

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ソースノードにおいてネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信するステップであって、前記データは少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含むステップと、

情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定するステップと、

前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を用いて、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定するステップと

を含む方法。

10

【請求項 2】

マルチパスルートにある前記少なくとも一つのネットワークノードのうちの第 1 のネットワークノードの識別子を受信するステップと、

前記マルチパスルートにある前記少なくとも一つのネットワークノードのうちの第 2 のネットワークノードの識別子を受信するステップと、

前記第 1 のネットワークノードの前記識別子の情報および前記第 2 のネットワークノードの前記識別子の情報に基づいてエッジの識別子を決定するステップと

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子は、公開、非公開または取得不能なノードの識別子のうちの少なくとも一つであること

を特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記少なくとも一つのネットワークノードが、前記少なくとも一つのデバイスの一つに複数存在すること

を特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記少なくとも一つのネットワークノードに先行する第 1 のネットワークノードの識別子、および、前記少なくとも一つのネットワークノードに続く第 2 のネットワークノードの識別子に基づいて、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を決定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。

30

【請求項 6】

前記第 1 のネットワークノードと前記第 2 のネットワークノードとの間にある前記少なくとも一つのネットワークノードの位置に基づいて、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を決定するステップ

をさらに含むこと

を特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 のネットワークノードの第 1 のプレフィックスと前記第 2 のネットワークノードの第 2 のプレフィックスを用いて、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を決定すること

を特徴とする請求項 5 に記載の方法。

40

【請求項 8】

ネットワーク管理システムから得られる情報を用いて、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスの前記識別子のうち少なくとも一つを決定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 9】

前記少なくとも一つのネットワークノードおよび前記少なくとも一つのデバイスの前記

50

識別子は、インターネットプロトコル（ＩＰ）アドレスを用いて定義され、かつ前記ネットワーク管理システムは、前記少なくとも一つのネットワークノードおよび前記少なくとも一つのデバイスの前記ＩＰアドレスのリストまたは配列を含むことを特徴とする請求項６に記載の方法。

【請求項１０】

前記ソースノードにおいて前記トレースルート・プローブによって前記受信されたデータは、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスのうちの少なくとも一方のイングレスインタフェースのイングレス識別子を含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項１１】

前記イングレス識別子を使用して、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスのうちのもう一方のエグレスインタフェースのエグレス識別子を決定すること
を特徴とする請求項１０に記載の方法。

【請求項１２】

前記イングレス識別子の一つを使用して、複数の前記エグレス識別子を決定すること
を特徴とする請求項１１に記載の方法。

【請求項１３】

前記エグレス識別子は、ネットワーク管理システムを使用して決定されること
を特徴とする請求項１１に記載の方法。

【請求項１４】

前記エグレス識別子は、前記エグレス識別子と前記イングレス識別子との類似度に基づいて決定されること
を特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項１５】

前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子は、ＩＰアドレスまたはドメインネームサーバのリストの中の少なくとも一つであること
を特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項１６】

コンピュータプログラムコードを含む少なくとも一つのメモリと、
少なくとも一つのプロセッサを含む装置であって、
前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、
ソースノードにおいてネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信させるステップであって、前記データは前記少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含むステップと、
情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定させるステップと、
前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定するステップと
を実行させることを特徴とする装置。

【請求項１７】

前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは同様に、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、
マルチパスルート内の前記少なくとも一つのネットワークノードの第１のネットワークノードの識別子を受信するステップと、
前記マルチパスルート内の前記少なくとも一つのネットワークノードの第２のネットワークノードの識別子を受信するステップと、
前記第１のネットワークノードの前記識別子の情報および前記第２のネットワークノードの前記識別子の情報に基づいて、エッジの識別子を決定するステップを実行させること

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】

前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子は、公開、非公開または取得不能なノードの識別子のうちの少なくとも一つであること

を特徴とする請求項 16 に記載の装置。

【請求項 19】

複数の前記少なくとも一つのネットワークノードが前記少なくとも一つのデバイスのうちの一つに存在すること

を特徴とする請求項 16 に記載の装置。

【請求項 20】

前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは同様に、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、

前記少なくとも一つのネットワークノードに先行する第 1 のネットワークノードの識別子、および前記少なくとも一つのネットワークノードに続く第 2 のネットワークノードの識別子に基づいて、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を決定するステップを実行させること

を特徴とする請求項 16 に記載の装置。

【請求項 21】

前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは同様に、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、

前記第 1 のネットワークノードと前記第 2 のネットワークノードとの間にある前記少なくとも一つのネットワークノードの位置に基づいて、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を決定するステップを実行させること

を特徴とする

請求項 20 に記載の装置。

【請求項 22】

前記第 1 のネットワークノードの第 1 のプレフィックスおよび前記第 2 のネットワークノードの第 2 のプレフィックスを用いて、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を決定するステップを実行させること

を特徴とする請求項 20 に記載の装置。

【請求項 23】

前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは同様に、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、

ネットワーク管理システムから得られる情報を用いて、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスの前記識別子のうちの少なくとも一方を決定させるように構成されること

を特徴とする請求項 16 に記載の装置。

【請求項 24】

前記少なくとも一つのネットワークノードおよび前記少なくとも一つのデバイスの前記識別子は、IP アドレスを用いて定義され、かつ、前記ネットワーク管理システムは、前記少なくとも一つのネットワークノードおよび前記少なくとも一つのデバイスの前記 IP アドレスのリストまたは配列を含むこと

を特徴とする請求項 23 に記載の装置。

【請求項 25】

前記トレースルート・プローブによって前記ソースノードで受信されたデータは、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスのうちの少なくとも一方のイングレスインタフェースのイングレス識別子を含むこと

を特徴とする請求項 16 に記載の装置。

【請求項 26】

前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは同様に、前記

10

20

30

40

50

少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、

前記イングレス識別子情報を用いて、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスのうちのもう一方のエグレス識別子を決定するステップを実行させること

を特徴とする請求項 2 5 に記載の装置。

【請求項 2 7】

前記イングレス識別子を一つ使用して、複数の前記エグレス識別子を決定すること
を特徴とする請求項 2 6 に記載の装置。

【請求項 2 8】

前記エグレス識別子は、ネットワーク管理システムを使用して決定されること
を特徴とする請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 9】

前記エグレス識別子は、前記エグレス識別子と前記イングレス識別子との類似度に基づいて決定されること

を特徴とする請求項 2 6 に記載の装置。

【請求項 3 0】

前記少なくとも一つのノードの前記識別子は、IP アドレスまたはドメインネームサーバ・リストのうちの少なくとも一つであること

を特徴とする請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 3 1】

命令が符号化された非一時的コンピュータ可読媒体であって、前記命令はハードウェアで実行されるとき、プロセスを実行し、前記プロセスは、

ソースノードにおいてネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信するステップであって、前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含むステップと、

情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定するステップと、

前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定するステップと、を含むこと

を特徴とする非一時的コンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明の種々の実施形態は、通信ネットワークシステムに関し、詳細には、前記ネットワークの完全なトポロジーを推定することに用いることができる、通信ネットワークシステムのマルチパスプロービングに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

様々なネットワークでマルチパスルーティングを使用して、前記ネットワーク内でソースノードとターゲットノードが接続される。マルチパスルーティングとは、一つのネットワーク内の 2 点間を結ぶ前記ネットワーク内の複数の代替経路を用いるルーティング技術である。前記ネットワークで生成される経路は、前記ソースノードと前記ターゲットノードとの間に位置する少なくとも一つの間接ネットワークノード、ならびに、前記経路上の様々なネットワークノードを接続するために用いられるエッジを含む。マルチパスルーティングでは、各経路は少なくとも一つのエッジおよび少なくとも一つのネットワークノードを含む。前記ネットワーク内の前記複数の代替経路は、少なくとも部分的に重複することが多くあり、そのような前記複数の代替経路は少なくとも一つのエッジおよび / または少なくとも一つのノードを共有することになる。

【0 0 0 3】

マルチパスルーティングを用いるネットワークの中には、トレースルート (t r a c e

10

20

30

40

50

route)を使用できるものもある。トレースルートはネットワーク診断ツールであり、前記ネットワーク内の複数の経路の記録に用いることができる。トレースルートは、前記ネットワーク内の各中間ネットワークノードからの情報を前記ソースノードへ返送するステップを含む。このシグナリングによって、前記ソースノードが、前記ネットワーク内で前記ターゲットノードまで信号のルーティングを追跡することができる。

