前記ノードが、前記現用経路に障害あるいは過負荷状態が発生した場合、現在のフローを前記現用経路から前記予備経路へ切り替えることを特徴とする請求項1に記載の通信システム。
- [請求項3] 前記現用経路と前記予備経路とが前記ネットワークにおける物理的に異なる経路であることを特徴とする請求項1または2に記載の通信システム。
- [請求項4] 前記ノードが、前記1つ以上の物理レイヤモードと前記通信インタフェースの物理パラメータとを対応付けたテーブルを備えることを特徴とする請求項1－3のいずれか1項に記載の通信システム。
- [請求項5] 前記物理レイヤモードは前記ノードのポートに設けられた通信インタフェースが満たすべき動作条件に対応し、前記ノードが前記動作条件に応じて前記通信インタフェースの物理パラメータを設定する、ことを特徴とする請求項1－4のいずれか1項に記載の通信システム。
- [請求項6] 前記制御装置が、所定の制御ポリシおよび前記冗長構成情報に従って、前記ノードに対して指定すべきポートの物理レイヤモードを選択

することを特徴とする請求項 1－5 のいずれか 1 項に記載の通信システム。

[請求項7] 前記制御ポリシーは前記ネットワークの各ノードから提供された統計情報に基づいて生成あるいは更新されることを特徴とする請求項 6 に記載の通信システム。

[請求項8] 制御装置により制御されるネットワークのノード装置であって、
前記ネットワークとの間でパケットの送受信を行う複数のポートを有し、前記制御装置からのフロー単位の制御に従ってパケットの転送を行う転送手段と、

前記複数のポートの少なくとも 1 つに冗長経路を構成する少なくとも 2 つの通信インタフェースと、

前記制御装置から指定されたポートの物理レイヤモードに従って当該指定されたポートに設けられた通信インタフェースを設定し、前記ネットワークの状況に応じて前記冗長経路の切替制御を行うモード管理手段と、

を有することを特徴とするノード装置。

[請求項9] 前記冗長経路の現用経路と予備経路とが前記ネットワークにおける物理的に異なる経路であることを特徴とする請求項 8 に記載のノード装置。

[請求項10] 前記モード管理手段が、各ポートに関して 1 つ以上の物理レイヤモードと通信インタフェースの物理パラメータとを対応付けたテーブルを備えることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のノード装置。

[請求項11] 前記物理レイヤモードは前記通信インタフェースが満たすべき動作条件に対応し、前記モード管理手段が前記動作条件に応じて前記通信インタフェースの物理パラメータを設定する、ことを特徴とする請求項 8－10 のいずれか 1 項に記載のノード装置。

[請求項12] 前記通信インタフェースが少なくとも送信パワーを調整可能であることを特徴とする請求項 8－11 のいずれか 1 項に記載のノード装置

。

[請求項13] 前記通信インタフェースが少なくとも消費電力を調整可能であることを特徴とする請求項8－12のいずれか1項に記載のノード装置。

[請求項14] ネットワークを構成する複数のノードの各々に対してフロー単位での制御を実行する制御装置であって、

各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを格納するモードテーブルと、

前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された一つのポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知するノード管理手段と、

を有することを特徴とする制御装置。

[請求項15] 前記物理レイヤモードは前記ノードのポートに設けられた通信インタフェースが満たすべき動作条件に対応し、前記モード指定情報に従って前記ノードが前記動作条件に応じた前記通信インタフェースの物理パラメータ設定を行うことを特徴とする請求項14に記載の制御装置。

[請求項16] 前記ノード管理手段が、所定の制御ポリシーおよび冗長構成情報に基づいて、前記ノードに対して指定すべきポートの物理レイヤモードを選択することを特徴とする請求項14または15に記載の制御装置。

[請求項17] 前記ノード管理手段が前記ネットワークの各ノードから提供された統計情報に基づいて前記制御ポリシーを生成あるいは更新することを特徴とする請求項16に記載の制御装置。

[請求項18] ネットワークを構成する複数のノードと、各ノードをフロー単位で制御する制御装置と、を有する通信システムにおける通信制御方法であって、

前記ノードの各ポートに少なくとも2つの通信インタフェースが設けられ、前記少なくとも2つの通信インタフェースの少なくとも1つを現用経路、その他を予備経路として使用する冗長構成を有し、

前記制御装置が各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを管理し、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知し、

前記ノードが、前記制御装置から通知されたモード指定情報に従って、対応する通信インタフェースを設定する、

ことを特徴とする通信制御方法。

[請求項19] 前記ノードが、前記現用経路に障害あるいは過負荷状態が発生した場合、現在のフローを前記現用経路から前記予備経路へ切り替えることを特徴とする請求項18に記載の通信制御方法。

[請求項20] 前記現用経路と前記予備経路とが前記ネットワークにおける物理的に異なる経路であることを特徴とする請求項18または19に記載の通信制御方法。

[請求項21] 前記ノードが、前記制御装置とは別に、前記1つ以上の物理レイヤモードと前記通信インタフェースの物理パラメータとを対応付けることを特徴とする請求項18-20のいずれか1項に記載の通信制御方法。

[請求項22] 前記物理レイヤモードは前記ノードのポートに設けられた通信インタフェースが満たすべき動作条件に対応し、前記ノードが前記動作条件に応じて前記通信インタフェースの物理パラメータを設定する、ことを特徴とする請求項18-21のいずれか1項記載の通信制御方法。

[請求項23] 前記制御装置が、所定の制御ポリシーおよび前記冗長構成情報に従って、前記ノードに対して指定すべきポートの物理レイヤモードを選択することを特徴とする請求項18-22のいずれか1項に記載の通信制御方法。

[請求項24] 前記制御装置が、前記ネットワークの各ノードから提供された統計情報に基づいて前記制御ポリシーを生成あるいは更新することを特徴と

する請求項 2 3 に記載の通信制御方法。

[請求項25] 制御装置により制御されるネットワークとの間でパケットの送受信を行う複数のポートと、前記制御装置からのフロー単位の制御に従ってパケットの転送を行う転送手段と、前記複数のポートの少なくとも 1 つに冗長経路を構成する少なくとも 2 つの通信インタフェースと、を有するノード装置の通信制御方法であって、

前記制御装置からポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を受信し、

前記モード指定情報に従って当該指定されたポートに設けられた通信インタフェースを設定し、前記ネットワークの状況に応じて前記冗長経路の切替制御を行う、

ことを特徴とする通信制御方法。

[請求項26] 前記冗長経路の現用経路と予備経路とが前記ネットワークにおける物理的に異なる経路であることを特徴とする請求項 2 5 に記載の通信制御方法。

[請求項27] 前記モード指定情報に従って、各ポートに関して 1 つ以上の物理レイヤモードと通信インタフェースの物理パラメータとを対応付けたテーブルを参照し、前記テーブルにより検索された前記物理パラメータにより前記通信インタフェースの設定を行うことを特徴とする請求項 2 5 または 2 6 に記載の通信制御方法。

[請求項28] 前記物理レイヤモードは前記通信インタフェースが満たすべき動作条件に対応し、前記動作条件に応じて前記通信インタフェースの物理パラメータを設定することを特徴とする請求項 2 5 - 2 7 のいずれか 1 項に記載の通信制御方法。

[請求項29] ネットワークを構成する複数のノードの各々をフロー単位で制御する制御方法であって、

モードテーブルが各ノードのポートごとに 1 つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とを格納し、

ノード管理手段が、前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された一つのポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知する、

