

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5809727号
(P5809727)

(45) 発行日 平成27年11月11日(2015.11.11)

(24) 登録日 平成27年9月18日(2015.9.18)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4W 40/02	(2009.01)	HO4W	40/02	130	
HO4W 84/18	(2009.01)	HO4W	84/18		
HO4M 3/00	(2006.01)	HO4M	3/00		D
		HO4M	3/00		E

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-61426 (P2014-61426)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成26年3月25日 (2014.3.25)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2015-186074 (P2015-186074A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	平成27年10月22日 (2015.10.22)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	平成26年3月25日 (2014.3.25)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(出願人による申告) 平成25年度、総務省、「災害時の確実な情報伝達を実現するための技術に関する研究開発」委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(72) 発明者	清水 芳孝
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	熊谷 智明
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	後藤 和人
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線ネットワーク構築装置、無線ネットワークシステム、および、無線ネットワーク構築方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線装置間でメッシュ接続されている無線ネットワークのトポロジ構成を示すネットワーク構成情報、および、前記無線ネットワーク内に流れるトラヒック量を示すトラヒック情報が格納されている記憶手段と、

前記無線装置間の各リンクから、リンク上に流すトラヒック量がリンク容量を超過している輻輳リンクを抽出する輻輳リンク抽出部と、

抽出された前記輻輳リンクに対して、その輻輳リンクのリンク容量よりも大きい接続装置間のリンクに置き換える箇所の候補である前記無線装置のペアを、候補ペアとして抽出する候補ペア抽出部と、

前記候補ペア抽出部が抽出した各前記候補ペアに対して、前記接続装置間のリンクに置き換えた後、各前記接続装置から各前記無線装置までの経路が一意になるように、前記無線ネットワーク内の前記無線装置間のリンク集合のうちの一部を除去することで、前記無線ネットワークを修正した仮構成ネットワークを構築するネットワーク構成部と、

前記ネットワーク構成部が構築した前記仮構成ネットワークの構成要素のリンクである仮構成リンクごとに、その仮構成リンクがトラヒックを収容可能か否かを評価する仮構成リンク評価部と、

前記候補ペア抽出部が抽出した各前記候補ペアの前記仮構成ネットワークについて、その仮構成リンクが前記仮構成リンク評価部により収容可能と判定されたときに、前記仮構成ネットワークを採用して前記無線ネットワークを修正する候補ペア評価部とを有する

__ことを特徴とする無線ネットワーク構築装置。

【請求項 2】

前記仮構成リンク評価部は、前記仮構成リンクごとの通信影響エリアに対するエリア使用率を計算し、

前記候補ペア評価部は、収容可能として採用する前記仮構成ネットワークの候補が複数存在するときに、前記仮構成ネットワークの候補ごとに、その構成要素である前記仮構成リンクごとの前記エリア使用率のうちの最大のエリア使用率を、前記仮構成ネットワークの候補ごとのシステム使用率とし、当該システム使用率が最小となる前記仮構成ネットワークの候補を採用する

__ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線ネットワーク構築装置。

10

【請求項 3】

前記仮構成リンク評価部は、前記仮構成リンクごとの通信影響エリアに含まれるエリアリンクごとのトラヒックの超過量を計算し、

前記候補ペア評価部は、収容可能として採用する前記仮構成ネットワークの候補が存在しないときに、前記超過量が最高の前記通信影響エリアとなる前記仮構成ネットワークの候補を採用した後、前記超過量が最高の前記エリアリンクを、前記輻輳リンク抽出部により抽出された前記輻輳リンクとみなして、再度前記候補ペア抽出部に前記候補ペアを抽出させる

__ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線ネットワーク構築装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の無線ネットワーク構築装置と、前記ネットワーク構成情報で示される前記無線ネットワークの前記無線装置および前記接続装置とを含めて構成される