【0004】

マルチパスルーティングを用いることによって、前記ネットワークに、障害耐性、帯域幅の増加、またはセキュリティの強化等の様々な利点をもたらすことができる。しかしながら、完全なネットワークトポロジーの構築には、前記ネットワーク内の可能性のある全ての経路の完全なトレースまたはマッピングを必要とすることがある。このような完全なトレースまたはマッピングは、時間および帯域幅を含む大量のネットワーク資源を使用する可能性がある。

【発明の概要】

【0005】

特定の実施形態において、方法は、ソースノードにおいてネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信するステップを含むことができる。前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含むことができる。前記方法はまた、情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定するステップを含むことができる。さらに、前記方法は、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定するステップを含むことができる。

【0006】

特定の実施形態によると、装置はコンピュータプログラムコードを有する少なくとも一つのメモリ、および少なくとも一つのプロセッサを含むことができる。前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、ネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータをソースノードで受信させるように構成することができる。前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含む。前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードはさらに、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、少なくとも、情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定するように構成することができる。さらに、前記少なくとも一つのメモリおよび前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、少なくとも、前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定するように構成することができる。

【0007】

前記装置は、特定の実施形態において、ソースノードにおいて、ネットワーク内のトレースルート・プローブによってソースノードにおいてデータを受信する手段を含むことができる。前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含む。前記デバイスはまた、情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定する手段を含むことができる。さらに、前記装置は、前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定する手段を含むことができる。

【0008】

特定の実施形態によると、非一時的コンピュータ可読媒体の符号化命令は、ハードウェア内で実行されるとき、プロセスを実行する。前記プロセスは、ソースノードにおいて、ネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信するステップを含むことができる。前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含む。前記プロセスはまた、前記情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定するステップを含むことができる。さらに、前記プロセスは前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの

10

20

30

40

50

識別子を決定するステップを含む。

【0009】

特定の実施形態によると、方法によるプロセスを実行するコンピュータプログラム製品の符号化命令は、ソースノードにおいてネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信するステップを含む。前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含む。前記方法はまた、情報に基づいて前記少なくとも一つのネットワークノードの識別子を決定するステップを含むことができる。さらに、前記方法は、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定するステップを含む。

【図面の簡単な説明】

10

【0010】

本発明の適切な理解のために、添付の図面を参照すべきである。

【図1】図1は、特定の実施形態による通信システムを示す図である。

【図2】図2は、特定の実施形態による通信システムを示す図である。

【図3】図3は、特定の実施形態によるフロー図を示す図である。

【図4】図4は、特定の実施形態による数式を示す図である。

【図5】図5は、特定の実施形態によるフロー図を示す図である。

【図6】図6は、特定の実施形態による通信システムを示す図である。

【図7】図7は、特定の実施形態による通信システムを示す図である。

【図8】図8は、特定の実施形態によるフロー図を示す図である。

20

【図9】図9は、特定の実施形態によるシステムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

特定の実施形態は、完全なネットワークトポロジを推定することができる。完全なネットワークトポロジは、前記ネットワーク内の前記他と異なるエッジの全てをトレースまたはマッピングしたものとして定義することができる。トポロジ完成率を使用することができ、これは前記完全なネットワークトポロジのうちの、マッピングされソースノードに報告することができる割合を示す。トレースルート・プローブによって、前記完全なネットワークトポロジの推定を容易にすることができる。いくつかの実施形態において、前記プローブは、前記ネットワーク内の経路を連続的または離散的にマッピング、トレースまたは取得することができる。

30

【0012】

特定の実施形態では、推定された完全なネットワークトポロジを用いてエンドツーエンドのネットワーク性能をモニターすることができる。マルチパスネットワーク環境では、モニターおよび診断の観点から、エンドツーエンドのトラフィックが流れるネットワーク経路の大部分をカバーすることが有用な場合がある。これにより、前記ネットワークの前記診断結果が改善され、例えば、ネットワークオペレータ等の前記診断結果の評価者が、前記診断結果に基づいて意思決定をすることができる。

【0013】

前記マルチパスプローブが所与のトポロジ完成率の目標値まで到達した際に、前記マルチパスプローブを停止できるように、前記マルチパスプロービングを最適化することができる。例えば、いったん前記ネットワークトポロジの完成率の閾値に達すると、前記プローブを中断または停止することができる。完全なネットワークトポロジをトレースしなければならないことは複雑であって、大量のネットワーク資源を使用する可能性がある。このため、効率的なネットワークトポロジ推定プロセスによって、前記ネットワークの時間と資源の両方を節約できる。特定の実施形態では、前記ネットワークトポロジのトレースは、いかなるオペレータの介入も必要とせず、前記ネットワークトポロジを推定する自己評価法を含むことができる。

40

【0014】

特定の他の実施形態では、マルチパスプロービングを用いて、自ノードから任意の所与の

50

エンドポイントまでの経路を見つけることができる。トレースルート・プローブによって、前記所与のエンドポイントまでの前記経路に沿って、ネットワーク性能メトリックを収集し、前記経路上の異なる中間ノードから性能メトリックについての報告を起動することができる。パケット損失率およびレイテンシ等の前記性能メトリックを用いて、前記プロービング経路上の少なくとも一つのエッジまたは少なくとも一つのノードにおける通過トラフィックの問題を検出することができる。いくつかの実施形態では、前記トレースルート・プローブは、高速経路プロービングを行うことができる。

【0015】

いったんトレースルートが完了、または前記トレースルート・プローブが停止すると、前記ネットワークが適切に可視化されたものをユーザが見ることで、例えば、前記ネットワークに関連する何らかの問題を調査することができる。トレースルートがノード間の異なる経路に焦点を当てている間に、特定の実施形態において、前記異なる経路上の前記ノードの識別子を決定することが有用である場合がある。さらに、前記経路上の異なる経路と前記ネットワーク内のデバイスとの関係を決定することも同様に有効である場合がある。前記デバイスには、例えば、ユーザ機器、移動端末、基地局、アクセスポイント、ルータ、および/またはサーバがある。

10

【0016】

特定の実施形態において、2つの異なるパケットが異なるIPアドレスを有する異なるノードを含む異なる経路を有するという理由だけで、前記2つの異なるパケットが異なるデバイスを通じてしなければならない訳ではない場合がある。例えば、ルータまたはサーバ等の各デバイスは、異なるインタフェースに割り当てられた複数のIPアドレスを有することができる。つまり、各デバイスはそれ自身の固有のIPアドレスを有する2つ以上のノードを有することができる。いくつかの実施形態において、いずれのインタフェースを用いるべきかの決定は、ルーティングプロトコルおよび/またはロードバランシング等の他の追加の論理的指針に基づいていてもよい。

20

【0017】

図1は、特定の実施形態による通信システムを示す図である。詳細には、図1は、ソースノード110とターゲットノード160との間のマルチパスルーティングを使用したネットワークを示す。ソースノード110およびターゲットノード160には、例えば、ネットワークノード、アクセスノード、eNodeB、サーバ、ホスト、または本明細書で述べる他のアクセスノードまたはネットワークノードのいずれかがあある。特定の実施形態において、ソースノード110はトレースルート・プローブを用いることができる。前記トレースルート・プローブを用いて、ソースノード110とターゲットノード160との間の異なる複数のルーティング経路を検出することができる。一例では、前記プローブはソースノード110から開始し、その後エッジ111を通して、ネットワークノード120まで移動することができる。

30

【0018】

エッジは、前記プローブによってトレースまたはマッピングすることができる2つのノード間の無線、有線、またはクラウドベースの接続とすることができる。ネットワーク内の前記他と異なるエッジ全てが検出されれば、前記ネットワークトポロジーを完全とみなすことができる。いったん、前記プローブがネットワークノード120まで到達すると、前記プローブは、ネットワークノード120からソースノード110へのメッセージの送信を起動することができる。前記メッセージは、エッジ111に関する性能メトリック、ならびにタイミング情報および/またはパケット損失情報等の他の情報を含むことができる。前記トレースルート・プローブはまた、前記ネットワーク内の前記エッジまたはネットワークノードの全てに関する他の全てのタイプの情報をソースノード110に送信するステップを起動することができる。

