

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6881586号
(P6881586)

(45) 発行日 令和3年6月2日(2021.6.2)

(24) 登録日 令和3年5月10日(2021.5.10)

(51) Int.Cl.		F I	
H O 4 L	12/70	(2013.01)	H O 4 L 12/70 D
H O 4 L	12/911	(2013.01)	H O 4 L 12/911
G O 6 F	9/455	(2006.01)	G O 6 F 9/455 1 5 0

請求項の数 10 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2019-536995 (P2019-536995)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成29年1月18日 (2017.1.18)		日本電気株式会社
(65) 公表番号	特表2020-504552 (P2020-504552A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公表日	令和2年2月6日 (2020.2.6)	(74) 代理人	100103090
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/001536		弁理士 岩壁 冬樹
(87) 国際公開番号	W02018/134911	(74) 代理人	100124501
(87) 国際公開日	平成30年7月26日 (2018.7.26)		弁理士 塩川 誠人
審査請求日	令和1年7月5日 (2019.7.5)	(72) 発明者	ビジュウェ シャジャンク
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
		審査官	野元 久道
		(56) 参考文献	特開2014-238885 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソース割り当てシステム、方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信サービス要求のためのリソース割り当てシステムであって、

複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する1つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す1つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出するサービスモデリング部と、

前記仮想ネットワーク要求に基づいて、物理インフラストラクチャにおける前記仮想ネットワークの構成要素に対する最適マッピングを見つける仮想ネットワークマッピング部とを備え、

前記仮想ネットワークマッピング部は、

前記仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度に基づいて、前記サービスに対する前記信頼度の期待値を各構成要素に分配することによって、信頼性目標を各構成要素に設定し、

前記信頼性目標、前記リソース要件、および前記サービスに対する前記信頼度の期待値に基づいて前記最適マッピングを見つける

リソース割り当てシステム。

【請求項2】

前記仮想ネットワークマッピング部から受信した配置構成テンプレートに記載された仕様に従って、サーバのインスタンス化、帯域幅の確保、前記物理インフラストラクチャにおける接続の設定のようなステップを含む前記サービスを開始させる配置部をさらに備え

10

20

、
前記サービスモデリング部は、前記サービス要求を受信し、前記仮想ネットワーク要求を導出し、前記仮想ネットワークマッピング部に渡し、当該仮想ネットワークマッピング部は、前記仮想ネットワークの構成要素に前記信頼性目標を設定するために前記サービス要求を前処理し、前記最適マッピングを見つけ、前記サービスに対する前記信頼度の期待値を保証し、マッピング結果と前記仮想ネットワークの各構成要素の前記リソース要件とが記述された前記配置構成テンプレートを前記配置部に転送する

請求項 1 記載のリソース割り当てシステム。

【請求項 3】

異なる種類の前記サービスに適した様々な仮想ネットワークテンプレートに関するテンプレート情報および前記物理インフラストラクチャに関する情報を格納するデータベースをさらに備え、

10

前記各テンプレート情報は、ネットワーク機能の相互接続、順序、動作挙動、故障特性、回復メカニズム、および信頼性要件のようなテンプレートが示す前記仮想ネットワークに属する 1 つまたは複数の前記ネットワーク機能に関する知識と、少なくともネットワークトポロジ、場所、利用可能な容量、信頼性または可用性の値を含む前記物理インフラストラクチャに関する情報とを含み、

前記データベースは、前記サービスモデリング部および前記仮想ネットワークマッピング部によってアクセス可能である

請求項 1 または請求項 2 記載のリソース割り当てシステム。

20

【請求項 4】

前記仮想ネットワークマッピング部は、前記仮想ネットワークの構成要素の前記相対的な重要度に基づいて、前記サービスに対する前記信頼度の期待値を、前記仮想ネットワークの構成要素に分配する前処理部を含み、

前記前処理部は、複数の要因を考慮して前記仮想ネットワークの構成要素のそれぞれの重み値を計算することによって前記相対的な重要度を決定し、

前記要因には、トポロジにおける位置、前記仮想ネットワークの構成要素の種類、および運用上の機能が含まれる

請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれかに記載のリソース割り当てシステム。

【請求項 5】

30

前記前処理部は、

仮想ネットワークトポロジにおける前記仮想ネットワークの構成要素の位置を分析する仮想ネットワーク分析モジュールと、

前記仮想ネットワークの構成要素の前記重み値を計算するために重要な前記要因に関連する情報を収集するデータ収集モジュールと、

前記仮想ネットワークの構成要素の信頼性のセットと前記仮想ネットワークにおける前記サービスの信頼性との間の関係が記述された信頼性の式を推定する信頼性推定モジュールと、

前記要因に基づいて前記仮想ネットワークの構成要素の前記重み値を計算する優先度割り当てモジュールと、

40

前記重み値を使用して、前記サービスに対する前記信頼度の期待値を前記仮想ネットワークの構成要素に分配する信頼性目標設定モジュールとを含む

請求項 4 記載のリソース割り当てシステム。

【請求項 6】

前記仮想ネットワークマッピング部は、前記サービスモデリング部から受信した前記仮想ネットワーク要求に記載されている全ての要件が満たされるように、前記物理インフラストラクチャにおける前記仮想ネットワークの構成要素の最適マッピングを実行するマッピング部をさらに含み、

前記マッピング部は、ノードマッピングおよびリンクマッピングを実行し、前記仮想ネットワークの構成要素の前記信頼性目標と前記物理インフラストラクチャからのリソース

50

の利用可能な信頼度との間の最小の信頼性ギャップを保証する

請求項 1 から請求項 5 のうちのいずれかに記載のリソース割り当てシステム。

【請求項 7】

前記マッピング部は、

所定の目的および制約に従って最適化問題を解決する最適化モジュールと、

前記最適化モジュールの支援により、前記物理インフラストラクチャの物理ノードにおける前記仮想ネットワークの仮想ノードの最適配置位置を決定するノードマッピングモジュールと、

前記最適化モジュールの支援により、前記物理インフラストラクチャの物理リンクにおける前記仮想ネットワークの仮想リンクの最適配置位置を決定するリンクマッピングモジュールと、

10

前記サービスに対する実現可能な信頼性を前記サービスに対する前記信頼度の期待値で検証し、ユーザインタフェース層に関連するネゴシエーションを担う信頼性検証およびネゴシエーションモジュールと、

仮想ネットワークの全体的な信頼性を向上させるための最適な場所を特定する重要度分析モジュールとを含む

請求項 6 記載のリソース割り当てシステム。

【請求項 8】

通信サービス要求のためのリソース割り当て方法であって、

複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する 1 つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す 1 つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出し、

20

前記仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要性、前記リソース要件、および前記サービスに対する前記信頼度の期待値に基づいて前記サービスに対する前記信頼度の期待値を分配することによって設定される信頼性目標に基づいて、物理インフラストラクチャにおける前記仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける

リソース割り当て方法。

【請求項 9】

仮想ネットワークマッピング部から受信される配置構成テンプレートであって、マッピング結果と前記仮想ネットワークの各構成要素の前記リソース要件とが記述されている配置構成テンプレートに記載された仕様に従って、サーバのインスタンス化、帯域幅の確保、前記物理インフラストラクチャにおける接続の設定のようなステップを含むサービスを開始させる

30

請求項 8 記載のリソース割り当て方法。

【請求項 10】

通信サービス要求のためのリソース割り当てプログラムであって、

コンピュータに、

複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する 1 つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す 1 つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出するサービスモデリング処理と、

40

前記仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要性、前記リソース要件、および前記サービスに対する前記信頼度の期待値に基づいて前記サービスに対する前記信頼度の期待値を分配することによって設定される信頼性目標に基づいて、前記物理インフラストラクチャにおける前記仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける仮想ネットワークマッピング処理と

を実行させるためのリソース割り当てプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、仮想ネットワークのためのリソース割り当てシステム、方法、およびプログ

50

ラムに関し、特に、仮想ネットワークに対する信頼性保証を満たすための、信頼性を意識したリソース割り当てのシステム、方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、異なるエンティティ間の通信を容易にするために、様々な物理的ネットワーキングデバイスと通信リンクとを含む物理的ネットワークが運用されている。ますます多くのデバイスが互いに通信するようになるにつれて、物理ネットワークの複雑さは急激に増大している。これらのネットワーク上を流れるトラフィック量の継続的な増加は、これらの通信ネットワークの設計においてさらなる問題を引き起こしている。セキュリティ上の脅威の増加、ネットワークの設定に対する頻繁な要求、ビジネスニーズの変化、およびテクノロジーの進歩などにより、これらの物理ネットワークを適応させることがさらに困難になり、全体的な発展を減速させるとともに、膨大なコストをもたらす。

10

【0003】

しかし、最近の仮想化技術を利用したネットワーク仮想化は、ネットワーク事業者に、通信ネットワークを物理ネットワークから仮想ネットワークに移行させることを可能にしている。仮想ネットワークを使用すると、通信サービスをより迅速に展開し、敏捷性、分離性を提供し、リソースの共有を促進し、コストを削減することが容易になる。これらの仮想ネットワークは、仮想リンクによって相互接続された仮想ノードで構成される。仮想ノードは、サービスの種類に応じて、アプリケーションの構成要素、仮想ネットワーク機能(VNF)などを意味することができる。

20

【0004】

具体的には、ネットワーク機能仮想化(NFV)は、物理ネットワーク機器をその上で実行される機能から切り離すことを可能にする。これらの機能は、仮想ネットワーク機能(VNF)とも呼ばれるソフトウェアとして実装可能である。例えば、ファイアウォールなどのネットワーク機能は、簡素なソフトウェアと汎用サーバで実現可能である。仮想ネットワークは、異なるネットワーク機能を、大容量サーバ、スイッチ、および記憶装置に統合することを可能にする。統合は、リソース使用率の増加とコストの削減を実現する。1つ以上のデータセンタ(DC)に存在する汎用サーバは、これらのVNFを提供可能であり、さらに、分散DCは、サービス品質を高め、様々なサービスレベル要件を満たすことを前提として、顧客の近くにこれらのVNFを配置するために使用されている。

30

【0005】

ネットワークの仮想化は、従来のネットワーキングに関連する様々な問題を解決するのに役立つが、真の可能性を実現するには、様々な課題に対処する必要がある。課題の1つは、ハイパーバイザサポートを使用して、これらの仮想ネットワークを分散物理インフラストラクチャに最適に埋め込むことである。物理インフラストラクチャは、容量、帯域幅、場所など、仮想化ネットワークに関連する様々な制約を満たす必要がある。これらのカテゴリの問題は仮想ネットワーク埋め込み(VNE)問題と呼ばれ、効率的な資源利用、エネルギー消費の削減、耐障害性など、様々な目標を定めた課題を解決するために多くのアルゴリズムが提案されている。

【0006】

40

仮想ネットワークが、電気通信業界でサービスを提供するための主流になるにつれて、テレコムグレードのサービスを提供するための信頼性および可用性の要件を満たすなどの追加の要件がある。冗長性を組み込んだり、ホスティングのために信頼性のある物理リソースを使用することのみによって、仮想ネットワークの信頼性を改善するいくつかの技術がある。

【0007】

例えば、特許文献1には、仮想インフラの信頼性を向上させるために冗長性を採用し、さらに、冗長リソースを複数の仮想インフラ間で共有する技術が開示されている。

【0008】

特許文献2には、仮想ネットワークの設計を物理インフラストラクチャにおける配置に

50

関連させる技術が開示されている。信頼性および可用性を満足させるときの、エンドツーエンド動作に関連する様々なエンティティ、および、エンティティ間の一連の動作に関する様々なエンティティが開示されている。

【0009】

非特許文献1では、サービス機能チェーンに対するエンドツーエンドの信頼性推定のためのアプローチが議論されている。さらに、VNFの様々な保護スキーム、NFVソフトウェアのアップグレード中に直面する信頼性の問題、全体的な信頼性において役割を果たす様々なエンティティ、および、信頼性の高いサービスを展開するための推奨事項も議論されている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0029675号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第2013/0212285号明細書

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】European Telecommunications Standards Institute, "Network Functions Virtualisation (NFV); Reliability; Report on Models and Features for End-to-End Reliability", ETSI GS NFV-REL 003 V1.1.1, Apr. 2016

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

仮想ネットワークを実現するために地理的に分散した物理インフラストラクチャを使用すると、多くのメリットがあるが、サービスからの様々な要件を満たしながら、様々な仮想ネットワーク間でこれらの物理リソースを最適に割り当てるという新たな課題が生ずる。さらに、物理インフラストラクチャの制約や仮想ネットワークの要件が異なると、複雑さが増大する。例えば、物理インフラストラクチャには、場所、容量、相互接続性、信頼性および可用性レベルなどの制約があり、仮想ネットワークには、サービスに基づいて容量、帯域幅、信頼性および可用性の期待値などの要件がある。関連技術は、これらの課題に対処しようとしたが、ある程度しか課題に対処できなかった。

30

【0013】

すなわち、課題は、単一の仮想ネットワークにおいて複数のサービスフローが存在するような状況で、仮想ネットワークを構成する仮想ネットワークの構成要素が複数の仮想ネットワークで共有され、重要度が異なる動作挙動などを有するだけで、全体の期待信頼度を満たすにすぎず、仮想ネットワークは、サービスのライフサイクル全体にわたって効率的であるかは定かではないということである。