ことを特徴とする制御方法。

[請求項30] 前記物理レイヤモードは前記ノードのポートに設けられた通信インタフェースが満たすべき動作条件に対応し、前記モード指定情報に従って前記ノードが前記動作条件に応じた前記通信インタフェースの物理パラメータ設定を行うことを特徴とする請求項29に記載の制御方法。

[請求項31] 前記ノード管理手段が、所定の制御ポリシーおよび冗長構成情報に基づいて、前記ノードに対して指定すべきポートの物理レイヤモードを選択することを特徴とする請求項29または30に記載の制御方法。

[請求項32] 前記ノード管理手段が前記ネットワークの各ノードから提供された統計情報に基づいて前記制御ポリシーを生成あるいは更新することを特徴とする請求項31に記載の制御方法。

[請求項33] 制御装置により制御されるネットワークのノード装置としてコンピュータを機能させるプログラムであって、

前記ネットワークとの間でパケットの送受信を行う複数のポートを有し、前記制御装置からのフロー単位の制御に従ってパケットの転送を行う機能と、

前記複数のポートの少なくとも1つに冗長経路を構成する少なくとも2つの通信インタフェースが設けられ、前記制御装置から指定されたポートの物理レイヤモードに従って、当該指定されたポートに設けられた通信インタフェースを設定し、前記ネットワークの状況に応じて前記冗長経路の切替制御を行う機能と、

を前記コンピュータに実現するためのプログラム。

[請求項34] ネットワークを構成する複数のノードの各々に対してフロー単位の制御を実行する制御装置としてコンピュータを機能させるためのプ

プログラムであって、

各ノードのポートごとに1つ以上の物理レイヤモードと冗長構成情報とをモードテーブルに格納する機能と、

前記物理レイヤモードおよび冗長構成情報に基づいて選択された一つのポートの物理レイヤモードを指定するモード指定情報を当該ノードへ通知する機能と、

を前記コンピュータに実現するためのプログラム。

[図1]

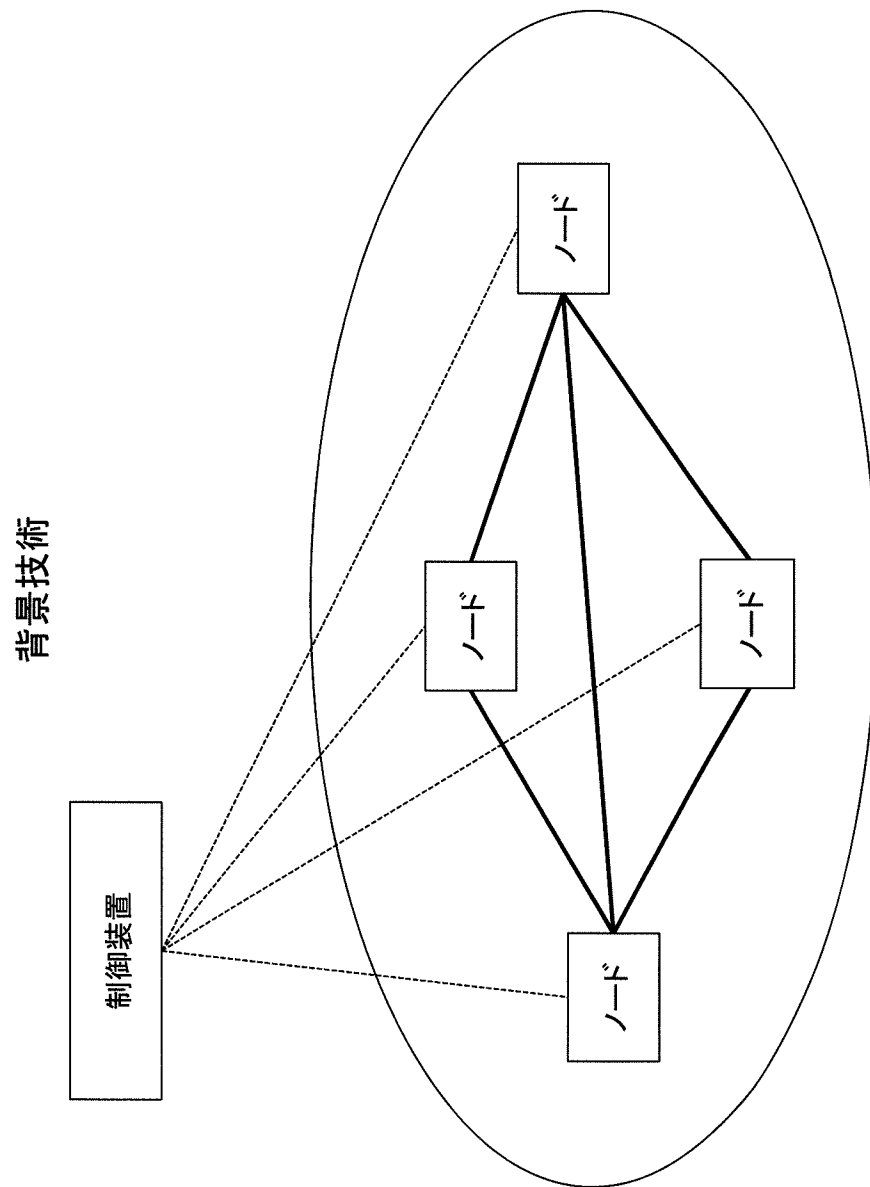
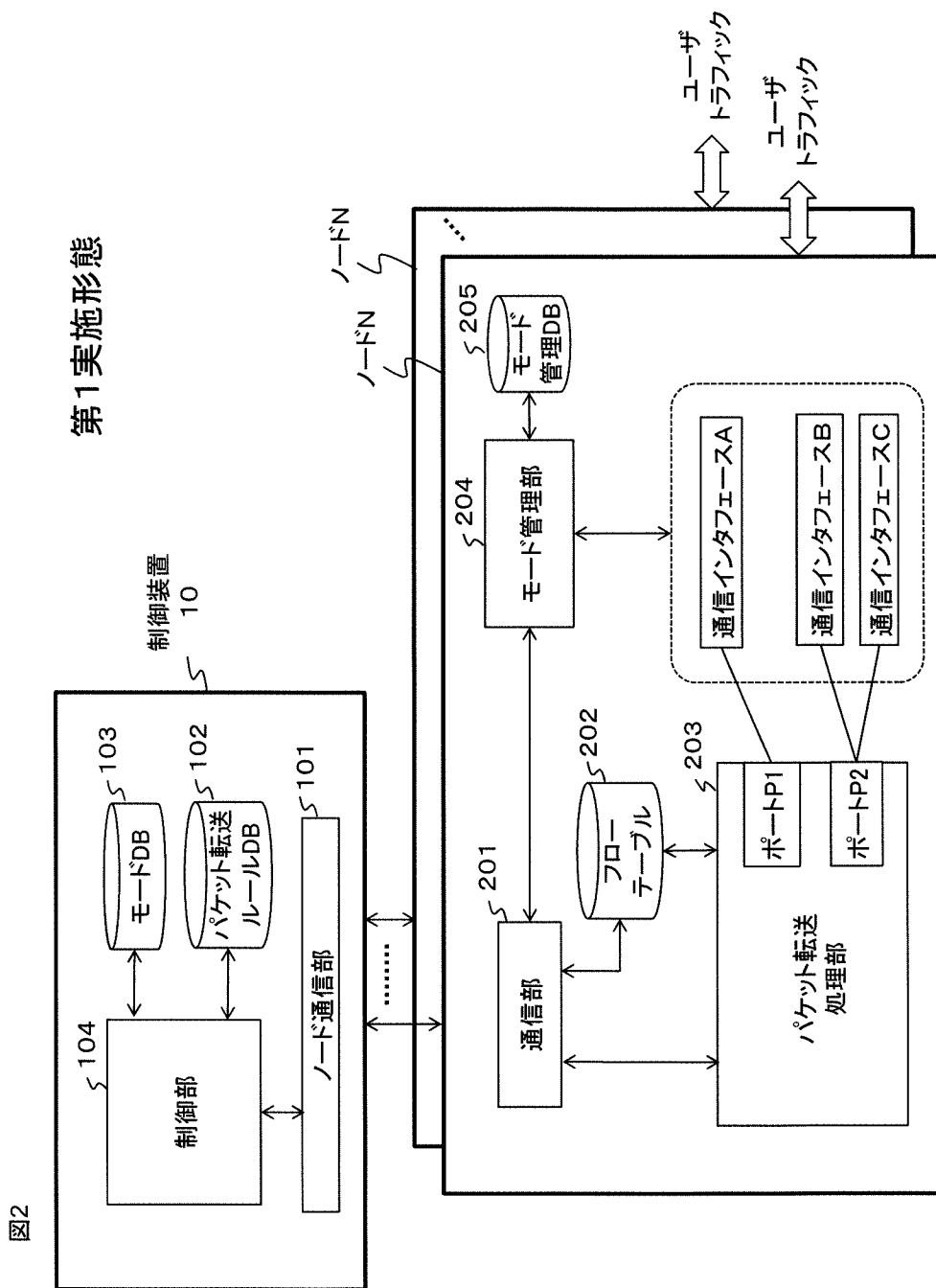


