

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6256167号
(P6256167)

(45) 発行日 平成30年1月10日 (2018. 1. 10)

(24) 登録日 平成29年12月15日 (2017. 12. 15)

(51) Int. Cl. F I
G O 6 F 11/20 (2006. 01) G O 6 F 11/20 6 2 0

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-81887 (P2014-81887)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成26年4月11日 (2014. 4. 11)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2014-216012 (P2014-216012A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年11月17日 (2014. 11. 17)	(74) 代理人	100074099
審査請求日	平成29年1月10日 (2017. 1. 10)		弁理士 大菅 義之
(31) 優先権主張番号	61/814, 532	(74) 代理人	100133570
(32) 優先日	平成25年4月22日 (2013. 4. 22)		弁理士 ▲徳▼永 民雄
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	チオーン ジャーン
(31) 優先権主張番号	14/102, 313		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94085, サニーベール, イースト アークス アベニュー 1240番, フジツウ
(32) 優先日	平成25年12月10日 (2013. 12. 10)		ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データセンターネットワークにおけるリスク軽減

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

N 個のデータセンターサイト (DC サイト) と L 個のリスクからなる割り当てリスクグループ (SRG) とを有している物理ネットワークであるオーバーレイネットワークにおいて K 接続耐障害性のために最小の M 個の DC サイトを識別するために、コンピュータによって行われる方法であって、K は、前記オーバーレイネットワークに含まれている集合データセンター (集合 DC) にリスクイベント中にアクセス可能なままであることが必要とされる DC サイトの最小数を表しており、前記集合 DC は、前記集合 DC に接続されている DC サイトの各々で処理されたデータを収集してユーザへ最終結果を出力するものであり、前記コンピュータが、

前記集合 DC に関連付けられたリスクマトリクスを作成する第 1 ステップであって、前記リスクマトリクスは、N 個のデータセンター接続対 (DC 接続対) のうちのいずれが前記 SRG のいずれのリスクに関連付けられているかを示すものであり、前記 DC 接続対は、前記オーバーレイネットワーク内での前記集合 DC から前記 DC サイトの各々への接続を表すものである、該第 1 ステップと、

前記 DC 接続対の各々に関連付けられているネットワーク遅延値、若しくは、前記 DC 接続対の各々に関連付けられているリスク周波数を含むリスク基準に従って、前記 DC 接続対をソートする第 2 ステップと、

M を K + 1 に設定する第 3 ステップと、

前記リスク基準の増加するソートされた順序で前記 DC 接続対の各々についてのリスク

10

20

ベクトルを評価して、選択対象のDC接続対を選択するかどうかを判別する第4ステップであって、前記選択対象のDC接続対について関連付けられているSRGのリスクである対象リスクの各々について、

前記選択対象のDC接続対についての前記対象リスクに関連付けられている前記リスクマトリクス上の値を、前記リスクベクトルへ加算すると共に、存在する場合には、過去に選択されたDC接続対についての前記対象リスクも加算し、

前記リスクベクトルの全ての値がM - K以下である場合に、前記選択対象のDC接続対を選択する

該第4ステップと、

前記第4ステップの実行によって選択された前記選択対象のDC接続対の選択数がM個よりも少ない場合に、Mの値をインクリメントする第5ステップと、

前記選択数がM個になるまで、前記第4ステップ及び前記第5ステップを繰り返す第6ステップと、

選択されたM個の前記選択対象のDC接続対により接続が表されているM個のDCサイトを識別する第7ステップと、
を含む処理を行うことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記リスク周波数は、前記リスク周波数が関連付けられているDC接続対が関連付けられている前記SRGのリスクの各々に関連付けられているDC接続対の総数として定義される、

ことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記リスクマトリクスは、任意のDC接続対に関連付けられている前記SRGのリスクに対しては1の値を、それ以外には0の値を含み、

前記第3ステップは、L個のゼロ値を有するように前記リスクベクトルを初期化するステップをさらに含む、

ことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記第5ステップにおいて、前記インクリメントによってMがNよりも大きくなったときには、前記集合DCに対してK接続耐障害性を満足する前に前記方法を終了する、

ことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】

N個のデータセンターサイト(DCサイト)とL個のリスクからなる割り当てリスクグループ(SRG)とを有している物理ネットワークであるオーバーレイネットワークにおいて、K接続耐障害性のために最小のM個のDCサイトを識別するための処理をコンピュータに実行させるプログラムであって、Kは、前記オーバーレイネットワークに含まれている集合データセンター(集合DC)にリスクイベント中にアクセス可能なままであることが必要とされるDCサイトの最小数を表しており、前記集合DCは、前記集合DCに接続されているDCサイトの各々で処理されたデータを収集してユーザへ最終結果を出力するものであり、

前記集合DCに関連付けられたリスクマトリクスを作成する第1ステップであって、前記リスクマトリクスは、N個のデータセンター接続対(DC接続対)のうちのいずれが前記SRGのいずれのリスクに関連付けられているかを示すものであり、前記DC接続対は、前記オーバーレイネットワーク内での前記集合DCから前記DCサイトの各々への接続を表すものである、該第1ステップと、

前記DC接続対の各々に関連付けられているネットワーク遅延値、若しくは、前記DC接続対の各々に関連付けられているリスク周波数を含むリスク基準に従って、前記DC接続対をソートする第2ステップと、

MをK + 1に設定する第3ステップと、

前記リスク基準の増加するソートされた順序で、前記DC接続対の各々についてのリス

10

20

30

40

50

クベクトルを評価して、選択対象のDC接続対を選択するかどうかを判別する第4ステップであって、前記選択対象のDC接続対について関連付けられているSRGのリスクである対象リスクの各々について、

前記選択対象のDC接続対についての前記対象リスクに関連付けられている前記リスクマトリクス上の値を、前記リスクベクトルへ加算すると共に、存在する場合には、過去に選択されたDC接続対についての前記対象リスクも加算し、

前記リスクベクトルの全ての値がM - K以下である場合に、前記選択対象のDC接続対を選択する

該第4ステップと、

前記第4ステップの実行によって選択された前記選択対象のDC接続対の選択数がM個よりも少ない場合に、Mの値をインクリメントする第5ステップと、

前記選択数がM個になるまで、前記第4ステップ及び前記第5ステップを繰り返す第6ステップと、

選択されたM個の前記選択対象のDC接続対により接続が表されているM個のDCサイトを識別する第7ステップと、

を含む処理を前記コンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項6】

前記リスク周波数は、前記リスク周波数が関連付けられているDC接続対が関連付けられている前記SRGのリスクの各々に関連付けられているDC接続対の総数として定義される、

ことを特徴とする請求項5に記載のプログラム。

【請求項7】

前記リスクマトリクスは、任意のDC接続対に関連付けられている前記SRGのリスクに対しては1の値を、それ以外には0の値を含み、

前記第3ステップは、L個のゼロ値を有するように前記リスクベクトルを初期化するステップをさらに含む、

ことを特徴とする請求項5に記載のプログラム。

【請求項8】

前記第5ステップにおいて、前記インクリメントによってMがNよりも大きくなったときには、前記集合DCに対してK接続耐障害性を満足する前に、前記第1ステップから前記第7ステップまでを含む前記処理を終了する、

ことを特徴とする請求項5に記載のプログラム。

【請求項9】

N個のデータセンターサイト(DCサイト)とL個のリスクからなる割り当てリスクグループ(SRG)とを有している物理ネットワークであるオーバーレイネットワークにおいて、K接続耐障害性のために最小のM個のDCサイトを識別するための管理システムであって、Kは、前記オーバーレイネットワークに含まれている集合データセンター(集合DC)にリスクイベント中にアクセス可能なままであることが必要とされるDCサイトの最小数を表しており、前記集合DCは、前記集合DCに接続されているDCサイトの各々で処理されたデータを収集してユーザへ最終結果を出力するものであり、