【0014】

他の課題は、将来的な仮想ネットワークの受け入れを最大にするために、信頼度が異なる物理リソースを最適に割り当てる必要があることである。さらに、状況によっては、期待される信頼性レベルを最小の労力で適合させるために冗長性を組み入れ、冗長性配置のための適切な位置を識別することによって最小のリソースを使用することも極めて重要であり、本発明が目的とする課題の1つとして依然として存在する。

40

【0015】

本発明は、上記のような課題に鑑みてなされた発明であり、本発明の目的は、信頼性のあるネットワークリソースの割り当てを最適化することができるリソース割り当てシステム、リソース割り当て方法およびリソース割り当て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】

【0016】

本発明による通信サービス要求のためのリソース割り当てシステムは、複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する1つ以上のリソース要件と、少なくともサービス

50

に対する信頼度の期待値を示す１つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出するサービスモデリング部と、仮想ネットワーク要求に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適マッピングを見つける仮想ネットワークマッピング部とを備え、仮想ネットワークマッピング部は、仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度に基づいて、サービスに対する信頼度の期待値を各構成要素に分配することによって、信頼性目標を各構成要素に設定し、信頼性目標、リソース要件、およびサービスに対する信頼度の期待値に基づいて最適マッピングを見つける。

【００１７】

本発明による通信サービス要求のためのリソース割り当て方法は、複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する１つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す１つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出し、仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度、リソース要件、およびサービスに対する信頼度の期待値に基づいてサービスに対する信頼度の期待値を配分することによって設定される信頼性目標に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける。

10

【００１８】

本発明による通信サービス要求のためのリソース割り当てプログラムは、コンピュータに、複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する１つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す１つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出するサービスモデリング処理と、仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度、リソース要件、およびサービスに対する信頼度の期待値に基づいてサービスに対する信頼度の期待値を配分することによって設定される信頼性目標に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける仮想ネットワークマッピング処理とを実行させる。

20

【発明の効果】

【００１９】

本発明の効果は、信頼性のあるネットワークリソースの割り当てが最適化されるということである。

30

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】第１の実施形態によるリソース割り当てシステムの構成例を示すブロック図である。

【図２】仮想ネットワークマッピング部２３の構成例を示すブロック図である。

【図３】第１の実施形態によるリソース割り当てシステム２００の動作の概要を示すフローチャートである。

【図４】物理ネットワークへの仮想ネットワークマッピングの概念を示す説明図である。

【図５】第２の実施形態による前処理部２４の動作の一例を示すフローチャートである。

40

【図６】仮想ネットワークの一例を示す説明図である。

【図７】仮想ネットワーク構成要素の相対重要度を判断するために有用な要素のリストを示す説明図である。

【図８】ネットワーク機能の信頼性ブロックの図表を示す説明図である。

【図９Ａ】第３の実施形態によるマッピング部２５の動作の一例を示すフローチャートである（１／４）。

【図９Ｂ】第３の実施形態によるマッピング部２５の動作の一例を示すフローチャートである（２／４）。

【図９Ｃ】第３の実施形態によるマッピング部２５の動作の一例を示すフローチャートである（３／４）。

50

【図 9 D】第 3 の実施形態によるマッピング部 2 5 の動作の一例を示すフローチャートである (4 / 4) 。

【図 1 0】ノードマッピングの信頼度ギャップを最小化するための機能を説明するための説明図である。

【図 1 1】フォールトトレランス構成の一例を示す説明図である。

【図 1 2】リンクマッピングの信頼度ギャップを最小化するための機能を説明するための説明図である。

【図 1 3】ネットワークリンクの信頼性を向上させるための仕組みを説明するための説明図である。

【図 1 4】第 3 の実施形態によるリソース割り当てシステムを実現するための情報処理装置の構成例を示すブロック図である。

10

【図 1 5】本発明の概要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 1】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。以下の詳細な説明は、本質的に単なる例示であり、本発明または本発明の用途および使用を限定することは意図されていない。さらに、上記の発明の背景または以下の詳細な説明に示されるいかなる理論によっても拘束されることは意図されていない。

【 0 0 2 2】

当業者は、図中の要素は簡単かつ明確にするために示され、必ずしも一定の縮尺で描かれていないことを理解するであろう。例えば、リソース割り当てシステムのアーキテクチャを示す図中のいくつかの要素の寸法は、提示され、かつ、例示的な実施形態の理解を深めるのを助けるために他の要素に対して誇張されている場合がある。

20

【 0 0 2 3】

実施形態 1 .

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態におけるリソース割り当てシステム 2 0 0 の構成例を示すブロック図である。リソース割り当てシステム 2 0 0 は、1 つまたは複数の物理インフラストラクチャ 2 7 から通信サービス要求に最適量のリソースを割り当てる役割を担う。リソース割り当てシステム 2 0 0 は、信頼性を意識したリソース割り当てシステム 2 0 0 とも呼ばれる。

30

【 0 0 2 4】

通信サービス要求は、サービス要求とともにユーザによって指定された全てのサービスレベルに関する約束および性能期待を満たす。例えば、ユーザは、スループット 1 0 0 M b p s、遅延時間 1 5 0 m s、信頼度 9 9 . 9 9 % の VoiceoverIP サービスを要求できる。以下、通信サービス要求を、単に、サービス要求と表現する。サービス要求はオンラインでリソース割り当てシステム 2 0 0 に到着するので、リソース割り当てシステム 2 0 0 は将来の着信要求に関して認識できない。リソース割り当てシステム 2 0 0 は、複数のユーザまたはエンティティから様々な種類のサービス要求を受け取る。運用支援システム (O S S : Operation Support System) が最初にユーザからサービスを受け入れ、次に、それをさらなる処理および準備のためにリソース割り当てシステム 2 0 0 に転送することも可能である。出力において、リソース割り当てシステム 2 0 0 は、要求されたサービスを物理インフラストラクチャ 2 7 上でインスタンス化し、要求された性能がサービスの有効期間を通して維持されることを保証する。

40

【 0 0 2 5】

図 1 によれば、リソース割り当てシステム 2 0 0 は、サービスモデリング部 2 1、データベース 2 2、仮想ネットワークマッピング部 2 3、および配置部 2 6 を備える。

【 0 0 2 6】

サービスモデリング部 2 1 は、サービスの異なる要件に従って仮想ネットワーク要求の立案を担当する。適切な仮想ネットワーク要求を立案し、仮想ネットワークの構成要素を決定するために、サービスモデリング部 2 1 は、入力として機能要件を受け取る。機能要

50

件は、サービス要求とともに言及されるか、または、サービスモデリング部 2 1 によって、サービス要求のタイプを学習することによってデータベース 2 2 から収集される。例えば、機能要件は、ファイアウォール、DHCPサーバ、ロードバランサ、暗号化、復号化などの機能を決定することを含み得る。

【0027】

サービス要求は、遅延時間およびスループットなどの性能要件を含み得る。性能要件に応じて、要求された仮想ネットワークのサイズが決定される。性能要件は、サービスモデリング部 2 1 が要求された仮想ネットワークのサイズを決定するのに役立つ。要求された仮想ネットワークのサイズは、ここでは、CPU容量、リンク帯域幅などのサービスに対する期待性能を満たすために必要な仮想ネットワークリソースの量を意味する。サービスモデリング部 2 1 は、仮想ネットワーク要求を生成する。仮想ネットワーク要求は、仮想リンクの仮想ノードと帯域幅の要件を含む。サービスモデリング部 2 1 は、リソースの量を正確に推定するために、性能モデリング、推定などの技術を使用することができる。出力において、サービスモデリング部 2 1 は、仮想ネットワーク要求を仮想ネットワークマッピング部 2 3 に転送する。サービスモデリング部 2 1 は、サービスおよびサービス時間に対する信頼性要件とともに仮想ネットワーク要求を転送する。これらの情報は、サービス要求に含まれるか、またはサービス要求に基づいてサービスモデリング部 2 1 によって生成され得る。

【0028】

データベース 2 2 は、リソース割り当てシステム 2 0 0 の知識記憶部として機能する。データベース 2 2 は、様々な種類のサービスに関する様々な仮想ネットワークテンプレートについての詳細な情報を保持することができる。仮想ネットワークテンプレートは、異なるネットワーク機能、それらの相互接続、および異なる種類のサービスに適した順序からなりうる。データベース 2 2 は、ネットワーク機能のソフトウェアインスタンスに関する情報も保持することができる。この情報には、他の情報のうち、その動作上の振る舞い、障害の特性、回復メカニズム、信頼性および可用性の値が含まれる。データベース 2 2 は、情報の更新およびデータベース 2 2 への新たな情報の追加を担う運転支援システムまたは外部システムと同期している。

【0029】

データベース 2 2 はまた、物理インフラストラクチャ 2 7、詳細なネットワークトポロジ、それらの地理的位置、利用可能な容量、ハードウェアリソースおよびハイパーバイザに対する信頼性値および可用性値などの非機能的パラメータなどに関する知識も保持する。この知識は、通常、リソース監視部およびリソース検出部（図示せず）と同期している。この知識は、物理インフラストラクチャ 2 7 内で変化が起こる場合に、情報を継続的に更新する。

【0030】

仮想ネットワークマッピング部 2 3 は、仮想ネットワーク要求に基づいて、仮想ネットワークの物理インフラストラクチャ 2 7 へのマッピングを行う。仮想ネットワークマッピング部 2 3 は、サービスに対して期待される信頼度を満たすのに十二分な信頼度を割り当てることによって、信頼性のあるリソースの最適な利用を達成し、最小の追加のリソースおよびコストで仮想ネットワークの全体的な信頼性も改善する。図 2 は、仮想ネットワークマッピング部 2 3 の構成例を示すブロック図である。仮想ネットワークマッピング部 2 3 は、第 1 の実施形態による前処理部 2 4 とマッピング部 2 5 とをさらに備える。

【0031】

前処理部 2 4 のタスクは、仮想ネットワークの構成要素間でサービスに対して期待される信頼度を分配することである。より具体的には、サービスについて期待される信頼度は、サービスを実行している仮想ネットワークにおけるエンドツーエンドの信頼性予想であり得る。分配は、仮想ネットワークの構成要素の相対的な重要度に基づく。タスクを達成するために、前処理部 2 4 は、仮想ネットワーク分析モジュール、データ収集モジュール、信頼性推定モジュール、優先順位割り当てモジュール、信頼性目標設定モジュールなど

10

20

30

40

50

のような異なる機能モジュールを含み得る。これらのモジュールとそれらの相互接続の詳細は、説明の他の関連部分でカバーされている。出力時には、前処理部 2 4 は、分配結果とともに仮想ネットワーク要求をマッピング部 2 5 に転送する。分配結果は、仮想コンポーネントの信頼性目標および場所の制約として使用される。

【 0 0 3 2 】

マッピング部 2 5 は、前処理部 2 4 からの仮想ネットワーク要求を入力として仮想ネットワークの構成要素の物理インフラストラクチャ 2 7 へのマッピングを行う。仮想ネットワーク要求で指定された仮想ネットワークの構成要素に対する要件を満たすことは、マッピング部 2 5 の役割である。例えば、仮想ノードの CPU 容量、仮想リンクの帯域幅、仮想ノードとリンクとのそれぞれの信頼性目標、ロケーションの制約などの要件がある。マッピング部 2 5 は、物理インフラストラクチャ 2 7 からのリソースを適切に使用することによってより多くの要求を受け入れることにより、収益を最大化する。目標を達成するために、マッピング部 2 5 は、最適化モジュール、重要度分析モジュール、ノードマッピングモジュール、リンクマッピングモジュール、信頼性検証およびネゴシエーションモジュールなどの種々の機能モジュールを使用する。それらのモジュールおよびそれらの相互接続の詳細は、説明の他の関連部分でカバーされている。

10

【 0 0 3 3 】

マッピング部 2 5 は、マッピング結果に基づいて、仮想ネットワークの構成要素をホスティングするための物理インフラストラクチャ 2 7 からのホストを指定する配置構成テンプレートを出力する。例えば、テンプレートは、仮想ネットワークノードをホスティングするためのサーバ ID または DC ID、仮想リンクをホスティングするために 2 つのサーバを接続する物理リンク、仮想ノードに対する CPU 容量要件、仮想リンクに対する帯域幅要件、仮想ノードのタイプなどを含み得る。

20

【 0 0 3 4 】

配置部 2 6 は、入力として配置構成テンプレートを受け入れ、配置構成テンプレートに従って物理インフラストラクチャ 2 7 において仮想ネットワークをホストすることによって物理インフラストラクチャ 2 7 においてサービスをインスタンス化する。仮想ネットワークをホストするために、物理インフラストラクチャ 2 7 は、地理的に分散されたハードウェアリソースと仮想化層とを含む。さらに、ハードウェアリソースには、コンピューティング、ネットワーキング、およびストレージリソースが含まれる。配置部 2 6 は、仮想ノードをホストするために仮想マシン (VM) またはコンテナを使用することができる。

30

【 0 0 3 5 】

サービスモデリング部 2 1、仮想ネットワークマッピング部 2 3 (より具体的には、前処理部 2 4 およびマッピング部 2 5)、および配置部 2 6 は、例えば、コンピュータ動作する CPU によって実現される。コンピュータ読み取り可能な記録媒体、例えばプログラム記憶装置からのリソース割り当てプログラムを実行し、そのプログラムに従ってサービスモデリング部 2 1、仮想ネットワークマッピング部 2 3、および配置部 2 6 として動作する。上記の構成要素 2 1、2 3、および 2 6 のそれぞれは、別々のハードウェアによって実現されてもよい。同様に、上記の構成要素 2 4 および 2 5 のそれぞれは、別々のハードウェアによって実現されてもよい。

