

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6021000号
(P6021000)

(45) 発行日 平成28年11月2日(2016. 11. 2)

(24) 登録日 平成28年10月14日(2016. 10. 14)

(51) Int.Cl.

F I

H04L 12/717 (2013.01)

H04L 12/717

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-234218 (P2012-234218)	(73) 特許権者	301022471
(22) 出願日	平成24年10月23日(2012. 10. 23)		国立研究開発法人情報通信研究機構
(65) 公開番号	特開2014-86881 (P2014-86881A)		東京都小金井市貫井北町4-2-1
(43) 公開日	平成26年5月12日(2014. 5. 12)	(74) 代理人	100099933
審査請求日	平成27年9月18日(2015. 9. 18)		弁理士 清水 敏
特許法第30条第2項適用 平成24年6月11日 一般社団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会技術研究報告(信学技報)、第112巻、第77号、第7~12頁」に発表 平成24年6月13日 「Interop Tokyo 2012」幕張メッセにて展示 平成24年10月1日 独立行政法人情報通信研究機構発行の「NICT NEWS 10月号、第421号、第1~4頁」に発表		(72) 発明者	豊村 鉄男
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	木全 崇
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	是津 耕司
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ネットワーク構成装置及び方法、並びにネットワーク構成のためのコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プログラム可能なネットワーク基盤に接続して用いられ、前記ネットワーク基盤上で提供される情報サービスを連携させるアプリケーションのために前記ネットワーク基盤を動的に構成するネットワーク構成装置であって、

前記アプリケーションによる前記ネットワーク基盤の構成に関する要求を宣言的サービスネットワーク記述言語により記述したルール群を記憶するためのルール記憶手段を含み、

前記ルールの各々は、条件群と、当該条件群が全て真のときに実行すべきアクションとを含み、

前記ネットワーク基盤から当該ネットワーク基盤における通信状況に関する統計情報を繰返し受信するためのネットワーク情報受信手段と、

前記ルール記憶手段から前記ルールを逐次読み出し、前記ネットワーク情報受信手段が受信した最新の前記統計情報に基づいて、各ルールについて当該ルールの条件群を全て評価するための条件評価手段と、

前記条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがって前記ネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を生成し、前記ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するためのコマンド列生成手段とを含む、ネットワーク構成装置。

【請求項2】

10

20

前記ネットワーク基盤には、当該ネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド体系が異なる複数のネットワーク基盤があり、

前記ネットワーク構成装置はさらに、前記複数のネットワーク基盤の種類に応じ、前記宣言的サービスネットワーク記述言語により記述されたルールを当該ネットワーク基盤のコマンド列に変換するための辞書をそれぞれ記憶した複数の辞書記憶手段を含み、

前記コマンド列生成手段は、

生成すべきコマンド列の種類を指定する指示を受信するための指示受信手段と、

前記複数の辞書記憶手段に記憶された辞書のうちから、前記指示受信手段が受信した指示に対応する辞書を選択する辞書選択手段と、

前記条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがって前記ネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を前記辞書選択手段により選択された辞書を用いて生成し、前記ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するための手段とを含む、請求項 1 に記載のネットワーク構成装置。

【請求項 3】

前記条件評価手段による評価と、前記コマンド列生成手段によるコマンド列の生成とが繰り返し実行されるよう、前記条件評価手段と前記コマンド列生成手段とを制御するための繰返制御手段をさらに含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載のネットワーク構成装置。

【請求項 4】

プログラム可能なネットワーク基盤に接続されたコンピュータを用い、前記ネットワーク基盤上で提供される情報サービスを連携させるアプリケーションのために前記ネットワーク基盤を動的に構成するネットワーク構成方法であって、

前記コンピュータが、前記アプリケーションによる前記ネットワーク基盤の構成に関する要求を宣言的サービスネットワーク記述言語により記述したルール群をルール記憶手段に記憶するステップを含み、

前記ルールの各々は、条件群と、当該条件群が全て真のときに実行すべきアクションとを含む、

前記コンピュータが、前記ネットワーク基盤から当該ネットワーク基盤における通信状況に関する統計情報を繰返し受信するステップと、

前記コンピュータが、前記ルール記憶手段から前記ルールを逐次読出し、前記ネットワーク情報受信手段が受信した最新の前記統計情報に基づいて、各ルールについて当該ルールの条件群を全て評価するステップと、

前記コンピュータが、前記条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがって前記ネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を生成し、前記ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するステップとを含む、ネットワーク構成方法。

【請求項 5】

プログラム可能なネットワーク基盤に接続して用いられ、前記ネットワーク基盤上で提供される情報サービスを連携させるアプリケーションのために前記ネットワーク基盤を動的に構成するネットワーク構成装置としてコンピュータを動作させるコンピュータプログラムであって、当該コンピュータプログラムは、前記コンピュータを、

前記アプリケーションによる前記ネットワーク基盤の構成に関する要求を宣言的サービスネットワーク記述言語により記述したルール群を記憶するためのルール記憶手段として機能させ、

前記ルールの各々は、条件群と、当該条件群が全て真のときに実行すべきアクションとを含む、

前記コンピュータプログラムはさらに、前記コンピュータを、

前記ネットワーク基盤から当該ネットワーク基盤における通信状況に関する統計情報を繰返し受信するためのネットワーク情報受信手段と、

前記ルール記憶手段から前記ルールを逐次読出し、前記ネットワーク情報受信手段が受

10

20

30

40

50

信した最新の前記統計情報に基づいて、各ルールについて当該ルールの条件群を全て評価するための条件評価手段と、

前記条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがって前記ネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を生成し、前記ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するためのコマンド列生成手段として動作させる、ネットワーク構成のためのコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

この発明はネットワークの構成技術に関し、特に、多種多様な情報サービスを組合せたネットワークアプリケーションを効率よく実行できるようにネットワーク構成を動的に調整する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

データ通信ネットワークの基盤整備が進み、アプリケーションが、ネットワークの高い処理能力を利用可能になっている。こうしたネットワークの拡張性は高く、今後もネットワークを介して利用可能なサービスが多種多様になっていくことは間違いない。

【0003】

一方、こうしたネットワーク構成の調整は、これまでは一握りの専門家が行なえるだけで、一般的なユーザがネットワークを自己のアプリケーションにあわせて調整することはきわめて難しかった。これは、例えばネットワークが一企業又は1つの大学などに限定されている場合でも同様である。ときには予期せぬ事態が発生し、ネットワークの管理者でもその対応に苦慮することがある。

20

【0004】

ところで、ネットワーク上で提供される様々なデータを、一定の目的のもとに、限られた時間内に収集し処理することが望ましいときがある。例えば、突発的な災害が発生したり予測されたりしたときに、それら災害による被害状況、災害をもたらす原因となる事象に関する情報などを大量に収集し、適時に処理することで、被害の拡大を予防したり、既に生じた被害に対して有効な対策を講じたりすることが可能になる。そのためには、ネットワーク上に分散する膨大な量のデータを収集し、多種多様な情報サービスを組合せ、効率よく実行することが必要になる。

30

【0005】

そのようなアプリケーションを実現するためには、情報サービスの要求を的確かつ適時にネットワークに伝え、ネットワーク構成を動的に調整する技術が必要である。特に、突発的で想定を超えて発生する情報を、柔軟に経路を選定して適時に転送したり、膨大な情報を試行錯誤により分析したり、アプリケーションの緊急度又はデータの重要性に応じて情報サービスを提供したりする際に、情報サービスの要求に連動してネットワークを柔軟に構成し、ネットワークの管理及び展開コストが著しく上昇しないようにすることが望ましい。

40

【0006】

しかし、通常のネットワークの場合、一方では、アプリケーション開発者が新たなサービス連携をオンデマンドで作成しようとしても、既に設定されたネットワークのパスしか利用できず、サービスに適した形でネットワークの性能を最大限に引き出すことができないという問題がある。他方、ネットワーク管理者は、予め想定した条件内でネットワークを構築するため、予想を超えるトラフィックの発生等が生じて、リアルタイム性高く対応できないという問題がある。

