

(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 11 月 10 日(10.11.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/178376 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/70 (2013.01) *H04L 12/24* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/062772
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 22 日(22.04.2016)
- (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 2015-095193 2015 年 5 月 7 日(07.05.2015) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社(NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP). 国立大学法人大阪大学(OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 高橋 洋介(TAKAHASHI, Yousuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 石橋 圭介(ISHIBASHI, Keisuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 上山 憲昭(KAMIYAMA, Noriaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 塩本 公平

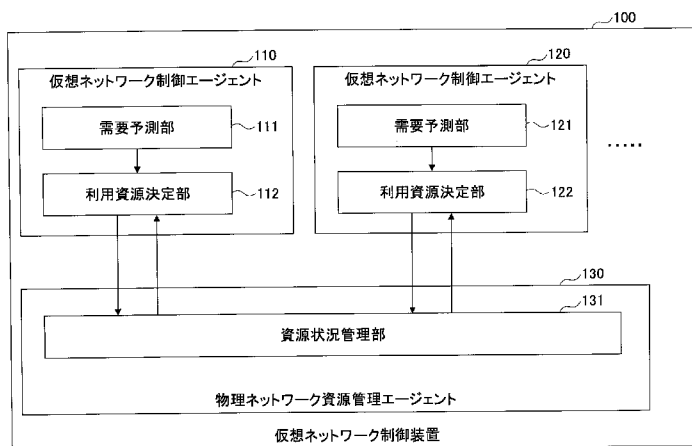
(SHIOMOTO, Kohei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大下 裕一(OHSHITA, Yuichi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 村田 正幸(MURATA, Masayuki); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16 階 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: VIRTUAL NETWORK CONTROL DEVICE, VIRTUAL NETWORK CONTROL METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 仮想ネットワーク制御装置、仮想ネットワーク制御方法、及びプログラム



- 100 Virtual network control device
110, 120 Virtual network control agent
111, 121 Demand prediction unit
112, 122 Utilizing resource determination unit
130 Physical network resource management agent
131 Resource status management unit

(57) Abstract: This virtual network control device performs allocation of physical resources in response to a request for virtual network embedding, and is provided with a virtual network control agent, and a physical network resource management agent which manages the status on utilization of resources on a physical network at respective times in the future. The virtual network control agent includes: a demand prediction means for predicting a future demand over the virtual network; and a utilizing resource determination means for calculating, on the basis of a demand prediction result obtained by the demand prediction means and on the basis of information regarding the status on utilization of resources on the physical network in the future obtained from the physical network resource management agent, the physical resources to be utilized by the virtual network at respective times in the future, and for notifying the physical network resource management agent of the information on the physical resources relating to the calculation result.

(57) 要約:

[続葉有]



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

仮想ネットワーク埋め込みの要求に対して、物理資源の割り当てを行う仮想ネットワーク制御装置において、将来の各時刻における物理ネットワーク上の資源の利用状況を管理する物理ネットワーク資源管理エージェントと、仮想ネットワーク制御エージェントと、を備え、前記仮想ネットワーク制御エージェントは、仮想ネットワークにおける将来の需要の予測を行う需要予測手段と、前記需要予測手段により得られた需要の予測結果と、前記物理ネットワーク資源管理エージェントから取得する将来の物理ネットワーク上の資源の利用状況の情報とに基づいて、前記仮想ネットワークが将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、当該計算結果に係る物理資源の情報を前記物理ネットワーク資源管理エージェントに通知する利用資源決定手段と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

仮想ネットワーク制御装置、仮想ネットワーク制御方法、及びプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、仮想ネットワーク制御技術に係るものであり、特に、サービスプロバイダから送られる、当該サービスプロバイダが必要とする計算機資源と、計算機資源間に必要な通信性能を含む仮想ネットワーク構築の要求に対して、物理ネットワーク上の資源の割り当てを行う仮想ネットワークオペレータにおいて、各サービスプロバイダからの要求が時々刻々変化する状況に対応しつつ、多数のサービスプロバイダの要求に合致した資源割り当てを実現するための技術に関するものである。

背景技術

[0002] 計算機資源の仮想化技術の進展により、1つの計算機に複数の仮想的な計算機を動かすことが可能となっている（非特許文献1参照）。

[0003] また、ある物理的な計算機上で、仮想的な計算機として動作しているシステムを別の計算機に、システムを停止することなく移行するLive Migrationと呼ばれる技術の開発も進められている（非特許文献2参照）。

[0004] 更に、ネットワークを仮想化する技術の開発も進められており（非特許文献3を参照）、単一の物理ネットワークの上に、複数の仮想的なネットワークを構築することが可能となっている。

[0005] これらの技術を利用し、物理的なネットワークを保守・管理するネットワーク事業者（以下、インフラプロバイダと呼ぶ）が保有するネットワーク資源や計算機を用い、仮想ノードや仮想ノード間を接続する仮想ネットワークを埋め込む方法について議論が進められている（非特許文献4を参照）。この議論では、実際のネットワークサービスを提供するサービスプロバイダからの要求に合致するように、仮想ネットワークを制御する仮想ネットワーク

オペレータが必要な仮想ノードの配置や仮想資源の配置を行い、仮想ネットワークを構築する。そして、構築された仮想ネットワークをサービスプロバイダに提供し、当該仮想ネットワークを用いてサービスプロバイダのサービスが提供される。

[0006] 本環境において、サービスプロバイダが提供するサービスへの需要変動等により、各仮想ネットワークが必要とする資源は時々刻々変化する。また、新たなサービスの立ち上げ時には、新規の仮想ネットワークを埋め込む必要が生じる、あるいは、サービスの終了に伴い仮想ネットワークが不要となるなど、埋め込む必要のある仮想ネットワーク数も時間とともに変動する。このような環境変動に対して、既に埋め込み済みの仮想ネットワークを再構成する手法についても議論されている（非特許文献5参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1: Paul Barham, Boris Dragovic, Keir Fraser, Steven Hand, Tim Harris, Alex Ho, Rolf Neugebauer, Ian Pratt, and Andrew Warfield, "Xen and the art of virtualization," in Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating Systems Principles, pp. 164-177, 2003.

非特許文献2: Christopher Clark, Keir Fraser, Steven Hand, Jacob Gorm Hansen, Eric Jul, Christian Limpach, Ian Pratt, and Andrew Warfield, "Live migration of virtual machines," in Proceedings of the 2nd conference on Symposium on Networked Systems Design & Implementation - Volume 2 (NSDI'05), Vol. 2, pp. 273-286, 2005.

非特許文献3: N. M. M. K. Chowdhury, "Network virtualization: State of the art and research challenges," IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 7, pp. 20-26, Jul. 2009

非特許文献4: Andreas Fischer, Juan Felipe Botero, Michael Till Beck, Hermann de Meer, and Xavier Hesselbach, "Virtual Network Embedding: A Survey," IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 15, NO. 4, 20

13.