前記集合DCに関連付けられたリスクマトリクスを作成する第1手段であって、前記リスクマトリクスは、N個のデータセンター接続対(DC接続対)のうちのいずれが前記SRGのいずれのリスクに関連付けられているかを示すものであり、前記DC接続対は、前記オーバーレイネットワーク内での前記集合DCから前記DCサイトの各々への接続を表すものである、該第1手段と、

前記DC接続対の各々に関連付けられているネットワーク遅延値、若しくは、前記DC接続対の各々に関連付けられているリスク周波数を含むリスク基準に従って、前記DC接続対をソートする第2手段と、

MをK + 1に設定する第3手段と、

前記リスク基準の増加するソートされた順序で、前記DC接続対の各々についてのリス

10

20

30

40

50

クベクトルを評価して、選択対象のDC接続対を選択するかどうかを判別する第4手段であって、前記選択対象のDC接続対について関連付けられているSRGのリスクである対象リスクの各々について、

前記選択対象のDC接続対についての前記対象リスクに関連付けられている前記リスクマトリクス上の値を、前記リスクベクトルへ加算すると共に、存在する場合には、過去に選択されたDC接続対についての前記対象リスクも加算し、

前記リスクベクトルの全ての値がM - K以下である場合に、前記選択対象のDC接続対を選択する

該第4手段と、

前記第4手段によって選択された前記選択対象のDC接続対の選択数がM個よりも少ない場合に、Mの値をインクリメントする第5手段と、

前記選択数がM個になるまで、前記第4手段及び前記第5手段を繰り返し機能させる第6手段と、

選択されたM個の前記選択対象のDC接続対により接続が表されているM個のDCサイトを識別する第7手段と、
を備えることを特徴とする管理システム。

【請求項10】

前記リスク周波数は、前記リスク周波数が関連付けられているDC接続対が関連付けられている前記SRGのリスクの各々に関連付けられているDC接続対の総数として定義される、

ことを特徴とする請求項9に記載の管理システム。

【請求項11】

前記リスクマトリクスは、任意のDC接続対に関連付けられている前記SRGのリスクに対しては1の値を、それ以外には0の値を含み、

前記第3手段は、L個のゼロ値を有するように前記リスクベクトルを初期化する機能を更に有する、

ことを特徴とする請求項9に記載の管理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願に対する相互参照]

本出願は、2013年4月22日に出願された米国仮出願番号61/814,532による優先権を享受する権利を主張し、米国仮出願番号61/814,532は、本明細書に参照によって組み入れられる。

【0002】

本開示は、概してデータセンターネットワークに関し、より詳細には、データセンターネットワークにおけるリスク軽減に関する。

【背景技術】

【0003】

より多くのアプリケーションおよび負荷がオンラインネットワークコンピューティングリソースに移るにつれて、概して“クラウド”とも称されるが、地理的に分散されたデータセンター(DC)が光ネットワークを含むワイドエリアネットワークにわたって発達してきた。このようなデータセンターは、例えば、サーバオペレーティングシステムなどのコンピューティング環境を個々にインスタンス化しうる仮想マシン(VM)の種々のインスタンスを提供することがある。クラウドアプリケーションは、ユーザの経験を改善するために、分散型DCに依存しうる。しかしながら、幾つかのクラウドサービスプロバイダは、光ネットワークインフラストラクチャを所有せず、分散型DCを光学的に相互接続するためにネットワークプロバイダに頼っていることがある。幾つかのネットワークプロバイダは、クラウドサービスプロバイダに対して、その完全なネットワークポートロジ情報を明らかにすることを望まない、および/もしくは明らかにすることができない可能性があ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 0 4 】

分散型 D C における多くのクラウドアプリケーションは、集合通信パターンで集合化され、それによって、集合 D C は、分散型 D C において処理されたデータを収集し、ユーザに最終結果を出力する。クラウドアプリケーションは、物理的に分散型 V M を集合 D C における分散形 V M からの結果を収集することによって、一つの D C として論理的に動作させることができる。クラウドサーチおよびデータバックアップなどの他のアプリケーションは、例えば、分散型 D C に格納されたデータに近い V M を割り当て、ユーザによるアクセスのための集合 D C における結果を提供することができる。あるインスタンスにおいては、複雑な通信パターンが、一連のデータ集合をスケジューリングすることによって構成

10

【 0 0 0 5 】

分散型 D C および集合 D C に対する依存によって、とりわけ、ネットワーク提示、(複数の) D C 故障および / もしくは設備故障などの種々のリスクに直面した時の耐障害性は、クラウドアプリケーションにとって重要な問題となる。したがって、クラウドサービスプロバイダがクラウドネットワーク接続を制御し、リソース組織化を最適化することを可能にするが、ネットワークオペレータが詳細なネットワークトポロジ情報を保持しながらネットワークサービスを提供することを可能にするオーバーレイ (分割) フレームワーク用の技術の必要性が存在する。

【 発明の概要 】

20

【 0 0 0 6 】

ある態様においては、K 接続耐障害性のために最小の M 個のデータセンター (D C) を識別するための開示された方法は、オーバーレイネットワークに含まれる集合 D C に関連付けられたリスクマトリクスを作成するステップと、リスク基準に従って D C 接続対をソートするステップと、M を $K + 1$ に等しく ($M = K + 1$) なるように設定するステップとを含む。リスクマトリクスは、N 個の D C 接続対のうちの何れがオーバーレイネットワークにおける割り当てリスクグループ (S R G) の L 個のうちの何れと関連付けられるかを示してもよい。D C 接続対は、集合 D C から D C へのオーバーレイネットワークにおける接続を表してもよい。本方法は、M の各値にわたる繰り返しにおいて、D C 接続対が選択されたか否かを決定するためにリスク基準のソートされた増加する順序で D C 接続対の各々に対するリスクベクトルを評価するステップと、M 個より少ない D C 接続対が選択されるときには M をインクリメントするステップとを含んでもよい。リスクベクトルは、リスクマトリクスおよび / もしくは予め選択された D C 接続対に基づいてもよい。本方法は、選択された M 個の D C 接続対に含まれる M 個の D C を識別するステップをさらに含んでもよい。K は、集合 D C にアクセス可能なままである最小数の D C を表してもよい。オーバーレイネットワークは、物理ネットワークを表してもよい。

30

【 0 0 0 7 】

K 接続耐障害性のために最小の M 個のデータセンター (D C) を識別するためのさらに開示された態様は、非一時的、コンピュータ可読媒体と、コンピュータ可読媒体に格納されたコンピュータで実行可能な命令と、を含む製造物を含む。さらなる態様は、メモリと、メモリに結合されたプロセッサと、メモリに格納されたコンピュータで実行可能な命令とを含む管理システムを含む。

40

【 0 0 0 8 】

実施形態の目的および利点は、少なくとも請求項で特に指摘された構成要素、特徴および組み合わせによって実現され達成されるであろう。前述された概略的記述および以下の詳細な説明の双方は、例示的かつ説明的なものであって、請求項におけるように、本発明を限定するものではないことを理解されたい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