【0007】

こうした問題を解決し、ネットワークを柔軟に構成するための基礎的な技術として、後掲の非特許文献1に記載されたSoftware-Defined-Network(S

50

DN)と呼ばれるものがある。SDNは、ネットワークのトポロジ及びQoS(Quality of Service)をソフトウェアで設定し、API(Application Programming Interface)又はコマンドを呼出すことにより物理ネットワークを構成する技術である。SDNによれば、ソフトウェアのプログラミングと同様に、ネットワーク構成をプログラミングすることが可能になる。このSDNを実現する代表的な技術として、OpenFlowと呼ばれるものが知られている。

【0008】

図1を参照して、OpenFlowによるネットワーク30は、実際に通信を行なうOpenFlowスイッチ50, 52, 54及び56等を含むスイッチ群40と、スイッチ群40の状態を監視し、制御を行なうOpenFlowコントローラ42とを含む。OpenFlowプロトコルと呼ばれる手順でOpenFlowコントローラ42を介してスイッチ群40内の各スイッチによるスイッチングを動的に制御できる。

10

【0009】

OpenFlowとは別に、ネットワーク上で送信先までの帯域を予約し、通信品質を保証したネットワーク経路を確保するためのプロトコルとして、後掲の非特許文献2に記載されたRSVPと呼ばれるものがある。ベストエフォート型のネットワークでは、どのデータも平等に扱われる。これに対し、動画配信等は、即時性、連続性が求められる。RSVPは、このような即時性、連続性が求められるトラフィックを優先させる通信経路を予約する目的で開発された。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】M. Nick, A. Tom, B. Hari, P. Guru, P. Larry, R. Jennifer, S. Scot and T. Jonathan. "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks", SIGCOMM Computer Communication Review, pp. 69 - 74, 2008.

【非特許文献2】Resource ReSeRVation Protocol (RSVP), IETF RFC 2205 (1997)

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

OpenFlow及びRSVPは、いずれも、API又はコマンドによりネットワーク構成を可能にしている。しかし、これらを使用した場合でも、依然として、アプリケーションの開発者がアプリケーションごとにネットワーク制御プログラムを内部に実装したり、ネットワーク管理者が手作業でネットワーク構成をプログラミングしたりしなければならない。上記したプログラム可能なネットワークの機能を活用して、多種多様な情報サービスを連携させるアプリケーションの要求を、よりの確にかつ適時にネットワークに伝え、動的にネットワーク構成を調整することが可能な技術が求められている。

40

【0012】

それゆえに、本発明の目的は、アプリケーションの要求を動的にネットワーク制御プロトコルに変換し実行するための汎用的な仕組みを実現するネットワーク構成装置及び方法、並びにそのためのコンピュータプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の第1の局面に係るネットワーク構成装置は、プログラム可能なネットワーク基盤に接続して用いられ、ネットワーク基盤上で提供される情報サービスを連携させるアプリケーションのためにネットワーク基盤を動的に構成するネットワーク構成装置である。この装置は、アプリケーションによるネットワーク基盤の構成に関する要求を宣言的サービスネットワーク記述言語により記述したルール群を記憶するためのルール記憶手段を含

50

む。ルールは、条件群と、当該条件群が全て真のときに実行すべきアクションを含む。この装置はさらに、ネットワーク基盤から当該ネットワーク基盤における通信状況に関する統計情報を繰返し受信するためのネットワーク情報受信手段と、ルール記憶手段からルールを逐次読出し、ネットワーク情報受信手段が受信した最新の統計情報に基づいて、各ルールについて当該ルールの条件群を全て評価するための条件評価手段と、条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがってネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を生成し、ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するためのコマンド列生成手段とを含む。

【 0 0 1 4 】

10

この発明によれば、ルール記憶手段にルール群を記憶させておくと、ネットワーク情報受信手段が、ネットワークの通信状況に関する情報を繰返し受信する。条件評価手段は、ルールを逐次読出し、その条件群が充足されているか否かを評価する。コマンド列生成手段は、条件が全て充足されていると評価されたルールについて、そのアクションにしたがってネットワーク基盤を構成するためのコマンド列を生成する。そのコマンド列にしたがってネットワーク基盤が構成される。

【 0 0 1 5 】

アプリケーションの変更にあわせてルール群が変更されたり、ネットワークの通信状況が変化してルールの条件の充足状況が変化したりすると、そのたびに条件評価手段によるルール中の条件群の評価が変化し、コマンド列生成手段によるコマンド列の生成結果も変化する。アプリケーションの変更又はネットワークの状況に応じ、アクションが実行されるルールが変化し、その結果、ネットワーク基盤が、アプリケーションの変更又はネットワークの状況に応じてアプリケーションの要求に合致するように構成される。こうした動きは、アプリケーションの種類及びアプリケーションが使用する情報サービスの種類によらない。

20

【 0 0 1 6 】

その結果、アプリケーションの要求を動的にネットワーク制御プロトコルに変換し実行するための汎用的な仕組みを実現するネットワーク構成装置を提供できる。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、ネットワーク基盤には、当該ネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド体系が異なる複数のネットワーク基盤がある。ネットワーク構成装置はさらに、複数のネットワーク基盤の種類に応じ、宣言的サービスネットワーク記述言語により記述されたルールを当該ネットワーク基盤のコマンド列に変換するための辞書をそれぞれ記憶した複数の辞書記憶手段を含む。コマンド列生成手段は、生成すべきコマンド列の種類を指定する指示を受信するための指示受信手段と、複数の辞書記憶手段に記憶された辞書のうちから、指示受信手段が受信した指示に対応する辞書を選択する辞書選択手段と、条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがってネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を辞書選択手段により選択された辞書を用いて生成し、ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するための手段とを含む。

30

40

【 0 0 1 8 】

より好ましくは、ネットワーク構成装置はさらに、条件評価手段による評価と、コマンド列生成手段によるコマンド列の生成とが繰返し実行されるよう、条件評価手段とコマンド列生成手段とを制御するための繰返し制御手段を含む。

【 0 0 1 9 】

本発明の第2の局面に係るネットワーク構成方法は、プログラム可能なネットワーク基盤に接続されたコンピュータを用い、ネットワーク基盤上で提供される情報サービスを連携させるアプリケーションのためにネットワーク基盤を動的に構成するネットワーク構成方法である。この方法は、コンピュータが、アプリケーションによるネットワーク基盤の構成に関する要求を宣言的サービスネットワーク記述言語により記述したルール群をル

50

ル記憶手段に記憶するステップを含む。ルールの方々は、条件群と、当該条件群が全て真のときに実行すべきアクションとを含む。この方法はさらに、コンピュータが、ネットワーク基盤から当該ネットワーク基盤における通信状況に関する統計情報を繰返し受信するステップと、コンピュータが、ルール記憶手段からルールを逐次読出し、ネットワーク情報受信手段が受信した最新の統計情報に基づいて、各ルールについて当該ルールの条件群を全て評価するステップと、コンピュータが、条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがってネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を生成し、ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するステップとを含む。

【 0 0 2 0 】

10

本発明の第3の局面に係るコンピュータプログラムは、プログラム可能なネットワーク基盤に接続して用いられ、ネットワーク基盤上で提供される情報サービスを連携させるアプリケーションのためにネットワーク基盤を動的に構成するネットワーク構成装置としてコンピュータを動作させる。当該コンピュータプログラムは、コンピュータを、アプリケーションによるネットワーク基盤の構成に関する要求を宣言的サービスネットワーク記述言語により記述したルール群を記憶するためのルール記憶手段として機能させる。ルールの各々は、条件群と、当該条件群が全て真のときに実行すべきアクションとを含む。コンピュータプログラムはさらに、コンピュータを、ネットワーク基盤から当該ネットワーク基盤における通信状況に関する統計情報を繰返し受信するためのネットワーク情報受信手段と、ルール記憶手段からルールを逐次読出し、ネットワーク情報受信手段が受信した最新の統計情報に基づいて、各ルールについて当該ルールの条件群を全て評価するための条件評価手段と、条件評価手段により全ての条件群が充足されていると評価されたルールの各々について、当該ルールのアクションにしたがってネットワーク基盤をプログラムするためのコマンド列を生成し、ネットワーク基盤を当該コマンド列により構成するためのコマンド列生成手段として動作させる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図1】プログラム可能なネットワークの構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る、情報サービスによるネットワーク制御システムの概略構成を示すブロック図である。