非特許文献5: I. Fajjari, N. Aitsaadi, G. Pujolle, and H. Zimmermann, "VNR algorithm: A greedy approach for virtual networks reconfigurations," in Proceedings of Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2011), 2011.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 仮想ネットワーク埋め込みでは、埋め込まれた仮想ネットワークの需要の変動が生じた際にも当該仮想ネットワークの性能を満たすためには、仮想ネットワークを再構成することが必要とされる。仮想ネットワークの再構成の際には、必要に応じて、非特許文献2に開示された手法を用い、仮想ノードを現在収容している計算機から別の計算機に移動することも可能ではあるものの、移動の手順には仮想ノードのイメージデータの転送が含まれるため、ネットワークへ大きな負荷をかける。

[0009] 非特許文献5では、状況の変化に応じて仮想ネットワークを再構成する手法について議論されているものの、その再構成は各時刻に観測された需要のみを考えたものであり、場当たり的な再構成となっているという問題がある。その結果、上記の仮想ノードの移動が多発し、ネットワークへ大きな負荷をかけてしまう可能性がある。

[0010] その一方、全仮想ネットワークの将来にわたる需要について、集中的に計算を行い、その結果に基づき、仮想ノードの移動を最小にしつつ、将来にわたる仮想ネットワーク埋め込み箇所を決定するという方法も考えられるものの、この方法では、収容される仮想ネットワークの数が大きくなるにつれ、計算時間が長くなる。その結果、仮想ネットワーク再構成の制御間隔を長くする必要があり、環境変動発生後、その環境変動に対応するのに時間がかかってしまうという問題が生じる。

[0011] 本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、環境変動へ追従した仮想ネットワーク制御を実現するための技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 本発明の実施の形態によれば、仮想ネットワーク埋め込みの要求に対して、管理下の物理資源の割り当てを行う仮想ネットワーク制御装置であって、将来の各時刻における物理ネットワーク上の資源の利用状況を管理する物理ネットワーク資源管理エージェントと、各仮想ネットワークに対して配置される仮想ネットワーク制御エージェントと、を備え、前記仮想ネットワーク制御エージェントは、対応する仮想ネットワークにおける将来の需要の予測を行う需要予測手段と、前記需要予測手段により得られた需要の予測結果と、前記物理ネットワーク資源管理エージェントから取得する将来の物理ネットワーク上の資源の利用状況の情報とに基づいて、前記仮想ネットワークが将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、当該計算結果に係る物理資源の情報を前記物理ネットワーク資源管理エージェントに通知する利用資源決定手段と、を備えることを特徴とする仮想ネットワーク制御装置が提供される。

発明の効果

- [0013] 本発明の実施の形態によれば、環境変動へ追従した仮想ネットワーク制御を実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の実施の形態に係るシステムの構成例である。
[図2]本発明の実施の形態に係る仮想ネットワーク制御装置の構成例である。
[図3]本発明の実施の形態に係る仮想ネットワーク制御装置内の仮想ネットワーク制御エージェントの動作を示すフローチャートである。
[図4]本発明の実施の形態に係る仮想ネットワーク制御装置のハードウェア構成例である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、以下で説明する実施の形態は一例に過ぎず、本発明が適用される実施の形態は、以下の実施の形態に限られるわけではない。

[0016] (実施の形態の概要)

本実施の形態に係る技術は、需要の変動を予測し、その予測結果を用いながら、物理ネットワーク上に収容される仮想ネットワークの需要を可能な限り満たすような仮想ネットワークへの資源の割り当ての計算を、仮想ネットワーク制御装置内のエージェントの連携により、短い時間周期で行うものである。その結果、将来を予測しながら仮想ネットワークの割り当て資源の変更を行うことにより、仮想ノードの移動等の負荷を抑えることができ、短い周期で制御を行うことにより、需要の変動に短時間で追従することができる。

[0017] すなわち、本実施の形態においては、サービスプロバイダからの仮想ネットワーク埋め込みの要求に対して、管理下の物理資源の割り当てを行う仮想ネットワーク制御装置が提供される。

[0018] 当該仮想ネットワーク制御装置は、将来の各時刻における物理ネットワーク上の資源の利用状況を管理する物理ネットワーク資源管理エージェントと、各仮想ネットワークに対応して配置され、当該仮想ネットワークにおける将来の需要の予測を行う機能を持ち、その予測結果と、物理ネットワーク資源管理エージェントから取得する将来の物理ネットワーク上の資源の利用状況の情報をもとに当該仮想ネットワークが将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、物理ネットワーク資源管理エージェントに通知する機能を持つ仮想ネットワーク制御エージェントとを備える。

[0019] 上記仮想ネットワーク制御装置において、各仮想ネットワーク制御エージェントは、対応する仮想ネットワークにおける将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、物理ネットワーク資源管理エージェントに計算結果を通知し、物理ネットワーク資源管理エージェントを介して他の仮想ネットワ

ークが将来の各時刻に利用したいと考えている資源に関する情報を交換しながら、各仮想ネットワークが利用する資源の決定を行うこととしている。

[0020] 本実施の形態では、上記のように、各仮想ネットワーク制御エージェントが対応する仮想ネットワークが利用する資源のみを計算するという形態をとることにより、各エージェントが解く問題の解空間を小さくし、利用資源の計算を短時間で可能とすることができる。

[0021] また、本実施の形態に係る各仮想ネットワーク制御エージェントにおいては、対応する仮想ネットワークの将来の各時刻における需要の予測結果と、将来の各時刻における他の仮想ネットワークの物理ネットワークの資源の利用状況を入力とし、物理資源の利用状況に関する指標と、各時刻における資源の割り当て変更にかかる負荷に関する指標の重み付きの和を最小化する最適化問題を解くことにより、将来における各時刻において、当該仮想ネットワークが利用する資源を決定することとしている。

[0022] このような計算を行うことで、予測された当該仮想ネットワークや他の仮想ネットワークの需要変動に対応しつつ、仮想ネットワーク再構成にかかる負荷を抑えた資源割り当てを実現することが可能となる。

[0023] 更に、本実施の形態では、その計算された当該仮想ネットワークが利用する資源を物理ネットワーク資源管理エージェントに伝えることにより、物理ネットワーク資源管理エージェントを介して、当該仮想ネットワークの将来にわたる資源割り当てを、他の仮想ネットワーク制御エージェントと共有することができる。そして、次の時刻において、各仮想ネットワーク制御エージェントは、共有された各仮想ネットワークの将来の利用資源情報と、再度予測された当該仮想ネットワークの需要（例：前回のものを新たな観測データをもとに修正したもの）をもとに、当該仮想ネットワークの利用資源を再計算するということを繰り返すことにより、予測の誤差があった場合や予測外の環境変動が生じた場合であっても、誤差を補正しながら制御することが可能となり、需要の変動に追従した仮想ネットワークへの資源割り当てを実現できる。