40

【0019】

ネットワークノード120に続いて、前記トレースルート・プローブは次に、3つの異なる経路のうちの一つをマッピングまたはトレースすることができる。前記トレースルート

50

・プローブは、エッジ 1 2 1 を使用してネットワークノード 1 3 0 まで、エッジ 1 2 3 を使用してネットワークノード 1 4 0 まで、またはエッジ 1 2 2 を使用してネットワークノード 1 5 0 までトレースを続けることができる。前記プローブがエッジ 1 2 1 を使用してネットワークノード 1 3 0 に移動すると仮定すると、前記トレースルート・プローブは次に、前記トレースルート・プローブがトレースまたはマッピングすることができるいくつかの異なる経路を再び取得することができる。例えば、前記トレースルート・プローブは、ネットワークノード 1 3 0 からエッジ 1 3 1 をトレースし、ターゲットノード 1 6 0 までトレースを続けることができる。または、前記トレースルート・プローブは、エッジ 1 3 3 を経由してネットワークノード 1 4 0 まで、次にエッジ 1 4 1 を経由してターゲットノード 1 6 0 までトレースを続けることができる。

10

【0020】

上述したように、特定の実施形態は、トレースルート・プローブ用パケットを送信するステップを含むことができる。例えば、中間およびターゲットノード等の所定のトレース経路上にあるノードは、前記ノードに関する情報をソースノード 1 1 0 に送信することによって、前記プローブ用パケットに応答することができる。同様に、いったんプローブ用パケットがターゲットノード 1 6 0 まで到達すると、ターゲットノード 1 6 0 はターゲットノード 1 6 0 に関する情報をソースノード 1 1 0 に報告する。

【0021】

いったん、トレースルート・プローブがターゲットノード 1 6 0 まで到達すると、前記トレースルート・プローブは、ソースノード 1 1 0 からターゲットノード 1 6 0 までの別の経路のルーティングを開始することができる。特定の実施形態では、前記トレースルート・プローブは、前記推定されたネットワークトポロジがある閾値に達するまで、ネットワーク経路のトレースまたはマッピングを続けることができる。前記マッピングまたはトレースされた経路のいくつかが以前にマッピングまたはトレースされた経路と重複する可能性がある一方、いくつかの経路は新しいまたは他と異なるエッジを含むことができる。新しいまたは他と異なるエッジは、前記トレースルート・プローブによって以前にトレースされたことのないエッジを含むことができる。例えば、トレースルート・プローブは、ソースノード 1 1 1 からネットワークノード 1 2 0 へ移動し、その後エッジ 1 2 2 を通ってネットワークノード 1 5 0 へ移動し、エッジ 1 5 1 を通ってターゲットノード 1 6 0 へ移動することができる。エッジ 1 2 2 およびエッジ 1 5 1 は、前記プローブによって以前

20

30

【0022】

完全なネットワークトポロジは、全てのネットワークノード 1 1 0、1 2 0、1 3 0、1 4 0 および 1 5 0 のトレースルートを含む場合がある。各ノードは、前記ネットワークノードを識別することに使用することができる自ノードの他と異なる識別子、例えば、IP アドレス、ドメインネーム、および前記経路上の場所または位置情報を有することができる。完全なネットワークトポロジはまた、前記ネットワーク内の全ての他と異なるエッジのトレースルートを含むことができる。図 1 は、前記ネットワークの部分的に完全なトポロジを示すに過ぎず、前記部分的な完全なトポロジにおいて、エッジ 1 1 1、1 2 1、1 2 2、1 2 3、1 3 1、1 3 3、1 4 1、1 4 2 および 1 5 1 は、前記トレース

40

【0023】

完全なネットワークトポロジをトレースするには、膨大な時間および膨大なネットワーク資源が必要とされる可能性がある。図 2 は、特定の実施形態による通信システムを示す図である。詳細には、図 2 はトレースルート・プローブを使用したマルチパスネットワークを示す図である。前記プローブは、ソースノード 2 1 0 からターゲットノード 2 2 0、2 2 1 まで経路のトレースを試みる。図 2 は、前記トレースルート・プローブによってトレースまたはマッピングされ、ソースノード 2 1 0 に報告された他と異なる経路を示す図である。前述のように、完全なネットワークトポロジをマッピングすることは、前記ネットワーク上では複雑であって、膨大なネットワーク資源が必要となる可能性がある。

50

【 0 0 2 4 】

そこで、特定の実施形態は、前記完全なネットワークポロジの推定を含むことができる。前記完全なネットワークポロジは、ネットワークポロジ完成率を用いて推定することができる。前記ネットワークポロジ完成率は、エッジ完了率を用いて推定することができる。前記トレースルート・プローブによって報告される性能メトリックは、エッジ単位のメトリックに変換、またはエッジ単位のメトリック形式にすることができる。例えば、前記トレースルート・プローブによって前記ソースノードへ送られる前記メッセージは、エッジレイテンシおよび/またはエッジパケット損失を含むことができる。マッピングされた他と異なるエッジの数を増加させることによって、前記ソースノードと前記ターゲットノードとの間の前記経路途中のトラフィックに関する問題の検出率を向上させることができる。

10

【 0 0 2 5 】

前記エッジ完了率は、マッピングされ前記ソースノードに報告された他と異なるエッジの数の推定率とすることができる。前記エッジ完了率が100パーセントである場合、前記ソースノードは前記ネットワークの前記他と異なるエッジの完全なマッピングを有しており、かつ、前記ネットワークポロジ完成率も100パーセントであると言うことができる。特定の実施形態では、前記エッジ完了率は、前記ネットワーク内で検出される他と異なるエッジの数を他と異なるエッジの推定総数で割ったものと定義することができる。

【 0 0 2 6 】

特定の実施形態では、前記エッジは、前記エッジが接続される前記ネットワークノードに基づいて識別することができる。つまり、前記エッジのイングレスノードの識別子および前記エッジのエグレスノードの識別子を使用して、前記エッジそのものを識別する。いくつかの実施形態では、例えば、前記ノードが一定期間応答しない、または前記ノードが非公開IPアドレスを有する等、ノード情報を使用できない場合がある。以下で述べるように、これらの実施形態では、前記使用できないノードの前および前記使用できないノードの後ろに位置するノードのプレフィックスに基づいて、前記ノード情報を決定することができる。同様に、前記イングレスノードのプレフィックスおよび前記エグレスノードのプレフィックスを結合して、前記エッジの識別子を決定することができる。ソースノードは、エッジ識別子に基づいて前記エッジが他と異なるか否かを判定することができる。さらに、所与のエッジの前記イングレスノードおよび前記エグレスノードに関連づけられた情報を用いて、前記エッジ識別子を前記ソースノードに記録することができる。前記エッジ識別子は、前記エッジに印をつけるために使用することができる。

20

30

【 0 0 2 7 】

前記完全なネットワークポロジを前記ソースノードが認識していない場合、前記エッジ完了率を計算する一つの方法は、マーク・リリース・リキャプチャ(MRR)法に基づくことができる。MRR法は、例えば、所与の個体群の第1の部分を取得し、印をつけ、解放するステップを含む。次に、前記個体群の第2の部分を取得して、前記個体群の前記第2の部分のうちの印をつけたメンバーを数えることができる。前記第2の部分内の前記個体群のうちの印をつけたメンバーの数は、前記個体群全体のメンバーの数に比例するはずであるので、個体群のサイズ以下のメンバー総数を推定することができる。ゆえに、MRR法は、前記個体群内の取得したメンバーの数のみならず個体群全体を推定することを使用することができる。

40

【 0 0 2 8 】

図3は、特定の実施形態によるフロー図を示す。ステップ310において、マルチパスルーティングによって、ソースノードとターゲットノードとの間で信号を送送することができる。前記マルチパスルーティングの例を図1および図2に示す。次にトレースルート・プローブを用いて、前記ソースノードと前記ターゲットノードとの間の経路上の少なくとも一つのエッジおよび少なくとも一つのノードをトレースまたはマッピングすることができる。ネットワークノードまで到達すると、トレースルート・プローブは、前記ネットワークノードから前記ソースノードまでの情報またはデータの伝送を起動することができる。

50

。前記情報またはデータには、少なくとも一つのエッジ性能メトリックの詳細が含まれている。例えば、前記少なくとも一つのエッジメトリックは、エッジレイテンシおよび/またはエッジパケット損失に関係する場合がある。