40

【 0 0 3 6 】

資源配分システムの運用

次に、動作を説明する。図 3 は、第 1 の実施形態によるリソース割り当てシステム 2 0 0 の動作の概要を示すフローチャートである。ユーザまたはエンティティがサービスポータル上でサービス要求を登録するか、または、オペレーションサポートシステム (OSS) が用いられることによって、ステップ S 3 1 から動作が開始する。その後、サービスポータルまたは OSS は、サービス要求をサービスモデリング部 2 1 に転送する。サービス要求は、機能要件、性能要件、サービスレベルに関する約束 (SLA)、サービス時間などを含み得る。

【 0 0 3 7 】

50

次のステップS 3 2において、サービス要求を受けたサービスモデリング部2 1は、そのサービス要求を仮想ネットワーク要求に変換する。サービスモデリング部2 1は、仮想ネットワークの構成要素を用いて、論理ネットワークからなる仮想ネットワークの構成要素を決定する。サービスモデリング部2 1は、サービス要求に記載されている機能要件に従って、またはデータベース2 2からサービスの種類の仮想ネットワークテンプレートを選択することによって、それらを決定する。

【0 0 3 8】

ステップS 3 2において、サービスモデリング部2 1は、さらに、性能推定技術、モデリング技術などを用いて、サービス要求に記載された性能要件に従って、仮想ネットワーク構成要素ごとに、CPU容量、リンク帯域幅などのリソース量を決定する。そして、サービスモデリング部2 1は、この仮想ネットワーク要求を、信頼性要件やサービス時間などの他のSLAとともに仮想ネットワークマッピング部2 3に転送する。

10

【0 0 3 9】

次のステップS 3 3において、仮想ネットワークマッピング部2 3は、仮想ネットワーク要求を受信した後、仮想ネットワークの構成要素の相対的な重要度と物理インフラストラクチャ2 7における物理リソースの絶対信頼度とに基づいて、仮想ネットワークの構成要素を物理インフラストラクチャ2 7にマッピングする。

【0 0 4 0】

具体的には、ステップS 3 3 aにおいて、前処理部2 4は、仮想ネットワーク解析モジュールなどを用いて、仮想ネットワーク構成要素のトポロジおよび機能特性について仮想ネットワーク要求を解析する。このとき、前処理部2 4は、データベース2 2を参照する。そして、前処理部2 4は、優先順位付けモジュール等を用いて、仮想ネットワークの構成要素の相対的な重要度を決定し、重み付けによる優先順位付けを行う。このとき、前処理部2 4は、信頼度推定モジュールなどを用いて、各仮想ネットワーク構成要素による全体的な信頼性への影響を推定して優先度を決定する役割を果たす。優先順位が決定されると、前処理部2 4は、信頼性目標設定モジュールを使用して、サービス要求に記載されている期待される信頼度を、対応する重み付けに従って仮想ネットワークの構成要素に分配する。その後、前処理部2 4は、仮想ネットワーク要求に分配結果を追加する。

20

【0 0 4 1】

ステップS 3 3 bにおいて、前処理が完了すると、マッピング部2 5は、物理ネットワークについての知識、ノードでの利用可能容量およびリンク上の利用可能帯域幅、ならびに、それらそれぞれについての信頼性値を収集する。次に、マッピング部2 5は、最適化モジュールを用いるノードマッピングモジュールなどを使用して、全ての要件が満たされるように、物理ネットワークの物理ノード上の仮想ノードに対する最適マッピングを見つける。

30

【0 0 4 2】

図4は、仮想ネットワークの物理ネットワークへのマッピングの概念を示す説明図である。例えば、図4は、仮想ネットワーク1 1の仮想ノードから物理ネットワーク1 7の物理ノードへのマッピングを示す。より具体的には、DC 3などにおける物理ノード1 8におけるマッピング仮想ノード1 3を示す。信頼性値が満たされない場合、その特定の仮想ノードの信頼性目標を満たすために、冗長ノードが採用される。マッピング部2 5は、このようにして全ての仮想ノードについてマッピングを行う。

40

【0 0 4 3】

仮想ネットワークからの全ての仮想ノードがマッピングされた後、マッピング部2 5は、最適化モジュールなどの支援を受けてリンクマッピングモジュールを使用して、全ての要件が満たされるように物理ネットワークにおける仮想リンクの最適マッピングを見つける。図4では、例えば、仮想リンク1 2を、DC 4をDC 5に接続する物理リンクへのマッピングが示されている。マッピング部2 5は、このようにして全ての仮想リンクについてマッピングを行う。

【0 0 4 4】

50

その後、マッピング部 25 は、信頼性検証およびネゴシエーションモジュールなどを使用して、仮想ネットワークの全体的な実現される信頼性を計算し、サービス要求に記載されている期待される信頼性に対して検証を行う。信頼性が満たされない場合、マルチコモディティフロー技術は、全体的な信頼性を向上させようとする。また、重要度分析モジュールは、マルチコモディティフローを適用するための最適な場所を見つけるのに役立つ。その結果、少ない労力とコストで信頼性が大幅に向上する。マッピング部 25 は、これらのモジュールの支援を受けて、再び、全ての仮想ノードおよびリンクを 1 つまたは複数の物理ネットワークに最適にマッピングする。

【0045】

次に、マッピング部 25 は、マッピング情報を配置構成テンプレートに書き込み、サービスをインスタンス化するために配置部 26 に渡す（ステップ S34）。この場合、マッピング情報は、全ての仮想ノードの配置場所およびサイズ（各仮想ノードによって使用されるリソースの量）、および全ての仮想リンクの物理パスおよび帯域幅の要件を含む。

【0046】

ステップ S35 において、配置部 26 は、配置構成テンプレートを受け取った後、テンプレートから仮想ノードの配置位置およびサイズを読み取り、仮想ノードをホストするために、物理ノードにおける仮想マシンまたはコンテナを起動する。次に、配置部 26 は、テンプレートに記載されている物理パスに仮想リンクを配置し、テンプレートに記載されている帯域幅の要件に従ってリンク帯域幅を確保することによって、仮想ノードを接続する。配置部 26 は、仮想リンクをホストするために、VLAN、VXLANまたはVPNなどの技術を使用することができる。仮想ノードおよび仮想リンクがホストされると、ユーザが仮想ネットワーク上でそれらのアプリケーションを実行する準備が整う。配置部 26 は、ホスト型仮想ネットワークがサービスの有効期間を通して要求された性能を満たすことを保証する。

【0047】

本実施形態によれば、リソース割り当てシステム 200 は、サービスに対する信頼性の期待を満たすのに十分なだけの信頼性を割り当てることによって、信頼性のあるリソースの最適な利用を実現できる。本実施形態では、リソース割り当てシステム 200 は、少なくとも仮想構成要素の相対的な重要度に基づいてサービスに対して期待される信頼度を分配し、分配を信頼性目標として仮想的な構成要素を物理的構成要素にマッピングするからである。また、最小限の追加リソースとコストで仮想ネットワークの全体的な信頼性も向上する。

【0048】

さらに、仮想ネットワークにおける比較的重要な構成要素に対してより高い信頼性を保証するリソース割り当てシステム 200 は、障害発生時に実行中のサービスに対する悪影響を最小限に抑える。また、最小限の関連リソースコストで最小限の平均復旧時間を確保し、仮想ネットワーク要求の受け入れ率を向上させる。

【0049】

実施形態 2 .

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態における前処理部 24 の動作の一例を示すフローチャートである。リソース割り当てシステム 200 の前処理部 24 は、第 1 の実施形態で説明した処理を実現するために必要なシステムの詳細を理解するために参照されうる。

【0050】

ネットワーク仮想化の 1 つの分野であるネットワーク機能仮想化（NFV）が最近普及し、通信事業者は、削減されたCAPEXおよびOPEXの恩恵を受けるために、急速にネットワークアプローチに適応している。テレコムグレードのサービスを提供するには、サービスの高い信頼性の要求を満たすことが重要である。この実施形態では、当業者が本発明を理解することをより容易にするために、NFVの観点からプロセスを説明する。しかし、これはNFVに関する発明の範囲を限定するものではなく、同様の利点を有する他の適用可能な分野における手法に適用することができる。本実施形態の他の部分では、仮

想ノードについては仮想ネットワーク機能（VNF）、仮想ネットワークについてはVNF転送グラフ（VNF-FG）、およびVNFおよび仮想リンクについては仮想ネットワークの構成要素を、言い換え可能な用語として使用する。

【0051】

図5によれば、前処理部24の動作は、仮想ネットワークのトポロジ情報を取得することによってステップS41から開始する。この場合、トポロジ情報は次のように表される。

【数1】

$$G^V = (N^V, L^V)$$

10

【数2】

$$N^V$$

は、仮想ノードのセットである。

【数3】

$$L^V$$

20

は、仮想リンクのセットである。VNF-FGにおけるVNFおよび仮想リンクの相互接続および配置を理解すると、並列配置であるのか直列配置であるのかは、VNF-FGの全体的な信頼性推定にとって重要である。

【0052】

ステップS41において、前処理部24は、下記のCPU需要、

【数4】

$$c(n^v), n^v \in N^V$$

30

下記の帯域幅、

【数5】

$$b(l^v), l^v \in L^V$$

下記のサービスの信頼度の期待値、

【数6】

$$\tilde{R}(G^V)$$

40

サービス時間Tなど、の情報も取得する。信頼度の期待値は、サービス品質要件によって示され、VNF-FGの全体的なエンドツーエンドの信頼度の期待値と同じ意味を持つ。信頼度の期待値は、仮想ネットワークに対する信頼度の期待値、仮想ネットワークに対する全体的な信頼度の期待値、エンドツーエンドの信頼性期待値などと称されることができる。

【0053】

図6は、仮想ネットワークの一例としての仮想リンクで接続されたネットワーク機能（NF）からなるVNF-FGである。図6は、ファイアウォール（FW）、ネットワークアドレス変換（NAT）、および侵入検知システム（IDS）などの異なるNFが仮想リンクによって接続されている仮想ネットワークの一例を示す。仮想ネットワークでは、各

50

N F は、それぞれ特定の仮想ノードとして動作する V N F を含む。一般に、V N F は N F の仮想部分に相当する。以下、N F の仮想部分に言及するとき、N F と V N F は区別されない

【 0 0 5 4 】

次に、ステップ S 4 2 において、前処理部 2 4 は、異なる仮想ネットワークの構成要素を区別するために、データベース 2 2 から情報を収集する。データベース 2 2 は、共通の V N F カタログ、集中オーケストレータ、O S S / B S S、またはシステム内の他のデータベースなどからこれらの情報を取得することができる。

【 0 0 5 5 】

仮想ネットワークでは、一部の仮想ネットワークの構成要素が他のコンポーネントと比較してより重要性が高いことに注意すべきである。例えば、重要なコンポーネントの障害がサービスの大部分に影響を及ぼしたり、サービスの全体的なダウンタイムを長くしたり、一部の仮想ネットワークの構成要素の復旧時間や復旧コストが他のコンポーネントよりも高くなることもある。すなわち、前処理部 2 4 は、これらの仮想ネットワークの構成要素に対してより高い信頼性を保証し、それらが他と比較して最も低い失敗確率を有することを保証する。ただし、重要度に従って信頼性を割り当てるには、まず、これらの仮想ネットワークの構成要素の相対的重要度を判断するのに役立つ要因を特定することがまず重要である。

【 0 0 5 6 】

図 7 は、仮想ネットワークの構成要素の相対的重要度を判断するのに有用な要素の一覧を示す説明図である。これらの要因は、それらの重要性とともに説明される。しかし、このリストは例示的な性質のものであり、これらの要因に限定されず、状況またはサービスを考慮して、拡張または変更されうる。

【 0 0 5 7 】

仮想ネットワークの構成要素の相対的重要度を判断するのに役立つ要因の最初のカテゴリは、図 7 に示す要因 7 2 としての V N F - F G 内の位置である。これは、サービスの全体的な信頼性に重要な役割を果たす。例えば、複数のサービスフロー間で共有されている N F の障害は、共有されていない N F と比較してサービスにはるかに影響を及ぼす（図 7 のコード 7 2 a を参照）。さらに、縦続的に配置された N F の故障確率は V N F - F G の全体的なエンドツーエンドの信頼性に直接影響を与えるが、類似または異なるタイプの V N F と並列に配置された V N F の故障確率は、V N F - F G の総合的なエンドツーエンドの信頼性にさほどの影響を与えない（コード 7 2 b を参照）。以下、要因 7 2 を N F 位置 7 2 と呼ぶことがある。

【 0 0 5 8 】

2 つ目のカテゴリは、図 7 に示す要因 7 3 としての V N F のタイプである。V N F の信頼性に対する要件は、ワークロードのタイプによって大きく異なる。例えば、V N F 操作信号処理、スイッチング/転送、H - Q o S、アクセス制御/認証などのような V N F 処理は、他のタイプのワークロードを処理するものと比較して高い信頼性が求められる（コード 7 3 a を参照）。ステートレス V N F に比べてステートフル V N F に高い信頼性を割り当てることも重要である（コード 7 3 b を参照）。ステートフル V N F が故障した場合、失われた状態を復元することがサービスの継続性にとって非常に重要であり、ステートフル V N F の障害は、サービスのダウンタイムの増加とリカバリコストの増加につながるからである。V N F を区別するのに役立つもう 1 つのタイプは、V N F がサービスのコア機能を実行するか補足機能を実行するかである（コード 7 3 c を参照）。構造化 V N F は、単純な V N F インスタンスと比較して故障する可能性が高いので、それらに対する高い信頼性を保証することも重要である（コード 7 3 d を参照）。以下、要因 7 3 を V N F タイプ 7 3 と呼ぶことがある。