__ことを特徴とする無線ネットワークシステム。

【請求項 5】

無線ネットワーク構築装置は、記憶手段と、輻輳リンク抽出部と、候補ペア抽出部と、ネットワーク構成部と、仮構成リンク評価部と、候補ペア評価部とを備えており、

前記記憶手段には、無線装置間でメッシュ接続されている無線ネットワークのトポロジ構成を示すネットワーク構成情報、および、前記無線ネットワーク内に流れるトラヒック量を示すトラヒック情報が格納されており、

30

前記輻輳リンク抽出部は、前記無線装置間の各リンクから、リンク上に流すトラヒック量がリンク容量を超過している輻輳リンクを抽出し、

前記候補ペア抽出部は、抽出された前記輻輳リンクに対して、その輻輳リンクのリンク容量よりも大きい接続装置間のリンクに置き換える箇所の候補である前記無線装置のペアを、候補ペアとして抽出し、

前記ネットワーク構成部は、前記候補ペア抽出部が抽出した各前記候補ペアに対して、前記接続装置間のリンクに置き換えた後、各前記接続装置から各前記無線装置までの経路が一意になるように、前記無線ネットワーク内の前記無線装置間のリンク集合のうちの一部を除去することで、前記無線ネットワークを修正した仮構成ネットワークを構築し、

前記仮構成リンク評価部は、前記ネットワーク構成部が構築した前記仮構成ネットワークの構成要素のリンクである仮構成リンクごとに、その仮構成リンクがトラヒックを収容可能か否かを評価し、

40

前記候補ペア評価部は、前記候補ペア抽出部が抽出した各前記候補ペアの前記仮構成ネットワークについて、その仮構成リンクが前記仮構成リンク評価部により収容可能と判定されたときに、前記仮構成ネットワークを採用して前記無線ネットワークを修正する

__ことを特徴とする無線ネットワーク構築方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線ネットワーク構築装置、無線ネットワークシステム、および、無線ネッ

50

トワーク構築方法の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

移動端末間の無線LAN(Local Area Network)通信は、「IEEE802.11s」などの国際標準規格に基づいて、行われている。無線メッシュネットワークは、端末間を無線で直接接続することで、基地局を介さずに通信を可能にする。多数の端末を収容可能な基地局と異なり、個々の端末の処理能力は低いことも多いため、端末間のトラヒック量が端末間のリンク容量を超過してしまうと、輻輳が発生してしまう。

【0003】

そこで、非特許文献1には、トラヒックを流す下流側の端末が、自身の処理可能なトラヒック量を上流側の端末へと通知することにより、上流の端末が過剰なトラヒックを流すことを抑制し、輻輳を予防する旨が記載されている。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】青木秀憲他、「IEEE802.11s無線LANメッシュネットワーク技術」、vol.14、no.2、NTT DoCoMoテクニカル・ジャーナル、Jul,2006

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、ユーザ数の増加や災害の発生などにより、大量のトラヒックが一斉に特定経路に集中することもある。このような連続的かつ長期的に増加するトラヒックを処理するには、非特許文献1のような無線メッシュネットワーク内の個々の端末間で融通するような小規模の輻輳制御では、不十分である。

20

【0006】

また、無線メッシュネットワークに対して、単純に端末の台数を増やすだけでは、ネットワークトポロジが複雑化してしまい、パケットが特定の経路内をループするなどの転送への影響が懸念される。

さらに、輻輳箇所とは関係ない場所に端末を増強しても、輻輳は解消しないこともあるため、増強されるネットワークリソースを、輻輳を解消するために有効な適切な場所に配置するようなネットワーク管理が求められる。