30

【図3】図2に示すシステムで情報サービスの要求を記述するために使用される宣言的サービスネットワーク(Declarative Service Networking)記述言語によるDSN記述の例を模式的に示す図である。

【図4】DSN記述言語における要素とその説明とを表形式で示す図である。

【図5】DSN記述言語で使用される基本的述語とその説明とを表形式で示す図である。

【図6】DSN記述言語で使用される述語とその説明とを表形式で示す図である。

【図7】本発明の実施の形態に係るシステムにより、DSN記述言語から生成される、OpenFlowネットワークに対するNCPS(Network Control Protocol Stack)のコマンド例を表形式で説明する図である。

【図8】本発明の実施の形態に係るシステムにより、DSN記述言語から生成される、PIAXネットワークに対するNCPSのコマンド例を表形式で説明する図である。

40

【図9】本発明の実施の形態に係るシステムによる、DSN記述からOpenFlowのNCPSコマンド列への変換ルールの例を表形式で示す図である。

【図10】本発明の実施の形態に係るシステムによる、DSN記述からPIAX(P2P Interactive Agent eXtensions)のNCPSコマンド列への変換ルールの例を表形式で示す図である。

【図11】本発明の実施の形態に係るシステムにおいて、DSN記述をNCPSコマンド列に変換するインタープリタプログラムの制御構造を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態に係るシステムにおいて、DSN記述をNCPSコマンド列に変換するインタープリタが動作するコンピュータシステムの概観を示す図である。

50

【図 1 3】図 1 2 に示すコンピュータシステムのハードウェア構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下の説明及び図面では、同一の部品には同一の参照番号を付してある。したがって、それらについての詳細な説明は繰返さない。

[構成]

図 2 を参照して、本発明の実施の形態に係るネットワーク制御システム 7 0 は、アプリケーション要求を記述した D S N 記述 1 0 2 を出力するアプリケーションレイヤ 8 0 と、ネットワーク構成を制御する N C P S レイヤ 8 4 と、アプリケーションレイヤ 8 0 及び N C P S レイヤ 8 4 の中間に位置し、D S N 記述 1 0 2 を随時解釈して N C P S レイヤ 8 4 に与える O p e n F l o w 制御コマンドシーケンス 1 0 6 又は P I A X 制御コマンドシーケンス 1 1 0 を出力するミドルウェア 8 2 とを含む。

【 0 0 2 3 】

D S N は、アプリケーションが様々な情報サービスを連携させる際のルールをステートメントとして記述する。以下の説明では、D S N 記述内の各ステートメントを単に「ルール」と呼ぶ。例えば、「あるサービスを実行するには、他のあるサービスの処理結果が必要で、かつその結果は特定の条件を満たしている」というルールを D S N として記述する。これらのルールは、何を行なうかを記述するのみの宣言的記述であり、処理をどのように実行するかについての手続きには触れない。

【 0 0 2 4 】

N C P S は、異なるネットワークプロトコルごとに、ネットワークを制御するためのコマンド集合を定義する。具体的には、N C P S は以下のようなコマンドを含む。

【 0 0 2 5 】

(1) 特定の情報サービスが稼働しているネットワークノードを検索するためのコマンド群、

(2) ノード間に通信経路 (パス) を作成するためのコマンド群、及び、

(3) ノードの状態を監視するコマンド群。

【 0 0 2 6 】

例えば、O p e n F l o w の場合、ノード検索はノードリストの参照コマンド、経路作成はパスの設定コマンド、状態監視はスイッチ統計情報集約コマンドによって実装される。

【 0 0 2 7 】

アプリケーションレイヤ 8 0 は、本実施の形態では所望のサービス連携を記述し、そのサービス連携を実現するために必要なネットワークの仕様を D S N 記述 1 0 2 として出力するアプリケーション 1 0 0 を含む。アプリケーション 1 0 0 は、コンピュータの G U I を用いてサービス間の連携をネットワークダイアグラム形式で記述する。アプリケーション 1 0 0 において、サービス連携の内容が変更されると、D S N 記述 1 0 2 もその変更に応じて変更される。

【 0 0 2 8 】

ミドルウェア 8 2 は、アプリケーションレイヤ 8 0 が出力する D S N 記述 1 0 2 を記憶する D S N 記憶部 1 1 8 と、N C P S レイヤ 8 4 から受信するネットワーク状況を監視しながら、D S N 記述 1 0 2 を繰返して解釈することにより、D S N 記述 1 0 2 に記述されたアプリケーション要求及びメッセージ交換パターンを実現するように、O p e n F l o w 制御コマンドシーケンス 1 0 6 又は P I A X 制御コマンドシーケンス 1 1 0 を出力するインタープリタ 1 0 4 と、D S N のルールを N C P S の制御コマンド列に変換する際にインタープリタ 1 0 4 が利用する、変換ルールを記述した辞書 1 1 4 及び 1 1 6 を含む。辞書 1 1 4 は O p e n F l o w のための辞書であり、辞書 1 1 6 は P I A X のための辞書である。なおここでいう「変換ルール」は、D S N 記述内の「ルール」とは異なるものである点に注意が必要である。

【 0 0 2 9 】

なお、インタープリタ 1 0 4 は、D S N 記述 1 0 2 により指定されるネットワークが O p e n F l o w によるものか、P I A X によるものかに応じて、O p e n F l o w 制御コマンドシーケンス 1 0 6 又は P I A X 制御コマンドシーケンス 1 1 0 の一方を選択的に生成する。具体的には、インタープリタ 1 0 4 は、D S N 記述 1 0 2 が O p e n F l o w を指定しているか P I A X を使用しているかにより、辞書 1 1 4 を使用するか辞書 1 1 6 を使用するかを決定する。以下の説明では、説明を明瞭にするために、この選択については詳細には説明しない。

【 0 0 3 0 】

N C P S レイヤ 8 4 は、O p e n F l o w ネットワーク 8 6 に接続され、O p e n F l o w 制御コマンドシーケンス 1 0 6 を実行することによりフローテーブルを作成し、このフローテーブルを用いて O p e n F l o w ネットワーク 8 6 の各スイッチを制御するための O p e n F l o w ネットワークコントローラ 1 0 8 と、P I A X ネットワーク 8 8 に接続され、P I A X 制御コマンドシーケンス 1 1 0 にしたがってルーティングテーブルを作成し、このルーティングテーブルを用いて配下の P I A X ネットワーク 8 8 を構成する各ピアを制御するための複数の P I A X ネットワークコントローラ 1 1 2 とを含む。これら複数の P I A X ネットワークコントローラ 1 1 2 は、自律分散的に動作する。

10

【 0 0 3 1 】

図 3 を参照して、D S N 記述 1 0 2 の 1 行目の“ O v e r l a y G e o S o c i a l A p p ” は、この D S N 記述により構成される仮想的ネットワーク（これを「オーバーレイ」と呼ぶ。）の名称が“ G e o S o c i a l A p p ”であることを示す。

20

【 0 0 3 2 】

2 行目、4 行目、7 行目の「 / / 」は、同じ行のこの後の文字列がコメントであることを示す。インタープリタ 1 0 4 は D S N の解釈にあたりコメントを無視する。