図1

[図2]

第1実施形態



[図3]

図3

制御装置10のモードDB103

ポート 識別子	モード 識別子	論理パラメータ		
		リンク容量	消費電力	遅延
1	1	W11	P11	D11
	2	W12	P12	D12
2	1	W21	P21	D21
	2	W22	P22	D22
	3	W23	P23	D23
3	:	:	:	:
:	:	:	:	:

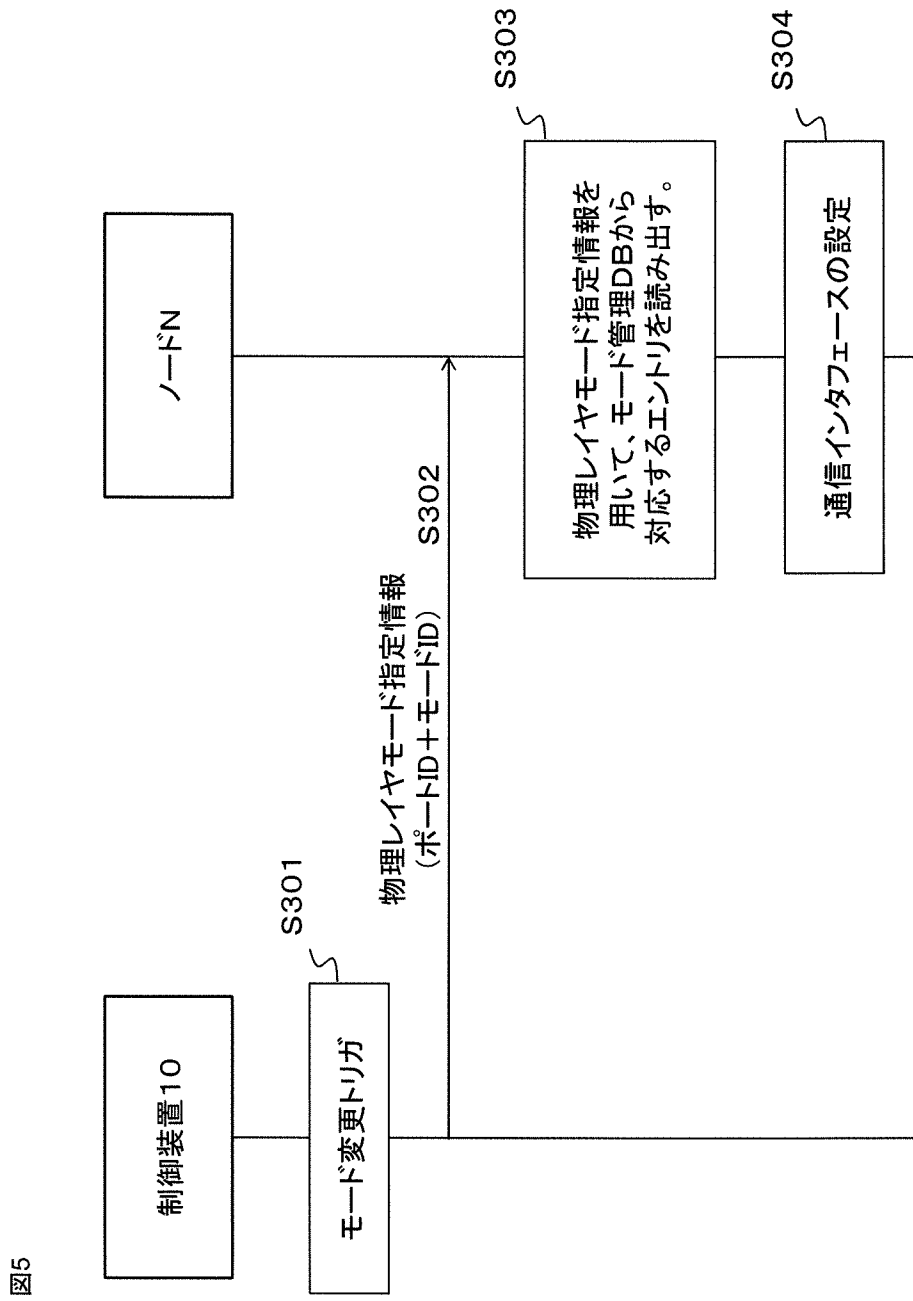
[図4]

図4

ノードNのモード管理DB205

ポート 識別子	モード 識別子	通信IF部 識別子	物理レイヤ管理パラメータ		
			IF状態	送信電力	...
1	1	A	有効	Pa1	...
	2	A	有効	Pa2	...
2	1	B	有効	Pb	...
		C	有効	Pc	...
	2	B	有効	Pb	...
		C	無効	-	...
	3	B	無効	-	...
		C	有効	Pc	...

[図5]



[図6]