[0024] すなわち、本実施の形態に係る技術を用いることで、サービスプロバイダから送られる必要とする計算機資源と、計算資源間に必要な通信性能からなる仮想ネットワーク構築の要求に対して、物理ネットワーク上の資源の割り当てを行う仮想ネットワークオペレータにおいて、各サービスプロバイダからの要求の時間変動に追従しつつも、仮想ネットワーク再構成にかかる負荷を抑えた、安定的な仮想ネットワークの収容を実現することが可能となる。

[0025] 以下、本発明の実施の形態をより具体的に説明する。

[0026] (システム全体構成例)

図1に本実施の形態におけるシステムの構成例を示す。図1に示すように、本実施の形態に係るシステムにおいて、複数のノード10、20が転送装置30～50に接続され、また、転送装置同士がリンクにより接続されている。

[0027] 各ノードは、例えば、物理的な計算機（コンピュータ）である、各転送装置は、例えば、物理的な通信装置であり、例えば、ルータ、スイッチ等である。各ノードでは、単一、あるいは、複数の仮想ノード（仮想マシン）を動作させることができる。図1の例では、ノード10において仮想マシン11が動作し、ノード20において仮想マシン21、22が動作している。

[0028] 本実施の形態に係るシステムには、ネットワークデータベース80が備えられており、ネットワーク構成情報、及び各仮想ネットワークが利用している「各ノードの資源及び各転送装置のトラヒック情報」は、当該ネットワークデータベース80に収集される。

[0029] また、図1に示すとおり、本実施の形態に係るシステムにおいて、各サービスに対応するサービス制御装置60、70が備えられ、更に、仮想ネットワーク制御装置100、及び設定装置90が備えられている。

[0030] 各サービス制御装置は、該当するサービスに対応する仮想ネットワーク埋め込みの要求を発生する。仮想ネットワーク制御装置100は、サービス制御装置60、70より仮想ネットワーク埋め込みの要求を受け、ネットワークデータベース80よりネットワーク構成情報と各仮想ネットワークの各ノ

ードの資源利用状況やトラフィック情報を取得し、各仮想ネットワークに割り当てるノードの資源、ネットワーク資源を決定する。決定された各仮想ネットワークに割り当てる資源情報をもとに、設定装置 90 が各ノードに仮想ノードを動作させる設定を投入するとともに、各転送装置に経路・帯域制限の設定を投入する。

[0031] (仮想ネットワーク制御装置 100 の構成、及び動作)

図 2 に、本実施の形態における仮想ネットワーク制御装置 100 の構成例を示す。図 2 に示すように、仮想ネットワーク制御装置 100 は、仮想ネットワーク制御エージェント 110、120、...、及び物理ネットワーク資源管理エージェント 130 を有する。なお、仮想ネットワーク制御エージェントを「仮想ネットワーク制御部」と称し、物理ネットワーク資源管理エージェントを「物理ネットワーク資源管理部」と称してもよい。

[0032] 各仮想ネットワーク制御エージェントは同様の構成を有するので、仮想ネットワーク制御エージェント 110 を例にとると、仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、需要予測部 111、及び利用資源決定部 112 を有する。他の仮想ネットワーク制御エージェントも同様の構成を有する。

[0033] また、物理ネットワーク資源管理エージェント 130 は、資源状況管理部 131 を有する。以下、各機能部の動作の概要を説明する。

[0034] 物理ネットワーク管理エージェント 130 は、資源状況管理部 131 により、ネットワーク内に配置されたノードの資源の管理、各リンクの通信帯域の将来の各時刻における利用状況の管理を行う。つまり、物理ネットワーク管理エージェント 130 は、メモリ等の記憶手段を含み、これら資源の情報、将来の各時刻における利用状況の情報等を格納する。

[0035] 仮想ネットワーク制御エージェントは、各仮想ネットワークに対応して配備される機能部であり、新たな仮想ネットワーク埋め込みの要求が到着した場合には、新たな仮想ネットワーク管理エージェントが生成される。「生成」されるとは、例えば、当該仮想ネットワーク管理エージェントに対応するプログラムが、仮想ネットワーク制御装置 100 において起動されることで

ある。

[0036] 各仮想ネットワーク管理エージェント（例として仮想ネットワーク管理エージェント 110）において、需要予測部 111 が、対応する仮想ネットワークの需要を予測する。利用資源決定部 112 は、需要予測部 111 により予測した需要と、物理ネットワーク管理エージェント 130 から取得した、将来の各時刻における他の仮想ネットワークの資源利用状況をもとに、対応する仮想ネットワークが将来利用する資源を決める。そして、決定された将来の各時刻において利用する資源を物理ネットワーク資源管理エージェント 130 に通知することにより、物理ネットワーク資源管理エージェント 130 の持つ将来の各仮想ネットワークの資源利用状況の情報を更新する。

[0037] 図 3 は、本実施の形態の仮想ネットワーク制御装置 100 における仮想ネットワーク制御エージェント 110 の動作を示すフローチャートである。ここでは、仮想ネットワーク制御エージェント 110 の動作例を説明するが、他の仮想ネットワーク制御エージェントも同様の動作を行う。

[0038] 仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、まず、ネットワークデータベース 80 より、現在の当該仮想ネットワークのトラフィック情報や仮想ノードの利用情報（これらを観測データと呼ぶことができる）を取得することにより、現在の当該仮想ネットワーク（仮想ネットワーク制御エージェント 110 に対応するサービスの仮想ネットワーク）の需要を把握する（ステップ S101）。

[0039] その後、仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、取得された需要情報をもとに、将来にわたる当該仮想ネットワークの需要の予測を行う（ステップ S102）。なお、需要予測の方法は特定の方法に限定されない。例えば、既存の需要予測の方法を用いることができる。また、仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、物理ネットワーク管理エージェント 130 から他の仮想ネットワークが将来の各時刻に利用を予定している資源の情報を取得する（ステップ S103）。

[0040] そして、仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、将来の他の仮想ネ

ットワークが利用を予定している資源の情報と、自身の仮想ネットワークの需要の予測をもとに、将来にわたって、より多くの仮想ネットワークの需要を満足させることができ、かつ、各時刻において移動が必要な仮想ノードの数が最小となるような、将来にわたる資源の利用計画を計算する（ステップ S104）。

[0041] そして、仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、その計画に基づいて、次時刻の資源の予約・利用を開始するとともに、将来にわたる資源の利用計画を物理ネットワーク管理エージェント 130 に伝える。その後、需要情報の取得に戻り、予測を行いなおし、他の仮想ネットワークの将来の資源の最新の利用計画を取得し、再度、将来の資源の利用計画を計算しなおす。この処理を短時間で繰り返すことにより、各仮想ネットワークエージェントは、将来の需要変動を考慮することにより、仮想ノードの移動による負荷をさけつつ、需要変動に対応した制御を行うことができる。なお、繰り返しの処理の終了タイミングは任意であるが、例えば、当該制御装置の利用者からの指示により終了させることができる。