【 0 0 3 3 】

3 行目、5 行目、6 行目、8 行目及び 9 行目は実質的な D S N 記述のルールである。各ルールは、以下のような文法にしたがう。

【 0 0 3 4 】

ラベル アクション < ~ イベント , 条件 1 、 ... 、 条件 N

このルールは、条件 1 、 ... 、 条件 N の全てが T R U E になったときに、特定のイベントが発生したら、「 < ~ 」の左に記載されたアクションを実行する、というものである。アクションを表す文字列をアクション述語、イベントに相当する文字列をイベント述語と呼ぶ。この型から分かるように、D S N は P r o l o g のステートメントと同様、何を行なうかのみを宣言する宣言的記述であって、それをどのように行なうかを記述する手続的記述ではない。もちろん、ルールの記述方法は上記したもの限定されず、宣言的記述であればどのような記述方法を用いてもよい。

30

【 0 0 3 5 】

図 4 を参照して、ラベルは各ルールを識別するためのものであり、1 つの D S N 記述内で重複さなければどのような値を記述してもよい。

【 0 0 3 6 】

アクション述語は、条件 1 、 ... 、 条件 N が全て T R U E のとき、次に実行されるアクションを示す。イベント述語は、実行されるイベントを示す。

40

【 0 0 3 7 】

条件は、例えば、ネットワークの状態がある条件を充足しているか否か等に関連するものであり、アクション述語により表されるアクションを実行するか否かを定める条件である。

【 0 0 3 8 】

例えば図 3 の 3 行目において、「 R 1 」はラベル、「 R E G I S T (G e W E) 」はアクション述語、「 I D E N T 」はイベント述語であり、これ以外に特に条件はない。したがって、インタープリタ 1 0 4 は、このルールを読んだ場合、他の条件にかかわらず I D

50

EVENTというイベントが発生すると、REGISTERというアクションを実行する。REGISTERというアクション述語の次のカッコ、及びIDENTというイベント述語の次のカッコ内には、これらのアクション述語及びイベント述語にそれぞれ付随するパラメータが列挙されている。パラメータはアクション述語及びイベント述語により異なる。

【0039】

図5を参照して、基本的なイベント述語を説明する。なお、ここに示したものは単なる例に過ぎないことに注意すべきである。「IDENT」は、アプリケーションID情報の登録要求を発行することを示す。パラメータは例えばサービス名、クラス、キー等、あらかじめ決められた順番で、又はキーワードとともに記述する。サービス名はサービスを識別するための名前である。クラスは、このサービスがどのような種類のサービスかを示す。キーは、IPアドレスより細かい粒度で論理ネットワークを特定するためのものである。

10

【0040】

「REQUEST」は、アプリケーションからのメッセージ送信イベントを発行することを示す。

【0041】

「RESPONSE」は、アプリケーションへの受信イベントを発行することを示す。

【0042】

図6には、図5に示したものも含めて、述語がどのような場合に使用されるかを示す。例えば、SendOnlyという述語は、一方通行のメッセージを送信することを示す。図5にも示した「Request」及び「Response」は、メッセージが送信されて、応答が受信される要求—応答のペアで構成された非同期の通信である。これに対し、「Interactive」は、メッセージが送信されてそれに対する応答が受信される要求—応答のペアのパターンで構成される、同期型の通信を示す。

20

【0043】

この他、「AggregateRequest」はRequest述語の派生型であって、応答する際にその他のサービスデータを収集して返送する非同期の通信、「AggregateInteractive」はInteractive述語の派生型であって、応答する際にその他のサービスデータを収集して返送する同期型の通信、SequenceRequestはRequest述語の派生型であって、応答する際にその他のサービスデータを順番に返送する非同期型の通信、SequenceInteractiveはInteractive述語の派生型であって、応答する際にその他のサービスデータを順番に返送する同期型の通信である。「Publish」及び「Subscribe」は、購読 - 出版型であって、指定のチャンネルで購読(Subscribe)を受取ったノード全てに対して出版(Publish)する通信を示す。この型の述語は、特定のサービスが発行する情報のうち、ある条件を満たしたもののみを受信したい場合などに利用される。

30

【0044】

インタープリタ104がOpenFlowネットワークコントローラ108のために生成するNCPSコマンド列は、OpenFlowにおいて定められたスイッチ制御コマンド列である。図7には、それらコマンドの一部の例と、その説明とを示す。

40

【0045】

図7を参照して、「RGT」は、パラメータで指定されたサービス情報をOpenFlowネットワークコントローラ108のサービスリスト(図示せず)に登録するためのコマンドである。図7に示す例では、パラメータとして「SrvName」、「Key」、「IP」、「listenport」、及び「Behavior」が定められている。これらは順にサービス名、サービスを提供するサーバの、IPアドレスよりも粒度の細かいアドレス情報であるキー、サービスを提供するサーバのIPアドレス、サーバが使用するポート番号、及びサービスのタイプを示す。

【0046】

50

S R H コマンドは、登録されたサービスを検索するためのものである。パラメータとしては、S v r N a m e , B e h a v i o r , K e y のいずれかを指定できる。このコマンドを実行することにより、特定のタイプのサービスを提供するサーバからの返答が得られ、そのサービスがどこで提供されているのかを知ることができる。

【 0 0 4 7 】

C P コマンドはサービス間の通信パスの構築依頼コマンドである。あるサービスから別のサービスに情報を渡すことが必要な場合、それら 2 つのサービスを指定して C P コマンドを発行することにより、O p e n F l o w ネットワークコントローラ 1 0 8 がこの 2 つのサービスを提供するノード間の通信パスを生成する。このとき、O p e n F l o w ネットワークコントローラ 1 0 8 からはこの通信パスの I D が返される。

10

【 0 0 4 8 】

U P コマンドは、通信パスの I D を指定して、生成済みの通信パスをアップデートすることを依頼するコマンドである。例えばあるサービスからあるサービスへの通信パスの Q o S が低下し、指定された要求速度を下回ったり、別のサービスを利用することが選択されたりしたときには、通信パスを設定し直す必要がある。そうしたときにこのコマンドが使用される。

【 0 0 4 9 】

C M コマンドは、通信パスの I D を指定して要求を出すためのコマンドである。例えばその通信パスにおいて一定以上の帯域を確保するときなどに使用される。

【 0 0 5 0 】

20

s h o w コマンドは、通信パス若しくはスイッチの I D、又はサービス名を指定して、指定された通信パス、スイッチ、又はサービスの状態等を収集する際に用いられるコマンドである。

【 0 0 5 1 】

これら以外にも O p e n F l o w では様々なコマンドがあるが、ここでは説明を簡潔にするためにそれらに関する詳細は説明しない。

【 0 0 5 2 】

図 8 に、P I A X に対する N C P S コマンドの例を示す。P I A X の場合、図 7 に示したコマンドと同種のコマンドに加え、A D D O L、U P L、S P L I T O L、S U M O L などのコマンドがある。これらは、P I A X がいわゆる P 2 P 通信を基礎としていることに由来する。A D D O L は、P I A X における概念である「オーバーレイ」をネットワークに登録することを示す。オーバーレイとは、物理ネットワーク上に、P I A X により構築された一種の仮想ネットワークのことをいう。

30

【 0 0 5 3 】

C P コマンドは、P I A X ではピア間に論理リンクを構築することを依頼するコマンドである。U P L は、このピア間の論理リンクのアップデート命令であって、O p e n F l o w の U P コマンドに対応する。

【 0 0 5 4 】

S P L I T O L コマンドは、オーバーレイを分割するためのコマンドであり、S U M O L は逆にオーバーレイを集合させるためのコマンド、D E L T O L はオーバーレイを解散させるためのコマンドである。

40

【 0 0 5 5 】

インタープリタは、入力される D S N により O p e n F l o w 及び P I A X のいずれの N C P S コマンド列を生成するかを決定し、D S N の各ルールを、パラメータを含めて、対応する N C P S コマンド列に変換する。その変換ルールは、D S N の述語及びそのパラメータに対応する 1 又は複数の N C P S コマンド及びそのパラメータに対応付けることにより行なわれる。