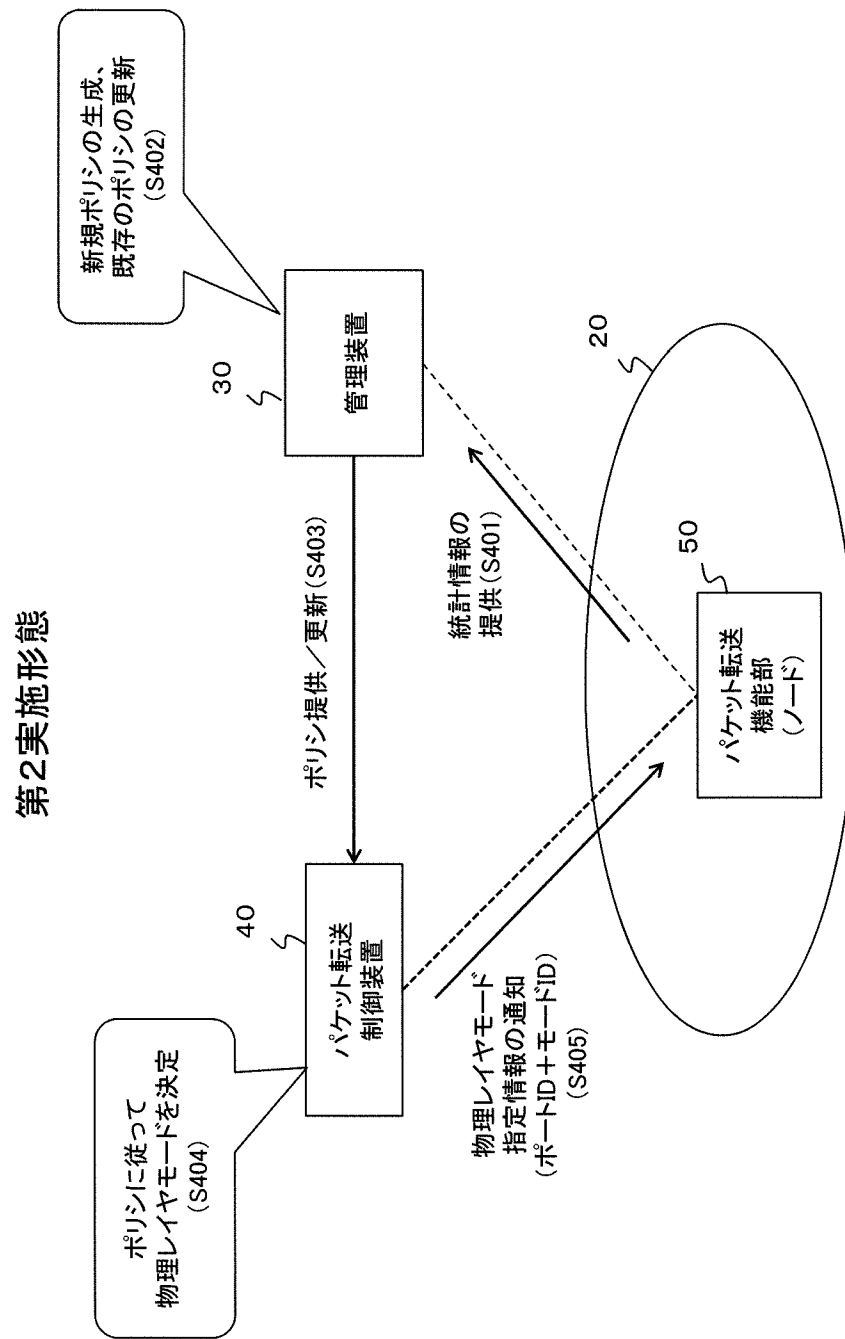
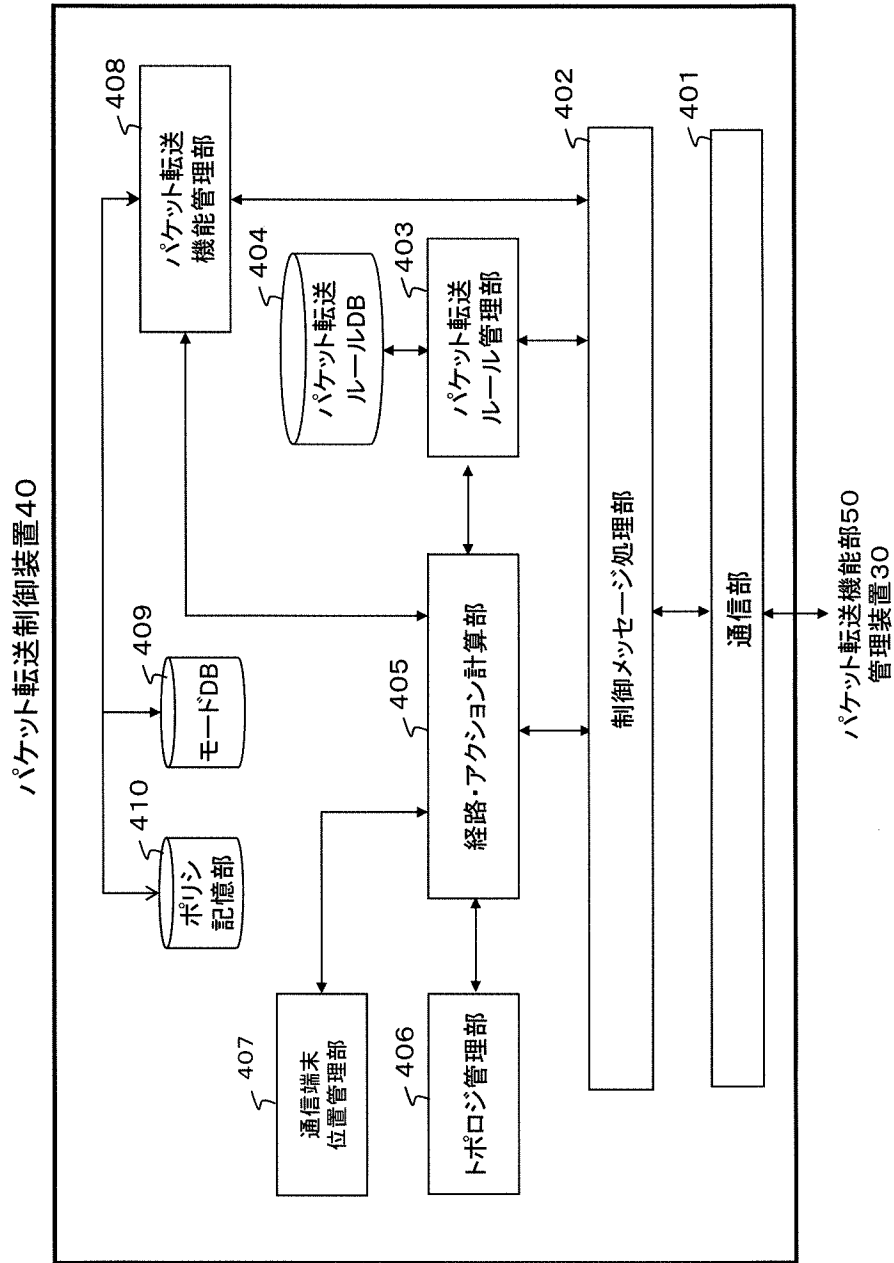