[0042] 本実施の形態に係る仮想ネットワーク制御装置 100 は、例えば、1 つ又は複数のコンピュータに、本実施の形態で説明する処理内容を記述したプログラムを実行させることにより実現可能である。すなわち、仮想ネットワーク制御装置 100 が有する機能は、当該コンピュータに内蔵される CPU やメモリ、ハードディスクなどのハードウェア資源を用いて、仮想ネットワーク制御装置 100 で実施される処理に対応するプログラムを実行することによって実現することが可能である。また、上記プログラムは、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（可搬メモリ等）に記録して、保存したり、配布したりすることが可能である。また、上記プログラムをインターネットや電子メールなど、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0043] 図 4 は、本発明の実施の形態における仮想ネットワーク制御装置 100 のハードウェア構成例を示す図である。図 4 の仮想ネットワーク制御装置 100 は、それぞれバス B で相互に接続されているドライブ装置 150、補助記

憶装置 152、メモリ装置 153、CPU 154、インタフェース装置 155、表示装置 156、及び入力装置 157等を有する。

[0044] 仮想ネットワーク制御装置 100での処理を実現するプログラムは、例えば、CD-ROM又はメモリカード等の記録媒体 151によって提供される。プログラムを記憶した記録媒体 151がドライブ装置 150にセットされると、プログラムが記録媒体 151からドライブ装置 150を介して補助記憶装置 152にインストールされる。但し、プログラムのインストールは必ずしも記録媒体 151より行う必要はなく、ネットワークを介して他のコンピュータよりダウンロードするようにしてもよい。補助記憶装置 152は、インストールされたプログラムを格納すると共に、必要なファイルやデータ等を格納する。

[0045] メモリ装置 153は、プログラムの起動指示があった場合に、補助記憶装置 152からプログラムを読み出して格納する。CPU 154は、メモリ装置 153に格納されたプログラムに従って仮想ネットワーク制御装置 100に係る機能を実現する。インタフェース装置 155は、ネットワークに接続するためのインタフェースとして用いられる。表示装置 156はプログラムによるGUI (Graphical User Interface) 等を表示する。入力装置 157はキーボード及びマウス、ボタン、又はタッチパネル等で構成され、様々な操作指示を入力させるために用いられる。

[0046] (仮想ネットワーク制御エージェント 110における処理の詳細例)

以下に、仮想ネットワーク制御エージェント 110における、将来にわたる資源の利用計画を計算する際に用いる最適化問題の一例について説明する。仮想ネットワーク制御エージェント 110は、本最適化問題を解くことにより、制御を行う現在時刻を0とした場合における、時刻1から時刻Hまでの各時刻(1、2、...H)の仮想ノード、及び仮想ノード間のリンク(仮想リンク)の収容箇所(物理資源における収容箇所)を決める。なお、ここでは、仮想ネットワーク制御エージェント 110について説明するが、他の仮想ネットワーク制御エージェントも同様の処理を行っている。

- [0047] 本最適化問題では、入力として、物理ネットワークの情報である、ネットワーク内のノードの集合 N^p 、リンクの集合 L^p 、物理ネットワーク上のパスの集合 P^p が与えられる。これらの情報はネットワークデータベース80から取得できる。
- [0048] パスの集合 P^p の各要素 p は、当該パスが経由するリンクの集合として表されるものとし、その始点ノードは $n_{p, start}$ 、終点ノードは $n_{p, end}$ とあらわし、 $G_{p, l}$ を、パス p がリンク l を経由する場合に1、それ以外の場合は0となるように定義する。
- [0049] また、各ノード $n \in N^p$ について、他の仮想ネットワークから予約された資源量を除いた、当該仮想ネットワークに対して、各時刻 t において提供可能な計算資源の総量 $U_n(t)$ が与えられる。これは、例えば、各時刻 t における他の仮想ネットワークから予約された資源量を物理ネットワーク資源管理エージェント130から入力し、ネットワークデータベース80から取得されたノードの全体の資源量から、当該他の仮想ネットワークから予約された資源量を除くことにより得ることができる。また、各リンク $l \in L^p$ についても、他の仮想ネットワークから予約された資源量を除いた、当該仮想ネットワークに対して、各時刻 t において提供可能な帯域の総量 $B_l(t)$ が与えられる。これについても、各時刻 t における他の仮想ネットワークから予約された資源量を物理ネットワーク資源管理エージェント130から入力し、ネットワークデータベース80から取得されたリンクの全体の資源量から、当該他の仮想ネットワークから予約された資源量を除くことにより得ることができる。
- [0050] また、当該仮想ネットワーク制御エージェント110が対応する仮想ネットワーク埋め込みの要求として、埋め込みが必要な仮想ノードの集合 N^v 、仮想リンクの集合 L^v が与えられる。各仮想リンク $l \in L^v$ については始点となる仮想ノード $v_{l, start}$ 、終点となる仮想ノード $v_{l, end}$ と、時刻 t における当該仮想リンクを流れるトラヒック量の予測値 $\hat{b}_l(t)$ が与えられる。なお、明細書のテキストにおいては、表記の便宜上、予測値を示す $\hat{}$ （ハット）

は、文字の頭でなく、文字の右側に記述している。

[0051] また、各仮想ノード $v \in N^v$ について、当該仮想ノードが時刻 t に必要とする計算資源の予測値 $u^v(t)$ が与えられる。なお、仮想リンクを流れるトラフィック量の予測値 $b^l(t)$ 、及び仮想ノードが時刻 t に必要とする計算資源の予測値 $u^v(t)$ は、図3のステップS102において求められる需要予測の結果である。

[0052] 本最適化問題では、上記の入力を用い、各時刻 t に仮想ノードを収容する物理ノード、仮想リンクを収容するパス（1つ又は複数の物理リンクからなる伝送路）を決定する。

[0053] ここで、 $M_{v,n}^{Node}(t)$ を、時刻 t において仮想ノード v を物理ノード n に収容する場合には1、それ以外は0となる変数とし、当該変数を仮想ノードの収容先の物理ノードを表す変数として定義する。同様に、 $M_{l,p}^{Link}(t)$ を、時刻 t において仮想リンク l をパス p に収容する場合は1、それ以外は0となる変数とし、当該変数を仮想リンクの収容先のパスを表す変数として定義する。また、 $M_{v,n}^{Node}(0)$ 、 $M_{l,p}^{Link}(0)$ については、制御時に仮想ノード、仮想リンクが収容されている箇所に合わせて与えられているものとする。

[0054] また、時刻 t において仮想ノード v を物理ノード n に収容するのにかかるコストを $C_{n,v}(t)$ として定義する。本最適化問題では、目的関数として、以下の関数を与える。

[0055] [数1]

$$\text{minimize } (1-w) \sum_{0 < t \leq H, n \in N^p, v \in N^v} M_{v,n}^{Node}(t) C_{n,v}(t) + w \sum_{0 < t \leq H, n \in N^p, v \in N^v} |M_{v,n}^{Node}(t) - M_{v,n}^{Node}(t-1)|$$

本目的関数では、第一項は全時刻におけるコストの総和であり、第二項は仮想ノードの移動にかかるコスト、 w は重みパラメータである。本目的関数

は、第一項に $(1 - w)$ を乗じた値と、第二項に w を乗じた値との和を最小にすることを目的とする目的関数である。なお、第一項は、物理資源の利用状況に関する指標の例であり、第二項は、各時刻における資源の割り当て変更にかかる負荷に関する指標の例である。また、 w は 0 以上 1 以下の実数である。