【 0 0 5 6 】

図 9 に、D S N のルールと O p e n F l o w の N C P S コマンドとの対応関係の一部を示す。D S N の記述のための規約と N C P S コマンドの記述のコマンドとはそれぞれ規定

50

されており、両者の対応付けは明確に行なえる。したがってここでは一部の変換ルールを示し、全ての変換ルールを説明することはしない。

【 0 0 5 7 】

なお、この変換に際しては、DSNの1ルールに対して複数のNCPSコマンドが対応する場合があることに注意する必要がある。

【 0 0 5 8 】

図9を参照して、DSNの述語「REGISTER」はサービスの登録を要求するための述語であって、OpenFlowではRGTCOMMANDがこれに対応する。図3のDSN記述102のラベル=R1の行から分かるように、述語「REGISTER」が実行される際には、ルール右辺のイベント述語のパラメータが渡される。このパラメータの意味はそれぞれ、対応して記述されるキーワード、又はパラメータの記述順序により決定される。RGTCOMMANDでは、例えばサービス名、キー、サービスを提供するノードのIPアドレス、登録されるサービスのタイプ等を指定する必要があるが、これらは述語「REGISTER」の実行により与えられる。

【 0 0 5 9 】

図9の表中、DSNの2つめのアクション述語FINDは、ネットワーク上で所望のサービスを検索することを求める述語である。これは、OpenFlowではSRHコマンドに対応する。FIND及びSRHはいずれも所望のサービスのタイプを指定することになっているので、FIND述語に与えられるパラメータをそのままSRHコマンドに与えればよい。

【 0 0 6 0 】

DSNの3番目のアクション述語SENDで、2つのサービスS1及びS2が指定されたときには、あるサービス(S1により指定される。)から別のサービス(S2により指定される。)にメッセージを送信することを規定する。パラメータは起点及び終点のサービス名である。これは、サービスS1とサービスS2との間のパスを定め、そのパスを使用してメッセージをサービスS1からサービスS2に送信することを意味する。OpenFlowでは、この述語は、状況によりCPコマンド又はUPコマンドに対応する。CPコマンドは、新たにサービス間のパスを定めるためのコマンドである。このコマンドにより、指定されたサービスとサービスとの間にパスが定められ、そのパスIDが戻り値として返ってくる。一方、UPコマンドは、生成済みのパスを変更するためのコマンドである。たとえばパスの終点のサービスを他のサービスに変更したりするときに用いられる。パスIDを指定したUPコマンドを発行することにより、メッセージ送信のためのパスとして、それまでのパスに代えてUPコマンドにより指定されるパスが新たに使用される。

【 0 0 6 1 】

一方、図9の4行目に示されるように、SEND命令で2つのサービスに加え、これら以外のパラメータが指定された場合には、2つのサービス間のパスについて、指定されたパラメータにしたがって構成を変更することを意味する。例えばパラメータとして「S1, S2, "1000<=SampleRate(kbit/s or Page/s)"」がパラメータとして与えられた場合、サービスS1からサービスS2へのパスにおいて、サンプルレートが1000ページ/秒以上となるようにこれらの間のパスのQoSを変更することを意味する。なお、ここではページ単位でWebページをクロールしているため、帯域はPage/sで指定している。しかし、1ページ当たりのサイズが推定できる場合には、帯域をkbit/sで指定することもできる。OpenFlowでこれに対応するコマンドは、CMコマンドである。サービスS1及びS2の間のパスのパスID、及び、指定されたサンプルレートから計算される、このパスに設定すべきQoSの値がパラメータとしてCMコマンドに与えられる。

【 0 0 6 2 】

他の命令についても、以上と同様、DSNのアクション述語及びその発行の条件となる各種条件からNCPSコマンドを生成できるように変換ルールを作成して辞書114に記憶させておき、インタプリタ104で辞書114を用いて変換作業を実行すればよい。

【 0 0 6 3 】

同様の考えが P I A X にも適用できる。図 1 0 を参照して、P I A X の場合には、O p e n F l o w に対して実装された各種変換ルールは、可能な場合にはそのまま利用し、それ以外の、辞書 1 1 6 に記憶された P I A X 特有の処理の変換ルールを用いてインタープリタ 1 0 4 により変換する。

【 0 0 6 4 】

そのような変換ルールが必要となるアクション述語の 1 つが L A U N C H である。この述語は、P I A X によるネットワークにおいて、オーバーレイと呼ばれる仮想ネットワークを構築することを指定する述語であり、アプリケーション名と、使用するサービスのタイプと、その数とをパラメータとする。この述語は、例えば、P I A X の S R H 、 C P P 、 A D D O L という 3 種類のコマンドの組合せに変換される。S R H は O p e n F l o w の場合と同様のコマンドであり、サービスの種類を指定してサービスを検索するために使用される。C P P は、O p e n F l o w の場合の C P と同様のコマンドであり、オーバーレイ間のパスを生成することを指定する。このコマンドの実行により、パスのリンク I D が戻り値として返される。C P P コマンドは、サービス間で必要とされるパスの数だけ生成する必要がある。この数は L A U N C H のパラメータとして与えられる。S R H 命令で検索されたサービスのうち、どれを使用するかについては任意であり、例えば乱数でランダムに選択すればよい。A D D O L コマンドは、P I A X ネットワークにオーバーレイを追加するための命令である。A D D O L コマンドに必要なパラメータも、アクション述語若しくはアクション述語を含むルールの条件に対応して生成されたコマンドの実行結果から得ることができる。

【 0 0 6 5 】

図 1 0 には、アクション述語として、L A U N C H のほかに、F I N D 、 S E N D を挙げてある。F I N D は O p e n F l o w の場合と同様の機能を持つが、検索の対象がサービスではなくピア又はオーバーレイである点が O p e n F l o w と異なる。S E N D は、O p e n F l o w の場合と異なり、オーバーレイのためのルーティングテーブルを生成することを指定する。P I A X の N C P S として生成されるコマンドは、S E N D 命令にどのようなパラメータが与えられたかにより異なる。例えば S E N D (P r o c e s s o r , A r c h i v e , W e a t h e r S e n s o r) のように、メッセージを送信するサービスが複数個指定されると、インタープリタは、指定された順番にしたがったルーティングパスを C P P 命令で指定する。

【 0 0 6 6 】

述語 S E N D にリンク I D が付されると、そのリンク I D により指定されるリンクの経路の設定を S E N D 述語による指定にしたがって変更するための U P L コマンドが生成される。生成される U P L コマンドには、リンク I D と、指定された条件をそのリンクに設定するためのパラメータとが指定される。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 の末行の S E N D には、メッセージ送信元のサービスのタイプ及び送信先のサービスのタイプと、“ 1 0 0 0 < S a m p l e R a t e (k b i t / s o r P a g e / s) ” 等のような条件がパラメータとして付されている。この場合、インタープリタは、指定されたタイプのサービスを検索する複数のコマンド S R H と、検索されたサーバのうちから選択されたサーバ間にパスを生成するコマンド C P P と、生成されたパスを、S E N D のパラメータによる指定にしたがって設定するコマンド C M P とを生成する。

【 0 0 6 8 】

これらのほかにも様々な変換ルールが考えられるが、それらについては D S N の記述と N C P S のコマンド記述との関係にしたがって適切に設定し、辞書 1 1 4 又は 1 1 6 に格納しておけばよい。

【 0 0 6 9 】

この実施の形態に係るインタープリタ 1 0 4 (図 2 を参照) は、コンピュータプログラム (以下単に「プログラム」と呼ぶ。) により実現される。図 1 1 を参照して、このプロ

グラムは、ネットワーク制御システム 70 の起動とともに起動され、作業に必要な記憶領域を確保したり、記憶領域に初期値を格納したり、必要な情報を収集して記憶領域に格納したりする初期化処理を実行するステップ 200 と、与えられた D S N 記述内のルールの全てに対して後述のステップ 204 を実行することにより各 D S N 命令の条件を評価するステップ 202 と、ステップ 202 の処理の後、与えられたルールの全てについて後述のステップ 208 を実行し、制御をステップ 202 に戻すステップ 206 とを含む。