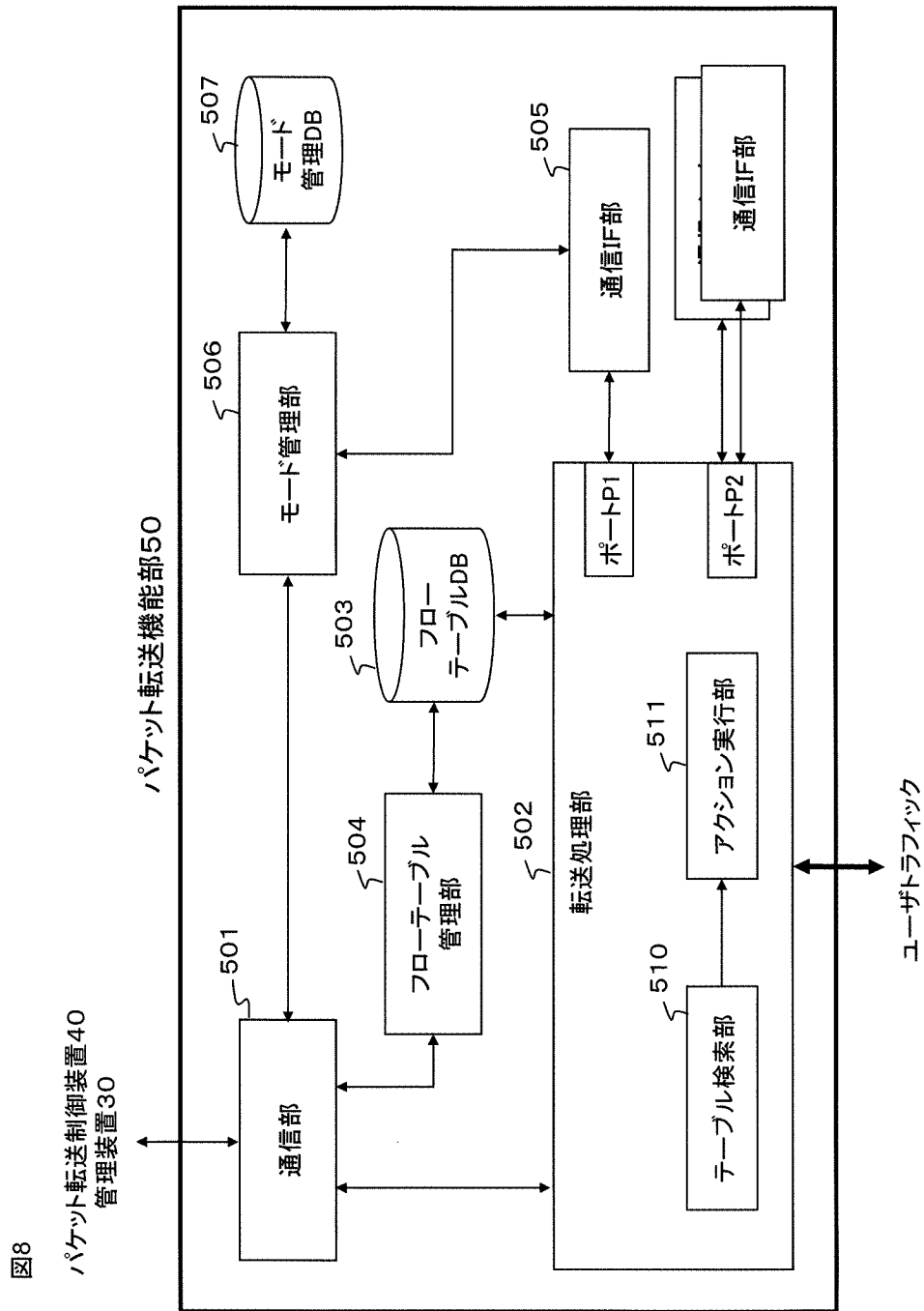
図6

[図7]

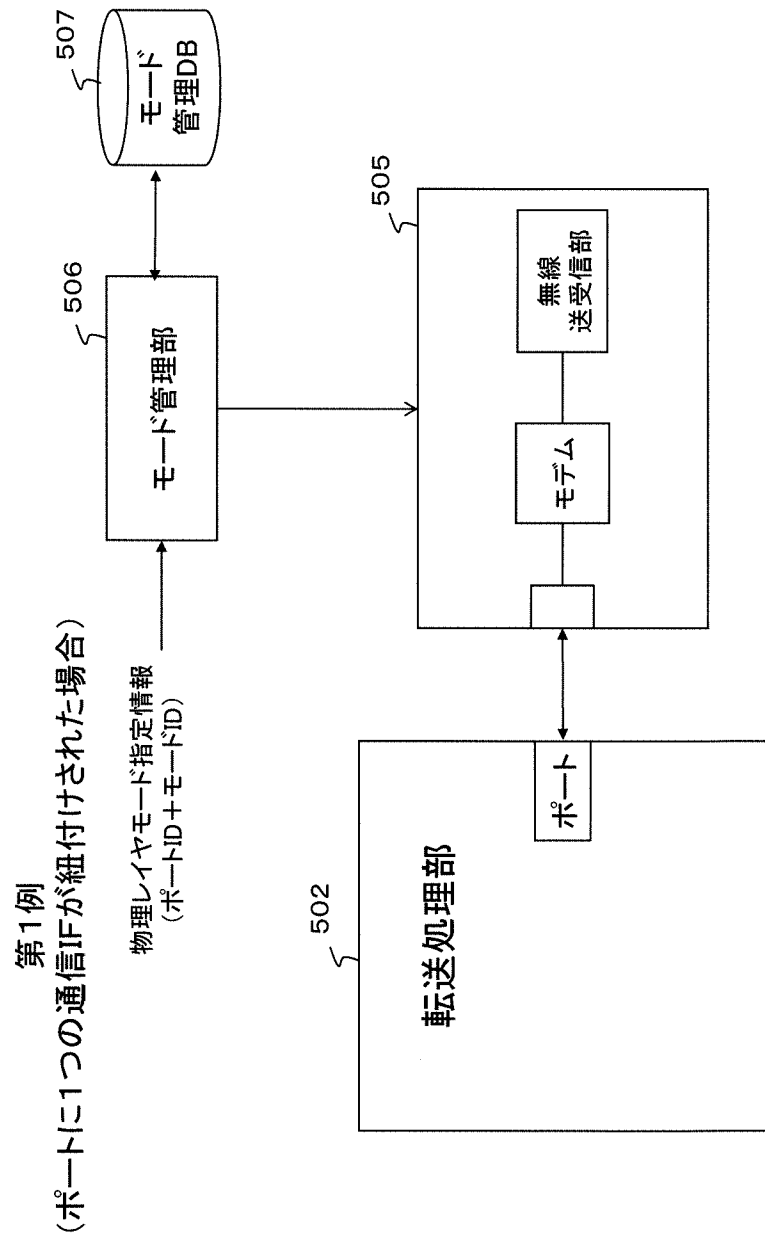
図7



[図8]



[図9]



[図10]

図10

第1例
(ポートに1つの通信IFが紐付けされた場合)

パケット転送制御装置のモードB409

ポート識別子	モード識別子	容量	Availability	遅延	消費電力
1	1	240Mbps	99.9%	100us	30W
		160Mbps	99.99%	200us	
		80Mbps	99.999%	300us	
	2	160Mbps	99.99%	200us	20W
		80Mbps	99.999%	300us	
		80Mbps	99.999%	300us	
2	:	:	:	:	:
3	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

[図11]

図11

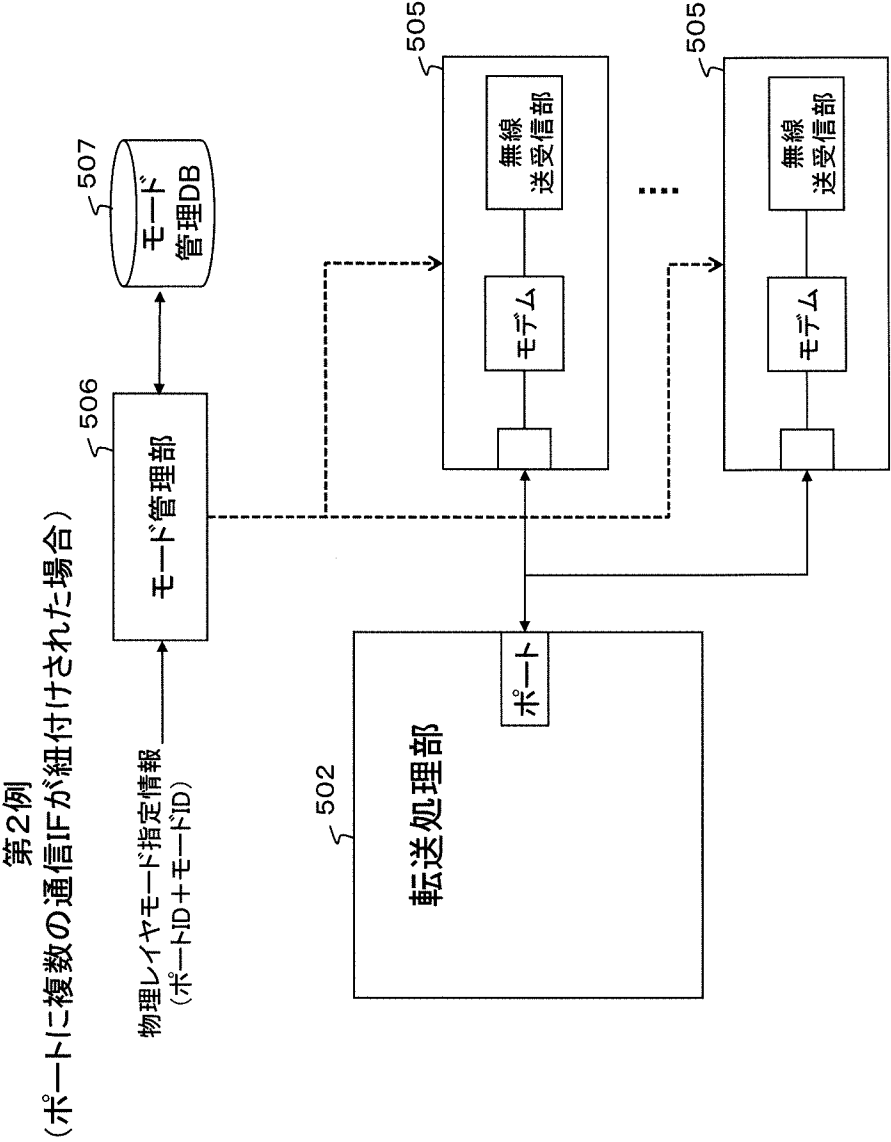
第1例
(ポートに1つの通信IFが紐付けされた場合)