本発明およびその特徴と利点をより完全に理解するために、添付の図面と併せて以下の

50

説明に対して参照がなされる。

【図 1】オーバーレイフレームワークの一実施形態の選択された構成要素のブロック図である。

【図 2 A】集合要求の一実施形態の選択された構成要素のブロック図である。

【図 2 B】集合データセンターの個別の保護の一実施形態の選択された構成要素のブロック図である。

【図 2 C】集合データセンターの連結保護の一実施形態の選択された構成要素のブロック図である。

【図 3】K 接続耐障害性を実現するための方法の一実施形態の選択された構成要素を示すフローチャートである。

10

【図 4】K 接続耐障害性を実現するための方法の一実施形態の選択された構成要素を示すフローチャートである。

【図 5】管理システムの一実施形態の選択された構成要素のブロック図である。

【図 6 A】K 接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果である。

【図 6 B】K 接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果である。

【図 6 C】K 接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果である。

【図 6 D】K 接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果である。

20

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下の記述においては、開示された本発明の主題の議論を容易にするために、例示の目的のために詳細が説明される。しかしながら、開示された実施形態は例示的なものであって、全ての可能性のある実施形態を網羅するものではないことが当業者には明らかなことに留意されたい。

【0011】

本開示を通して、参照番号のハイフンの付加された形式は、ある構成要素の具体例を称し、参照番号のハイフンの付加されていない形式は、集合的要素もしくは総称的要素を称する。したがって、（図面に示されていない）一実施例として、ウィジェット“12-1”はウィジェットクラスの一例を称し、ウィジェット“12”として集合的に称されてもよいし、そのうちの任意の一つは、ウィジェット“12”として総称的に称されてもよい。図面および説明においては、類似の参照番号は類似の構成要素を表すことを意図される。

30

【0012】

本明細書でさらに詳細に記述されるように、K 接続耐障害性概念は、クラウドアプリケーションに対する広範囲のリスク下でのリソース使用可能性を保証しうるように開示される。二つのリソース組織化スキームは、光ネットワーク仮想化用のオーバーレイフレームワークにおいて K 接続耐障害性概念を実現しうるように開示される。リソース組織化スキームは、K 接続耐障害性を保証するための最小数のデータセンターを識別し、K は集合 D C からアクセス可能なままである最小数の D C を表す。表 1 における以下のパラメータは、ゼロよりも大きな整数であるが、K 接続耐障害性に関連して本明細書で使用される。

40

【表 1】

パラメータ	説明
K	集合DCにアクセス可能なままとなっている最小数のDC
L	オーバーレイネットワークにおける共有リスクグループ(SRG)の数
M	K接続耐障害性を満足するための動作DCの最小数
N	割り当てリスクグループ(SRG)の数

表1 K接続耐障害性に対して使用されるパラメータ

【0013】

K 接続耐障害性 (K C S) は、ネットワークの停止、(複数の) D C 故障および / もしくは他のタイプの設備故障などを含むがそのいずれにも限定されない任意のリスク (本明細書では、集合的に “ リスクイベント ” とも称される) に対して、(M 個の元の動作 D C のうちの) 少なくとも K 個の D C が集合 D C から到達可能であるシナリオによって定義されてもよい。本開示の目的のために、D C は故障していないと仮定する。リスクイベントは、(停電、自然災害および / もしくはシステムメンテナンスによって) D C サイトもしくは (ファイバ切断によって) ネットワークにおいて生じうる複数の故障の結果としてもたらしることがある。固定数の V M を要求するクラウドアプリケーションに対して、さらなる V M は、通常動作と同一数の仮想マシンをリスクイベントシナリオ中に維持するために、残存する K 個の D C で割り当てることができる。

【0014】

本明細書で記述されるように、オーバーレイフレームワークは、仮想化された光ネットワークによって分散型データセンターを相互接続するように提示される。割り当てリスクグループ (S R G) および遅延などの仮想化された光ネットワークによって提供されたネットワーク情報に基づいた、耐障害性のあるリソース組織化アルゴリズムが開示される。開示されたリソース組織化アルゴリズムは、K 接続耐障害性を保証するために、最小数の動作 D C を見出すことがある。物理ネットワークトポロジが利用可能でなく、接続用のルーティングが可能ではない場合、本明細書で開示されたリソース組織化アルゴリズムは、オーバーレイネットワークに対して提供された S R G 情報に基づいて、最小数の動作 D C を供給してもよい。

【0015】

ここで図面に関連して、図 1 は、光ネットワーク仮想化に基づくオーバーレイフレームワーク 100 の例示的な一実施形態を示す。図 1 においては、オーバーレイフレームワーク 100 は、オーバーレイネットワーク 106、ソフトウェア確定ネットワーク (S D N) アプリケーションプログラミングインターフェイス (A P I) 108 および物理ネットワーク 110 を含むように示される。示されるように、オーバーレイネットワーク 106 は、D C 102 間の接続 104 を含み、接続 104 の帯域幅は、光ネットワーク仮想化を利用して調整可能であってもよい。図 1 においては、物理ネットワーク 110 によって表される下層の光ネットワークは、接続の帯域幅を調整するように構成された光伝送ネットワーク (O T N) および / もしくはフレキシブル光データ平面 (例えば、フレキシブル送信機) であってもよい。

【0016】

図 1 においては、オーバーレイネットワーク 106 は、仮想化された D C 102 および接続 104 を含むように示される。ある実施形態においては、D C 102 は、物理 D C 112 に対応し、例えば、D C __ 1 102 - 1 は、D C __ A 112 - 1 を表し、D C __

10

20

30

40

50

2 1 0 2 - 2 は D C _ F 1 1 2 - 6 を表し、D C _ 3 1 0 2 - 3 は D C _ E 1 1 2 - 5 を表し、D C _ 4 1 0 2 - 4 は D C _ C 1 1 2 - 3 を表すが、D C _ B 1 1 2 - 2 および D C _ D 1 1 2 - 4 は、オーバーレイネットワーク 1 0 6 に明確に含まれなくてもよい。他の実施形態においては、D C 1 0 2 は、一つ以上の物理 D C 1 1 2 からコンピューティングリソースを含み、仮想化された D C を表してもよい。例えば、D C _ 1 1 0 2 - 1 は、D C _ A 1 1 2 - 1 および D C _ B 1 1 2 - 2 などのうちの少なくとも一部を表してもよい。オーバーレイネットワーク 1 0 6 における物理ネットワーク 1 1 0 における D C 1 1 2 の D C 1 0 2 に対するマッピングの他の配置および構成が異なる実施形態においては実現されてもよいことを理解されたい。さらには、接続 1 0 4 は、データを伝送するための任意の容量を有する仮想化された接続を表してもよい。示されるように、接続 1 0 4 - 1 および 1 0 4 - 2 は、低容量接続を表し、接続 1 0 4 - 3 および 1 0 4 - 4 は中容量接続を表し、接続 1 0 4 - 5 および 1 0 4 - 6 は、高容量接続を表してもよい。接続 1 0 4 は、二つの D C 1 0 2 を接続するオーバーレイネットワークにおいて示されるが、接続 1 0 4 は、種々のネットワークトポロジを利用して物理的に実現され、異なるノードおよび/もしくはネットワークセグメントを含む物理接続を実際には表してもよい。しかしながら、動作可能なネットワークプラットフォームとしてオーバーレイネットワーク 1 0 6 を利用するクラウドサービスプロバイダに対して、実際の物理トポロジは、隠されたままである、ならびに/または時間の経過につれて変化してもよい。