30

【0007】

そこで、本発明は、無線メッシュネットワークに発生する長期的な輻輳を適切に解消することを、主な課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の無線ネットワーク構築装置は、無線装置間でメッシュ接続されている無線ネットワークのトポロジ構成を示すネットワーク構成情報、および、前記無線ネットワーク内に流れるトラヒック量を示すトラヒック情報が格納されている記憶手段と、前記無線装置間の各リンクから、リンク上に流すトラヒック量がリンク容量を超過している輻輳リンクを抽出する輻輳リンク抽出部と、抽出された前記輻輳リンクに対して、その輻輳リンクのリンク容量よりも大きい接続装置間のリンクに置き換える箇所の候補である前記無線装置のペアを、候補ペアとして抽出する候補ペア抽出部と、前記候補ペア抽出部が抽出した各前記候補ペアに対して、前記接続装置間のリンクに置き換えた後、各前記接続装置から各前記無線装置までの経路が一意になるように、前記無線ネットワーク内の前記無線装置間のリンク集合のうちの一部を除去することで、前記無線ネットワークを修正した仮構成ネットワークを構築するネットワーク構成部と、前記ネットワーク構成部が構築した前記仮構成ネットワークの構成要素のリンクである仮構成リンクごとに、その仮構成リンクがトラヒックを収容可能か否かを評価する仮構成リンク評価部と、前記候補ペア抽出部が抽出した各前記候補ペアの前記仮構成ネットワークについて、その仮構成リンクが前記仮構成

40

50

リンク評価部により収容可能と判定されたときに、前記仮構成ネットワークを採用して前記無線ネットワークを修正する候補ペア評価部とを有することを特徴とする。

【0011】

これにより、無線メッシュネットワークに発生する長期的な輻輳を適切に解消することができる。さらに、現時点で発生している輻輳だけでなく、その輻輳に派生して今後輻輳が発生すると予想される周辺の領域に対しても、増強された接続装置間のリンクを使用させるので、手当てする接続装置の台数を減らすことができ、接続装置の投資対効果を向上させることができる。

【0012】

本発明の無線ネットワーク構築装置は、前記仮構成リンク評価部が、前記仮構成リンクごとの通信影響エリアに対するエリア使用率を計算し、前記候補ペア評価部が、収容可能として採用する前記仮構成ネットワークの候補が複数存在するときに、前記仮構成ネットワークの候補ごとに、その構成要素である前記仮構成リンクごとの前記エリア使用率のうちの最大のエリア使用率を、前記仮構成ネットワークの候補ごとのシステム使用率とし、当該システム使用率が最小となる前記仮構成ネットワークの候補を採用することを特徴とする。

10

【0013】

これにより、システムが処理可能な通信容量の余裕を増やすことができる。

【0014】

本発明の無線ネットワーク構築装置は、前記仮構成リンク評価部が、前記仮構成リンクごとの通信影響エリアに含まれるエリアリンクごとのトラヒックの超過量を計算し、前記候補ペア評価部が、収容可能として採用する前記仮構成ネットワークの候補が存在しないときに、前記超過量が最高の前記通信影響エリアとなる前記仮構成ネットワークの候補を採用した後、前記超過量が最高の前記エリアリンクを、前記輻輳リンク抽出部により抽出された前記輻輳リンクとみなして、再度前記候補ペア抽出部に前記候補ペアを抽出させることを特徴とする。

20

【0015】

これにより、接続装置間のリンクの適用箇所が複数箇所に対応するので、それぞれ離れた場所で輻輳が同時に発生するような災害の発生にも、適切に対処することができる。

【発明の効果】

30

【0016】

本発明によれば、無線メッシュネットワークに発生する長期的な輻輳を適切に解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に関する無線ネットワーク構築装置を示す構成図である。

【図2】本発明の一実施形態に関する無線ネットワークを示す説明図である。図2(a)は、無線ネットワークのメッシュ接続を示す。図2(b)は、図2(a)の無線ネットワークにおける輻輳リンクを示す。

【図3】本発明の一実施形態に関する無線ネットワークを示す説明図である。図3(a)は、図2(b)の輻輳リンクを接続装置で手当てした状態を示す。図3(b)は、図3(a)の状態からループを除去するように再構成した無線ネットワークを示す。

40

【図4】本発明の一実施形態に関する無線ネットワークを示す説明図である。図4(a)は、図2(b)の輻輳リンクを解決するための接続装置の適用箇所の候補ペアを示す。図4(b)は、図4(a)の状態からR1, R4間の候補ペアを採用した無線ネットワークを示す。