パケット転送機能部のモード管理DB507

ポート 識別子	モード 識別子	通信IF部 識別子	IF状態	参照送信パワー	適応変調	ATPC
1	1	1	有効	11dBm	ON	ON
	2	1	有効	8dBm	ON	ON
	3	1	有効	5dBm	ON	ON
2	:	:	:	:	:	:
3	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

[図12]

図12



[図13]

第2例
(ポートに複数の通信IFが紐付けされた場合)
パケット転送制御装置のモードDB409

ポート識別子	モード識別子	容量	Availability	遅延	消費電力
1	1	240Mbps	99.999%	300us	30W
	2	160Mbps	99.999%	300us	20W
	3	80Mbps	99.999%	300us	10W
2	:	:	:	:	:
3	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

[図14]

図14

第2例
(ポートに複数の通信IFが紐付けされた場合)
パケット転送機能部のモード管理DB507

ポート 識別子	モード 識別子	通信IF部 識別子	IF状態	参照送信パワー	適応変調	ATPC
1	1	1	有効	5dBm	ON	ON
		2	有効	5dBm	ON	ON
		3	有効	5dBm	ON	ON
	2	1	有効	5dBm	ON	ON
		2	有効	5dBm	ON	ON
		3	無効	---	---	---
	3	1	有効	5dBm	ON	ON
		2	無効	---	---	---
		3	無効	---	---	---
2	:	:	:	:	:	:
3	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

[図15]

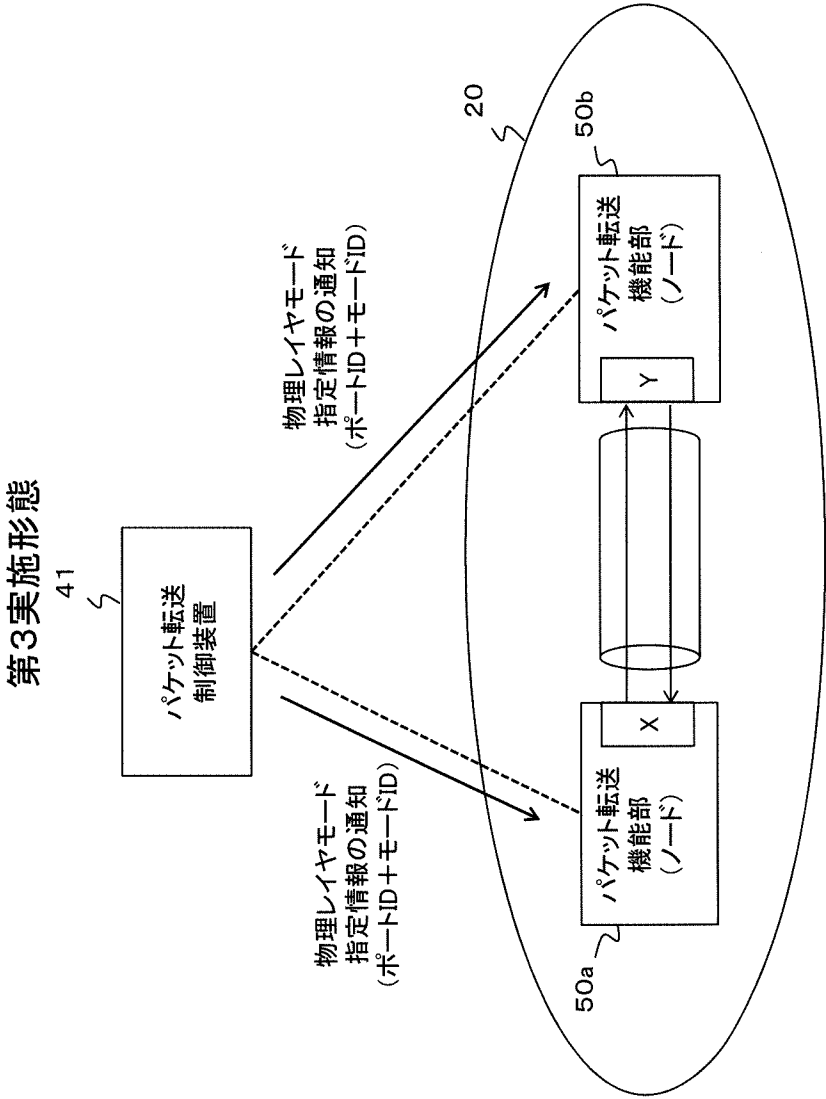
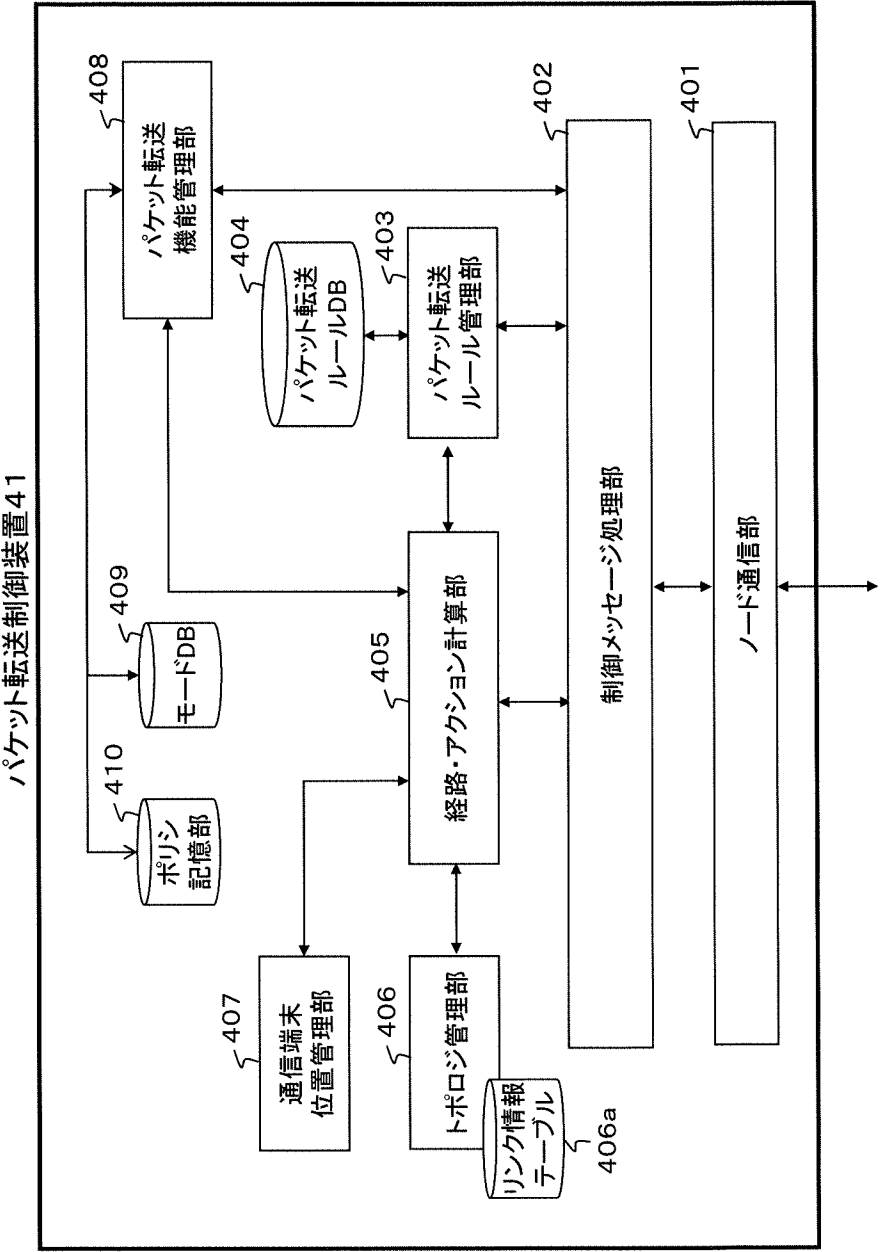