【 0 0 1 7 】

クラウドサービスプロバイダは、オーバーレイネットワーク 1 0 6 によって相互接続された D C における V M を管理する（図面には示されていない）集中型コントローラを有してもよい。集中型コントローラ（本明細書では単に“コントローラ”とも称される）は、遅延および接続の S R G などのネットワーク情報を獲得し、ソフトウェア確定ネットワーク（S D N）などのネットワーク制御および管理ツールの助けによって、ネットワークアプリケーションプログラミングインターフェイス（A P I）を通して接続の帯域幅を要求してもよい。オーバーレイフレームワーク 1 0 0 に示されるように、S D N A P I 1 0 8 は、オーバーレイネットワーク 1 0 6 のユーザ（例えば、クラウドプロバイダ）がネットワーク情報を照会することを可能にするためのソフトウェアツールを表してもよい。オーバーレイフレームワーク 1 0 0 は、物理ネットワーク 1 1 0 のネットワークプロバイダが詳細な物理ネットワークトポロジ情報を隠したままにすることを可能にし、クラウドサービスプロバイダがクラウドサービスを容易に設定し、リソース組織化を実施し、接続の帯域幅を柔軟に増減することを可能にすることに留意されたい。クラウドプロバイダは、物理ネットワーク 1 1 0 の特定のネットワークトポロジの知識を有することなく、および/もしくは、オーバーレイネットワーク 1 0 6 に含まれていない接続経路 1 0 4 に沿った中間ネットワークデバイスなどの、物理ネットワーク 1 1 0 において隠されたコンポーネントとの直接の相互作用なく、オーバーレイネットワーク 1 0 6 における D C 1 0 2 および/もしくは接続 1 0 4 に対するある特定の属性を照会するために S D N A P I 1 0 8 を利用してもよい。

【 0 0 1 8 】

ここで図 2 A、図 2 B および図 2 C に関連して、集合要求 2 0 0 の例示的な実施形態および対応する保護スキームが図として示される。コントローラは、クラウド要求を受信して、リソース組織化を実施してもよい。例示的な実施形態においては、図 2 A に示されるように、集合要求 2 0 0 - 1 は D C _i 2 0 2 - 2、D C _j 2 0 2 - 3、D C _k 2 0 2 - 4 からデータを集合させることによって、例えば、コントローラを介して、集合 D C _a 2 0 2 - 1 が基本 requirements を如何に処理するかを示してもよい。より複雑な要求は基本 requirements の組み合わせおよび/もしくは基本 requirements のセットを利用して作成されてもよい。要求は、K 接続耐障害性を満足し、リスクイベントに対して任意の数の V M（V）に関連付けられてもよい。リスクイベントが起きたとき、K 接続耐障害性の要求は、V 個の V M を維持するために、M 個の動作 D C のうちの残存する K 個の D C にさらなる V M を割り当ててもよい。各 D C が要求に対して同一数の V M を割り当てられると仮定すると、K 接続耐障害性の

10

20

30

40

50

要求に対する合計 VM は、 $V * M / K$ で与えられる可能性がある。したがって、 K 接続耐障害性を満足する最小の M 個の DC を見つけることは、結果として、要求に対して必要とされる最少の VM をもたらす。

【0019】

K 接続耐障害性を保証することは、物理ネットワークおよび DC からの情報をともに考慮することによってネットワークコストを低下させる可能性がある。図 2 B においては、個別（ブラインド）保護（200-2）は、 s_i がリスク i を示し、ネットワーク接続が集合 DC_a 。202-1 から経路分離接続（点線）を提供することによってブラインド保護されうる一実施例を示す。図 2 B においては、 $K = 2$ に対する K 接続耐障害性（即ち、2 - 接続耐障害性）は、ネットワーク接続から分離して、 DC におけるリスクイベントに対する保護によって保証され、結果として、分離保護 200-2 における 6 個の接続をもたらすことがある。図 2 C においては、連結保護 200-3 は、下層光ネットワークからの割り当てリスクグループ（SRG）情報を利用することによって、2 - 接続耐障害性が如何にして、ネットワーク接続およびともに保護することができる DC を見つけることによって保証されうるかを示す。例えば、リスク S_1 および S_6 は、第一の SRG で連結され、リスク S_2 および S_5 は第二の SRG で連結され、リスク S_3 および S_4 は第三の SRG で連結されてもよい。連結保護 200-3 においては、ネットワークリソースにおける顕著な節約が 3 接続を有することによって達成され、図 2 B と比較して 3 保護接続の節約を表す。

【0020】

SDN API 108（図 1 参照）を利用して、最小の遅延を有する DC のサブセットは、 K 接続耐障害性を満足する複数の DC のサブセットが存在するときに識別可能であってもよい。要求の遅延は、 DC のサブセットと集合 DC （ DC_a ）との間の接続の遅延の合計によって与えられることがある。 DC_a は、特定のアプリケーションに依存して、比較的ユーザの近傍にあるか、または比較的特定の DC のサブセットに近傍にある DC に対して割り当てられてもよい。

【0021】

図 2 A、図 2 B および図 2 C に基づいて、以下の問題記述が、集合および保護スキーム 200 に基づいて K 接続耐障害性用の方法に適用されてもよい。

仮定：オーバーレイネットワークは N 個の DC サイトおよびリスク $S = \{s_1, s_2, \dots, s_L\}$ に対する L 組の割り当てリスクグループ（SRG）を有する。オーバーレイネットワークにおいては、 DC_i と DC_j との間の各接続 E_{ij} は、遅延 d_{ij} を含むネットワーク情報を有し、関連付けられた SRG のベクトル $A_{ij} = \{a_{ij1}, a_{ij2}, \dots, a_{ijL}\}$ （ここで $a_{ij1} = 1$ ）は、 s_1 が E_{ij} に関連付けられ、そうでない場合には $a_{ij1} = 0$ であることを示す。同様に、各 DC_i は、SRG の組 A_i に関連付けられる。また、リスクイベント中であっても、集合 DC_a に接続される K 個の DC を必要とする要求が受信される。

解法

少なくとも M 個の動作 DC は以下のとおりである。

$\min_j (d_{aj})$ 、ここで $1 \leq j \leq M$ であり、要求に関連付けられた合計遅延を最小化し、

K 個の DC がリスクイベント中に DC_a に接続されたままであり、 K 接続耐障害性を（ KCS ）を保証する。

【0022】

以下にさらに詳細に記述されるように、二つの発見的アルゴリズムが光学的に相互接続された分散型 DC ネットワークにおける KCS 問題を解決するために開示される。双方のアルゴリズムにおいては、リスクマトリクスは各集合 DC_a に対して構成されてもよい。各 s_1 に対して、もし、接続 E_{ij} および DC_j で構成される対（ p_{ij} ）がリスク s_1 に関連付けられる場合、リスクマトリクスは 1 を記録する。以下に記述される双方のアルゴリズムにおいては、表 2 は、仮定される（図示されていない）オーバーレイネットワー

クに関連付けられたパラメータに対する値を示す。

【表 2】

パラメータ	値
K接続耐障害性DC	$K = 2$
集合データセンターDC _a 数	$a = 1$
DC _a 以外のオーバーレイネットワークにおけるDCの集合	$j = \{2, 3, 4, 5\}$
SRGの集合	$l = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
KCS用に必要とされるSRG数	$N = 3$

10

表2 K接続耐障害性の例示的アルゴリズム用のパラメータ

【 0 0 2 3 】

表 3 は、表 2 の実施例に対応する任意の DC₁ に対して構成される例示的なリスクマトリクスを示す。p_{ij} の遅延は d_{ij} であり、p_{ij} に関連付けられたリスクの組は、A_{ij} および A_i の和集合である。表 3 における値は、対応する（図示されていない）オーバーレイネットワークに基づいて、例えば、SDN API 108（図 1 参照）を利用して照会されてもよい。

【表 3】

20

α_{jl}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}
s_1	1	0	0	0
s_2	0	1	1	0
s_3	0	1	0	0
s_4	1	1	0	0
s_5	0	0	0	1