【図5】本発明の一実施形態に関する無線ネットワークを示す説明図である。図5(a)は、図4(b)の状態からループを除去するように再構成した無線ネットワークを示す。図5(b)は、通信影響エリアの一例を示す。図5(c)は、図5(a)の仮構成リンクjの評価処理を示す。

50

【図6】本発明の一実施形態に関する無線ネットワークの構築処理を示すフロー説明図である。

【図7】本発明の一実施形態に関する仮構成リンクの評価処理を示すフロー説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0019】

図1は、無線ネットワーク構築装置1を示す構成図である。無線ネットワーク構築装置1は、CPU(Central Processing Unit)とメモリとハードディスク(記憶手段)とネットワークインタフェースを有するコンピュータとして構成され、このコンピュータは、CPUが、メモリ上に読み込んだプログラムを実行することにより、各処理部を動作させる。

10

無線ネットワーク構築装置1の記憶手段には、各処理部(輻輳リンク抽出部21と、候補ペア抽出部22と、ネットワーク構成部23と、仮構成リンク評価部24と、候補ペア評価部25)を動作させるためのプログラムと、各処理部の処理対象となるデータ(トラフィック情報11と、ネットワーク構成情報12)がそれぞれ格納されている。

【0020】

ネットワーク構成情報12は、後記する図2~図5に例示されるような無線ネットワークのトポロジ構成を示すデータである。なお、管理制御側の無線ネットワーク構築装置1と、被制御側の無線ネットワークとで、無線ネットワークシステムが形成されている。

20

トラフィック情報11は、ネットワーク構成情報12が示す無線ネットワーク内に流れるトラフィック量を記録したデータである。

【0021】

輻輳リンク抽出部21は、トラフィック情報11をもとに、無線ネットワーク内で輻輳が発生しているリンク(輻輳リンク)を抽出する。

候補ペア抽出部22は、輻輳リンク抽出部21が抽出した輻輳リンクを解消するために、2台の接続装置(図3で後記する「P1-P2」)の適用箇所の候補(候補ペア)をネットワーク構成情報12から抽出する。

【0022】

30

ネットワーク構成部23は、無線ネットワーク内に新たな2台の接続装置を設けることで、ネットワーク構成情報12を再構成(修正)する。ここで、ネットワーク構成部23が参照する接続装置の適用箇所は、以下の(方法1)または(方法2)のいずれかの方法により決定される。

【0023】

(方法1)は、輻輳リンクをそのまま2台の接続装置間のリンクに置き換えて接続する方法である。この(方法1)における無線ネットワーク構築装置1内のデータの流れは、図1の破線矢印で示される。よって、(方法1)を採用する場合、破線矢印が通過しない各構成要素(候補ペア抽出部22、仮構成リンク評価部24、候補ペア評価部25)は、無線ネットワーク構築装置1から省略してもよい。

40

【0024】

(方法2)は、輻輳リンクを通過する無線ネットワーク内の経路間(候補ペア抽出部22が抽出した候補ペア)を2台の接続装置のリンクに置き換えて接続する方法である。この(方法2)における無線ネットワーク構築装置1内のデータの流れは、図1の実線矢印で示される。

【0025】

仮構成リンク評価部24は、ネットワーク構成部23が(方法2)で修正した無線ネットワーク内の各リンク(仮構成リンク)を評価することで、無線ネットワークの修正内容が妥当なものか否かを判断する材料を提供する。

候補ペア評価部25は、仮構成リンク評価部24の評価結果をもとに、候補ペア抽出部

50

22が抽出した候補ペアごとの評価を行い、その結果として、ネットワーク構成部23の修正内容を確定する。

無線ネットワーク構築装置1は、無線ネットワークが、修正されたネットワーク構成情報12のトポロジ構成になるように、無線ネットワーク内の各装置に指示する。

【0026】

図2～図5は、無線ネットワーク構築装置1によって構築される無線ネットワークを示す説明図である。

図2(a)は、無線ネットワークのメッシュ接続を示す。

無線装置R1～R5は、それぞれ無線LAN(Local Area Network)の通信機能を有し、他の無線装置との間でメッシュ接続されている中継装置(MP: Mesh Point)である。さらに、無線装置R1～R5は、外部接続機能も有するMPP(Mesh Point collocated with a mesh Portal)であり、外部接続されるL2SW(Layer 2 SWitch)を介して、通信端末T1～T5を収容する。