【0029】

ステップ320において、前記ソースノードはネットワーク内の前記トレースルート・プロブによって得られる前記データを受信する。前述のように、前記トレースルート・プロブは、前記ネットワークの少なくとも一つのエッジおよび少なくとも一つのノードをマッピングまたはトレースする。x個の取得された経路毎に(xは前記ネットワークオペレータによって設定可能)、前記ソースノードは前記x個の経路内の全ての他と異なるエッジを識別し、それらを以前に記録されたエッジと比較することができる。再取得されたエッジの数も、前記ソースノードによって計算することができる。もし、同一のエッジが複数回再取得された場合、前記再取得されたエッジは単に一つのエッジとして数えられる。前記新しく識別された、または他と異なるエッジの数が、次の計算用に前記記録されたエッジに追加される。前記ソースノードは、前記記録されたエッジを、例えばリスト内に格納することができる。

【0030】

次に、推定エッジ完了率を、MRR法を用いてステップ330に示すように、前記エッジに基づいて計算することができる。例えば、Schmabel and Schumacher-Exchmeyer推定法を、より好ましいMRR法として用いることができる。前記推定法の式は、特定の実施形態において以下の式にすることができる。下記式で、 N' は、前記ソースノードから前記ターゲットノードまでの他と異なるエッジの総数の推定値とすることができる。 n_i は、分析iで取得された他と異なるエッジの総数に等しく、一方、 m_i は分析iの最中に再取得された他と異なるエッジの数に等しい。cは計算の総数に等しい。

【数1】

$$N' = \frac{\sum_{i=2}^c (n_i (\sum_{j=1}^{i-1} n_j)^2)}{\sum_{i=2}^c (m_i (\sum_{j=1}^{i-1} n_j))}$$

【0031】

上記の計算に基づいて、前記エッジ完了率は、前記ネットワーク内で検出された他と異なるエッジの数を、前記他と異なるエッジの総数の推定値で割ることによって計算することができる。他と異なるエッジの前記総数の推定値は数式1で決定することができる。ステップ340に示すように、次にこのエッジ完了率を用いて、トポロジー完成率を推定することができる。前記エッジ完了率および/または前記トポロジー完成率は次に、ネットワークオペレータが設定する閾値と比較することができる。例えば、前記閾値は、特定の実施形態において95パーセントとすることができる。ステップ350に示すように、前記エッジ完了率および/または前記トポロジー完成率が閾値より大きく、または等しくなると、前記トレースルート・プロブを終了させることができる。

【0032】

前記閾値は、前記オペレータがあらかじめ決定することができる。前記閾値が高くなるほ

ど、前記完全なネットワークトポロジをマッピングまたはトレースするために、より多くのネットワーク資源が使われる可能性がある。一方、前記閾値が低すぎる場合、前記ソースノードは前記ネットワークの前記完全なトポロジを正確に評価することができない可能性がある。

【0033】

特定の実施形態において、Schnabel and Schumacher - Exchmeyer 推定法の信頼限界は、 $[N' [1/(1/N' \pm t(0.05, c-1) \text{ S.E.}(1/N'))]]$ の逆数、または、式 $(N' \pm t(0.05, c-1) \text{ S.E.}(N'))$ を用いて計算することができる。後者の式 $(N' \pm t(0.05, c-1) \text{ S.E.}(N'))$ により、上方最小値または正の下方最大値を含む、前者の式より精細な値を得ることができる。図4は、特定の実施形態による計算式を示す図である。詳細には、図4は、Schnabel and Schumacher - Exchmeyer 推定法の信頼限界を計算する際に用いられる $\text{S.E.}(N')$ 410および $\text{S.E.}(1/N')$ 420を示す図である。

10

【0034】

いくつかの実施形態において、前記エッジ完了率をフィルターにかけることで、単一エッジを一つのみ有するホップを取り除くことができる。全ての経路に常に含まれるエッジは無視することができる。例えば、前記ソースノードから前記ソースノードのデフォルトゲートウェイまでの第一のエッジは、前記ソースノードがデフォルトゲートウェイを一つしか有しない場合、無視することができる。推定の全ての歪みを回避し、前記推定の精度を上げるため、特定のエッジを無視することができる。

20

【0035】

さらに、特定の実施形態において、最新のデータのみを前記推定に用いることができる場合に、スライディングウィンドウ方式を使用することができる。前記スライディングウィンドウ方式は、前記ソースノードが定期的に経路をプロービングしている場合に、自ノード内での分析を完了しなくても使用することができる。前記スライディングウィンドウ方式は、前記完成率が、前記スライディングウィンドウとして知られる最新のウィンドウから収集される経路に基づいて、任意の時点で推定できることを前提としている。これにより、ウィンドウのサイズの調節が可能となるのはもちろん、前記完成率の頻繁な計算が可能となる。

【0036】

上述したように、マルチパストレースルートアルゴリズムにより、プロービングソースからターゲットまで少なくとも部分的に異なる1組の経路が生成される。いったん前記トレースルートが完了すると、同一のネットワークIPインタフェースを示す複数の経路上のノードの対を示す、全ての異なる個々の経路から成る一つのグラフを生成することができる。この段階で、経路は識別子さえ分かっていないノードの列に過ぎない。前記ノードの前記IPアドレスが分かっているが、前記ノードに関する他の追加情報は分かっている場合がある。例えば、少なくとも前記ノードID、ノードIPアドレス、エッジID、ドメインネームシステム(DNS)、性能メトリック、または識別子の公開記録は分かっている場合がある。

30

【0037】

特定の実施形態において、前記トレースルートを示すグラフが不完全な場合でも、前記決定されたトレースルート経路上の全てのノードに対して、ノード識別子を計算することができる。つまり、前記経路上のいくつかのノードがまだ見つからない場合でも、ノード識別を行うことができる。いくつかの実施形態において、グローバルなインターネットにおいてルーティングされたノードのIPアドレスのようにノードのIPアドレスが公開されている場合がある。前記ノードIPアドレスが公開されている場合、前記ノード識別子は、前記ノードIPアドレスだけになる場合がある。

40

【0038】

しかしながら、いくつかの他の実施形態において、ノードの前記IPアドレスは、例えば、インターネットプロトコル(IP)バージョン4(IPv4)に対するReques

50

t for Comment 1918 (RFC 1918) にしたがって、非公開にできる。前記 IP アドレスは、他の実施形態において、IP バージョン 6 (IP v 6) に対する RFC 4193 にしたがって、ローカルにできる。ノードの前記 IP アドレスが非公開な場合、このような IP アドレスは複数の別個の内部ネットワークで割り当てることができるので、ネットワークスコープを前記 IP アドレスに付与することが有用である場合がある。前記ネットワークスコープを定義するために、公開 IP アドレスを有する最も近い先行ノードの識別子が用いられる。しかしながら、このような公開 IP アドレスを有する先行ノードが存在しない場合、前記プロービングソース、例えば、ポーリングデバイス、エージェント、または他のソース等の前記識別子が用いられる。このような実施形態において、前記検出された経路ノードは、前記プローブの内部ネットワークの一部とすることができ、内部モニタシステムにマッピングすることができる。

【0039】

さらに別の実施形態において、ノードの前記 IP アドレスが検出されない、または非応答である場合がある。しかしながら、前記ノードが未検出または非応答にもかかわらず、ノードが存在すると考えられる理由がある。例えば、前記ノードが存在するはずの位置にトラフィックホップの形跡があるという理由である。前記ノードが、IP アドレスを有しない、または非応答である場合、前記ノードの前記識別子は、前記経路上の最も近い先行する応答ノードの前記識別子またはプレフィックス、前記経路上の最も近い後続の応答ノードの前記識別子またはプレフィックス、および前記先行する応答ノードと後続の応答ノードとの間の前記非応答のノード列内での位置を含む。

【0040】

いくつかの実施形態において、前記ターゲットノードは、特定の実施形態において、非応答である場合がある。この場合、最終的な終了ノードなしに、前記ルーティング経路をオープンのままにしておくことができる。このような実施形態では、前記ターゲットノードが非応答である場合、前記ノードの識別子は、前記経路上の前記最も近い先行する応答ノードの前記識別子またはプレフィックス、および / または前記経路上の最も近い後続の応答ノードの前記識別子またはプレフィックスを含むことができる。いったん前記経路上の全てのノードが識別されると、前記個々の経路は、同一の識別子を有するノードに整列される。これらのノードは、生成される経路グラフにおいて分岐点となる。