表3 DC₁に対するリスクマトリクス

リスクベクトル（# p₁）は、s₁に関連付けられ、ゼロに初期化されることがある現在選択された対の数を記録するためにさらに使用されてもよい。

【 0 0 2 4 】

30

アルゴリズム A 1 - 遅延に基づく：少なくとも M 個の動作 DC を見つけるために、M は K + 1 からインクリメントされる。各 M に対して、集合 DC として DC_a とともに、遅延が増大する順序で p_{aj} をソートする。p_{aj} が選択され、 $\alpha_{j1} = 1$ である場合、リスクベクトル # p₁ は 1 ずつインクリメントされる。 $\alpha_{j1} = 1$ の全てのリスク s₁ に対して、リスクベクトル # p₁（M - K）である場合にのみ、p_{aj} を選択することができる。M 組が見つけれられた場合、M のインクリメントを停止する。最後に、最も高い M が K 接続耐障害性を満足する動作 DC の最小数を表す。

【 0 0 2 5 】

上記の表 2 および表 3 における値に対応するアルゴリズム A 1 の例示的な一実施形態がここで詳細に記述される。遅延に基づくアルゴリズム A 1 に対して、対 p_{ij} に対して、遅延 d_{ij} は、{ p₁₂、p₁₄、p₁₃、p₁₅ } によって与えられた遅延順序で増加し、対 p_{ij} が処理用に選択された順序を表すと仮定される。アルゴリズム A 1 はプロセッサによって実行可能な命令にほぼ対応する擬似コードを利用して以下に記述されるが、人が読解できるように散文体のテキストを組み込む。

40

【表 4】

```

A1-100: begin main loop iterating over M, no pairs selected
A1-110: set number of pairs to select  $M = 3$ , so  $(M - K) = 1$ 
A1-120: evaluate  $p_{12}$  based on delay order
A1-130: evaluate  $\#p_1[1] = \{1, 0, 0, 1, 0\}$ , so  $\#p_1[1] \leq (M - K)$ 
A1-140: select first pair  $p_{12}$ 
A1-150: evaluate  $p_{14}$  based on delay order
A1-160: evaluate  $\#p_1[2] = \{1, 1, 0, 1, 0\}$  so  $\#p_1[2] \leq (M - K)$ 
A1-170: select second pair  $p_{14}$ 
A1-180: evaluate  $p_{13}$  based on delay order
A1-190: evaluate  $\#p_1[3] = \{1, 2, 1, 2, 0\}$ , so  $\#p_1[3]$  not  $\leq (M - K)$ 
A1-200: skip pair  $p_{13}$ 
A1-210: evaluate  $p_{15}$  based on delay order
A1-220: evaluate  $\#p_1[4] = \{1, 1, 0, 1, 1\}$ , so  $\#p_1[4] \leq (M - K)$ 
A1-230: select third pair  $p_{15}$ 
A1-240:  $M = 3$  pairs selected, do not increment M, end main loop

```

10

アルゴリズム A 1 : 擬似コードにおける遅延に基づく K 接続耐障害性評価

【 0 0 2 6 】

20

アルゴリズム A 1 は、最初に対が選択されないで M 回繰り返すメインループを有する、ライン A 1 - 1 0 0 で開始する。ライン A 1 - 1 1 0 において、M は $K = 2$ に対して 3 に設定され、したがって $(M - K) = 1$ である。ライン A 1 - 1 2 0 において、対の評価は遅延順序に基づいて、 p_{12} で開始する。ライン A 1 - 1 3 0 において、リスクベクトル $\#p_1[1]$ は、 p_{12} のみに対して表 3 で与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、まだ対が選択されておらず、結果として、リスクベクトル $\#p_1[1]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下であるためである。ライン A 1 - 1 4 0 において、 p_{12} は第一の対として選択される。ライン A 1 - 1 5 0 において、対の評価は、遅延順序に基づいて p_{14} で継続する。ライン A 1 - 1 6 0 において、リスクベクトル $\#p_1[2]$ は、 p_{12} および p_{14} に対して、表 3 に与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、 p_{12} のみが選択され、結果として、リスクベクトル $\#p_1[2]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下であるためである。ライン A 1 - 1 7 0 においては、 p_{14} は第二の対として選択される。ライン A 1 - 1 8 0 において、対の評価は遅延順序に基づいて p_{13} で継続する。ライン A 1 - 1 9 0 において、リスクベクトル $\#p_1[3]$ は、 p_{12} 、 p_{14} および p_{13} に対して、表 3 に与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、 p_{12} および p_{14} の双方が選択され、結果として、リスクベクトル $\#p_1[3]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下ではないためである。ライン A 1 - 2 0 0 において、 p_{13} はスキップされる。ライン A 1 - 2 1 0 において、対の評価は遅延順序に基づいて p_{15} で継続する。ライン A 1 - 2 2 0 においては、リスクベクトル $\#p_1[4]$ は、 p_{12} 、 p_{14} および p_{15} に対して、表 3 に与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、 p_{12} および p_{14} の双方が選択され、結果として、リスクベクトル $\#p_1[4]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下であるためである。ライン A 1 - 2 3 0 において、 p_{15} は、第三の対として選択される。ライン A 1 - 2 4 0 において、M 個の対が選択されたことが決定され、従って M はインクリメントされず、メインループは終了し、アルゴリズム A 1 は、K 接続耐障害性に対して $\{p_{12}, p_{14}, p_{15}\}$ を選択して終了する。

30

40

【 0 0 2 7 】

アルゴリズム A 2 - リスクに基づく：遅延に基づくアルゴリズム A 1 においては、初期に選択された対が多くのリスクに関連付けられる可能性があり、結果として、K 接続制約条件を満足するためにより多くの動作 DC をもたらす。したがって、リスクに基づくアル

50

ゴリズム A 2 は、 p_{aj} に関連付けられたリスクの総頻度の増加する順序で p_{aj} をソートする。リスクの周波数は、リスクに関連付けられた p_{aj} 対の数として定義される。リスクに基づくアルゴリズム A 2 における他のステップは、遅延に基づくアルゴリズム A 1 の一部に類似してもよい。

【0028】

表 3 に作成されたリスクマトリクスに基づいて、以下のリスクの周波数は各対 p_{ij} に対して確立される可能性がある：

p_{12} は、 s_1 (1 リスク) と s_2 (2 リスク) に関連付けられるため、 p_{12} リスク周波数は、 $2 + 1 = 3$ であり、

p_{13} は、 s_2 、 s_3 、 s_4 に関連付けられるため、 p_{13} リスク周波数は、 $2 + 1 + 2 = 5$ であり、

p_{14} は、 s_2 に関連付けられるため、リスク周波数 $p_{14} = 2$ であり、

p_{15} は s_5 に関連付けられるため、リスク周波数 $p_{15} = 1$ である。

したがって、アルゴリズム A 2 のリスク順序は、 $\{p_{15}, p_{14}, p_{12}, p_{13}\}$ によって与えられ、これは対 p_{ij} が処理用に選択される順序を表す。