[0056] 仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、本目的関数に合わせて制御をすることにより、各時刻における仮想ノード埋め込みにかかるコストを小さくしながらも、多数の仮想ノードの移動が必要になることを避けることができる。このコスト $(C_{n,v}(t))$ は、例えば、当該物理ノードで提供可能な資源が大きくなるほど単調増加する関数として定義することにより、提供可能な資源が大きい物理ノードの利用を避け、要求する計算資源を提供できる物理ノードのうち、可能な限り提供可能な資源が少ないノードの選択を促し、仮想ネットワークの収容に用いられる物理ノード数を抑えることができる。

[0057] 仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、本最適化問題について、以下の制約条件を満たす範囲内での解の探索を行う。

[0058] 制約条件 1：全ての仮想ノードがいずれかの物理ノードに収容される。

[0059] [数2]

$$0 < t \leq H, \forall v \in N^v: \sum_{n \in N^p} M_{v,n}^{NODE}(t) = 1$$

制約条件 2：全ての仮想リンクがいずれかのパスに収容される。

[0060]

[数3]

$$0 < t \leq H, \forall l \in L^v: \sum_{p \in P^p} M_{l,p}^{LINK}(t) = 1$$

制約条件 3 : 仮想リンクは、当該仮想リンクの始点となる仮想ノードが収容されている物理ノードが始点となるパスのみに収容される。

[0061] [数4]

$$0 < t \leq H, \forall l \in L^v, \forall p \in P^p: M_{l,p}^{LINK}(t) \leq M_{v_l^{start}, n_p^{start}}^{NODE}(t)$$

制約条件 4 : 仮想リンクは、当該仮想リンクの終点となる仮想ノードが収容されている物理ノードが終点となるパスのみに収容される。

[0062] [数5]

$$0 < t \leq H, \forall l \in L^v, \forall p \in P^p: M_{l,p}^{LINK}(t) \leq M_{v_l^{end}, n_p^{end}}^{NODE}(t)$$

制約条件 5 : 各物理ノードに収容される仮想ノードが必要とする計算資源は、物理ノードで提供可能な計算資源よりも少ない。

[0063]

[数6]

$$0 < t \leq H, \forall n \in N^p: \sum_{v \in N^v} M_{v,n}^{NODE}(t) \hat{u}_v(t) \leq U_n(t)$$

制約条件 6 : 各物理リンクに收容される仮想リンクが必要とする帯域の総量は、当該物理リンクで提供可能な帯域よりも少ない。

[0064] [数7]

$$0 < t \leq H, \forall l^p \in L^p: \sum_{l^v \in L^v, p \in P^p} G_{p,l^p} M_{l^v,p}^{LINK}(t) \leq B_{l^p}(t)$$

仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、上記の最適化問題を解くことにより、時刻 1 から時刻 H までの各時刻の各仮想ノード、仮想リンクを收容する場所（物理ノード、パス）を計算することができる。そして、計算された結果と必要とする計算資源・帯域の予測値を物理ネットワーク資源管理エージェント 130 に通知することにより、物理ネットワーク資源管理エージェント 130 は、将来の時刻 H までの各時刻に当該仮想ネットワークが利用する資源を把握することができ、他の仮想ネットワーク制御エージェントは、当該仮想ネットワークが将来にわたり利用する資源を考慮に入れた上で、自身が対応する仮想ネットワークの利用する資源を決めることができる。

[0065] 仮想ネットワーク制御エージェント 110 は、上記の最適化問題の結果得られた仮想ノード・仮想リンクを收容する場所のうち、時刻 1 において定められた物理ノードに仮想ノードを收容するとともに、時刻 1 において定められたパスに仮想リンクを收容する設定情報を設定装置 90 に通知し、設定装

置 90 は当該設定を物理ネットワークにおける該当装置に投入する。時刻 2 以降の仮想ノードや仮想リンクの収容箇所については、当該仮想ネットワークにおける新たな需要の観測結果を取得後、需要の予測を再度行い、また、他の仮想ネットワーク制御エージェントが利用資源を計算し、物理ネットワーク資源管理エージェント 130 に将来の利用資源の情報を通知するのを待って新たな利用可能資源情報を取得した後に、再度計算を行う。

[0066] 本実施の形態に係る制御では、各仮想ネットワーク制御エージェントは、対応する仮想ネットワークの仮想ノード・仮想リンクの収容箇所のみを計算するため、計算時間を短く抑えることが可能であり、短い時間周期で、仮想ノード・仮想リンクの収容箇所の計算を繰り返すことができる。また、この制御を短い周期で繰り返すことにより、将来の需要変動を考慮し、仮想ノード移動にかかる負荷を抑えつつも、新たな仮想ネットワークの埋め込み要求の発生や、予想外の需要変動が発生した場合にも対応が可能となる。

[0067] 本発明は、上記の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲内において、種々変更・応用が可能である。

[0068] 本特許出願は 2015 年 5 月 7 日に出願した日本国特許出願第 2015-095193 号に基づきその優先権を主張するものであり、日本国特許出願第 2015-095193 号の全内容を本願に援用する。

符号の説明

- [0069] 10、20 ノード
11、21、22 仮想マシン
30～50 転送装置
60、70 サービス制御装置
80 ネットワークデータベース
90 設定装置
100 仮想ネットワーク制御装置
110、120 仮想ネットワーク制御エージェント
111 需要予測部

- 1 1 2 利用資源決定部
- 1 3 0 物理ネットワーク資源管理エージェント
- 1 3 1 資源状況管理部

請求の範囲

- [請求項1] 仮想ネットワーク埋め込みの要求に対して、管理下の物理資源の割り当てを行う仮想ネットワーク制御装置であって、
- 将来の各時刻における物理ネットワーク上の資源の利用状況を管理する物理ネットワーク資源管理エージェントと、
- 各仮想ネットワークに対して配置される仮想ネットワーク制御エージェントと、を備え、
- 前記仮想ネットワーク制御エージェントは、
- 対応する仮想ネットワークにおける将来の需要の予測を行う需要予測手段と、
- 前記需要予測手段により得られた需要の予測結果と、前記物理ネットワーク資源管理エージェントから取得する将来の物理ネットワーク上の資源の利用状況の情報とに基づいて、前記仮想ネットワークが将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、当該計算結果に係る物理資源の情報を前記物理ネットワーク資源管理エージェントに通知する利用資源決定手段と、を備える
- ことを特徴とする仮想ネットワーク制御装置。
- [請求項2] 各仮想ネットワーク制御エージェントにおいて、対応する仮想ネットワークにおける将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、前記物理ネットワーク資源管理エージェントに計算結果を通知し、当該物理ネットワーク資源管理エージェントを介して他の仮想ネットワークが将来の各時刻に利用することが予測される資源に関する情報を交換しながら、各仮想ネットワークが利用する資源の決定を行う
- ことを特徴とする請求項1に記載の仮想ネットワーク制御装置。
- [請求項3] 前記利用資源決定手段は、
- 前記仮想ネットワークの需要の予測結果と、将来の各時刻における他の仮想ネットワークによる物理ネットワークの資源の利用状況とを入力とし、物理資源の利用状況に関する指標と、各時刻における資源