【0041】

図 5 は、特定の実施形態によるフロー図を示す。詳細には、図 5 は、前記イングレスもしくはエグレスノードの前記決定または計算された識別子、および / またはプレフィックスに基づいてエッジの前記識別子を決定するためのフロー図を示す。したがって、図 5 は、図 3 および / または図 8 に組み込むことができる追加の機能を示す。ステップ 510 において、前記ソースノードはマルチパスルート内の第 1 のネットワークノードの識別情報を受信することができる。前記ソースノードは、前記ネットワークトポロジをマッピングまたはトレースすることに用いることが可能なトレースルート・プローブによって得られる前記識別情報を受信することができる。ステップ 520 において、前記ソースノードは、前記マルチパスルート内の第 2 のネットワークノードの識別情報を受信することができる。ステップ 530 に示すように、前記第 1 のネットワークノードおよび前記第 2 のネットワークノードの前記識別情報に基づいて、前記ソースノードは前記エッジの識別子を決定することができる。

【0042】

ステップ 530 において決定された前記エッジ識別情報は、前記ソースノードに格納または記録することができる。前記ソースノードは、前記エッジ識別子を使用して、エッジが他と異なるか否かを判定し、前記ネットワークの前記エッジ完了率を推定することができる。図 3 に示すように、前記エッジ完了率は、前記トポロジ完成率を推定するために使用することができる。

【0043】

IP アドレスを非公開にしたノードが含まれる特定の実施形態において、前記マルチパ

ストレースルート内の前記検出されたノードを、モニターシステムに格納されたデータに対応付けすることができる。前記格納されたデータは、アクセスするためにユーザ名および/またはパスワードを必要とする内部ネットワークの一部である。前記格納されたデータは、単一のデバイスから成る前記内部ネットワークの少なくとも一部をカバーし、前記ユーザによって、または、ノード反復手法を用いる自動検出機能によって格納される。つまり、前記データを用いて、検出されたノードがいずれのデバイスに属するかを決定することができる。前記格納されたデータは、モニターされているデバイス毎にIPアドレスの配列またはリストを含むことができる。したがって、前記データを用いて、検出されたIPアドレスをネットワークモニターシステム内の既存のデバイスに対応付けすることができる。

10

【0044】

前記格納されたデータ内および/または前記検出されたノードの前記IPアドレスは全て、いくつかの実施形態において他と異なるようにすることができる。このような実施形態において、ノードIDが前記格納されたデータ内の特定のIPアドレスに対応付けられる。前記格納されたデータはデバイスのIPアドレスの配列またはリストを含む。しかしながら、他の実施形態において、前記格納されたデータおよび/または前記検出されたノードは、少なくとも一つの重複IPアドレスを含む場合がある。例えば、数個の検出されたノードを単一のデバイスに対応付けることができる場合がある。これは、前記内部ネットワークに、同一の非公開IPアドレスまたはサブネットを有する数個の類似のネットワークがあるためと考えられる。つまり、複数のデバイスが同一のIPアドレスを共有することがあるため、前記管理システムの前記格納されたデータを用いて、実際のデバイスにノードに対応付けすることができない場合がある。

20

【0045】

複数のデバイスが同一のIPアドレスを共有する前記実施形態において、前記管理システム内の各デバイスは、前記デバイスに隣接するデバイスに関する情報を含むインタフェース情報にアクセスすることができる。前記少なくとも一つの隣接するデバイスの前記インタフェース情報は、前記管理システムの他の格納データとともに格納することができる。いくつかの実施形態において、少なくとも一つの隣接するデバイスの前記IPアドレスまたはサブネット情報は、少なくとも一つのノードの前記IPアドレスまたは前記少なくとも一つのノードに最も近い前記トレースルート・ノードのIPアドレスに対応付けることができる。例えば、隣接する複数のデバイスの前記IPアドレスと対応する、例えば、複数の関連するサブネット等の複数のインタフェースを有するデバイスに対応付けに用いることができる。

30

【0046】

上述したように、特定の実施形態は複数のデバイス、または前記複数のデバイス内のノード集合を含むことができるが、前記複数のデバイスは先行するトレースルート・ノード数と同じ数のインタフェースを有する。つまり、前記特定のノードIDは所与のデバイスの前記IPアドレスに対応付けられ、複数のノードIDと前記複数のデバイスは対応付けられる。次に、前記インタフェースは、前記正しいリンク、エッジ、ノードおよび/またはデバイスに対応付けすることができる。

40

【0047】

各デバイスまたはノードは、2つの異なるインタフェースであるイングレスまたはエグレスを有することができる。イングレスインタフェースは、前記デバイスまたはノードに入力されるデータ用のインタフェースであり、前記デバイスまたはノードに接続されるリンクまたはエッジの右側に表示することができる。一方、エグレスインタフェースは、デバイスまたはノードから出力されるデータ用のインタフェースである。例えば、第1のデバイスと第2のデバイスがエッジを介して接続されている場合、前記エッジの右側が前記第2のデバイスの前記イングレスインタフェースの位置を示し、一方、前記エッジの左側が前記第1のデバイスの前記エグレスインタフェースの位置を示す。

【0048】

50

前記トレースルート・ノードを表す前記ノードIDは、前記トレースルート・ノードの前記イングレスインタフェースの前記IPアドレスとすることができる。プロービングによってノードまたはデバイスのイングレスインタフェースを識別することができるが、いくつかの実施形態において、エグレスインタフェースは前記プローブによって検出することができない場合がある。例えば、単一のデバイスまたはノードが複数のエグレスインタフェースを有し、前記ノードのうちいずれがリンクまたはエッジを介して前記イングレスインタフェースに接続されているかを判定することが有用な場合がある。前記管理システムの前記格納されたデータに含まれるルーティング情報およびトポロジー情報を用いて、前記エグレスインタフェースの前記対応を決定することができる。

【0049】

10

前記エグレスインタフェースの前記識別子を前記管理システムに含まれる前記ルーティング情報およびトポロジー情報に基づいて決定することができない場合、前記エグレスインタフェースの前記識別子を、前記イングレス識別子に最も類似した前記識別子に基づいて決定することができる。前記IPアドレスの類似度は、2つの異なるインタフェースの前記IPアドレスの類似度に基づいて判定することができる。例えば、前記イングレスインタフェースの前記IPアドレスが10.0.0.1で、分かっている他の2つの前記IPアドレスが、10.0.0.5および10.0.0.25だけである場合、より類似したIPアドレスは、10.0.0.5である。このIPアドレスが、次に、前記エグレスインタフェースに割り当てられる。いくつかの実施形態において、前記イングレスインタフェースとエグレスインタフェースとの間の類似度の判定は、サブネットマスクの使用を含むことができる。

20

【0050】

特定の実施形態において、前記プローブによってインターネットへのパケットの送信は、第1のノードから出ている第1のインタフェースeth0および第2のノードから出ている第2のインタフェースeth1の使用を含む。この実施形態において、前記第2のインタフェースeth1ではなく、前記第1のインタフェースeth0を用いて前記第2のノードにアクセスすることができる。前記第2のインタフェースeth1は、前記第2のノードからインターネットにアクセスすることに用いることができる。前記第1のノードと第2のノードとの間の前記エッジまたはリンクの右側は、前記第2のノードのイングレスインタフェースとみなすことができる。前記第2のノードの前記IPアドレスは、例えば、IP10.0.1.2である。他の実施形態において、前記第2のノードの前記IPアドレスは、任意の他のノードIDまたはノードIPアドレスを有することができる。前記イングレスインタフェース識別子は、ネットワークのトレースルートの間に前記プローブによって決定または検出することができる。

30

【0051】

次に、前記エッジおよびノードまたは前記リンクの左側を識別することができる。前記エッジの左側のエンドポイントは、次のホップアドレス、例えば、前記第2のノードの識別子、およびノードまたは前記第1のノード等の前記現在ノードの数えあげた全てのインタフェース等に基づいて識別することができる。次に、特定のインタフェースの前記サブネットは、少なくとも前記IPアドレスおよび前記サブネットマスクに基づいて求めることができる。サブネットマスクは、IPアドレスをマスクし、前記IPアドレスをネットワークアドレスとホストアドレスに分割する32ビットの数である。次に、前記第1のノードのIDおよび前記第2のノードのIDを、前記求めたサブネットアドレスと対応付けすることができる。しかしながら、前記第1および第2のノードの前記IDが前記求めたサブネットアドレスと一致しない場合、前記デバイス内の次に使用可能なインタフェースを用いて上記手順を繰り返すことができる。前記第1および第2のノードの前記識別子が前記サブネットアドレスに一致する場合、前記インタフェースを、ノード1に対する前記エグレスインタフェースとして選択することができる。