通信端末T1～T5は、無線通信サービスのユーザが操作するICT(Information and Communication Technology)の端末である。

以下で説明する図2～図5のネットワーク説明図では、1つの無線装置Rの先に1つの通信端末Tが収容される例を示す。一方、この図2～図5の例に限定されず、無線装置Rの先には端末ばかりでなく、有線/無線のネットワークが繋がっていて複数の端末が存在していてもよい。

【0027】

なお、2台の無線装置間の論理的な通信接続を「リンク」と呼び、1つ以上のリンクを経由する2台の無線装置間のパケットの通り道を「経路」と呼ぶ。例えば、通信端末T1-T4間の経路は、R1-R2のリンクとR2-R4のリンクとを経由する。

これらの無線ネットワークのトポロジ構成(各リンクおよび各経路)は、ネットワーク構成情報12として無線ネットワーク構築装置1内に記憶されるとともに、ネットワーク構成部23により修正(再構成)される。

【0028】

図2(b)は、図2(a)の無線ネットワークにおける輻輳リンクを示す。図2(b)では、リンクを示す双方向矢印が太いほど、そのリンクのトラヒック流量が大きいものとする。

輻輳リンクとは、無線ネットワークのメッシュを構成するリンクのうち、リンクの通信性能(スループット)を超過するトラヒックがそのリンクに流れることにより、送信側から受信側に流れるトラヒックの一部にパケットロスが発生した(換言すると、オーバーフローが発生した)リンクである。

【0029】

例えば、輻輳リンク抽出部21は、トラヒック情報11から読み込んだ無線装置R2-R1に流れるパケット量について、無線装置R2(送信側)の測定結果(送信量)と、無線装置R1(受信側)の測定結果(受信量)との差分を計算する。

そして、輻輳リンク抽出部21は、送信量から受信側を減算した結果(差分)が正の値(0ではない)となる無線装置R2-R1間のリンクを輻輳リンクとして抽出する。なお、輻輳リンク抽出部21は、輻輳リンクが複数本抽出されたときには、そのうちの差分(パケットロス)が最大値のリンクを輻輳リンクの代表としても選出してもよい。

【0030】

図3(a)は、(方法1)に従い、図2(b)の輻輳リンクを接続装置P1, P2で手当てした状態を示す。

ネットワーク構成部23は、無線装置R1-R2の輻輳リンクを、接続装置P1-P2で置き換える(オーバーレイする)ことにより、無線ネットワークを再構成する。置き換えられた無線装置R1-R2間のリンクは、切断されるか、使用停止になる。これにより、無線装置R1-R2の輻輳リンクを流れていたトラヒックは、接続装置P1-P2のリンクを流れる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

ここで、接続装置 P は、P-P (Point-to-Point) 接続を行う無線装置であり、例えば、2 5G FWA (25GHz帯 Fixed Wireless Access) などの無線装置 R 1 ~ R 5 よりも高性能な無線通信能力を有する。

このように、無線装置 R 1 ~ R 5 によるメッシュ型の無線ネットワークを基本にしつつ、一部の通信能力の不足分を接続装置 P 1 - P 2 で補うことにより、輻輳リンクに発生した輻輳状態を解消することができる。

【 0 0 3 2 】

なお、無線ネットワークの各装置 (無線装置 R 1 ~ R 5、通信端末 T 1 ~ T 5、接続装置 P 1 ~ P 5) について、その末尾の数値 (無線装置 R 1 なら「1」) は、それぞれ他種別の装置と対応し、同じ末尾数値が割り当てられている装置同士が収容関係にある。例えば、図 3 (a) の通信端末 T 1 は、無線装置 R 1 と接続装置 P 1 とにそれぞれ収容され、その収容される装置を中継して、通信端末 T 2 などの他の通信端末と通信する。