【 0 0 5 9 】

第 3 のカテゴリは、図 7 に示される要因 7 4 としての操作上の特徴である。異なる V N F は、それらの実装、サイズまたは複雑さに基づいて異なる平均復旧時間（M T T R）を

10

20

30

40

50

有する。したがって、MTTRが高いVNFは、サービス全体の可用性に対するボトルネックとなり、これらのVNFに対して高い信頼性を保証することでサービスの全体的な可用性を向上させることができる（コード74aを参照）。また、コストの観点からも、一部のVNFを復元すると、他のものに比べてコンピューティング、ネットワーキング、ストレージなどのリソースが増え、VNFの低い故障率を保証することによって、全体的なコストを削減できる（コード74bを参照）。サービスの種類やホスティングサーバの障害、環境や要件の変更、または最適化の目的によっては、VNFを別のインフラストラクチャに移行する必要がある場合が多く、サービスの停止時間が長くなることがある。一部のVNFは、移行を完全にサポートせず、移行中にサービスが失敗することにつながるため、それらに対して高い信頼性を保証することも重要である（コード74cを参照）。信頼性の高いリソースでこれらのVNFをホストすることによって、移行の必要性が減り、サービスの全体的な可用性が向上する。

10

【0060】

他の特徴は、タイムスロット長、すなわち複数のVNFを含むVNF-FG上の1つの特定のサービスフローに対するものである。各VNFは、合計処理時間から特定の時間部分の情報を処理する。VNFの障害が全体の処理時間の大きな割合を占めると、他のサービスに比べてサービスの可用性に影響が大きくなる。したがって、それらに対して高い信頼性を保証することも重要である（コード74dを参照）。また、VNFソフトウェアのアップグレードは、新機能の追加、バグの修正などに不可欠であるが、多い回数は、アップグレード中のVNFの障害やサービスの停止時間につながる。したがって、頻繁なアップグレードが必要なVNFに対して高い信頼性を保証すると、サービスへの悪影響を減らすことができる（コード74eを参照）。以下、要因74を作業機能74と呼ぶことがある。

20

【0061】

次のステップS43において、前処理部24は、前のステップS42において収集された全ての情報を使用して、VNFに対する重みを決定する。重みは、VNF-FGにおけるVNFの相対的な重要度を表す。重み値が高いほど重要度が高くなるため、VNFの重み値に比例した信頼性を保証する必要がある。図7によれば、前処理部24は、分析階層プロセス（AHP）、多基準意思決定（MCDM）、またはファジー集合理論などの技術を採用して、重みを決定することを容易にするために3つのカテゴリにファクタを分類する。例えば、サンプル仮想ネットワークを有する図7では、下記のような異なるVNFに異なる重みを割り当てることができる。

30

【数7】

$$w_1 = \text{weight for } VNF_1,$$

$$w_2 = \text{weight for } VNF_2,$$

$$w_3 = \text{weight for } VNF_3$$

【0062】

40

次のステップS44において、前処理部24は、仮想ネットワークに対する信頼度の式を導出する。任意の構成要素の信頼性Rは、下記のように表される。

【数8】

$$R = e^{-\frac{T}{MTTF}} = e^{-\lambda T}$$

MTTFは、構成要素の障害間の平均時間である。

【数 9】

 λ

は故障率、 T はサービス時間である。非信頼度 F は、 $F = 1 - R$ として計算できる。仮想ネットワークの信頼度 R は、仮想ネットワークの構成要素の配置に依存し、例えば、2つの直列構成要素の全体的な信頼度は、各構成要素の信頼度の積である。一方、並列配置では、全体的な非信頼度は、各コンポーネントの非信頼度の積である。

【0063】

10

ステップ S 4 4 において、前処理部 2 4 は、これらの要因を考慮して仮想ネットワークの全体的な信頼度の式を推定する。例えば、図 4 におけるサンプル仮想ネットワークの全体的な信頼度の式は、次のとおりである。

【数 10】

$$R_S = R_{NF_1} * R_{NF_2} * R_{NF_3} * R_{vLink}$$

ここで、

【数 11】

20

$$R_{NF_1}, R_{NF_2}, R_{NF_3}$$

は、ハードウェアにおいてインスタンス化した後に実現されるネットワーク機能 (FW、NAT、IDS) に対する信頼度を表す。

【数 12】

$$R_{vLink}$$

は、物理リンクにおいてインスタンス化した後に実現されるネットワークリンクの信頼性を表す。

30

【0064】

次のステップ S 4 5 において、前処理部 2 4 は、仮想ネットワークに対する信頼度の式を推定した後、上述したサービスに対する信頼度の期待値を構成要素に分配する。数学的には、信頼性の式の左辺に、期待される信頼度が設定され、右辺に、全てのネットワークの機能とリンクとによって実現される信頼度が、共通変数 r に設定されてから、 r の値が計算される。例えば、図 4 において、

【数 13】

$$r = (\tilde{R}(G^V))^{\frac{1}{4}}$$

40

である。

その後、次のステップで、 r が、重みに基づいて、コンポーネント間で釣り合うように信頼性目標をバランスさせるために使用される。

【0065】

次のステップ S 4 6 において、前処理部 2 4 は、VNFソフトウェア信頼性値を考慮して、仮想ノードおよび仮想リンクに対する信頼度の期待値を計算する。通常、図 1 におけるサービスモデリング部 2 1 は、仮想ノードおよびリンクに対するリソース要件を推定しつつ、ネットワーク機能を実現するために使用されるべき VNFソフトウェアのタイ

50

プも考慮する。各 VNF ソフトウェアは、独自のソフトウェア信頼性を有し、その VNF の全体的な実現信頼性において重要な役割を果たす。

【 0 0 6 6 】

図 8 は、NF の信頼性ブロック図を示す。図 8 によれば、VNF ソフトウェアはハイパーバイザ上でインスタンス化され、ハイパーバイザはハードウェア上でインスタンス化される。したがって、NF はこれら 3 つのエンティティについての一連の信頼性ブロック図に変換することができる。換言すれば、NF の実現された信頼性は、VNF ソフトウェア、ハイパーバイザおよびハードウェアの信頼性の積である。ハイパーバイザとハードウェアの組み合わせは変動が少ないため、まとめて NF V インフラストラクチャ (NFVI) 、または、単にハードウェアの信頼性と呼ぶことができる。

10

【 0 0 6 7 】

ステップ S 4 6 において、前処理部 2 4 は、まず、これらの VNF ソフトウェアの信頼度を得る。例えば、図 8 では、

【 数 1 4 】

$$R_{VNF_1}^S, R_{VNF_2}^S, R_{VNF_3}^S$$

は、下記のそれぞれのためのソフトウェアの信頼性である。

【 数 1 5 】

$$VNF_1, VNF_2, VNF_3$$

20

そして、前処理部 2 4 は、ステップ S 4 3 で決定した重みと、VNF ソフトウェアの信頼度と、ステップ S 4 5 で決定した値 r とを用いて、仮想ノードおよびリンクに対する信頼度の期待値を算出する。信頼度の期待値は、ハードウェアリソースに対する信頼度の期待値、ネットワークリンク (NL) やネットワーク機能 (NF) などのネットワーク構成要素に対する信頼度の期待値などとも呼ばれる。例えば、図 6 では、

【 数 1 6 】

$$R_{VNF_1}^H = \frac{w_1 * r}{R_{VNF_1}^S} \text{ for } VNF_1,$$

$$R_{VNF_2}^H = \frac{w_2 * r}{R_{VNF_2}^S} \text{ for } VNF_2,$$

$$R_{VNF_3}^H = \frac{w_3 * r}{R_{VNF_3}^S} \text{ for } VNF_3,$$

$$R_{vLink}^H = \frac{r}{R_{vLink}^S} \text{ for } vLink,$$

30

40

が、VNF と仮想リンクをインスタンス化するためのハードウェアの信頼性目標を表す。

【 0 0 6 8 】

本実施形態によれば、リソース割り当てシステム 2 0 0 は、仮想ネットワーク構成およびネットワーク構成要素の機能に基づいて重みを設定し、その後、VNF ソフトウェアの重みおよび信頼性に基づいて信頼性目標を正確に設定する。したがって、リソース割り当てが最適化される。

【 0 0 6 9 】

実施形態 3 .

50

図 9 は、第 3 の実施の形態によるマッピング部 2 5 の動作の一例を示すフローチャートである。図 9 A ~ 図 9 B は、マッピング部 2 5 による仮想ネットワークマッピング動作のノードマッピングフェーズを示す。また、図 9 C ~ 図 9 D は、マッピング部 2 5 による仮想ネットワークマッピング動作のリンクマッピングフェーズを示す。リソース割り当てシステム 2 0 0 のマッピング部 2 5 は、仮想ネットワークマッピング動作を実現するために必要なシステムの詳細を理解するために参照され得る。

【 0 0 7 0 】

まず、図 9 A および図 9 B を用いて、ノードマッピングフェーズを説明する。処理は、ステップ S 8 0 1 から開始する。ステップ S 8 0 1 において、マッピング部 2 5 は、仮想ネットワーク構成テンプレートから情報を取得する。情報は、仮想ネットワークのトポロジ情報などで、次のように表される。

【 数 1 7 】

$$G^V = (N^V, L^V)$$

上記のトポロジ情報に含まれる各仮想ノードは、次のように表される CPU 需要と信頼度の期待値に関連付けられている。

【 数 1 8 】

$$c(n^v), \tilde{R}(n^v)$$

上記のトポロジ情報に含まれる各仮想リンクは、次のように表される帯域幅要求と信頼度の期待値に関連付けられている。

【 数 1 9 】

$$b(l^v), \tilde{R}(l^v)$$

【 数 2 0 】

$$\tilde{R}(n^v) \& \tilde{R}(l^v)$$

は、ハードウェアの信頼性目標と同じ意味を有する。第 2 実施形態では、それぞれ、下記のように示される。

【 数 2 1 】

$$R_{VNF_n}^H \& R_{vLink}^H$$

【 0 0 7 1 】

ステップ S 8 0 1 において、マッピング部 2 5 は、下記のような関連付けられた重みやサービス時間 T などの情報をさらに取得する。

【 数 2 2 】

$$w_1, w_2, w_3 \dots w_m$$

【 0 0 7 2 】

次のステップ S 8 0 2 において、マッピング部 2 5 は、下記のように示されるトポロジ情報などのサブストレートネットワーク情報を取得する。

【数 2 3】

$$G^S = (N^S, L^S)$$

ここで、下記のものゝ、サブストレートノードの集合を示す。

【数 2 4】

$$N^S$$

10

下記のものゝ、サブストレートリンクの集合を示す。

【数 2 5】

$$L^S$$

サブストレートノードは、下記のように示される。

【数 2 6】

20

$$n^S \in N^S$$

サブストレートノードは、上記のトポロジ情報に含まれ、下記の CPU 容量に関連する。

【数 2 7】

$$c(n^S)$$

サブストレートノードは、下記のノード故障率に関連する。

【数 2 8】

30

$$\lambda \text{ or } MTTF$$

ノード故障率は、下記のように表される信頼性を得るために信頼性の式にサービス時間 T を代入したものである。

【数 2 9】

$$R(n^S)$$

各サブストレートリンクは、下記のように表される。

40

【数 3 0】

$$l^S \in L^S$$

サブストレートリンクは、上記トポロジ情報に含まれ、下記のように表される帯域幅容量に関連する。

【数 3 1】

$$b(l^s)$$

サブストレートリンクは、下記のように表されるリンク故障率に関連する。

【数 3 2】

$$\lambda \text{ or } MTTF$$

10

リンク故障率は、下記のように表される信頼性を得るために、信頼性の式においてサービス時間 T で置き換えられる。

【数 3 3】

$$R(l^s)$$

【0 0 7 3】

以下は、これらのパラメータの使用例である。

【0 0 7 4】

20

サブストレートノードの利用可能 / 残余 CPU 能力 :

【数 3 4】

$$A(n^s) = c(n^s) - \sum_{n^v \uparrow n^s} c(n^v),$$

$n^v \uparrow n^s$: the virtual nodes n^v from requests hosted on the substrate node n^s

サブストレートリンクの利用可能 / 余裕帯域幅 :

【数 3 5】

30

$$A(l^s) = b(l^s) - \sum_{l^v \uparrow l^s} b(l^v),$$

$l^v \uparrow l^s$: the virtual links l^v from requests hosted on the substrate link l^s

2つのサブストレートノードを結合するパス r は、複数のサブストレートリンクを含むことがあるので、パスの利用可能な帯域幅容量は、以下のように表すことができる。

【数 3 6】

$$A(r) = \min_{l^s \in r} A(l^s), \quad \forall l^s \in r$$

40

【0 0 7 5】

次のステップ S 8 0 3 において、マッピング部 2 5 は、信頼度の期待値の高い順に VNF をソートする。

【数 3 7】

$$\tilde{R}(n^v)$$

【0 0 7 6】

次のステップ S 8 0 4 において、マッピング部 2 5 は、関連する制約を満たしながら、

50

目的関数に従って信頼度の期待値が最も高いVNFのマッピングを見つける。目的関数は、例えば、信頼度の期待値を満足させること、コストを最小化すること、エネルギーコストを下げることなど、ユーザの要求に従って、複数の目的を考慮することができる。