図15

[図16]

図16



[図17]

図17

リンク情報テーブル406a

送信元パケット 転送機能部 識別子	送信元ポート 識別子	宛先パケット 転送機能部 識別子	宛先ポート 識別子	状態
A	X	B	Y	Active
B	Y	A	X	Active
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図18]

第4実施形態

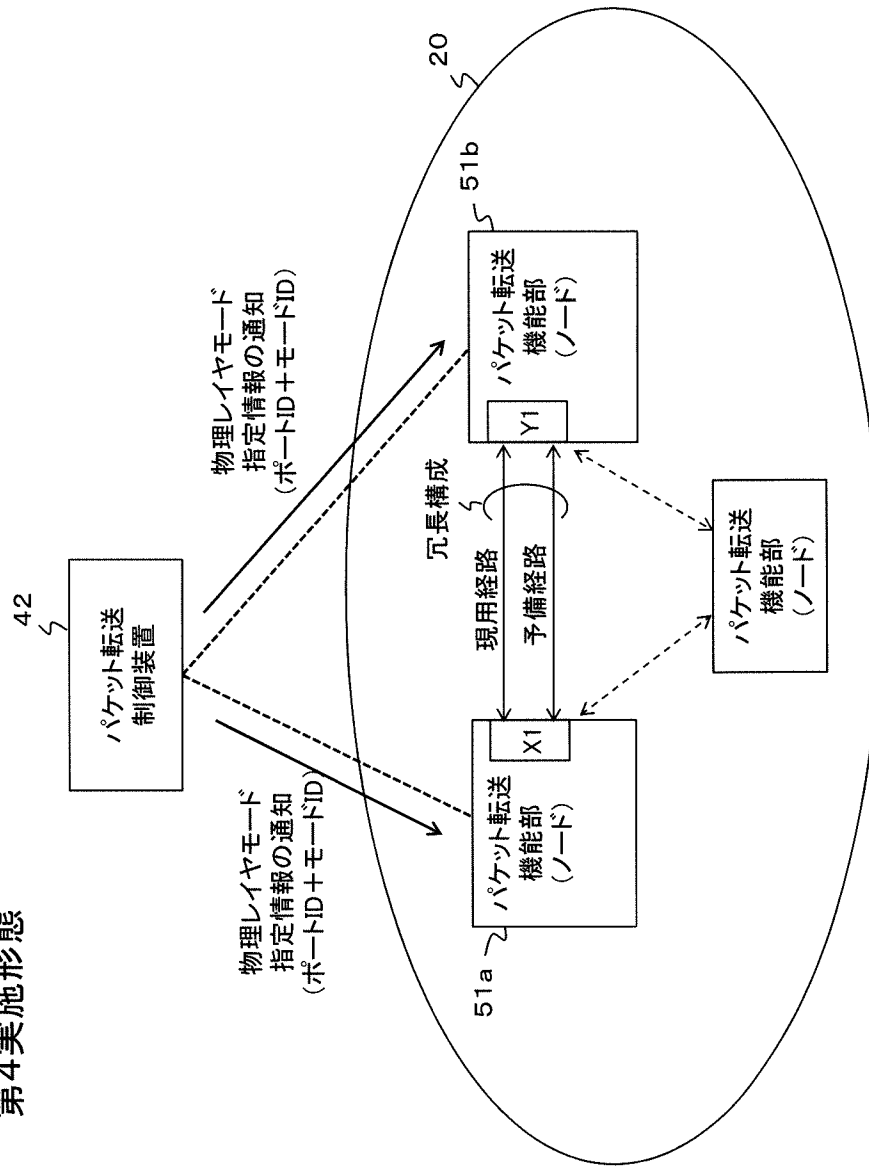
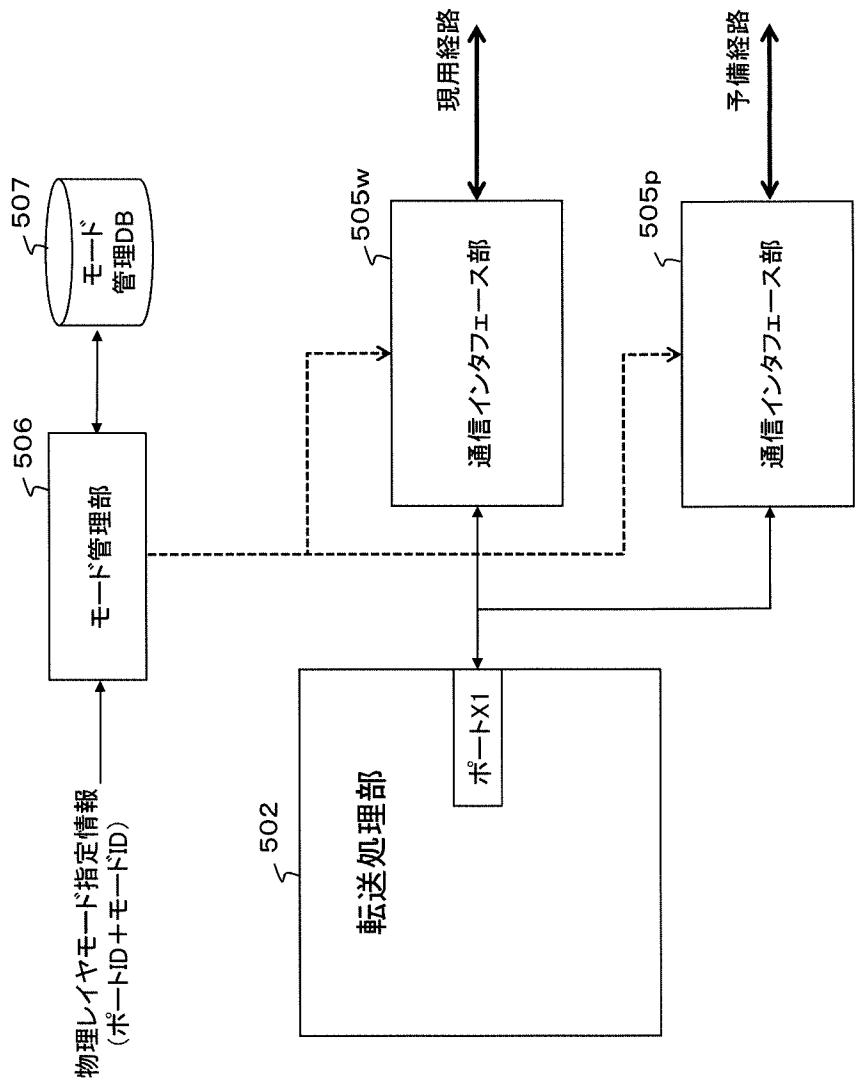