【0070】

ステップ 204 は、処理対象のルールを読むステップ 240 と、ステップ 240 で読んだルールの右辺の各項目が T R U E か否かを評価してステップ 204 を終了するステップ 242 とを含む。

10

【0071】

ステップ 260 は、処理対象のルールの右辺について、ステップ 204 で評価された結果、全ての項目が T R U E か否かを判定するステップ 260 と、ステップ 260 の判定が肯定のときに、ルールの左辺に記載されたアクションを、N C P S コマンド列に変換するステップ 262 と、ステップ 262 の終了後、及びステップ 260 の判定が否定のときに実行され、処理対象のルール右辺の評価結果を全てクリアしてステップ 208 を終了するステップ 264 とを含む。前述したとおり、ステップ 262 での変換には、O p e n F l o w 及び P I A X のいずれが D S N に指定されているかにより、辞書 114 又は 116 のいずれかを選択して D S N のアクション記述に対応する変換規則を読み出し、N C P S コマンド列に変換する。

20

【0072】

[動作]

ネットワーク制御システム 70 の動作は比較的単純である。まず、ユーザがアプリケーション 100 を操作して D S N 記述 102 を生成する。この場合、ユーザはアプリケーション 100 を操作することにより、アプリケーションを構成するサービス間のつながりを抽象的に表し、そのつながりに対応する D S N 記述 102 をアプリケーション 100 が生成する。又は、アプリケーション 100 の助けを使わず、アプリケーションを設計したユーザが直接 D S N 記述 102 を記述してもよい。そしてこの D S N 記述 102 をインタープリタ 104 への入力に指定し、インタープリタ 104 に処理を依頼する。

【0073】

30

インタープリタ 104 は、ネットワーク制御システム 70 が起動すると初期化（図 11 のステップ 200）を実行し、初期化に成功すると以下のような動きを繰り返す。すなわち、インタープリタ 104 は、ユーザが指定した D S N 記述内のルールを読む（図 11 のステップ 204）。ルールは、D S N の先頭から 1 つずつ読み込まれる。インタープリタ 104 はさらに、読み込んだルール右辺の条件の各々について T R U E か否かを評価する。この条件の中には、ネットワークの状態に関するものもある。それらは、図 2 に示す O p e n F l o w ネットワークコントローラ 108 又は P I A X ネットワークコントローラ 112 によりインタープリタ 104 に与えられる。O p e n F l o w ネットワークコントローラ 108 及び P I A X ネットワークコントローラ 112 は常にネットワークの状態を監視しており、トラフィックの状況、ネットワークの遅延状況などの統計的情報をリアルタイムでインタープリタ 104 に送信する。

40

【0074】

本実施の形態では、インタープリタ 104 は、図 11 のステップ 240 及び 242 を D S N 記憶部 118 に記憶されている D S N 記述内の全てのルールについて実行する。

【0075】

全てのルールについて図 11 のステップ 240 及び 242 の実行が終了すると、インタープリタ 104 は、再び D S N 記述 102 の先頭のルールに戻り、その右辺の各項目が全て T R U E か否かを判定する（ステップ 260）。右辺の項目のうち、1 つでも F A L S E のものがあれば（ステップ 260 で N O ）、インタープリタ 104 はこのルールについて左辺のアクションを実行せず、右辺の全項目の評価をクリアして（ステップ 264）、

50

次のルールに進む（ステップ260）。ステップ260でルール右辺の全項目がTRUEであれば、インタープリタ104はステップ262を実行する。すなわち、ステップ262ではインタープリタ104は、処理対象のルール左辺のアクション述語を、右辺の条件と、予め決められ辞書114又は116に格納された変換ルールとにしたがって、対象となるNCPSコマンド又はNCPSコマンド列に変換する。その後、ルール右辺の各項目の評価を全てクリアして（ステップ264）、制御をステップ260に戻す。DSNの末尾のルールまで処理が終了すると、インタープリタ104は制御をステップ202（図11）に戻し、以下、ステップ202及び206を繰返し実行する。

【0076】

こうしたインタープリタ104の処理により、一連のNCPSコマンド列が生成され、そのコマンド列によってOpenFlowネットワーク86又はPIAXネットワーク88の構成に変更が加えられる。

【0077】

こうした処理の途中でユーザがDSN記憶部118にあるルールを書換えたとする。すると、インタープリタ104による図11のプログラムの実行中に、書換えた結果にしたがって図11のステップ202及び206の処理内容が変更される。その結果、OpenFlow制御コマンドシーケンス106又はPIAX制御コマンドシーケンス110の内容もリアルタイムで変更される。さらに、OpenFlowネットワークコントローラ108又はPIAXネットワークコントローラ112がこれらコマンドシーケンスの変更に伴ってOpenFlowネットワーク86及びPIAXネットワーク88の構成を変更するので、ユーザがアプリケーションに変更を加えたときにも、そのアプリケーションの要求にしたがって最適な構成となるように、ネットワークが再構成される。その結果、ユーザがアプリケーションを途中で変更しても、ただちにその変更がネットワーク構成に反映される。

【0078】

さらに、OpenFlowネットワーク86及びPIAXネットワーク88などのネットワークの状態が変化し、インタープリタ104の処理により最初に設定されたパスの通信速度が低下したような場合には、図11のステップ242でのルールの右辺の条件が変化し、評価結果が変化する。すると、その変化に応じてルール左辺の各アクションを実行するか否かが変化する。その結果、例えば条件を充足するサービスの探索と、パスの設定とが再実行され、アプリケーション要求を満たすようにネットワークが再構築される。その結果、ネットワークの状況が変化しても、ミドルウェア82及びNCPSレイヤ84のレベルのみでアプリケーション要求にあうようなネットワークの調整を行なうことができる。

【0079】

DSN記述は何を行なうかを宣言するのみの宣言的記述であり、それをどのように実行するかについては触れない。本実施の形態では、そのDSN記述内の各ルールをインタープリタ104により逐次解釈してアクションを実行していく。各ルールにより決まるアクションを実行するか否かは、ルール右辺の各項目の評価により決定される。この評価には、ネットワークの現在の状況を反映させることができる。この結果、以下のような利点もたらされる。

【0080】

（1）ネットワークを制御するプロトコルの違いによる影響を受けずにサービス連携をルールとして定義できる。

【0081】

（2）そのため、異なるプロトコルのネットワークをDSN記述により透過的に制御できる。

【0082】

（3）DSN記憶部118中のDSN記述内にルールを追加したり、ルールを変更したりするだけで、アプリケーションの挙動をその実行中でも変更できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

(4) D S N のルールの解釈にネットワークの状況の評価結果を反映させることができるため、D S N ルールを変更しなくても、ネットワークの状況に応じてアプリケーション要求を充足するようにネットワーク構成を動的に調整できる。

【 0 0 8 4 】

こうした構成により、突発的なアプリケーションの要求に対しても、そのアプリケーションを実現するためのサービス連携を記述する D S N 記述を作成することで、ネットワークを動的にかつ継続的に再構築できる。アプリケーション開発者にとっては、ネットワークの性能をより効果的に利用できるようになる。ネットワーク管理者にとっては、アプリケーションの開発者の要求に対してネットワークの再設定を行なう必要がない。そのためネットワーク管理者の管理負荷を軽減できる。

10

【 0 0 8 5 】

本実施の形態のシステムは、災害時など、既存システムで想定していない事態が発生した際に特に威力を発揮する。例えば、ネットワークの高い処理性能と拡張性とを生かしながら、膨大な情報を組合せて集約・分析したり、情報サービスの代替サービスを発見し提供したり、一定の時間の間のみ、ネットワークを再構成して大量の情報を効率よく収集し処理したりすることが可能になる。刻々と変化する状況に対応して、既存の情報サービスを様々な組合せて所望の情報を得たりすることも可能になる。