【 0 0 7 7 】

ノードマッピングは、下記のように表されうる。

【 数 3 8 】

$$\sigma_N: N^V \rightarrow N^S, \quad \forall n^v \in N^V$$

ノードマッピングは、仮想ノードとサブストレートノードとの間のマッピング機能を表す。

【 数 3 9 】

$$\sigma_N(n^v)$$

上記のものは、下記のように表される仮想ノードのマッピング用に選択されたサブストレートノードを表す。

【 数 4 0 】

$$n^v$$

20

仮想ネットワーク要求に対する受け入れ率が増加するという利点を与える制約条件ではなく、目的関数で信頼性満足度を定式化することを提案する。当業者が本発明を完全に理解するのを助けるために、ここで、式を提示する。

【 0 0 7 8 】

ノードマッピングの信頼性ギャップを最小化する：

【 数 4 1 】

$$y_N = \begin{cases} \left(\frac{\tilde{R}(n^v)}{1 - \tilde{R}(n^v)} \right) R(\sigma_N(n^v)) - \left(\frac{\tilde{R}^2(n^v)}{1 - \tilde{R}(n^v)} \right), & R(\sigma_N(n^v)) \geq \tilde{R}(n^v) \\ \left(\frac{\tilde{R}(n^v) - 1}{\tilde{R}(n^v)} \right) R(\sigma_N(n^v)) + 1, & R(\sigma_N(n^v)) < \tilde{R}(n^v) \end{cases} \quad 30$$

【 数 4 2 】

$$y_N$$

- 有利な領域に利益を与え、不利な領域に不利益を与えながら、最小の信頼性ギャップを保証する機能。

【 数 4 3 】

$$\sigma_N(n^v)$$

- 仮想ノードがマッピングされるサブストレートノードの信頼性。

【 0 0 7 9 】

図 10 は、その機能をグラフで示している。すなわち、以下のようなものである。

40

【数 4 4】

$$R(\sigma_N(n^v)) \geq \tilde{R}(n^v)$$

- 有利な領域。

【数 4 5】

$$R(\sigma_N(n^v)) < \tilde{R}(n^v)$$

10

- 不利な領域。

【0 0 8 0】

また、制約を次のように提示する。

ノード容量の制約（サブストレートノードに埋め込まれる仮想ノードのCPU需要は、そのサブストレートノードの使用可能なCPU容量よりも少なくななければならない。）

【数 4 6】

$$\sum_{n^v \in N^V} c(n^v) \leq A(n^s), \quad \forall n^s \in N^S$$

20

可用性ノードマッピング制約（1つのサブストレートノードでホストできる同一仮想ネットワーク要求からの仮想ノードの最大数）

【数 4 7】

$$\sum_{n^v | \sigma_N(n^v) = n^s} 1 \leq k, \quad \forall n^s \in N^S, \quad \forall n^v \in N^V$$

値 k は、同じサブストレートノードにマッピングされる同じ仮想要求からの仮想ノードの数を制限する。k を選択する柔軟性は、同じサブストレートノードで複数の仮想ノードをホストするのに問題がないようなアプリケーションに効果をもたらす。

30

ドメイン制約

【数 4 8】

$$\begin{aligned} x_{n^v}^{n^s} &\in \{0,1\} \\ c(n^v) &> 0, \quad \forall n^v \in N^V \\ 0 &\leq \tilde{R}(n^v) \leq 1, \\ 0 &\leq R(n^s) \leq 1 \end{aligned}$$

40

【0 0 8 1】

次のステップ S 8 0 5 において、マッピング部 2 5 は、ステップ S 8 0 4 からの選択されたマッピングについてのネットワーク機能（NF）についての実現可能な信頼性が、その特定の VNF についての期待される信頼度よりも大きいかどうかを検証する。大きければ、図 9 B のステップ S 8 0 9 に移行し、そうでなければステップ S 8 0 6 に移行する。ネットワーク機能（NF）について実現可能な信頼性は、選択されたサブストレートノード（ハイパーバイザを含む）の信頼性と考慮中の VNF の信頼性との積である。

【0 0 8 2】

マッピング部 2 5 は、実現可能な信頼度が期待される信頼度よりも小さい NF について

50

信頼度を改善するためのステップを実行する。2つの方法でそれを改善することが可能である。1つ目のアプローチは障害回避である。これには、VNFをより信頼性の高いハードウェアに移動することが含まれる。2番目のアプローチはフォールトトレランスである。これには、障害発生時にVNF用の冗長ハードウェアリソースを追加することが含まれる。

【0083】

ステップS806において、マッピング部25は、サービスの要求に従って、これらのアプローチの適合性を検証する。具体的には、マッピング部25は、サービス要件によって許可されていることを確認する。故障回避のみであればステップS807に移行し、フォールトトレランスを含んでいればステップS808に移行する。

10

【0084】

ステップS807において、マッピング部25は、信頼性を向上させるための第1の手法である障害回避を行う。マッピング部25は、制御をステップS804に進め、制約条件を満たす次の候補を検索する。制約条件を満たす候補が存在しない場合には、制御は次のステップS808に進む。

【0085】

ステップS808において、マッピング部25は、信頼性を向上させるために第2のアプローチであるフォールトトレランスを採用する。マッピング部25は、VNF用の冗長ハードウェアリソースを追加する。図11は、フォールトトレランス構成の一態様を示す。冗長なハードウェアが、以下のように割り当てられる。

20

【数49】

VNF₂

フォールトトレランスポリシーの選択に応じて、冗長構成をアクティブ - パッシブまたはアクティブ - アクティブに設定できる。冗長なリソースを複数の仮想ノード間で共有して、リソース使用量を改善することもできる。ここに示されているフォールトトレランス構成は例示であり、本発明を特定の構成に限定するものではない。

【0086】

次のステップS809において、マッピング部25は、マッピングを仮想ネットワーク構成テンプレートに記録し、サブストレートリソースの空き容量を更新（再計算）する。

30

【0087】

次のステップS810において、マッピング部25は、ノード配置のための非アフィニティ要件を考慮に入れ、それは、2つの仮想ノードが同じサブストレートノードにマッピングされることを制限する。同じサブストレートノードに2つの仮想ノードが配置されると、特定のサブストレートノードに障害が発生した場合に、両方の仮想ノードに障害が発生する。すなわち、マッピング部25は、非アフィニティが許可されていることを確認する。許可されていれば、ステップS811に移行し、そうでなければステップS812に移行する。

【0088】

40

ステップS811において、マッピング部25は、同一のサブストレートノードが、同一の仮想ネットワークから他の仮想ノードをマッピングするために選択されないように、選択されたサブストレートノードの空き容量を一時的にゼロに設定する。

【0089】

次のステップS812で、マッピング部25は、実現可能な信頼性値を信頼性の式に挿入し、重み値を使用して残りの構成要素に対する相対的な信頼度の期待値を再計算する。このステップの目的は、信頼性の高いリソースを最小限に使用することで、全体的な信頼度の期待値を満足させ、様々な仮想ノードの優先順位を確保することである。これにより、効果が増大する。

【0090】

50

次のステップ S 8 1 3 において、マッピング部 2 5 は、全ての V N F のマッピングが完了したか否かをチェックし、完了していれば、リンクマッピングフェーズに制御を移し、そうでなければステップ S 8 0 3 に制御を移す。

【 0 0 9 1 】

次に、リンクマッピングフェーズを、図 9 C および図 9 D を用いて説明する。処理は、ステップ S 9 0 1 から始まる。ステップ S 9 0 1 において、マッピング部 2 5 は、信頼性の式に全 N F の実現可能な信頼度を代入して、仮想リンクに対する信頼度の期待値を算出する。

【 0 0 9 2 】

次のステップ S 9 0 2 において、マッピング部 2 5 は、V N F に付加されている仮想リンク間で V N F の重みを共有させることによって、仮想リンクに重みを割り当てる。換言すると、優先順位の高い V N F を接続する仮想リンクは、他のリンクよりも優先順位が高くなる。そして、マッピング部 2 5 は、それらのリンクを使用して接続された V N F の重みに基づいて、仮想リンクに重みを割り当てる。そして、マッピング部 2 5 は、重みの昇順で仮想リンクをソートする。

【 0 0 9 3 】

次のステップ S 9 0 3 において、マッピング部 2 5 は、最も重みが大きいマッピングされていないリンクの中から仮想リンクを選択し、選択されたリンクに結合するネットワーク機能 (N F) 間の最短パスを見つける。2 つのノードを結ぶサブストレートネットワークに、複数の最短パスが存在する可能性がある。

【 0 0 9 4 】

次のステップ S 9 0 4 において、マッピング部 2 5 は、選択されたパスについて実現可能な信頼性を計算し、目的関数に従って信頼性を選択し、関連する制約を満たす。目的関数は、例えば、信頼度の期待値を満足させること、コストを最小化すること、エネルギーコストを下げることなど、ユーザの要求に従って複数の目的を考慮することができる。

【 0 0 9 5 】

リンクマッピングは、次のように表されうる。

【 数 5 0 】

$$\sigma_L: L^V \rightarrow L^S, \quad \forall l^v \in L^V$$

それらは、仮想リンクとサブストレートリンクとの間のマッピング機能を表す。

【 数 5 1 】

$$\sigma_L(l^v)$$

上記の値は、下記の仮想リンクをマッピングするために選択されたサブストレートリンクを表す

【 数 5 2 】

$$l^v$$

選択されたサブストレートリンクは、ネットワークリンク (N L) とも呼ばれる。仮想ネットワーク要求に対する受け入れ率が増加するという利点を与える制約条件ではなく、目的関数で信頼性満足度を定式化することを提案する。当業者が本発明を完全に理解するのに助けるために、ここで、式を提示する。

【 0 0 9 6 】

リンクマッピングの信頼性ギャップを最小化する：

【数 5 3】

$$y_L = \begin{cases} \left(\frac{\tilde{R}(l^\nu)}{1 - \tilde{R}(l^\nu)} \right) R(\sigma_L(l^\nu)) - \left(\frac{\tilde{R}^2(l^\nu)}{1 - \tilde{R}(l^\nu)} \right), & R(\sigma_L(l^\nu)) \geq \tilde{R}(l^\nu) \\ \left(\frac{\tilde{R}(l^\nu) - 1}{\tilde{R}(l^\nu)} \right) R(\sigma_L(l^\nu)) + 1, & R(\sigma_L(l^\nu)) < \tilde{R}(l^\nu) \end{cases}$$

【数 5 4】

10

 y_L

- 有利な領域に利益を与え、不利な領域に不利益を与えながら、最小の信頼性ギャップを保証する機能。

【数 5 5】

 $\sigma_L(l^\nu)$

20

- 仮想リンクがマッピングされるサブストレートパス r の信頼性。
サブストレートパスは複数のサブストレートリンクで構成されているので、信頼性は次のように計算される。

【数 5 6】

$$R(r) = \prod_{l^s \in r} R(l^s)$$

30

【0 0 9 7】

図 1 2 には、この機能がグラフで示されている。

【数 5 7】

$$R(\sigma_L(l^\nu)) \geq \tilde{R}(l^\nu)$$

- 有利な領域

【数 5 8】

40

$$R(\sigma_L(l^\nu)) < \tilde{R}(l^\nu)$$

- 不利な領域

【0 0 9 8】

また、制約を次のように提示する。

リンク容量の制限（サブストレートパスに埋め込まれる仮想リンクの帯域幅要求は、そのサブストレートパスの利用可能な帯域幅容量よりも小さくなければならない。）

【数 5 9】

$$\sum_{l^v \in L^V} b(l^v) \leq A(r),$$

$$A(r) = \min_{l^s \in r} A(l^s), \quad \forall n^s \in N^s$$

ドメイン制約

【数 6 0】

10

$$x_{l^v}^{l^s} \in \{0,1\}$$

$$b(l^v) > 0, \quad \forall l^v \in L^V$$

$$0 \leq \tilde{R}(l^v) \leq 1,$$

$$0 \leq R(l^s) \leq 1, 0 \leq R(r) \leq 1$$

【0 0 9 9】

次のステップ S 9 0 5 において、マッピング部 2 5 は、ステップ S 9 0 4 からの選択されたマッピングについてのネットワークリンクについての実現可能な信頼性 (NL) が、その特定の仮想リンクについての期待される信頼度よりも大きいかどうかを検証する。大きければ、ステップ S 9 0 7 に移行し、そうでなければステップ S 9 0 6 に移行する。

20

【0 1 0 0】

NL の実現可能な信頼性は、選択したサブストレートリンクの信頼性と仮想リンクの配置を考慮した仮想ネットワークプロトコルの信頼性との積である。すなわち、それは、そのリンクで通信を実行することに参加している全てのエンティティに依存する。