【表 5】

```
A2-100: begin main loop iterating over M, no pairs selected
A2-110: set number of pairs to select M = 3, so (M - K) = 1
A2-120: evaluate  $p_{15}$  based on risk order
A2-130: evaluate  $\#p_1[1] = \{0, 0, 0, 0, 1\}$ , so  $\#p_1[1] \leq (M - K)$ 
A2-140: select first pair  $p_{15}$ 
A2-150: evaluate  $p_{14}$  based on risk order
A2-160: evaluate  $\#p_1[2] = \{0, 1, 0, 1, 0\}$  so  $\#p_1[2] \leq (M - K)$ 
A2-170: select second pair  $p_{14}$ 
A2-180: evaluate  $p_{12}$  based on risk order
A2-190: evaluate  $\#p_1[3] = \{1, 1, 0, 1, 1\}$ , so  $\#p_1[3] \leq (M - K)$ 
A2-200: select third pair  $p_{12}$ 
A2-210: M = 3 pairs selected, do not increment M, end main loop
```

アルゴリズム A 2：擬似コードにおけるリスクに基づく K 接続耐障害性評価

【0029】

アルゴリズム A 2 は、最初に対が選択されないで M 回繰り返すメインループを有する、ライン A 2 - 100 で開始する。ライン A 2 - 100 において、M は $K = 2$ に対して 3 に設定され、したがって $(M - K) = 1$ である。ライン A 2 - 120 において、対の評価はリスク順序に基づいて、 p_{15} で開始する。ライン A 2 - 130 において、リスクベクトル $\#p_1[1]$ は、 p_{15} のみに対して表 3 で与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、まだ対が選択されておらず、結果として、リスクベクトル $\#p_1[1]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下であるためである。ライン A 2 - 140 において、 p_{15} は第一の対として選択される。ライン A 2 - 150 において、対の評価は、リスク順序に基づいて p_{14} で継続する。ライン A 2 - 160 において、リスクベクトル $\#p_1[2]$ は、 p_{15} および p_{14} に対して、表 3 に与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、 p_{15} のみが選択され、結果として、リスクベクトル $\#p_1[2]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下であるためである。ライン A 2 - 170 においては、 p_{14} は第二の対として選択される。ライン A 2 - 180 において、対の評価はリスク順序に基づいて p_{12} で継続する。ライン A 2 - 190 において、リスクベクトル $\#p_1[3]$ は、 p_{15} 、 p_{14} および p_{12} に対して、表 3 に与えられたリスクマトリクスを利用して評価される。なぜなら、 p_{15} および p_{14} の双方が選択され、結果として、リスクベクトル $\#p_1[3]$ における全ての値が $(M - K)$ 以下であるためである。ライン A 2 - 200 において、 p_{12} は第三の対として選択される。ライン A 2 - 210 にお

いて、M個の対が選択されたことが決定され、従ってMはインクリメントされず、メインループは終了し、アルゴリズムA2は、K接続耐障害性に対して $\{p_{15}, p_{14}, p_{12}\}$ を選択して終了する。

【0030】

アルゴリズムA1およびアルゴリズムA2の双方は、上述された構成の実施例において同一の結果に到達するが、アルゴリズムA1およびアルゴリズムA2は、対 p_{ij} が評価される順序が異なり、したがって、任意の構成に対して評価の反復回数が異なってもよい。Mをインクリメントするためのメインループのさらなる繰り返しは、記述を明瞭にするために記述されていないが、より大きなネットワーク構成において、その後の繰り返しは、より大きなMの値に対するK接続耐障害性を見つけるために実施されてもよいことを理解されたい。

10

【0031】

図3に関連して、本明細書で記述されるようなK接続耐障害性を実現するための方法300の一実施形態の選択された構成要素がフローチャート形式で示される。ある実施形態においては、方法300は、KCS識別530（図5参照）を利用して実現されてもよい。方法300に示されたある動作は、所望の場合には並べ替えられたり、省略されたりしてもよいことに留意されたい。

【0032】

方法300は、オーバーレイネットワークに含まれる集合DCに関連付けられたリスクマトリクスを作成するステップ（動作302）によって開始し、リスクマトリクスは、N個のDC接続対のうちのいずれがL個のSRGのうちの何れに関連付けられているかを示す。DC接続対は、リスク基準に従ってソートされてもよい（動作304）。リスク基準は、リスクに基づいてもよいし、遅延に基づいてもよい。その後、方法300は、 $M = K + 1$ とし（動作306）、リスクベクトルをL個のゼロ値を有するように初期化してもよい。その後、 $M > N$ か否かの決定がなされてもよい（動作308）。動作308の結果が「はい」であるとき、方法300は終了してもよい（動作390）。動作308の結果が「いいえ」であるとき、DC接続対が選択されたか否かを決定するため各DC接続対に対してリスク基準の増加する順序で、リスクベクトルは評価されてもよい（動作310）。リスクベクトルは、リスクマトリクスおよび予め選択されたDC接続対に基づく。その後、M個より少ないDC接続対が選択されたか否かの決定がなされてもよい（動作312）。動作312の結果が「はい」であるとき、Mはインクリメントされ（動作314）、方法300は動作308へと戻ってもよい。動作312の結果が「いいえ」であるとき、選択されたM個のDC接続対に含まれるM個のDCが識別されてもよい（動作316）。その後、方法300は終了してもよい（動作390）。

20

30

【0033】

ここで図4に関連して、本明細書で記述されるような、K接続耐障害性を実現するための方法310の一実施形態の選択された構成要素がフローチャート形式で示される。種々の実施形態においては、方法310は、KCS識別530（図5参照）を利用して実現され、方法300（図3参照）における動作310を表してもよい。方法310に示されたある動作は、所望の場合、並べ替えられたり、省略されたりしてもよいことに留意されたい。方法310は、反復ループコンテキストで示されて、以下の説明に記述されているが、“次の”という語は、ループコンテキスト内で使用される反復値を示すために使用される。

40

【0034】

方法310は、次のDC接続対を評価するために進行する（動作402）ステップによって開始してもよい。方法310は、次のSRGを評価するために、その後進行してもよい（動作404）。次のDC接続対用、ならびに存在するときには、全ての予め選択されたDC接続対用の次のSRGに関連付けられたリスクマトリクスにおける値は、リスクベクトルに加算されてもよい（動作406）。その後、全てのL個のSRGが次のDC接続対に対して評価されたか否かの決定がなされてもよい（動作408）。動作408の結果

50

が「いいえ」であるとき、方法 3 1 0 は、動作 4 0 4 へと戻ってもよい。動作 4 0 8 の結果が「はい」であるとき、リスクベクトルにおける全ての値が (M - K) 以下であるか否かの決定がなされてもよい (動作 4 1 0)。動作 4 1 0 の結果が「はい」であるとき、次の DC 接続対が選択されてもよい (動作 4 1 2)。動作 4 1 0 の結果が「いいえ」であるか、動作 4 1 2 の後で、全ての N 個の DC 接続対が評価されたか否かの決定がなされてもよい (動作 4 1 4)。動作 4 1 2 の結果が「いいえ」であるとき、方法 3 1 0 は動作 4 0 2 へと戻ってもよい。動作 4 1 2 の結果が「はい」であるとき、方法 3 1 0 は動作 3 1 2 へと継続してもよい (図 3 参照)。

【0035】

ここで、図 5 に関連して、管理システム 5 0 0 の一実施形態の選択された構成要素のブロック図が示される。図 5 においては、管理システム 5 0 0 は、本明細書で記述されたような K 接続耐障害性を実現するための物理および論理コンポーネントを含むコンピュータシステムとして表され、したがって、プロセッサ 5 0 1、メモリ 5 1 0、ネットワークインターフェイス 5 2 0 を含んでもよい。プロセッサ 5 0 1 は、一つ以上の個々のプロセッシングユニットを表し、メモリ 5 1 0 および / もしくは管理システム 5 0 0 によって格納されたプログラム命令を実行し、データを解釈し、ならびに / またはデータを処理してもよい。