【 0 0 8 6 】

自然災害又は社会現象など、多種多様なセンシング情報を、アプリケーション開発者が指定した条件に基づいて、オンデマンドに収集・解析するカスタムメイドな仮想センサを構築したりできる。そうしたアプリケーションでは、ネットワーク上で種々のサービスを提供するサーバからのセンシング情報を収集したり保存したりする条件をアプリケーションの開発者が追加したり変更したりするたびに、対応する情報サービス間のやり取りを定義した D S N 記述を生成し、これをインタープリタにより逐次解釈し実行する。この結果、ノードの検索、パスの作成・変更などのネットワーク制御コマンドが D S N 記述から生成され、仮想センシングネットワークが動的に再構成される。さらに、ネットワークの状態を常に監視し、ノードの変更又はパスの輻輳などが発生しても、D S N 記述に指定された条件の評価結果に基づいて、自律的にネットワークを再構築できる。

20

【 0 0 8 7 】

なお、上記実施の形態では、D S N 記述により対象のネットワーク基盤が O p e n F l o w によるものか P I A X によるものかを指定している。しかし本発明はそのような実施の形態には限定されない。例えばユーザが D S N 記述とは別に入力してもよいし、インタープリタ 1 0 4 が対象となるネットワーク基盤と通信することにより自動的に判断するようにしてもよい。

30

【 0 0 8 8 】

[コンピュータによる実現]

この実施の形態のシステム、特にミドルウェア 8 2 を実行する部分は、コンピュータハードウェアと、そのコンピュータハードウェアにより実行されるプログラムと、コンピュータハードウェアに格納されるデータとにより実現される。図 1 2 はこのコンピュータシステム 3 3 0 の外観を示し、図 1 3 はコンピュータシステム 3 3 0 の内部構成を示す。

40

【 0 0 8 9 】

図 1 2 を参照して、このコンピュータシステム 3 3 0 は、DVD (D i g i t a l V e r s a t i l e D i s c) ドライブ 3 5 0 を有するコンピュータ 3 4 0 と、いずれもコンピュータ 3 4 0 に接続されたキーボード 3 4 6、マウス 3 4 8、及びモニタ 3 4 2 とを含む。

【 0 0 9 0 】

図 1 3 を参照して、コンピュータ 3 4 0 は、DVD ドライブ 3 5 0 に加えて、CPU 3 5 6 と、バス 3 6 6 とを含む。CPU 3 5 6 及び DVD ドライブ 3 5 0 は、いずれもバス 3 6 6 に接続されている。コンピュータ 3 4 0 はさらに、ブートアッププログラム等を記

50

憶するROM 358と、バス366に接続され、プログラム命令、システムプログラム、及び作業データ等を記憶するRAM 360と、プリンタ344と、ローカルエリアネットワーク(LAN) 364を介してインターネット等のネットワークへの接続を提供するネットワークインターフェイスカード(NIC) 352とを含む。

【0091】

コンピュータシステム330により実行される、インタープリタ104を実現するコンピュータプログラムは、DVDドライブ350に挿入されるDVD 362に記憶され、さらにハードディスク354に転送される。又は、プログラムはLAN 364を通じてインターネット上の他のサーバからコンピュータ340に送信されハードディスク354に記憶されてもよい。辞書114及び116についても同様である。プログラム、辞書114及び116は、プログラムの実行の際にRAM 360にロードされる。DVD 362から、又はLAN 364を介して、直接にRAM 360にプログラム等をロードしてもよい。

10

【0092】

コンピュータプログラムの流通媒体はDVDに限定されない。CD-ROMでもよいし、フレキシブルデバイス、USBメモリ、リムーバブルディスク、光磁気記録媒体などのいずれの媒体でもよい。

【0093】

インタープリタ104の実体であるプログラムは、コンピュータ340にこのインタープリタ104としての動作を行なわせる複数の命令を含む。この動作を行なわせるのに必要な基本的機能のいくつかはコンピュータ340上で動作するOS若しくはサードパーティのプログラム、又はコンピュータ340にインストールされる各種ソフトウェアツールキットにより提供される。したがって、このプログラムはこの実施の形態のシステム及び方法を実現するのに必要な機能の全てを必ずしも含まなくてよい。このプログラムは、命令のうち、所望の結果が得られるように図11に示したように制御されたやり方で適切な機能又は「ツール」を呼出すことにより、上記したインタープリタ104としての動作を実行する命令のみを含んでいればよい。コンピュータシステム330の動作は周知であるので、ここでは繰返さない。

20

【0094】

辞書114及び116、DSN記述、NCPSコマンド列などは、本実施の形態ではいずれもRAM 360に記憶される。

30

【0095】

今回開示された実施の形態は単に例示であって、本発明が上記した実施の形態のみに制限されるわけではない。本発明の範囲は、発明の詳細な説明の記載を参酌した上で、特許請求の範囲の各請求項によって示され、そこに記載された文言と均等の意味及び範囲内の全ての変更を含む。

【符号の説明】

【0096】

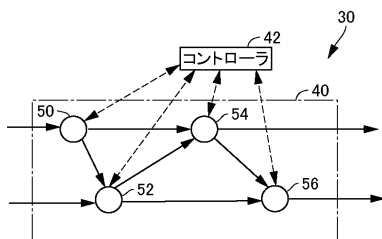
- 30 ネットワーク
- 40 スイッチ群
- 42 OpenFlowコントローラ
- 50, 52, 54, 56 スイッチ
- 70 ネットワーク制御システム
- 80 アプリケーションレイヤ
- 82 ミドルウェア
- 84 NCPSレイヤ
- 86 OpenFlowネットワーク
- 88 PIAネットワーク
- 100 アプリケーション
- 102 DSN記述
- 104 インタープリタ

40

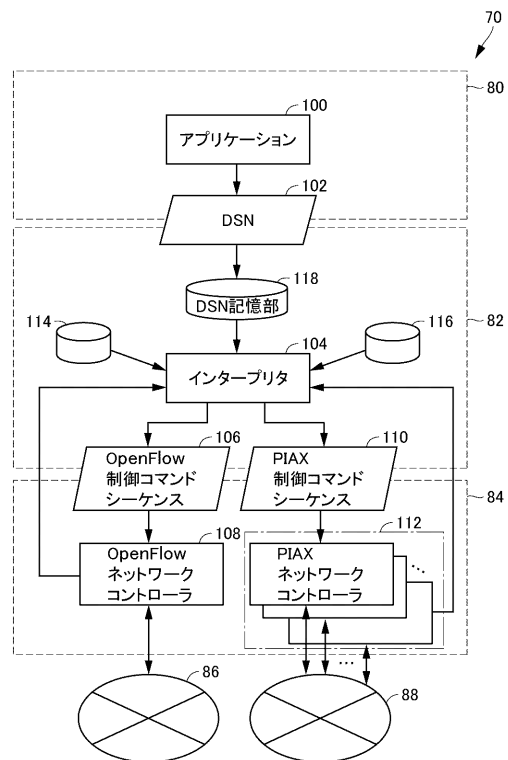
50

- 106 OpenFlow制御コマンドシーケンス
- 108 OpenFlowネットワークコントローラ
- 110 PIAX制御コマンドシーケンス
- 112 PIAXネットワークコントローラ
- 114 OpenFlow用辞書
- 116 PIAX用辞書

【図1】



【図2】



【図 3】

```

Overlay GeoSocialApp
//(1)ノード登録
R1 REGIST(GeWE) <~ IDENT(GeoSocialWeb, GeWE, "192.168.XXXXX")
//(2)ノード検索
F1 FIND(RaQU) <~ REQUEST(GeWE, RaQU)
F2 FIND(TwQU) <~ REQUEST(GeWE, TwQU)
//(3)パス構築・メッセージ送信
S1 SEND(GeWE, RaQU, "50 <= Rain" & "1000 < SampleRate") <~ FIND(RaQU)
S2 SEND(GeWE, TwQU, "避難", & "4000 < Record") <~ FIND(TwQU)