の割り当て変更にかかる負荷に関する指標の重み付きの和を最小化する最適化問題を解くことにより、将来における各時刻において、当該仮想ネットワークが利用する資源を決定する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の仮想ネットワーク制御装置。

[請求項4]

前記仮想ネットワーク制御エージェントにおいて、

前記利用資源決定手段が、前記計算結果に基づき、前記仮想ネットワークに対する次時刻の資源割り当てを行った後に、前記物理ネットワーク資源管理エージェントを介した将来の時刻の物理資源の利用状況を再度取得し、前記需要予測手段が、前記需要の予測結果を新たな観測データを元に修正し、前記利用資源決定手段が、前記再度取得した物理資源の利用状況と、前記修正された需要の予測結果とに基づいて、前記仮想ネットワークが将来の各時刻において利用する物理資源を計算する、という処理を繰り返し実行することにより、前記仮想ネットワークへの資源割り当てを行う

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のうちいずれか 1 項に記載の仮想ネットワーク制御装置。

[請求項5]

仮想ネットワーク埋め込みの要求に対して、管理下の物理資源の割り当てを行う仮想ネットワーク制御装置が実行する仮想ネットワーク制御方法であって、

前記仮想ネットワーク制御装置は、将来の各時刻における物理ネットワーク上の資源の利用状況を管理する物理ネットワーク資源管理エージェントと、各仮想ネットワークに対して配置される仮想ネットワーク制御エージェントと、を備え、

前記仮想ネットワーク制御エージェントが、対応する仮想ネットワークにおける将来の需要の予測を行う需要予測ステップと、

前記需要予測ステップにより得られた需要の予測結果と、前記物理ネットワーク資源管理エージェントから取得する将来の物理ネットワ

ーク上の資源の利用状況の情報とに基づいて、前記仮想ネットワークが将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、当該計算結果に係る物理資源の情報を前記物理ネットワーク資源管理エージェントに通知する利用資源決定ステップと、を備える

ことを特徴とする仮想ネットワーク制御方法。

[請求項6] 各仮想ネットワーク制御エージェントにおいて、対応する仮想ネットワークにおける将来の各時刻において利用する物理資源を計算し、前記物理ネットワーク資源管理エージェントに計算結果を通知し、当該物理ネットワーク資源管理エージェントを介して他の仮想ネットワークが将来の各時刻に利用することが予測される資源に関する情報を交換しながら、各仮想ネットワークが利用する資源の決定を行う

ことを特徴とする請求項5に記載の仮想ネットワーク制御方法。

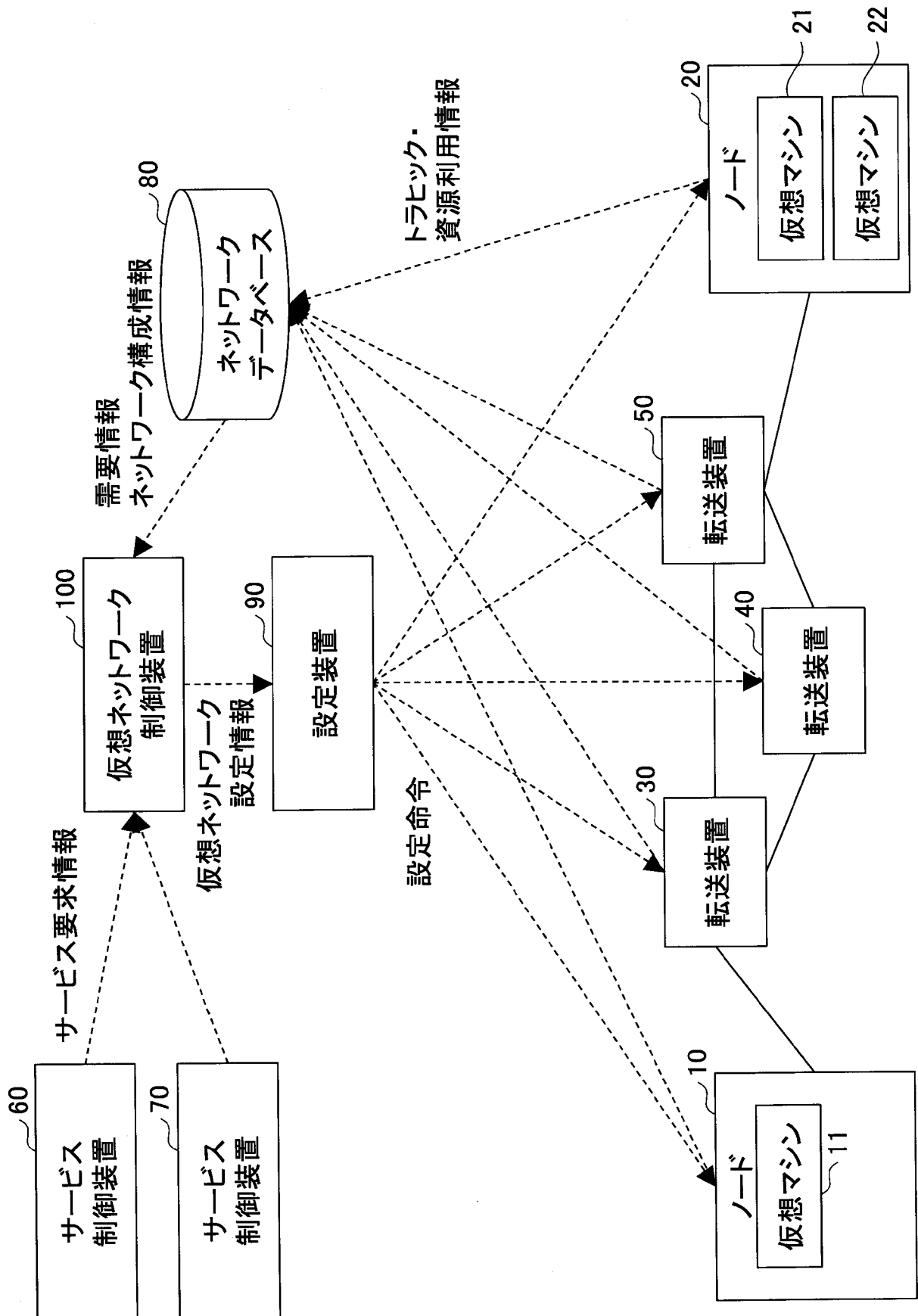
[請求項7] 前記利用資源決定ステップにおいて、前記仮想ネットワーク制御エージェントは、