【0036】

図 5 においては、メモリ 5 1 0 は、プロセッサ 5 0 1 に通信可能なように結合され、ある期間にプログラム命令および / もしくはデータを保持するために適切なシステム、デバイスもしくは装置 (例えば、コンピュータ可読媒体) を含んでもよい。メモリ 5 1 0 は、ランダムアクセスメモリ (RAM)、電氣的消去可能プログラマブルリードオンリーメモリ (EEPROM)、PCMCIA カード、フラッシュメモリ、ソリッドステートディスク、ハードディスクドライブ、磁気テープライブラリ、光ディスクドライブ、光磁気ディスクドライブ、コンパクトディスクドライブ、コンパクトディスクアレイ、ディスクアレイコントローラおよび / もしくは揮発性もしくは不揮発性メモリの任意の適切な選択もしくはアレイなどの種々のタイプのコンポーネントおよびデバイスを含んでもよい。不揮発性メモリは、電源を切った後データを保持するメモリのことを称する。メモリ 5 1 0 は、種々の実施形態においては、異なる数の物理記憶デバイスを含んでもよいことに留意されたい。

【0037】

図 5 に示されるように、メモリ 5 1 0 は、K 接続耐障害性 (KCS) 識別 5 3 0 を含み、プロセッサ 5 0 1 などのプロセッサで実行されたときに、リスクに基づくアルゴリズム A 1 および / もしくは遅延に基づくアルゴリズム A 2 を含むがそのいずれにも限定はされない K 接続耐障害性を満足するために、DC および / もしくは SRG を識別するための種々のアルゴリズムを実行しうる、其々のコンピュータ可読命令のセットを表してもよい。情報記憶装置 5 4 0 は、KCS 識別 5 3 0 に関連付けられたデータおよびパラメータなどの種々のデータおよびパラメータを格納してもよい。

【0038】

ここで図 6 A - 図 6 D に関連して、K 接続耐障害性を実現するために選択された方法の実施形態のシミュレーション結果がデータプロットとして示される。図 6 A - 図 6 D においては、発見的アルゴリズム A 1 および A 2 の選択された実施形態のシミュレーション結果が、比較のために示される。図 6 A - 図 6 D に示されたシミュレーション結果においては、75 個の DC および 99 個の接続を有し、完全にメッシュ接続されたオーバーレイネットワークであって、オーバーレイネットワーク 1 0 0 (図 1 参照) に類似する物理ネットワークがランダムに選択されたノードに配置された DC で作成されると仮定する。オーバーレイネットワークにおける接続用の最短経路は 0.1 と 1.0 の任意の時間単位の間ランダムに割り当てられた、接続遅延で使用され、総数 60 の SRG リスクが使用される。各接続および各 DC におけるリスクの組は、ランダムに接続され、接続毎もしくは DC 毎の SRG 数は、R で表されると、図 6 A - 図 6 D に与えられる。クラウド要求に対して

10

20

30

40

50

、集合DCはランダムに割り当てられてもよい。シミュレーション結果は、割り当てに成功した総数 10^5 個の要求で平均化され、帯域幅の任意量は、下層の物理ネットワークインフラストラクチャからの任意の制限なしで要求されうるVMに対して仮定され、最小数の動作DCおよび遅延が具体的に評価されてもよい。

【0039】

図6Aにおいては、K値の増加に対する性能は、アルゴリズムA1（遅延に基づく）およびアルゴリズムA2（リスクに基づく）に対して、M対Kの最小値の平均に対するプロットとして示される。図6Bにおいては、K値の増加に対する性能は、アルゴリズムA1（遅延に基づく）およびアルゴリズムA2（リスクに基づく）に対して、要求毎の平均遅延対Kに対するプロットとして示される。図6Aおよび図6Bは、Kが増加するにつれての最小のMと要求の平均遅延とを示し、オーバーレイネットワークにおけるDCの総数は、10である（ $N = 10$ ）。図6Aは、リスクに基づくアルゴリズムA1は遅延に基づくアルゴリズムA2よりも12%少ない動作DCを結果としてもたすことがあることを示す。増加するK接続の制約条件を満足するために、最小数の動作DCが増加することに留意されたい。Kが $R = 1$ （もしくは $R = 2$ ）に対して6（もしくは4）に等しいとき、必要とされる最少の動作DCは、総DC10のうちのほぼ9に到達する。したがって、より高いKに対して解法は見つけられない。図6Bは、Kが増加するにつれて、要求毎の平均遅延が、より多い動作DCの必要性によって増加し、遅延における差が減少することを示す。より低い総リスク周波数で選択された接続がより長い遅延を有しうるため、リスクに基づくアルゴリズムA1が結果としてより少ない動作DCをもたすときでさえも、Kが（ $N / (2R)$ ）より低いとき、接続の高いリスク多様性を示すが、リスクに基づくアルゴリズムA1の遅延は、遅延に基づくアルゴリズムA2の遅延よりも高いことがある。Kが（ $N / (2R)$ ）よりも高いとき、接続のリスク多様性は限定される可能性があり、したがって、動作DCの組の選択を制限する。したがって、リスクに基づくアルゴリズムA1は、より少ない動作DC、したがって、より低い遅延で、遅延に基づくアルゴリズムA2よりもわずかに性能が優れている可能性がある。

【0040】

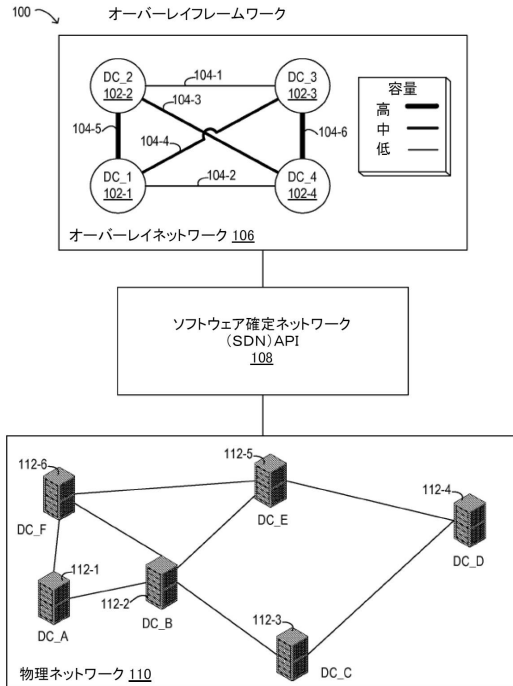
図6Cにおいては、N値の増加に対する性能は、アルゴリズムA1（遅延に基づく）およびアルゴリズムA2（リスクに基づく）に対して、Mの最小値の平均値対Nに対するプロットとして示される。図6Dにおいては、N値の増加に対する性能は、アルゴリズムA1（遅延に基づく）およびアルゴリズムA2（リスクに基づく）に対して、要求毎の平均遅延対Nに対するプロットとして示される。図6Cおよび図6Dにおいては、Kは4に固定される。リスクに基づくアルゴリズムA1は、遅延に基づくアルゴリズムA2と比較して、Nが増加するにつれてより少ない動作DCおよびより高い要求の遅延を結果としてもたすことがある。図6Cにおいては、 $R = 2$ に対して、Nが16よりも低いとき、接続の多様性が制限され（ $N / (2R) < K = 4$ ）、したがって、双方のアルゴリズムはNが増加するにつれてより多くの動作DCを必要とする。Nが16よりも高いとき、接続の多様性は改善し、動作DCの必要数は、Nが増加するにつれて減少する。

【0041】

本明細書の主題は、一つ以上の例示的な実施形態に関連して記述されてきたが、任意の請求項を説明された特定の形式に限定することを意図するものではない。それどころか、本開示向けの任意の請求項は、その趣旨および範囲内に含まれうるような代替物、改変物および均等物を包含することを意図される。