40

【0052】

特定の実施形態において、前記ノードIDと前記サブネットアドレスとの上記の対応付

50

けの目的は、所与のエッジまたはリンクの前記エンドポイントを決定することである。つまり、いったん前記ノードの前記イングレスインタフェースおよびエグレスインタフェースが決定されると、前記プローピング中の経路上の前記全てのノードの前記ノードIDを決定することができる。さらに、前記イングレスおよびエグレスインタフェースを用いて、所与のデバイス内のノード数を決定することもできる。

【0053】

いくつかの実施形態では、いったん前記トレースルートが前記内部ネットワークを離れると、ネットワーク管理システムに含まれる前記デバイス情報は、管理者アクセス権がないともはや取得できない可能性がある。このような実施形態において、ユーザは、前記ノード、エッジ、デバイスの識別子、および前記異なるデバイスにおかれたノードの数を決定することを依然望む場合がある。いくつかの実施形態において、ノードIPアドレスおよびノードDNS名を前記ノードIDとして用いることができる、かつ/または少なくとも2つの異なるノード間の接続条件を使用して、前記ノードIDを決定することができる。特定の実施形態において、上述したように、トレースルート・プローブは、前記プローピングトラフィックが前記デバイスに入る前記イングレスインタフェースの前記IPアドレスを検出することはできるが、前記エグレスインタフェースの前記IPアドレスを決定することはできない場合がある。ゆえに、前記エグレスインタフェースを次のホップデバイスに接続するために使用可能な情報は何も存在しない可能性がある。

【0054】

前記デバイスが複数のイングレスインタフェースを有する特定の実施形態において、前記トレースルートグラフは、各イングレスインタフェースIPアドレスを別個のノードとして提示することができる。いくつかの実施形態において、こうすることによって、前記グラフは本来よりも複雑になり、前記ネットワークを表すものとならない可能性がある。どのトレースルート・ノードを集約できるかを決定するために、いくつかの機能が備わっている。例えば、前記経路プローピングパケットは同一のデバイスに2回以上入ることができず、このことにより、集約対象のノードのトレース範囲を限定することができる。いくつかの実施形態において、デバイスは複数の仮想ルータおよびパケットを有することができる。このような実施形態において、各仮想ルータは別個のデバイスノードとして扱われる。

【0055】

さらに他の実施形態において、各イングレスインタフェースは、一つのエグレスインタフェースに接続されるだけである場合がある。このことによって、集約対象のノードのトレース範囲を限定することができる。しかしながら、他の実施形態において、2つまたはそれ以上のインタフェースが同一のサブネットを共有する場合がある。例えば、集約対象のノードが、インターネットサービスプロバイダー（ISP）デバイスまたはクラウドサービスプロバイダーデバイスである場合がある。いくつかの実施形態において、体系的な命名規則を基幹ネットワークのルーターインタフェースに共通的に用いることができる。

【0056】

したがって、特定の実施形態において、トレースルート・ノードが同一の経路に属さず、共通の後続のノードを有し、同一のDNS名サフィックスを有し、かつ/または前記トレースルート・ノード名のプレフィックスを同一の命名規則に分類することができる時、前記トレースルート・ノードは集約対象の候補とされる。上記の実施形態では、前記ノードID、および所与のデバイス内のノードの数をノード間の接続条件に基づいて決定することができる。

【0057】

図6は、特定の実施形態による通信システムを示す。詳細には、図6はトレースルート・プローブを用いたマルチパスネットワークのグラフを示す図である。前記プローブは、ソースノード610からターゲットノード620まで経路をトレースしようとする。図6の実施形態は、ノード集約が行われる前の経路のグラフである。ノード集約とは、前記グラフの前記ノードをそれぞれのデバイスに集約することを意味する。つまり、前記グラフの

前記ノードは、まだ対応するデバイスに関連づけられておらず、対応するデバイスでなくノードだけが、図6の実施形態に示されていることを意味する。

【0058】

図7は、特定の実施形態による通信システムを示す。詳細には、図7はトレースルート・プローブを用いたマルチパスネットワークのグラフを示す図である。前記プローブは、ソースノード710からターゲットノード720まで経路をトレースしようとする。図6の実施形態と違って、図7の実施形態はノード集約後のマルチパスネットワークのグラフである。つまり、図7のノードは対応するデバイスに関連づけられており、個々のノードではなく前記対応するデバイスが前記グラフに示されている。図7に示すように、数個のデバイスはそれぞれ複数のネットワークノードを含んでいる。

10

【0059】

図8は、特定の実施形態によるフロー図を示す。ステップ810は、ソースノードにおいてネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータを受信することを示す。前記データは、少なくとも一つのネットワークノードに関する情報を含むことができる。ステップ820に示すように、次に前記少なくとも一つのネットワークノードに関する前記情報を用いて、前記少なくとも一つのノードの前記識別子を決定することができる。図5に示すように、前記少なくとも一つのノードの前記識別子を使用して、前記エッジの前記識別子を決定することができる。ステップ830において、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を使用して、少なくとも一つのデバイスの識別子を決定することができる。一つのデバイス内に、複数の前記少なくとも一つのネットワークノードがある場合がある。つまり、単一のデバイスが複数のネットワークノードを含む場合がある。

20

【0060】

特定の実施形態において、前記少なくとも一つのノードの前記識別子は、前記少なくとも一つのネットワークノードに先行する第1のネットワークノードの識別子、前記少なくとも一つのネットワークノードに続く第2のネットワークノードの識別子、ならびに/または前記第1および第2のネットワークノードの間の前記ネットワークノードの位置に基づく。他の実施形態において、前記少なくとも一つのネットワークノードまたは前記少なくとも一つのデバイスの前記識別子は、内部ネットワークであるネットワーク管理システムから得られた情報を使用して決定することができる。さらに、いくつかの実施形態において、前記少なくとも一つのネットワークノードの前記識別子を、前記イングレスおよびエグレスインタフェースに基づいて決定することができる。

30

【0061】

図9は、特定の実施形態によるシステムを示す。図1から図8における各ブロックは、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、一つもしくは複数のプロセッサおよび/または回路等の様々な手段またはそれらの組合せによって実装することができると理解すべきである。一つの実施形態において、システムは、例えば、ネットワークノード910等の数個のデバイスを含むことができる。前記システムは、2つ以上のネットワークノード910を含むことができる。前記ネットワークノードは、ソースノード、ターゲットノード、中間ノード、アクセスノード、ベースステーション、eNodeB、5GNB、サーバ、ホスト、ルータ、または本明細書で述べた他のアクセスノードもしくはネットワークノードのいずれかとすることができる。

40

【0062】

ネットワークノード910は、911として示された少なくとも一つのプロセッサ、制御デバイスまたはモジュールを含む。912として示された少なくとも一つのメモリが備わっている。前記メモリは、コンピュータプログラム命令またはコンピュータコードを内部に含む。一つまたは複数の送受信機913が設けられており、各ネットワークノードは、それぞれ914で示されたアンテナも含む。前記各ネットワークノードにつき一つのアンテナだけが示されているが、多くのアンテナおよび複数のアンテナ素子を前記デバイスのそれぞれに備えることができる。前記ネットワークノードの他の構成を設けることがで

50

きる。例えば、ネットワークノード 910 は、無線通信に加えて有線通信用に追加で構成することができ、その場合、アンテナ 914 はアンテナだけに限定されず、通信ハードウェアの任意の形態を示す。