前記仮想ネットワークの需要の予測結果と、将来の各時刻における他の仮想ネットワークによる物理ネットワークの資源の利用状況とを入力とし、物理資源の利用状況に関する指標と、各時刻における資源の割り当て変更にかかる負荷に関する指標の重み付きの和を最小化する最適化問題を解くことにより、将来における各時刻において、当該仮想ネットワークが利用する資源を決定する

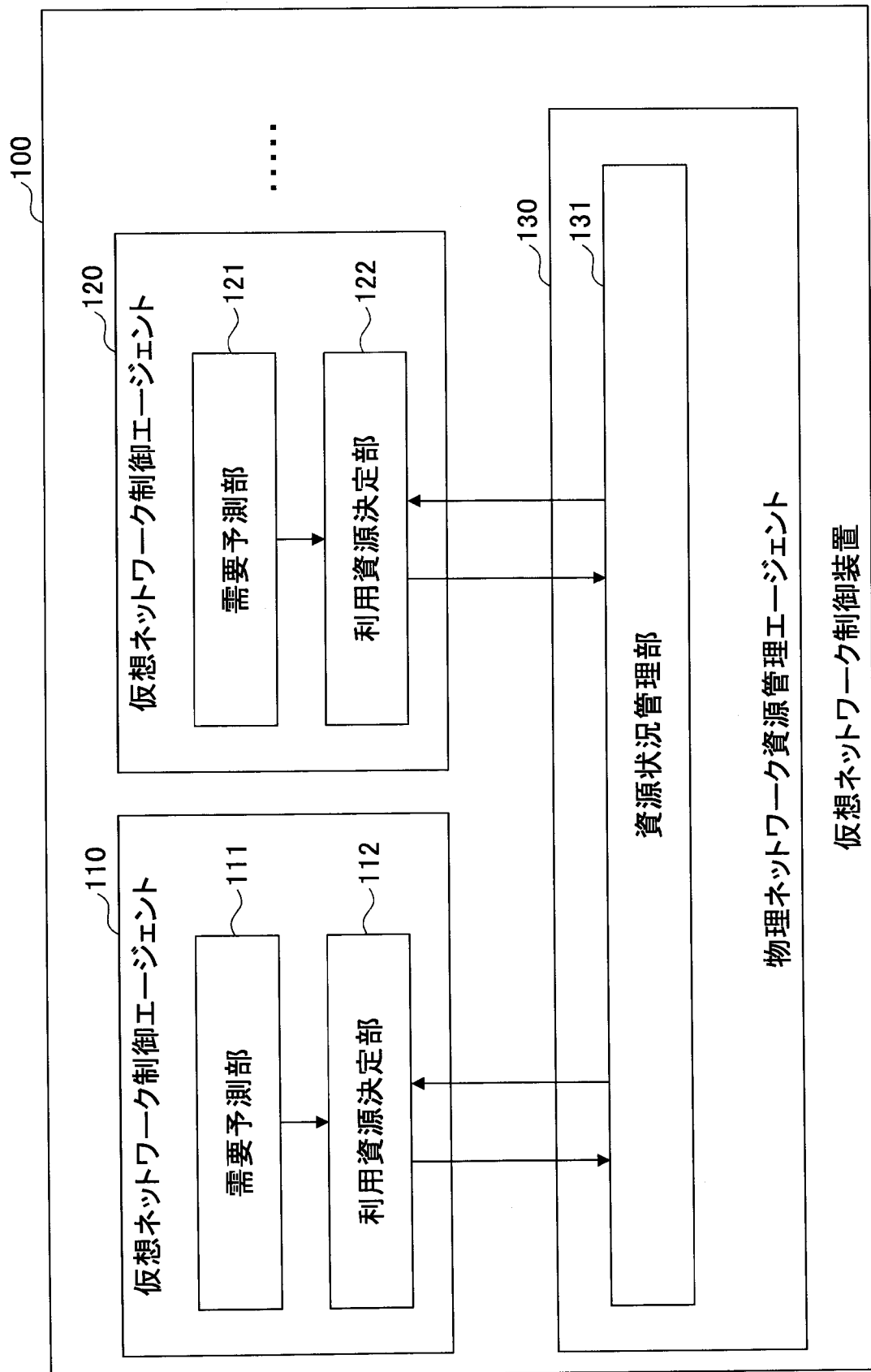
ことを特徴とする請求項5又は6に記載の仮想ネットワーク制御方法。

[請求項8] コンピュータを、請求項1ないし4のうちいずれか1項に記載の仮想ネットワーク制御装置の各手段として機能させるためのプログラム。

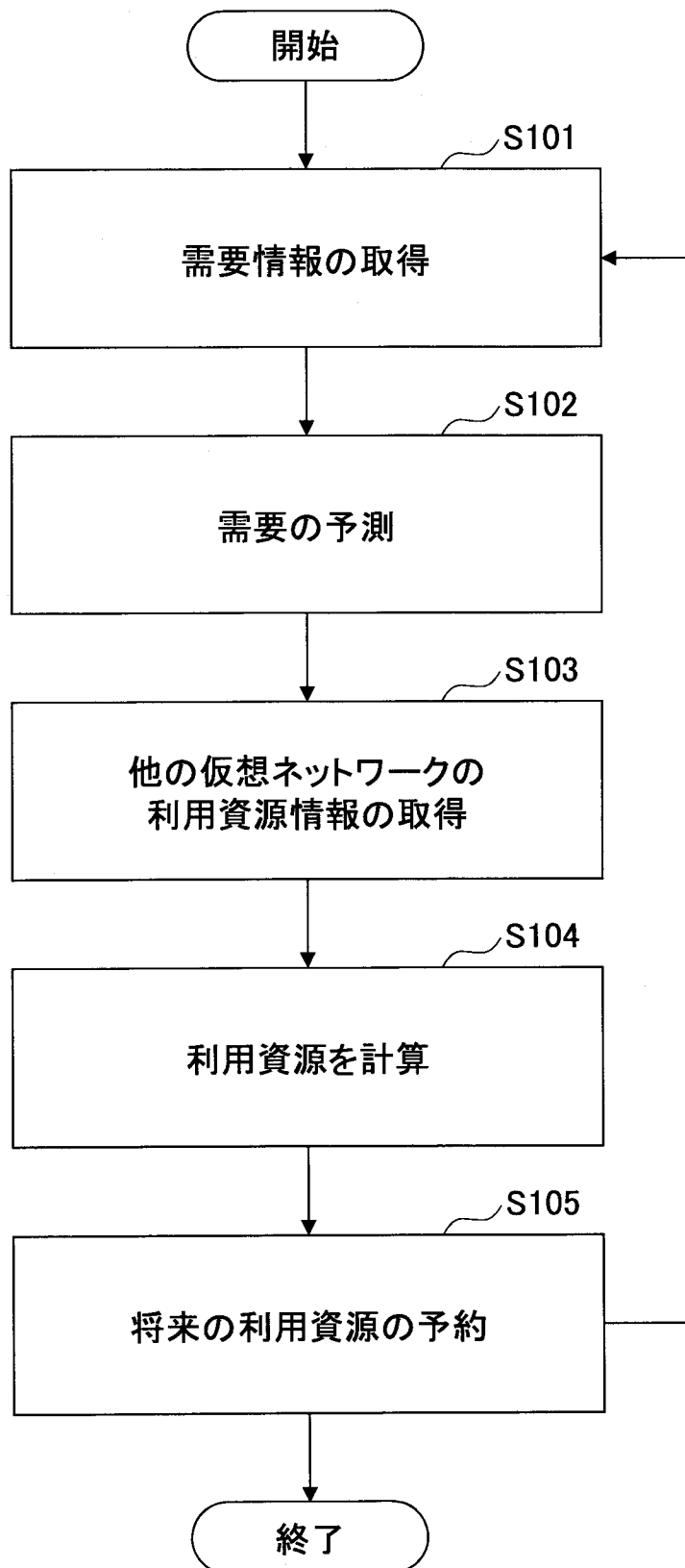
[図1]