```

【図 4】

要素	説明
ラベル	ルールを識別する為のラベル
アクション	次に実行するアクション述語
イベント	実行されるイベント述語
条件	アクション述語を実行する為の条件

【図 5】

述語	説明
IDENT	アプリケーションID(サービス名、クラス、キー等)情報の登録要求を発行
REQUEST	アプリケーションからのメッセージ送信イベントを発行
RESPONSE	アプリケーションへの受信イベントを発行

【図 8】

NCPS for PIAX	コマンドの解説
NCPSで実装された各種コマンドは流用	
ADDOL(OverlayName = Overlay1, Behavior = Sense of Weather Condition, Link1 = xxxxx, Link2 = xxxxx)	PIAX上のOverlayを登録する
CP(Srv1 = xxxxx, Srv2 = zzzzzz)	ピア間論理リンクの構築依頼
UPL(linkname = xxxxx)	ピア間論理リンクのアップデート命令
CM(PathID = xxxxx, qos = 50m)	ピア間の通信パスへ要求を出す ex. 帯域50M以上 など
show(PathID = xxxxxxxx, or SwitchID = zzzzzzz, or SrvName = xxxxxx.)	ピアのステータス、論理リンクの状態情報の取得
SPLITOL(overlay = Overlay1)	PIAX Overlayを分割する
SUMOL(overlay1 = Overlay1, overlay2 = Overlay2, overlay3 = Overlay3)	PIAX Overlayを集合させる
DELTEOL(overlay = Overlay1)	PIAX Overlayを解散させる

【図 9】

DSN	DSN/NCPS Translator	NCPSコマンド
REGIST(S1, 12345, Sensor,)	Service registration	RGT(ServiceName = S1, Key = 12345, IP = xxx.xxx.xxx.xxx, listenport = 10001, Behavior = Sensor)
FIND(Sensor)	Search of Service	SRH(Behavior = Sensor)
SEND(S1, S2)	Path Creation and Send to data	CP(Srv1 = S1, Srv2 = S2) 又は UP(PathID = 1234567)
SEND(S1, S2, "1000 < SampleRate (kbit/s or Page /s)")	Configuration of QoS Parameter	CM(PathID = 1234567, qos = 10m)

【図 6】

述語	説明
SendOnly	一方通行のメッセージを送信(Send-and-Forget)
Request, Response	メッセージが送信されて、応答が受信される要求(Request) - 応答のペアのパターンで構成(非同期)
Interactive	メッセージが送信されて、応答が受信される要求 - 応答のペアのパターンで構成(同期)
AggregateRequest	Request述語の派生型、応答する際にその他のサービスデータを収集して返送(非同期)
AggregateInteractive	Interactive述語の発生型、応答する際にその他のサービスデータを収集して返送(同期)
SequenceRequest	Request述語の派生型、応答する際にその他のサービスデータを順番に返送(非同期)
SequenceInteractive	Interactive述語の発生型、応答する際にその他のサービスデータを順番に返送(同期)
Publish, Subscribe	購読 - 出版型、指定のチャンネルで購読(Subscribe)を受け取ったノード全てに対して出版(Publish)

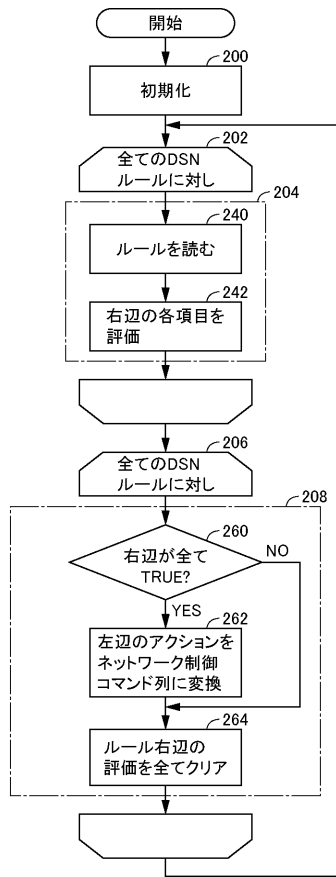
【図 7】

NCPS	コマンドの解説
RGT(SrvName = service1, Key = xxxxxxxx, IP = xxx.xxx.xxx.xxx, listenport = 10001, Behavior = Sensor)	サービス情報をサービスリストに登録
SRH(SrvName = xxx service1, or Behavior, or Key,)	登録されたサービスの検索
CP(Srv1 = service1, Srv2 = service2)	サービス間の通信パスの構築依頼
UP(PathID = xxxxxxxxx)	通信パスのアップデート命令
CM(PathID = xxxxxxxxx, qos = 50m)	サービス間の通信パスへ要求を出す ex. 帯域50M以上 など
show(PathID = xxxxxxxx, or SwitchID = zzzzzzz, or ServiceName = xxxxxx.)	通信パス、スイッチの状態などを収集するコマンド

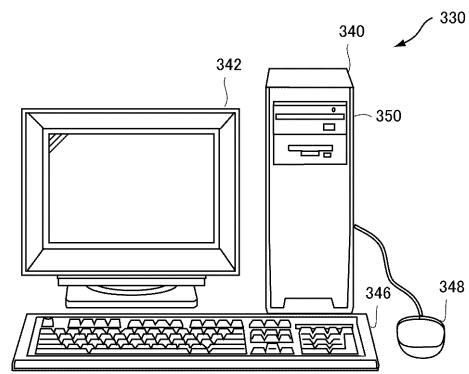
【図 10】

DSN	DSN/NCPS Translator	NCPSコマンド for PIAX
	NCPSで実装された各種コマンドは流用	
LAUNCH (WeatherSensors, Weather, 3)	Launch at Overlay Networks	1. SRH(Behavior = Sensor) 2. CPP(Srv1 = Weather1, Srv2 = Weather2) CPP(Srv1 = Weather2, Srv2 = Weather3) CPP(Srv1 = Weather3, Srv2 = Weather1) 3. ADDOL(OverlayName = Overlay A, Behavior = WeatherSensor, Link1 = 1234, Link2 = 567, Link3 = 890)
FIND (WeatherSensor)	Search of Peer or Overlay	SRH(Behavior = WeatherSensor)
SEND(Processor, Archive, WeatherSensor)	Create of Routing Table Command for Overlay	CPP(Srv = Processor, Srv = Archive, Srv = WeatherSensor)
	Update of Routing Table Command for Overlay	UPL(Link1 = 1234)
SEND (Processor, WeatherSensor, "1000 < SampleRate (kbit/s or Page /s)")	Configuration of QoS Parameter Command for Overlay	1. SRH(Behavior = Processor), SRH(Behavior = WeatherSensor) 2. CPP(Srv1 = Processor, Srv2 = WeatherSensor) 3. CMP(PathID = 8901, qos = 10m)

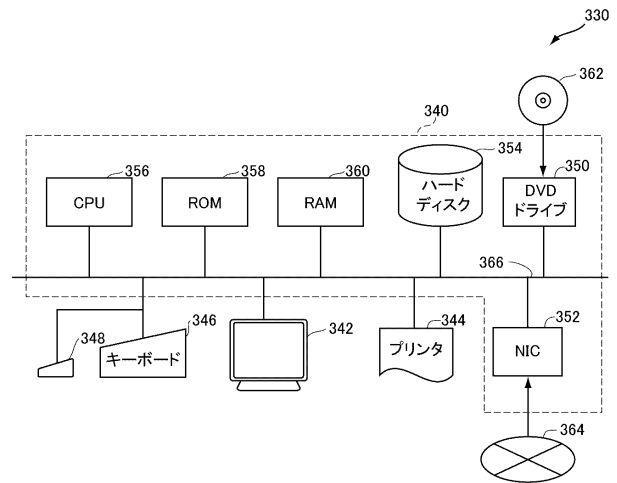
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 西永 望

東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

(72)発明者 木俣 豊

東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

審査官 大石 博見

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0120964 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/717