【0 1 0 1】

ステップ S 9 0 6 において、マッピング部 2 5 は、実現可能信頼度が期待される信頼度より小さい NL について、信頼度を向上させるためのステップを実行する。ネットワークリンクの信頼性を向上させるために、マッピング部 2 5 は、サービスに対する適合性およびリソースの利用可能性に従って、2つのアプローチのうちの1つを使用することができる。経路分割の第1の手法では、仮想リンクのトラフィックは2つの仮想リンク間で分割され、次いで、サブストレートネットワーク上の2つの異なる最短経路にマッピングされる。2番目の方法では、個別パス用に仮想リンクに等しい専用リンク容量が確保される。

30

【0 1 0 2】

例示的な図 1 3 は、ネットワークリンク (NL) の信頼性を向上させるためのメカニズムを示す。最初のアプローチでは、以下の2つの間のトラフィックが、分配される。

【数 6 1】

$$VNF_1$$

40

【数 6 2】

$$VNF_2$$

分配は、適切な分割比で、以下に分配される。

【数 6 3】

$$B_a$$

50

【数 6 4】

 B_b

2 番目のアプローチでは、これらのパスは同じ容量を有する。それらは、以下の 2 つの間のトラフィックに等しい。

【数 6 5】

 VNF_1

10

【数 6 6】

 VNF_2

2 番目のアプローチでは、状況に応じて、共有バックアップ、アクティブ - アクティブまたはアクティブ - パッシブ構成を採用できる。ステップ S 9 0 6 は、ステップ S 9 0 5 の条件が満たされるまで、または、所定の回数終了するまで繰り返される。

【0 1 0 3】

次のステップ S 9 0 7 において、マッピング部 2 5 は、マッピングを仮想ネットワーク構成テンプレートに記録し、サブストレートリソースの空き容量を更新（再計算）する。

20

【0 1 0 4】

次のステップ S 9 0 8 において、マッピング部 2 5 は、全ての仮想リンクのマッピングが完了したか否かをチェックし、完了していればステップ S 9 0 3 に制御を移し、そうでなければステップ S 9 0 9 に移行する。

【0 1 0 5】

ステップ S 9 0 9 において、マッピング部 2 5 は、信頼度の式にネットワーク機能（N F）およびネットワークリンク（N L）の実現可能な信頼度値を代入することによって、仮想ネットワークの全体的な信頼度を算出する。

【0 1 0 6】

30

次のステップ S 9 1 0 において、マッピング部 2 5 は、仮想ネットワークについて全体的に実現されている信頼性が、サービスについて期待される信頼度より高いかどうかを確かめるためにチェックする。高くなければ、信頼性を向上させるためにステップ S 9 1 1 に制御を渡し、高ければ、ステップ S 9 1 4 に制御を渡す。

【0 1 0 7】

ステップ S 9 1 1 において、マッピング部 2 5 は、全てのネットワークリンク（N L）についての重要度基準を導出する。重要度基準は、構成要素を特定するのに役立つ。信頼性の向上によって全体的な信頼性が大きく向上するので、仮想ネットワークの全体的な信頼性目標を満たすために必要なリソースが最小化される。

【0 1 0 8】

40

次のステップ S 9 1 2 において、マッピング部 2 5 は、最も重要度が高い基準を有するネットワークリンクを選択する。次に、ステップ S 9 1 3 において、ステップ S 9 0 6 と同様に、経路分割または専用バックアップによって、選択されたネットワークリンク（N L）の信頼性を向上させる。次に、ネットワークリンクについて新たに実現された信頼度（N L）を計算し、制御をステップ S 9 0 9 に渡す。

【0 1 0 9】

ステップ S 9 1 4 において、マッピング部 2 5 は、最終的に、仮想ネットワーク構成テンプレートを配置部 2 6 に転送する。

【0 1 1 0】

本実施形態によれば、マッピング部 2 5 は、仮想コンポーネントを、それらに対して期

50

待される信頼度およびサービスに対して期待される信頼度に基づいて、いくつかの手法を用いてマッピングするので、最適なマッピングが実現される。

【 0 1 1 1 】

実施形態 4 . (情報処理装置)

図 1 4 は、本発明の実施形態に係るリソース割り当てシステム 2 0 0 を実現可能な情報処理装置 9 0 0 (コンピュータ) の構成を、例示的に示す。すなわち、図 1 4 は、図 1 や図 2 のようなシステムや装置を実現することができ、かつ、上述した実施形態を実現することができる個々の機能が発揮されるハードウェア環境を表すコンピュータ (情報処理装置) の構成を示す。実施形態を実施することができる。

【 0 1 1 2 】

図 1 4 に示す情報処理装置 9 0 0 は、以下のものを構成要素として含む。

- C P U 9 0 1 (中央処理装置) ;
- R O M 9 0 2 (Read Only Memory) ;
- R A M 9 0 3 (Random Access Memory) ;
- ハードディスク 9 0 4 (記憶装置) ;
- 外部機器との通信インタフェース 9 0 5 (インタフェース : 以下「 I / F 」と呼ぶ)
- C D - R O M (Compact Disc Read Only Memory) 等の記憶媒体 9 0 7 に記憶されたデータを読み書きすることができるリーダ / ライタ 9 0 8 ; および
- 入出力インタフェース 9 0 9

【 0 1 1 3 】

情報処理装置 9 0 0 は、これらがバス 9 0 6 (伝達ライン) を介して接続された一般的なコンピュータである。

【 0 1 1 4 】

上述した実施形態を例として説明した本発明は、図 1 4 に示した情報処理装置 9 0 0 に、ブロック図 (図 1 、 2) に示した機能を実現することが可能なコンピュータプログラム、または、実施形態の説明において参照されたフローチャート (図 3 、 5 、 9 A ~ 9 D) を提供し、そして、コンピュータプログラムをそのようなハードウェアの C P U 9 0 1 に読み込ませ、解釈して実行させることによって達成される。装置に提供されるコンピュータプログラムを、揮発性の読み書き可能な記憶メモリ (R A M 9 0 3) またはハードディスク 9 0 4 などの不揮発性の記憶装置に格納することができる。

【 0 1 1 5 】

さらに、上記の場合、一般的な手順を使用してそのようなハードウェアにコンピュータプログラムを提供することができる。それらの手順として、例えば、C D - R O M 等の各種記憶媒体 9 0 7 を介してコンピュータプログラムを装置にインストールしたり、インターネット等の通信回線を介して外部からダウンロードすることが挙げられる。この場合、本発明を、そのようなコンピュータプログラムを構成するコードから構成されているか、または、コードを格納した記憶媒体 9 0 7 から構成されていると見なすことができる。

【 0 1 1 6 】

実施形態の以上の説明は、当業者が本発明を作成し使用することを可能にするために提供されている。さらに、これらの例示的な実施形態に対する様々な改変は当業者には容易に明らかになり、本明細書で定義された一般的な原理および特定の例は、創作力を用いることなく他の実施形態に適用され得る。したがって、本発明は、本明細書に記載されている例示的な実施形態に限定されることは意図されず、特許請求の範囲および均等物の限定によって定義される最も広い範囲を与えられるべきである。さらに、特許請求の範囲が審査中に修正されたとしても、発明者の意図は特許請求された発明の全ての均等物を保持することであることに留意されたい。

【 0 1 1 7 】

図 1 5 は、本発明の概要を示すブロック図である。通信サービス要求のためのリソース割り当てシステム 5 0 0 は、サービスモデリング部 5 0 1 と仮想ネットワークマッピング部 5 0 2 とを備える。

【 0 1 1 8 】

サービスモデリング部 5 0 1 (例えば、サービスモデリング部 2 1) は、複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する 1 つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す 1 つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出する。

【 0 1 1 9 】

仮想ネットワークマッピング部 5 0 2 (例えば、仮想ネットワークマッピング部 2 3) は、仮想ネットワーク要求に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける。仮想ネットワークマッピング部 5 0 2 は、ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度に基づいて、サービスに対する信頼度の期待値を各構成要素に分配することによって、信頼性目標を各構成要素に設定し、信頼性目標、リソース要件、およびサービスに対する信頼度の期待値に基づいて最適マッピングを見つける。サービスに対する信頼性の期待信頼性目標を設定するとき、仮想ネットワークマッピング部は、仮想ネットワークの比較的重要な仮想ネットワーク構成要素に対するより高い信頼性を保証して、イベントにおける実行中のサービスへの悪影響を最小限に抑えることができる。

10

【 0 1 2 0 】

上記の実施形態の一部または全部は、以下の付記のようにも記載され得るが、以下に限定されるわけではない。

【 0 1 2 1 】

(付記 1) 通信サービス要求のためのリソース割り当てシステムであって、複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する 1 つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す 1 つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出するサービスモデリング部と、

20

前記仮想ネットワーク要求に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適マッピングを見つける仮想ネットワークマッピング部とを備え、

前記仮想ネットワークマッピング部は、

仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度に基づいて、サービスに対する前記信頼度の期待値を各構成要素に分配することによって、前記信頼性目標を各構成要素に設定し、

30

前記信頼性目標、前記リソース要件、およびサービスに対する前記信頼度の期待値に基づいて前記最適マッピングを見つける

リソース割り当てシステム。

【 0 1 2 2 】

(付記 2) 前記仮想ネットワークマッピング部から受信した配置構成テンプレートに記載された仕様に従って、サーバのインスタンス化、帯域幅の確保、物理インフラストラクチャにおける接続の設定のようなステップを含むサービスを開始させる配置部をさらに備え、

前記サービスモデリング部は、前記サービス要求を受信し、前記仮想ネットワーク要求を導出し、前記仮想ネットワークマッピング部に渡し、当該仮想ネットワークマッピング部は、仮想ネットワークの構成要素に前記信頼性目標を設定するために前記サービス要求を前処理し、前記最適マッピングを見つけ、サービスに対する前記信頼度の期待値を保証し、マッピング結果と仮想ネットワークの各構成要素のリソース要件とが記述された前記配置構成テンプレートを前記配置部に転送する

40

付記 1 のリソース割り当てシステム。

【 0 1 2 3 】

(付記 3) 異なる種類のサービスに適した様々な仮想ネットワークテンプレートに関するテンプレート情報および物理インフラストラクチャに関する情報を格納するデータベースをさらに備え、

50

各テンプレート情報は、ネットワーク機能の相互接続、順序、動作挙動、故障特性、回復メカニズム、および信頼性要件のようなテンプレートが示す仮想ネットワークに属する1つまたは複数のネットワーク機能に関する知識と、少なくともネットワークトポロジ、場所、利用可能な容量、信頼性または可用性の値を含む物理インフラストラクチャに関する情報とを含み、

前記データベースは、前記サービスモデリング部および前記仮想ネットワークマッピング部によってアクセス可能である

付記1または付記2のリソース割り当てシステム。

【0124】

(付記4) 前記仮想ネットワークマッピング部は、仮想ネットワークの構成要素の相対的な重要度に基づいて、サービスに対して期待される信頼度を、仮想ネットワークの構成要素に分配する前処理部を含み、

前記前処理部は、複数の要因を考慮して仮想ネットワークの構成要素のそれぞれの重み値を計算することによって相対的な重要度を決定し、

前記要因には、トポロジにおける位置、仮想ネットワークの構成要素の種類、および運用上の機能が含まれる

付記1から付記3のうちのいずれかのリソース割り当てシステム。

【0125】

(付記5) 前記前処理部は、

仮想ネットワークトポロジにおける仮想ネットワークの構成要素の位置を分析する仮想ネットワーク分析モジュールと、

仮想ネットワークの構成要素の重み値を計算するために重要な要因に関連する情報を収集するデータ収集モジュールと、

仮想ネットワークの構成要素の信頼性のセットと仮想ネットワークにおけるサービスの信頼性との間の関係が記述された信頼性の式を推定する信頼性推定モジュールと、

前記要因に基づいて仮想ネットワークの構成要素の前記重み値を計算する優先度割り当てモジュールと、

前記重み値を使用して、サービスに対して期待される信頼度を仮想ネットワークの構成要素に分配する信頼性目標設定モジュールとを含む

付記4のリソース割り当てシステム。

【0126】

(付記6) 前記仮想ネットワークマッピング部は、前記サービスモデリング部から受信した前記仮想ネットワーク要求に記載されている全ての要件が満たされるように、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素の最適マッピングを実行するマッピング部をさらに含み、

前記マッピング部は、ノードマッピングおよびリンクマッピングを実行し、仮想ネットワークの構成要素の前記信頼性目標と物理インフラストラクチャからのリソースの利用可能な信頼度との間の最小の信頼性ギャップを保証する

付記1から付記5のうちのいずれかのリソース割り当てシステム。

【0127】

(付記7) 前記マッピング部は、

所定の目的および制約に従って最適化問題を解決する最適化モジュールと、

前記最適化モジュールの支援により、物理インフラストラクチャの物理ノードにおける仮想ネットワークの仮想ノードの最適配置位置を決定するノードマッピングモジュールと、

前記最適化モジュールの支援により、物理インフラストラクチャの物理リンクにおける仮想ネットワークの仮想リンクの最適配置位置を決定するリンクマッピングモジュールと、

サービスに対する実現可能な信頼性をサービスに対する前記信頼度の期待値で検証し、ユーザインタフェース層に関連するネゴシエーションを担う信頼性検証およびネゴシエ

10

20

30

40

50

ションモジュールと、

仮想ネットワークの全体的な信頼性を向上させるための最適な場所を特定する重要度分析モジュールとを含む

付記 6 のリソース割り当てシステム。

【 0 1 2 8 】

(付記 8) 通信サービス要求のためのリソース割り当て方法であって、

複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する 1 つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す 1 つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出し、

仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度、リソース要件、およびサービスに対する前記信頼度の期待値に基づいてサービスに対する前記信頼度の期待値を配分することによって設定される信頼性目標に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける

リソース割り当て方法。

【 0 1 2 9 】

(付記 9) 仮想ネットワークマッピング部から受信される配置構成テンプレートであって、マッピング結果と仮想ネットワークの各構成要素のリソース要件とが記述されている配置構成テンプレートに記載された仕様に従って、サーバのインスタンス化、帯域幅の確保、物理インフラストラクチャにおける接続の設定のようなステップを含むサービスを開始させる

付記 8 のリソース割り当て方法。

【 0 1 3 0 】

(付記 1 0) 通信サービス要求のためのリソース割り当てプログラムであって、コンピュータに、

複数の仮想ネットワークの構成要素のそれぞれに対する 1 つ以上のリソース要件と、少なくともサービスに対する信頼度の期待値を示す 1 つ以上のサービス品質要件とを含む仮想ネットワーク要求を、サービス要求に基づいて導出するサービスモデリング処理と、

仮想ネットワークにおける各構成要素の相対的な重要度、リソース要件、およびサービスに対する前記信頼度の期待値に基づいてサービスに対する前記信頼度の期待値を配分することによって設定される信頼性目標に基づいて、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの構成要素に対する最適なマッピングを見つける仮想ネットワークマッピング処理と

を実行させるためのリソース割り当てプログラム。

【 0 1 3 1 】

(付記 1 1) 通信サービス要求に対する信頼性保証を費用効率よく満たす、信頼性を意識したリソース割り当てシステムであって、

コンピューティングおよびネットワーキングのリソース要求、要求されたサービスについて期待される性能を保証することができるサービス品質要求を含む仮想ネットワーク要求を導出するサービスモデリング部と、

物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワーク要求に対する最適マッピングを見つけ、信頼性目標を複数の仮想ネットワークの構成要素に割り当てる前処理を実行し、最適マッピングを見つけ、仮想ネットワーク要求の信頼性保証を満たすために必要な処理を実行し、配置構成テンプレートを生成する仮想ネットワークマッピング部と、

前記仮想ネットワークマッピング部から受信した配置構成テンプレートに記載された仕様に従って、サーバのインスタンス化、帯域幅の確保、物理インフラストラクチャにおける接続の設定のようなステップを含むサービスを開始させる配置部とを備え、

前記サービスモデリング部は、前記サービス要求を受信し、前記仮想ネットワーク要求を導出し、前記仮想ネットワークマッピング部に渡し、当該仮想ネットワークマッピング部は、前記サービス要求を前処理し、前記最適マッピングを見つけ、前記信頼性保証を保証し、要求されたサービスを採取的に提供するために前記配置構成テンプレートを前記配

10

20

30

40

50

置部に転送する

信頼性を意識したリソース割り当てシステム。

【0132】

それによって、信頼性を意識したリソース割り当てシステムは、仮想ネットワークの比較的重要な仮想ネットワークの構成要素に対してより高い信頼性を保証することによって、障害発生時に実行中のサービスに対する悪影響を最小限に抑える。信頼性を意識したリソース割り当てシステムは、また、最小の関連リソースコストで最小の平均復旧時間を保証し、仮想ネットワーク要求の受け入れ率を改善する。

【0133】

(付記12) 様々な種類のサービスに適した様々な仮想ネットワークテンプレートに関する情報を格納するためのデータベースをさらに備えた付記11の信頼性を意識したリソース割り当てシステム。情報は、異なるネットワーク機能、それらの相互接続および順序、動作挙動、故障特性、回復メカニズム、および信頼性に関する知識を含む。データベースは、リソース監視部およびリソース発見部によって収集された物理インフラストラクチャ、ネットワークトポロジ、位置、利用可能な容量、信頼性および可用性の値に関する情報も格納する。

データベースは、サービスモデリング部および仮想ネットワークマッピング部によってアクセス可能である。

【0134】

(付記13) 前記仮想ネットワークマッピング部が、仮想ネットワークの構成要素の相対的な重要度に基づいて、サービスに対して期待される信頼度を、仮想ネットワークの構成要素に分配する前処理部を含む付記11または付記12の信頼性を意識したリソース割り当てシステム。前記前処理部は、複数の要因を考慮して仮想ネットワークの構成要素のそれぞれの重み値を計算することによって相対的な重要度を決定する。また、要因は、複数フロー間で共有されるか否か、並列または直列、ワークロードタイプなどの仮想ネットワークの構成要素のタイプ、ステートフルまたはステートレス、コアまたは補足機能、リカバリコストなどの運用上の機能、アップグレードサポート、回復までの時間、移行サポートなどのトポロジにおける位置を含む。

【0135】

(付記14) 前記前処理部は、

仮想ネットワークトポロジにおける仮想ネットワークの構成要素の位置を分析する仮想ネットワーク分析モジュールと、

仮想ネットワークの構成要素の重み値を計算するために重要な要因に関連する情報を収集するデータ収集モジュールと、

仮想ネットワークの構成要素の信頼性のセットと仮想ネットワークにおけるサービスの信頼性との間の関係が記述された信頼性の式を推定する信頼性推定モジュールと、

前記要因に基づいて仮想ネットワークの構成要素の前記重み値を計算する優先度割り当てモジュールと、

前記重み値を使用して、サービスに対して期待される信頼度を仮想ネットワークの構成要素に分配する信頼性目標設定モジュールとを含む

付記13の信頼性を意識したリソース割り当てシステム。

【0136】

(付記15) 前記仮想ネットワークマッピング部は、前記サービスモデリング部から受信した前記仮想ネットワーク要求に記載されている全ての要件が満たされるように、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの最適マッピングを実行するマッピング部を含み、

前記マッピング部は、ノードマッピングおよびリンクマッピングを実行し、仮想ネットワークの構成要素に期待される信頼度と物理インフラストラクチャからのリソースの利用可能な信頼性値との間の最小の信頼性ギャップを保証する

付記11または付記12の信頼性を意識したリソース割り当てシステム。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 7 】

それによって、前記マッピング部は、十二分な信頼度を割り当てることによって信頼性のあるリソースの最適な利用を達成し、最小限の追加のリソースおよびコストで仮想ネットワークの全体的な信頼性を改善する。

【 0 1 3 8 】

(付記 1 6) 前記マッピング部は、

所定の目的および制約に従って最適化問題を解決する最適化モジュールと、

前記最適化モジュールの支援により、物理インフラストラクチャの物理ノードにおける仮想ネットワークの仮想ノードの最適配置位置を決定するノードマッピングモジュールと、

10

前記最適化モジュールの支援により、物理インフラストラクチャの物理リンクにおける仮想ネットワークの仮想リンクの最適配置位置を決定するリンクマッピングモジュールと、

実現可能な信頼性を期待される信頼度で検証し、ユーザインタフェース層に関連するネゴシエーションを担う信頼性検証およびネゴシエーションモジュールと、

仮想ネットワークの全体的な信頼性を向上させるための最適な場所を特定する重要度分析モジュールとを含む

付記 1 5 の信頼性を意識したリソース割り当てシステム。

【 0 1 3 9 】

(付記 1 7) 通信サービス要求のための、信頼性を意識したリソース割り当て方法であって、

20

コンピューティングおよびネットワーキングのリソース要求、要求されたサービスについて期待される性能を保証することができるサービス品質要求を含む、通信サービス要求のための仮想ネットワーク要求を導出し、

物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワーク要求に対する最適位置を見つけ、信頼性目標を複数の仮想ネットワークの構成要素に割り当てる前処理を実行し、最適マッピングを見つけ、仮想ネットワーク要求の信頼性保証を満たすために必要な処理を実行し、配置構成テンプレートを生成し、

前記配置構成テンプレートに記載された仕様に従って、サーバのインスタンス化、帯域幅の確保、物理インフラストラクチャにおける接続の設定のようなステップを含むサービスを開始させる

30

信頼性を意識したリソース割り当て方法。

【 0 1 4 0 】

(付記 1 8) 仮想ネットワークの構成要素の相対的な重要度に基づいて、サービスに対する期待される信頼度を仮想ネットワークの構成要素に分配するために仮想ネットワーク要求を前処理する付記 1 7 の信頼性を意識したリソース割り当て方法。前記前処理は、複数の要因を考慮して仮想ネットワークの構成要素のそれぞれの重み値を計算することによって相対的な重要度を決定する。また、要因は、複数フロー間で共有されるか否か、並列または直列、ワークロードタイプなどの仮想ネットワークの構成要素のタイプ、ステートフルまたはステートレス、コアまたは補足機能、リカバリコストなどの運用上の機能、アップグレードサポート、回復までの時間、移行サポートなどのトポロジにおける位置を含む。

40

【 0 1 4 1 】

(付記 1 9) 前記仮想ネットワーク要求に記載されている全ての要件が満たされるように、物理インフラストラクチャにおける仮想ネットワークの最適マッピングを実行する付記 1 7 または付記 1 8 の信頼性を意識したリソース割り当て方法。マッピング段階は、ノードマッピングおよびリンクマッピングを含み、仮想ネットワークの構成要素に期待される信頼度と物理インフラストラクチャからのリソースの利用可能な信頼性値との間の最小の信頼性ギャップを確認する。

【 0 1 4 2 】

50

(付記 20) 信頼度の期待値の降順で仮想ノードをソートし、信頼度の期待値が最も高い仮想ノードに対する最適マッピングを見つけ、残りの仮想ノードに対する信頼度の期待値を再計算し、全ての仮想ノードがマッピングされるまでプロセスを繰り返し実行し、

仮想ネットワークの仮想ノードに接続される仮想リンクに重みを割り当て、信頼度の期待値の降順で仮想リンクをソートし、最適マッピングを見つけ、仮想リンクに対して期待される信頼度を満たすように信頼度を改善する

付記 19 のリソース割り当て方法。

【 0 1 4 3 】

(付記 21) 1 つの仮想ネットワークの複数の仮想ノードの障害を回避するためにあらかじめ定められた規則に従って、ノードマッピングステップに非アフィニティの考慮を適用する

10

付記 20 のリソース割り当て方法。

【 0 1 4 4 】

(付記 22) 仮想ネットワークの実現可能な信頼性を推定し、仮想ネットワークの信頼度の期待値と比較し、信頼度の期待値を満たす最適化されたマッピングで仮想ネットワーク構成テンプレートを更新する

付記 21 のリソース割り当て方法。

【 0 1 4 5 】

(付記 23) 仮想ネットワークに対する信頼性要件を満たすように、ボトルネックになる仮想ネットワークの構成要素に対するフォールトトレランス機構のための追加の最小リソースを追加することによって最適化されたマッピングを修正する

20

付記 22 のリソース割り当て方法。

【 0 1 4 6 】

(付記 24) 仮想ネットワークの全体的な信頼性を向上させるための最適な場所を特定するための重要度基準を適用する

付記 23 のリソース割り当て方法。

【 0 1 4 7 】

それによって、信頼度の期待値は、最小の物理リソースを利用し、信頼性目標に従って最適に割り当てることによって満たされ、より多くの仮想ネットワークに適応させることにつながる。

30

【 符号の説明 】

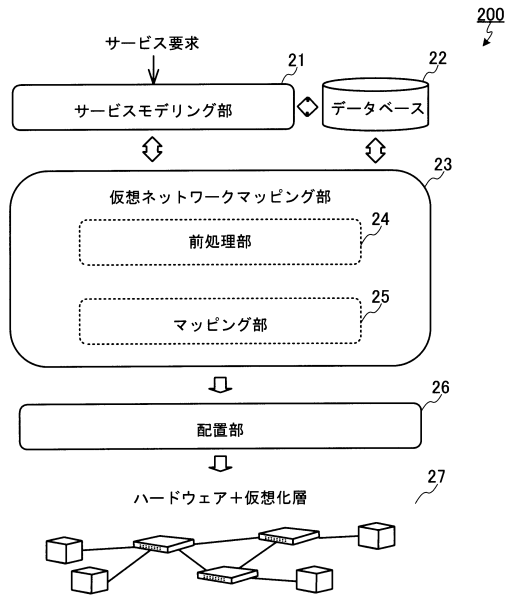
【 0 1 4 8 】

- 2 0 0 リソース割り当てシステム
- 2 1 , 5 0 1 サービスモデリング部
- 2 2 データベース
- 2 3 , 5 0 2 仮想ネットワークマッピング部
- 2 4 前処理部
- 2 5 マッピング部
- 2 6 配置部
- 2 7 物理インフラストラクチャ
- 9 0 0 情報処理装置
- 9 0 1 C P U
- 9 0 2 R O M
- 9 0 3 R A M
- 9 0 4 ハードディスク
- 9 0 5 通信インタフェース
- 9 0 6 バス
- 9 0 7 記憶媒体
- 9 0 8 リーダ/ライタ
- 9 0 9 入出力インタフェース