【0063】

送受信機 913 は、独立して送信機、受信機、送信機と受信機の両方、または送信および受信の両方に構成可能なユニットもしくはデバイスとすることができる。前記送信機および/または受信機（無線部に関する限り）はまた、前記デバイス自体ではなく、例えばアンテナ塔に配置する遠隔無線ヘッドとして実装することができる。前記操作および機能は、ノード、ホストまたはサーバ等の異なるエンティティで柔軟に実行することができる。つまり、前記操作および前記機能の異なるエンティティ間の作業の分担はケースバイケースで変化することができる。一つの用途として、ネットワークノードにローカルコンテンツを配信することが考えられる。一つまたは複数の機能を、サーバ上で動作するソフトウェアの仮想アプリケーション（単数または複数）として実装することもできる。

【0064】

いくつかの実施形態において、ネットワークノード 910 等のデバイスは、図 1 から図 8 に関連して上述された実施形態を実行するための手段を含むことができる。特定の実施形態において、コンピュータプログラムコードを含む少なくとも一つのメモリは、前記少なくとも一つのプロセッサを用いて、前記装置に、少なくとも、本明細書で述べたプロセスのいずれかを実行させるように構成することができる。

【0065】

特定の実施形態によると、装置 910 はコンピュータプログラムコードを含む少なくとも一つのメモリ 912、および少なくとも一つのプロセッサ 911 を含む。前記少なくとも一つのメモリ 912 および前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも一つのプロセッサ 911 とともに、前記装置 910 に、少なくとも、ネットワーク内のトレースルート・プローブによって得られるデータをソースノードに受信させるように構成される。前記トレースルート・プローブはエッジを検出する。前記少なくとも一つのメモリ 912 および前記コンピュータプログラムコードはまた、前記少なくとも一つのプロセッサ 911 とともに、前記装置 910 にさらに、少なくとも、前記エッジに基づいてエッジ完了率を計算させるように構成される。さらに、前記少なくとも一つのメモリ 912 および前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも一つのプロセッサ 911 とともに、前記装置 910 に、少なくとも、前記エッジ完了率が閾値より大きくまたは等しくなると、前記プローブを終了させるように構成される。

【0066】

特定の実施形態によると、装置 910 はコンピュータプログラムコードを含む少なくとも一つのメモリ 912、および少なくとも一つのプロセッサ 911 を含む。前記少なくとも一つのメモリ 912 および前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも一つのプロセッサ 911 とともに、前記装置 910 に、少なくとも、マルチパスルート内の第 1 のネットワークノードの識別情報を受信させるように構成される。前記少なくとも一つのメモリ 912 および前記コンピュータプログラムコードは同様に、前記少なくとも一つのプロセッサ 911 とともに、前記装置 910 に、少なくとも、前記マルチパスルート内の第 2 のネットワークノードの識別情報を受信させるように構成される。さらに、前記少なくとも一つのメモリ 912 および前記コンピュータプログラムコードはまた、前記少なくとも一つのプロセッサ 911 とともに、前記装置 910 に、少なくとも、前記第 1 のネットワークノードの前記識別情報および前記第 2 のネットワークノードの前記識別情報に基づいて、エッジの識別子を決定させるように構成される。

【0067】

プロセッサ 911 は、中央処理デバイス（CPU）、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、複数のプログラマブルロジックデバイス（PLDs）、複数のフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGAs）、デジタル的に拡張された回路もしくは同等の素子、またはそれらの組合せ等の任意の計算またはデー

10

20

30

40

50

タ処理デバイスによって実現できる。前記プロセッサは、単一のコントローラ、または複数のコントローラもしくはプロセッサによって実装できる。

【0068】

ファームウェアまたはソフトウェアに関して、前記実装は少なくとも一つのチップセットのモジュールまたはユニット（例えば、手順、機能等）を含む。メモリ912は独立して、非一時的コンピュータ可読媒体等の任意の適切な格納デバイスとすることができ、ハードディスクドライブ（HDD）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、フラッシュメモリまたは他の適切なメモリを用いることができる。前記メモリの複数個を、前記プロセッサとしての単一の集積回路上で結合することができる、または相互に分離しておくことができる。さらに、前記コンピュータプログラム命令は、前記メモリに格納することができ、前記プロセッサによって処理することができるが、例えば、任意の適切なプログラミング言語で書かれたコンパイル形式またはインタープリット形式のコンピュータプログラムといった任意の適切なコンピュータプログラムコードの形式とすることができ、前記メモリまたはデータストレージエンティティは通常、内蔵であるが、追加のメモリ容量をサービスプロバイダから取得する場合、外付け、または内臓と外付けの組合せとすることができる。前記メモリは、固定または取り外し可能とすることができる。

10

【0069】

前記メモリおよび前記コンピュータプログラム命令は、前記特定のデバイス用の前記プロセッサを用いて、ネットワークノード910等のハードウェア装置に、上記プロセス（例えば、図1～図8参照）のいずれかを実行させるように構成される。したがって、特定の実施形態において、非一時的コンピュータ可読媒体では、コンピュータ命令、または一つまたは複数のコンピュータプログラム（追加または更新されたソフトウェアルーティン、アプレットまたはマクロ）が符号化されるが、前記コンピュータ命令、または前記一つまたは複数のコンピュータプログラムは、ハードウェアで実行されるとき、本明細書に述べたプロセスのうちの一つなどのプロセスが実行される。コンピュータプログラムはプログラミング言語によってコーディングされるが、前記プログラミング言語は、オブジェクトC、C、C++、C、Java等の高水準プログラミング言語、または機械語もしくはアセンブラ等の低水準プログラミング言語とすることができる。または、特定の実施形態を完全にハードウェアで実行できる。

20

【0070】

上述のように、特定の実施形態では、エッジ完了率を使用して完全なネットワークトポロジを推定することができる。いったん、前記エッジ完了率が特定の閾値に等しい、またはそれより大きいと判定されると、前記ネットワーク内の前記トレースルート・プローブを終了させることができる。前記エッジ完了率を用いることで、ネットワーク資源を保護し、前記ネットワークトポロジの前記トレースまたはマッピングをより効率的にすることができる。

30

【0071】

前記完全なネットワークトポロジの推定は、エンドツーエンド・ネットワークの性能をモニターすることに役立つ。前記エンドツーエンド・ネットワークの性能をモニター、評価および診断することは、ネットワークオペレータまたは特定のネットワークノードが、前記ネットワークの前記性能に関して様々な決定を行うことに役立つ。例えば、前記ノードはレイテンシを決定し、前記推定されたネットワークトポロジに基づいてネットワーク資源を移すことができる。このようにして、上記の実施形態により、前記ネットワークの機能、および/または前記ネットワーク内の前記ノードまたはコンピュータの機能性が大幅に改善される。

40

【0072】

さらに、特定の実施形態により、前記ノードだけでなく、前記ノードに対応する前記デバイスを決定することが可能となる。詳細には、各デバイス内のノード数、および前記各デバイス内のノード数にしたがって、前記ネットワークのデバイス数を決定することができる。これにより、トレースルート・プローブによって生成されたグラフを、ノードID

50

、エッジIDおよび様々なデバイスを含むグラフに縮減することが可能となる。

【0073】

本明細書を通じて記載された特定の実施形態の機構、構造または特徴は、一つまたは複数の実施形態において任意の適切な方法で組み合わせることができる。例えば、本明細書を通じて、「特定の実施形態」、「いくつかの実施形態」、「他の実施形態」という語句、または他の同様な用語の使用は、その実施形態に関連して記載される特有の機構、構造または特徴が、本発明の少なくとも一つの実施形態に含まれているという事実を述べている。したがって、本明細書を通じて、語句「特定の実施形態では」、「いくつかの実施形態では」、「他の実施形態では」、または他の同様な用語が出てきたからといって、必ずしも同一の実施形態のグループを参照しているとは限らず、記載された機構、構造または特徴は、一つまたは複数の実施形態において任意の適切な方法で組み合わせることができる。

10

【0074】

当業者であれば、上述の本発明は開示されたものとは異なる順序のステップで、および/または、開示されたものとは異なる構成のハードウェア要素で実施できることを、容易に理解するであろう。したがって、本発明はこれらの好ましい実施形態に基づいて説明してきたが、本発明の思想および請求範囲内に留まりつつ、特定の修正、変形および別の構成が自明なことが当業者には明らかであろう。上述の通信システムは、ロング・ターム・エボリューション(LTE)、LTEアドバンスド(LTE-A)、第3世代技術(3G)、第4世代技術(4G)、第5世代技術(5G)または任意の他のIPマルチメディアサブシステム(IMS)等の第3世代パートナーシップ(3GPP)技術において実装することができる。