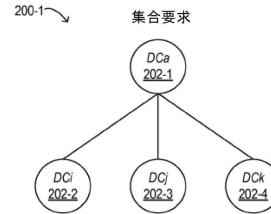
【図 1】

オーバーレイフレームワークの一実施形態の選択された構成要素のブロック図



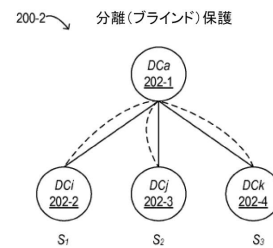
【図 2 A】

集合要求の一実施形態の選択された構成要素のブロック図



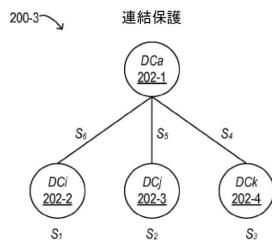
【図 2 B】

集合データセンターの個別の保護の一実施形態の選択された構成要素のブロック図



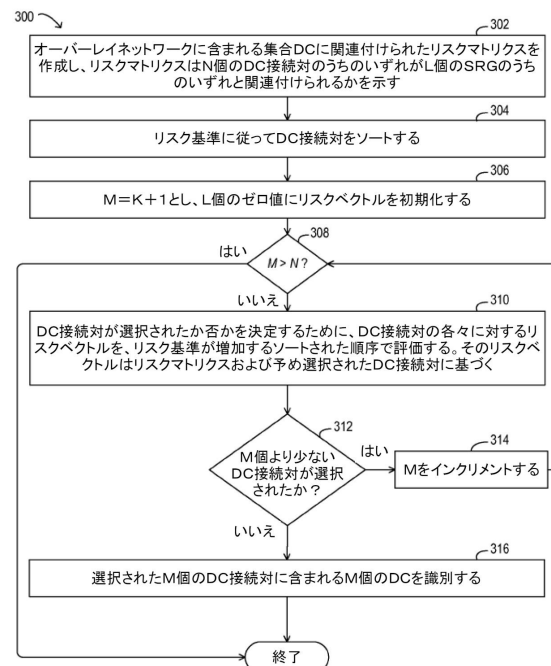
【図 2 C】

集合データセンターの連結保護の一実施形態の選択された構成要素のブロック図



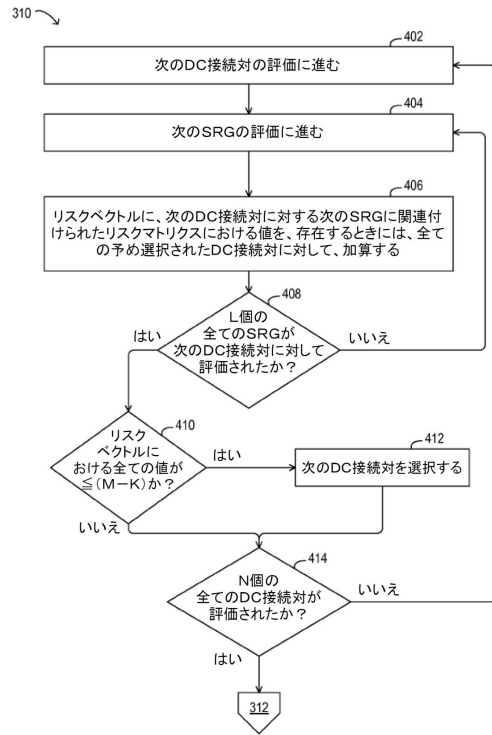
【図 3】

K接続耐障害性を実現するための方法の一実施形態の選択された構成要素を示すフローチャート



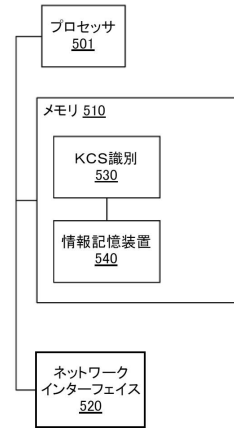
【図 4】

K接続耐障害性を実現するための方法の一実施形態の選択された構成要素を示すフローチャート



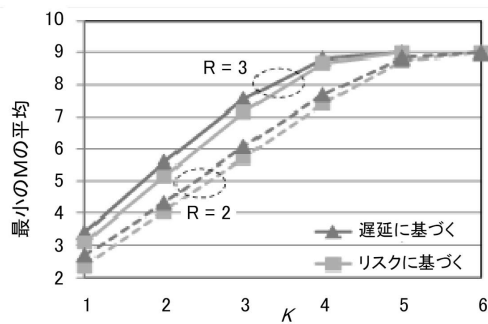
【図 5】

管理システムの一実施形態の選択された構成要素のブロック図



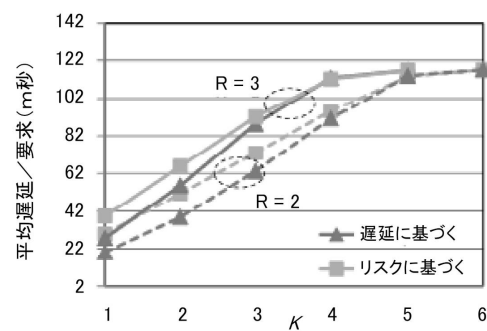
【図 6 A】

K接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果



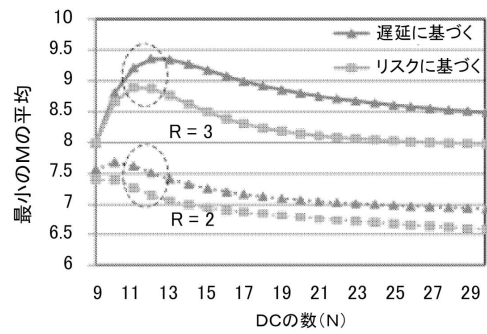
【図 6 B】

K接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果



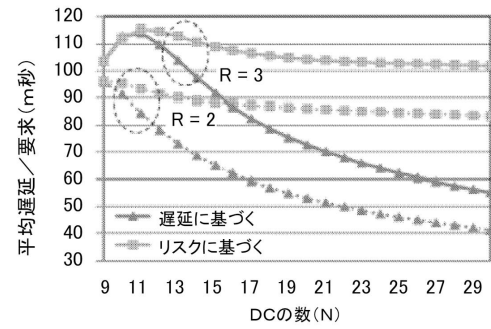
【図 6 C】

K接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果



【図 6 D】

K接続耐障害性を実現するための選択された方法の一実施形態のシミュレーション結果



フロントページの続き

- (72)発明者 チーンヤー ショーア
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94085, サニーベール, イースト アークス アベニュー 1240番, フジツウ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 シー ワン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94085, サニーベール, イースト アークス アベニュー 1240番, フジツウ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 パパラオ パラチャーラ
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94085, サニーベール, イースト アークス アベニュー 1240番, フジツウ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 関屋 元義
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94085, サニーベール, イースト アークス アベニュー 1240番, フジツウ ラボラトリーズ オブ アメリカ インコーポレイテッド内

審査官 井上 宏一

- (56)参考文献 特表2009-522877(JP, A)
米国特許出願公開第2010/0246388(US, A1)
Jie XIAO, 外4名, "Data Center Network Placement and Service Protection in All-Optical Mesh Networks", 2013 9th International Conference on The Design of Reliable Communication Networks (DRCN), IEEE, 2013年 3月 4日, pp.88-94, ISBN: 978-1-4799-0049-7

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 11/16 - 11/20