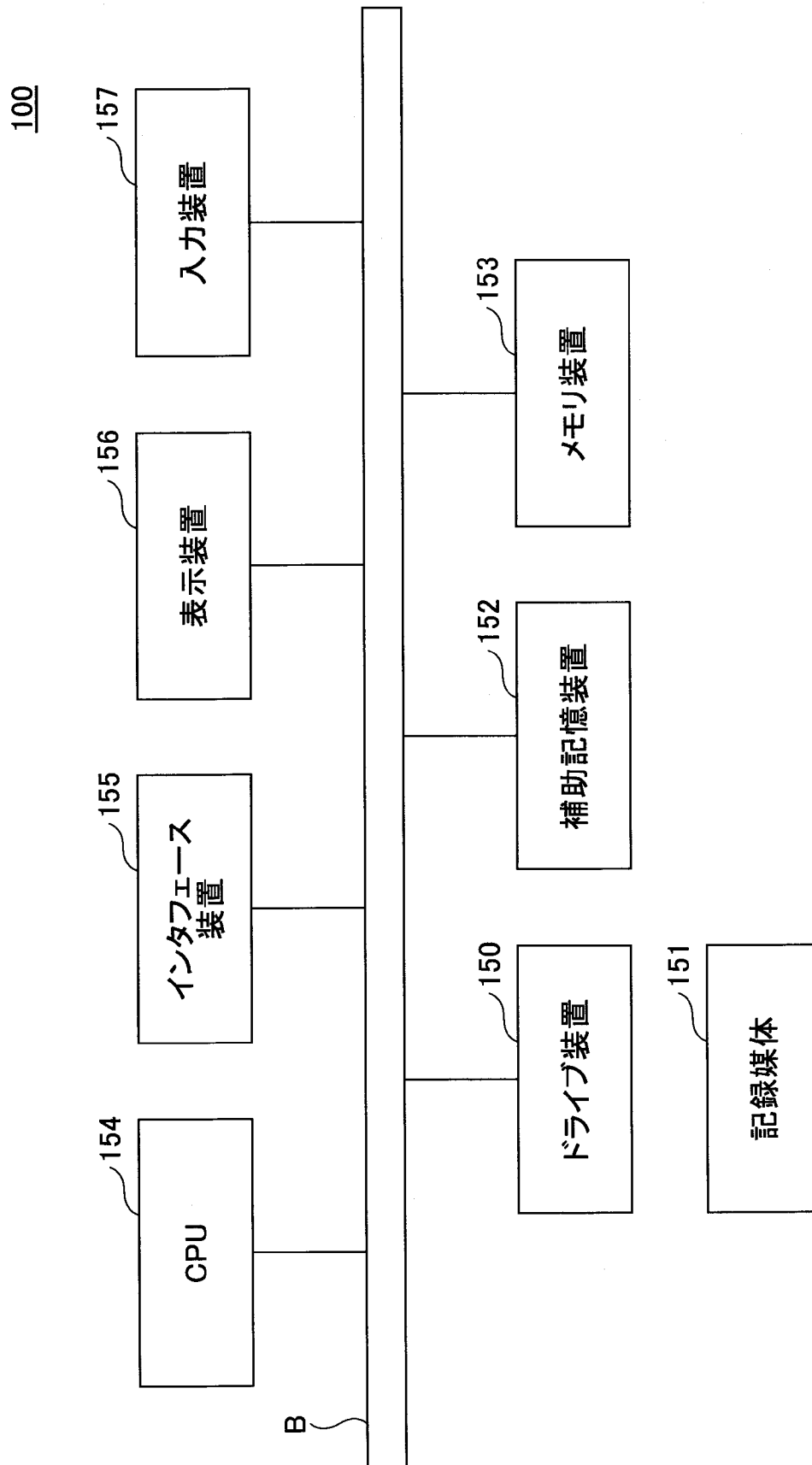
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062772

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/70(2013.01)i, H04L12/24(2006.01)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)

H04L12/70, H04L12/24

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Yuichi OSHITA et al., "Resource Optimization of Virtual Networks Based on Model Predictive Control", IEICE Technical Report, 09 October 2014 (09.10.2014), vol.114, no.253, pages 1 to 6, particularly, page 1, 'Outline'	1-8
A	JP 2013-175810 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 05 September 2013 (05.09.2013), paragraphs [0001] to [0024] (Family: none)	1-8
A	Takahiro FUKUNO et al., "Study of Placement of Virtual Service Resources Based on Link Load", IEICE Technical Report, 23 February 2015 (23.02.2015), vol.114, no.477, pages 281 to 284, particularly, page 281, 'Outline'	1-8

☒ 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
06 July 2016 (06.07.16)

Date of mailing of the international search report
19 July 2016 (19.07.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062772

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-511292 A (NEC Europe Ltd.), 17 May 2012 (17.05.2012), paragraphs [0001] to [0043] & US 2011/0246647 A1 paragraphs [0001] to [0047] & WO 2010/066430 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04L12/70(2013.01)i, H04L12/24(2006.01)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. H04L12/70, H04L12/24

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）

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
A	大下 裕一 他, モデル予測制御にもとづく仮想ネットワーク間資源調停, 電子情報通信学会技術研究報告, 2014. 10. 09, 第 114 巻, 第 253 号, p. 1~6, 特に, 1 ページ「あらまし」	1-8
A	JP 2013-175810 A (日本電信電話株式会社) 2013. 09. 05, 段落 [0001] ~ [0024] (ファミリーなし)	1-8

☒ 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

06. 07. 2016

国際調査報告の発送日

19. 07. 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）

衣鳩 文彦

5 X

9199

電話番号 03-3581-1101 内線 3596

C (続き) . 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
A	福野 太洋 他, 発見的手法によるリンク負荷を考慮した仮想サービス資源配置法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2015.02.23, 第114巻, 第477号, p.281~284, 特に, 281ページ「あらまし」	1-8
A	JP 2012-511292 A (エヌイーシー ヨーロッパ リミテッド) 2012.05.17, 段落 [0001] ~ [0043] & US 2011/0246647 A1 [0001]-[0047] & WO 2010/066430 A1	1-8