図18

[図19]

図19



[図20]

図20

パケット転送制御装置のモードDB409

ポート 識別子	モード 識別子	容量	Availability	遅延	消費電力	冗長構成
1	1	240Mbps	99.9%	100us	30W	あり
		160Mbps	99.99%	200us		
		80Mbps	99.999%	300us		
	2	160Mbps	99.99%	200us	20W	あり
		80Mbps	99.999%	300us		
	3	80Mbps	99.999%	300us	10W	あり
2	1	240Mbps	99.9%	100us	30W	なし
		160Mbps	99.99%	200us		
		80Mbps	99.999%	300us		
	2	160Mbps	99.99%	200us	20W	なし
		80Mbps	99.999%	300us		
	3	80Mbps	99.999%	300us	10W	なし
3	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

[図21]

図21

パケット転送機能部のモード管理DB507

ポート 識別子	モード 識別子	通信IF部 識別子	IF状態	冗長構成	参照送信 パワー	適応変調	ATPC
1	1	1	有効	Active	11dBm	ON	ON
		2	有効	Standby	11dBm	ON	ON
	2	1	有効	Active	8dBm	ON	ON
		2	有効	Standby	8dBm	ON	ON
	3	1	有効	Active	5dBm	ON	ON
		2	有効	Standby	5dBm	ON	ON
2	1	3	有効	Active	11dBm	ON	ON
	2	3	有効	Active	8dBm	ON	ON
	3	3	有効	Active	5dBm	ON	ON
3	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:

[図22]

第5実施形態

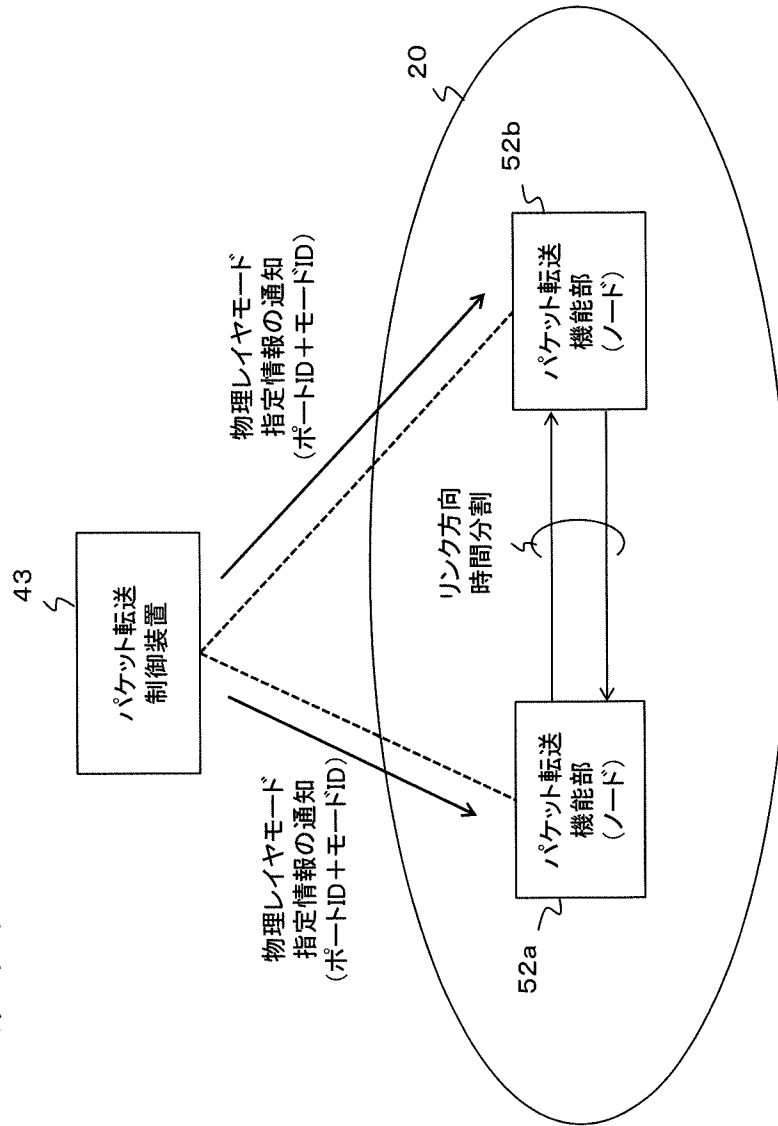


図22

[図23]

図23

パケット転送制御装置のモードDB409

ポート 識別子	モード 識別子	リンク方向	容量	Availability	遅延	消費電力
1	1	In	160Mbps	99.9%	100us	30W
		Out	80Mbps	99.9%	100us	
	2	In	120Mbps	99.9%	100us	30W
		Out	120Mbps	99.9%	100us	
	3	In	80Mbps	99.9%	100us	30W
		Out	160Mbps	99.9%	100us	
2	:	:	:	:	:	:
3	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

[図24]

図24

パケット転送機能部のモード管理DB507

ポート 識別子	モード 識別子	通信IF部 識別子	リンク方向	xxx	yyy	zzz
1	1	1	In	X	Y	Z
			Out	X	Y	Z
	2	1	In	X	Y	Z
			Out	X	Y	Z
	3	1	In	X	Y	Z
			Out	X	Y	Z
3	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001705

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/717(2013.01)i, H04L12/711(2013.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L12/00-12/28, H04L12/44-12/955

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GUIMARAES, Carlos et al., Enhancing OpenFlow with Media Independent Management Capabilities, 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), pp.2995-3000 [online], IEEE, 2014.06 [retrieval date 2016.05.26], Internet<URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6883780 >	1-34
Y	ZHANG, Shengli et al., SDN BASED UNIFORM NETWORK ARCHITECTURE FOR FUTURE WIRELESS NETWORKS, 2014 International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT) [online], IEEE, 2014.07 [retrieval date 2016.05.26], Internet<URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6963056 >	1-34

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 May 2016 (26.05.16)

Date of mailing of the international search report
07 June 2016 (07.06.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04L12/717(2013.01)i, H04L12/711(2013.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04L12/00-12/28, H04L12/44-12/955

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	GUIMARAES, Carlos et al., Enhancing OpenFlow with Media Independent Management Capabilities, 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), pp.2995-3000 [online], IEEE, 2014.06 [検索日 2016.05.26], インターネット<URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6883780>	1-34

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.05.2016

国際調査報告の発送日

07.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

浦口 幸宏

電話番号 03-3581-1101 内線 3596

5X

3358

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	ZHANG, Shengli et al., SDN BASED UNIFORM NETWORK ARCHITECTURE FOR FUTURE WIRELESS NETWORKS, 2014 International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT) [online], IEEE, 2014.07 [検索日 2016.05.26], インターネット <URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6963056 >	1-34