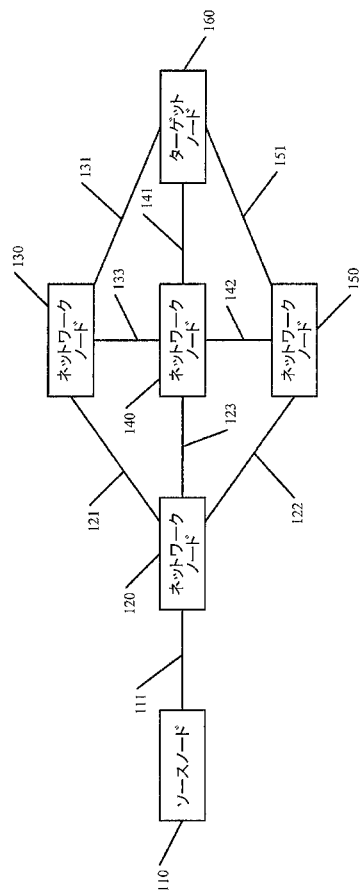
20

【符号の説明】

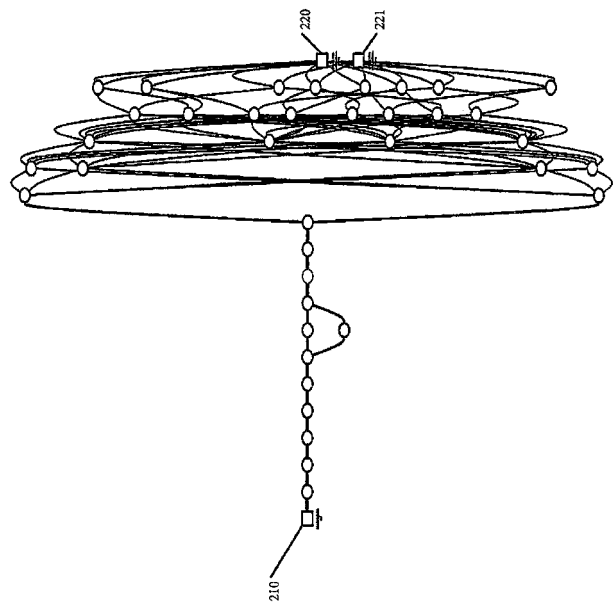
【0075】

S . E .	標準誤差
N	ソースノードからターゲットノードまでの他と異なるエッジの総数の推定値
n_i	テスト i によって、取得される他と異なるエッジの総数
m_i	テスト i の間、再取得される他と異なるエッジの数
c	計算の総数

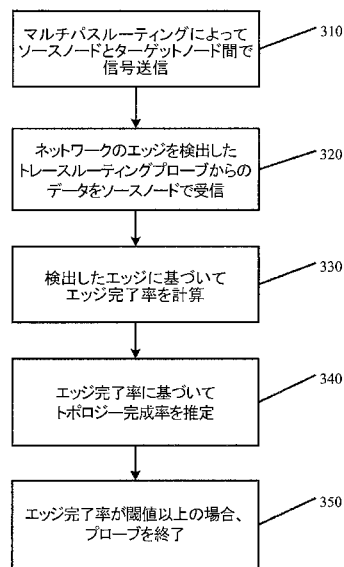
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



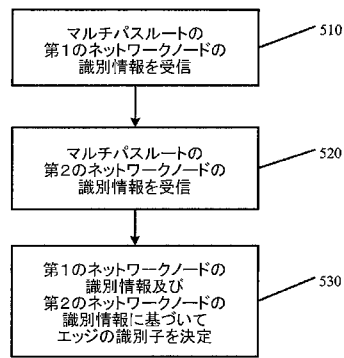
【 図 4 】

410 $S.E.(N) = \frac{N^3}{(c-1) \sum_{i=2}^c m_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} n_j \right)^2} \left[\frac{\sum_{i=2}^c m_i^2}{\sum_{i=2}^c n_i} - \frac{\left(\sum_{i=2}^c m_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} n_j \right)^2 \right)}{\sum_{i=2}^c n_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} n_j \right)^2} \right]$

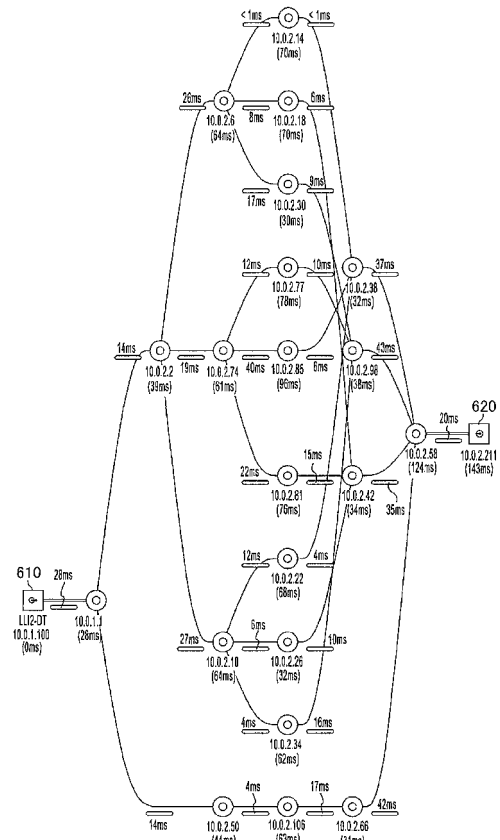
, または

420 $S.E.(UN) = \frac{1}{(c-1) \sum_{i=2}^c n_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} n_j \right)^2} \left[\frac{\sum_{i=2}^c m_i^2}{\sum_{i=2}^c n_i} - \frac{\left(\sum_{i=2}^c m_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} n_j \right)^2 \right)}{\sum_{i=2}^c n_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} n_j \right)^2} \right]$

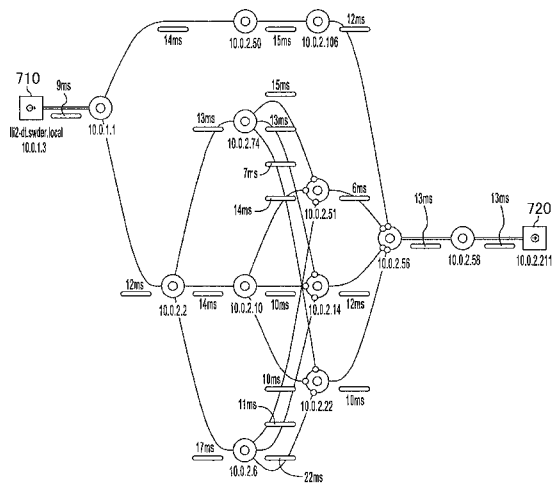
【図 5】



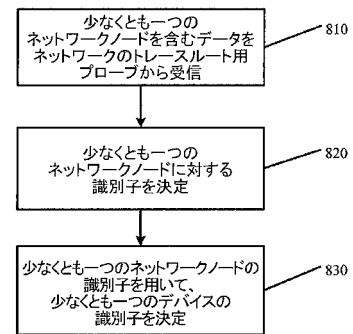
【図 6】



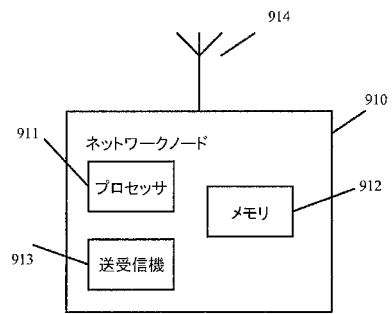
【図 7】



【図 8】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 リー ラン

アメリカ合衆国 7 8 7 4 9 テキサス州、オースティン ヨーク ブリッジ サークル 6 5 1
3

(72)発明者 リブカ トーマス

チェコ共和国 6 2 3 0 0、ブルノ パヴロヴスカ 5 0 0 / 8

(72)発明者 ザッティルニ カルロ

アメリカ合衆国 7 8 6 2 0 テキサス州、ドリッピング スプリングス、ポッターズ ポイント
1 5 5

(72)発明者 オブライエン クリス

アメリカ合衆国 7 8 7 3 9 テキサス州、オースティン ゴーハム グレン レーン 5 8 1 7

Fターム(参考) 5K067 AA44 DD17 DD19 DD24 EE10

【外国語明細書】
2018078543000001.pdf