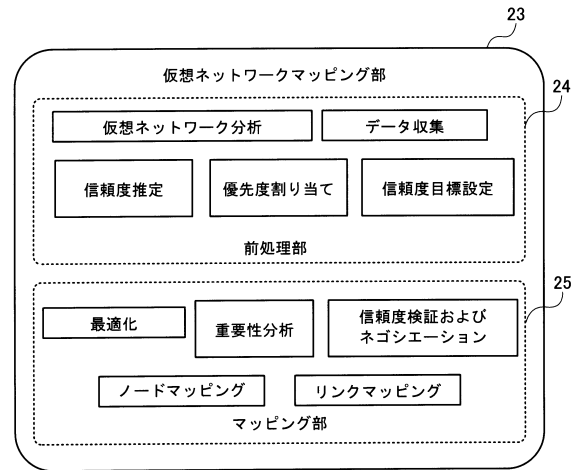
40

50

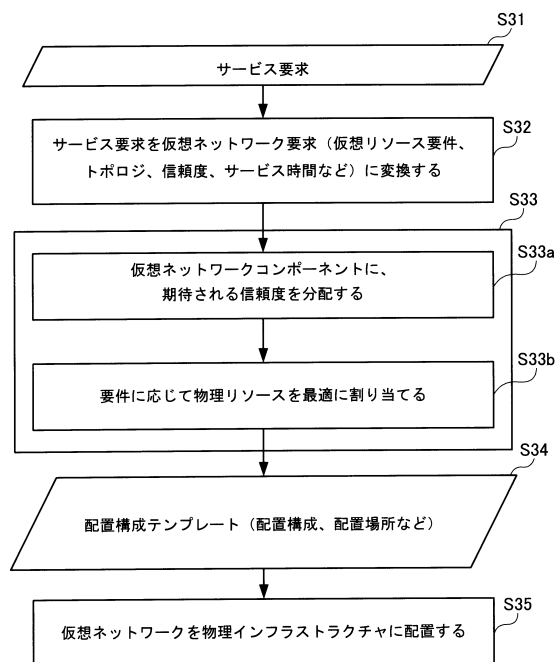
【図 1】



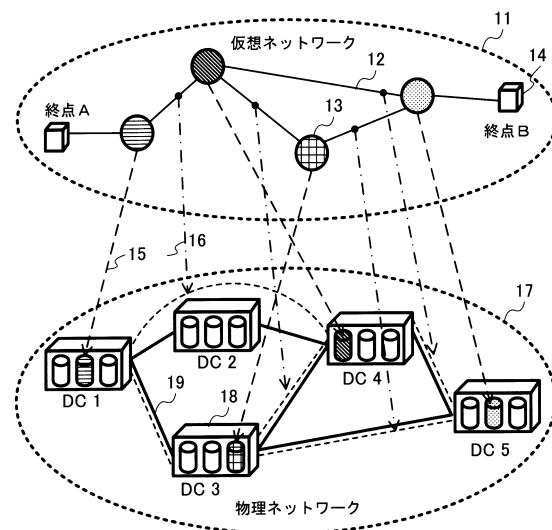
【図 2】



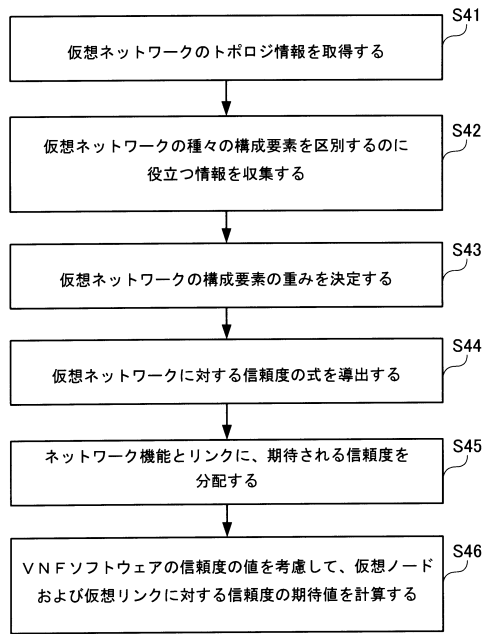
【図 3】



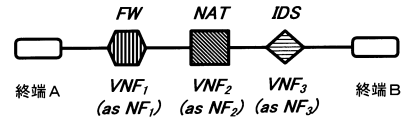
【図 4】



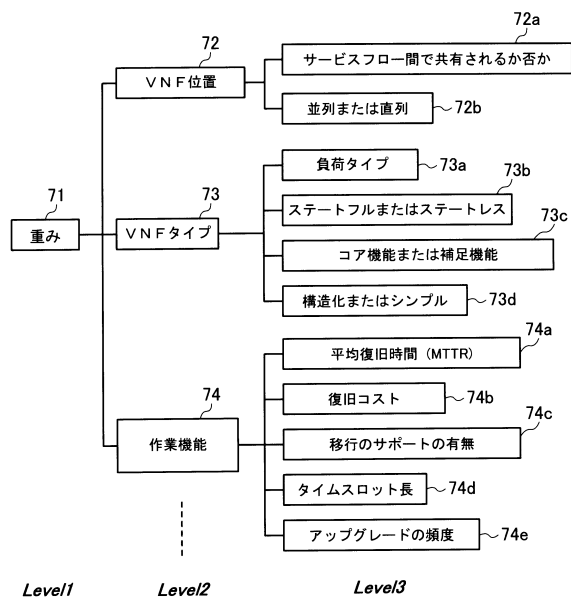
【図 5】



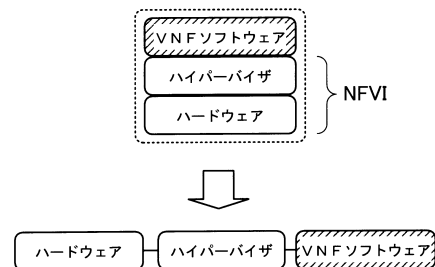
【図 6】



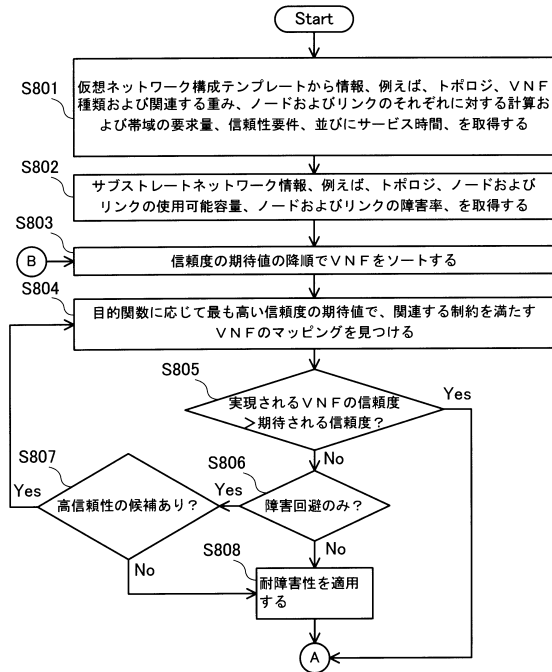
【図 7】



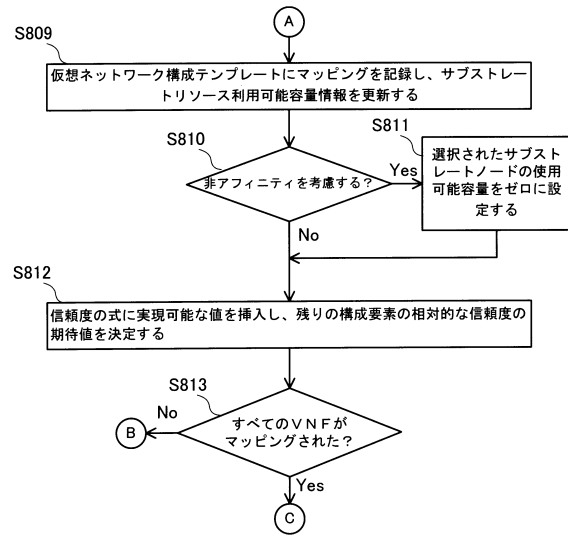
【図 8】



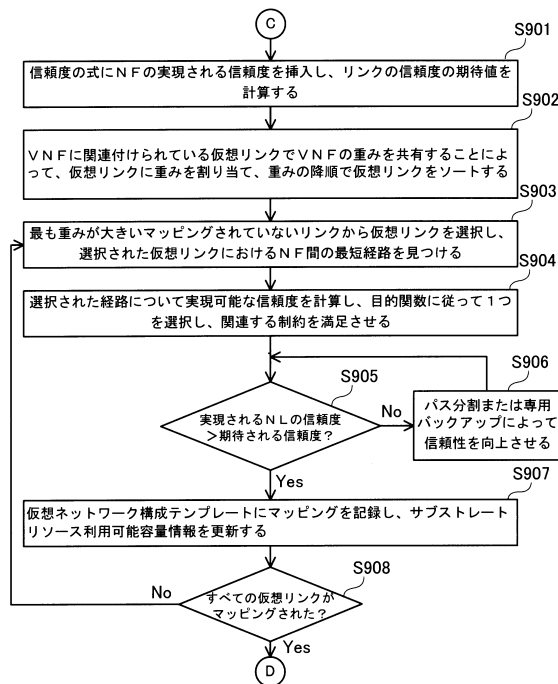
【図 9 A】



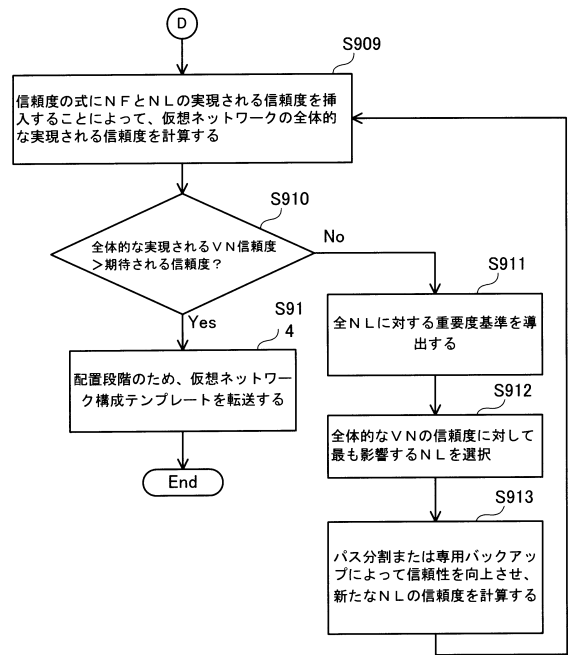
【図 9 B】



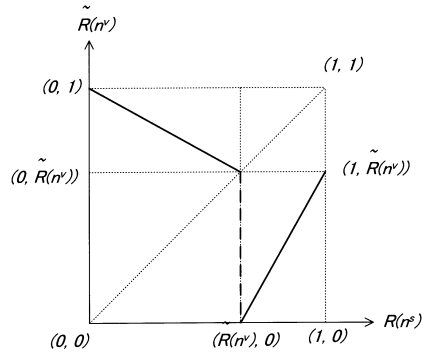
【図 9 C】



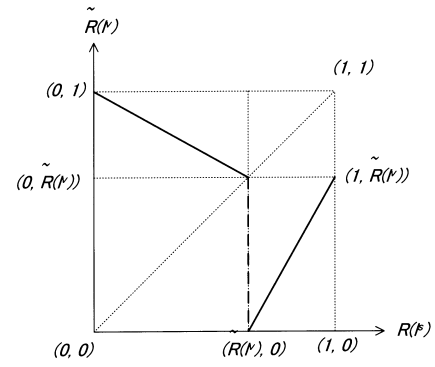
【図 9 D】



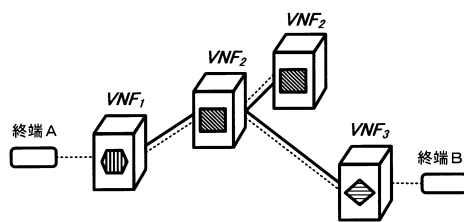
【図 10】



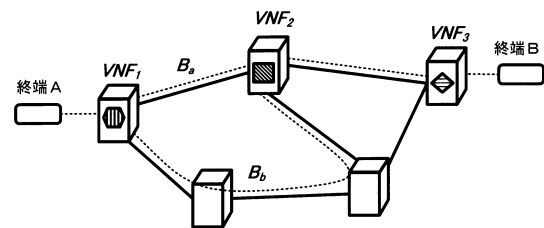
【図 12】



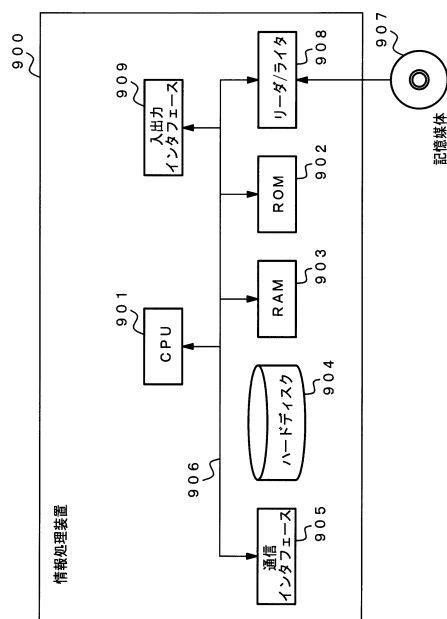
【図 11】



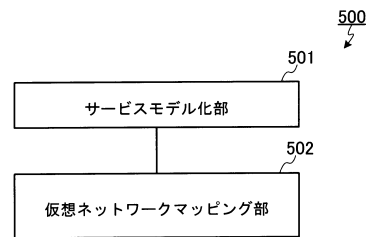
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H 0 4 L	1 2 / 7 0
G 0 6 F	9 / 4 5 5
H 0 4 L	1 2 / 9 1 1