【 0 0 3 3 】

図 3 (b) は、図 3 (a) の状態からループを除去するように再構成した無線ネットワークを示す。

無線ネットワーク内のリンクは、無線装置同士で接続されるリンクか、接続装置同士で接続されるリンクかのいずれかである。

よって、無線ネットワークは、接続装置間のリンクと、無線装置間のリンクとが混在する異種接続ネットワークであるので、各無線装置で動作させるルーティングプロトコル (IEEE802.11s規格の H W M P (Hybrid Wireless Mesh Protocol) など) が、接続装置間のリンクを扱わない (見えない) こととなる。そのため、無線装置間のリンクだけでループ防止を保証していたルーティングプロトコルを動作させていても、接続装置間のリンクを含めた手当後の無線ネットワーク全体では、ループが発生してしまうこともある。

【 0 0 3 4 】

そのような異種接続ネットワークでのループを防止するため、ネットワーク構成部 2 3 は、接続装置 P 1 - P 2 と収容関係にある無線装置 R 1 , R 2 を起点として、他の各無線装置 R 3 , R 4 , R 5 に到達する経路を一意にするように (換言すると、各無線装置に到達する迂回経路が無くなるように)、適宜無線装置間のリンクの一部を除去する。

例えば、ネットワーク構成部 2 3 は、無線装置 R 1 , R 2 にとって、他の各無線装置 R 3 , R 4 , R 5 から最小ホップ数の経路で接続するためのリンクだけを残し、それ以外の迂回経路 (最小ホップ数ではない経路) のリンクを除去する。

ここで、同一ホップ数の経路が複数ある場合、ネットワーク構成部 2 3 は、例えば、無線装置 R 1 , R 2 と接続するリンクのうち、高性能であるリンク (例えば受信信号強度 (R S S I : Received Signal Strength Indication) が大きいリンク) を通過する経路を選択する。

【 0 0 3 5 】

以上、図 1 ~ 図 3 を参照して、(方法 1) の輻輳リンクを直接的に接続装置で置き換える方法について説明した。この(方法 1) では、輻輳リンクの場所がそのまま接続装置の適用箇所となるため、接続装置の適用箇所を計算する手間が省略されることで、高速に輻輳リンクの輻輳を解決することができる。

以下では、図 4 以降を参照して、(方法 2) の輻輳リンクを通過する経路間を接続装置で置き換える方法について説明する。

【 0 0 3 6 】

図 4 (a) は、図 2 (b) の輻輳リンク「R1-R2」を解決するための接続装置の適用箇所の候補ペア i を示す。候補ペア i とは、新たに追加される接続装置の適用箇所を示す 2 台の無線装置の組み合わせである。

候補ペア抽出部 2 2 は、輻輳リンク「R1-R2」を示す候補ペア i = 1 に加え、輻輳リンク「R1-R2」を経路上に持つ (輻輳リンク「R1-R2」を通過する) トラヒック集合の中から選択した大きなトラヒックを持つ候補ペア i = 2 を、それぞれ候補ペア i として抽出する

10

20

30

40

50

。以下、大きなトラヒックを持つ候補ペア $i = 2$ の抽出処理を説明する。

【 0 0 3 7 】

例えば、ネットワーク構成情報 1 2 には、以下のようなトラヒックの情報が格納されているとする。

- ・トラヒック T1-T2 : 5[Mbps] (経路 「 R1-R2 」)
- ・トラヒック T1-T3 : 3[Mbps] (経路 「 R1-R3 」)
- ・トラヒック T1-T4 : 10[Mbps] (経路 「 R1-R2-R4 」)
- ・トラヒック T1-T5 : 2[Mbps] (経路 「 R1-R2-R5 」)

【 0 0 3 8 】

まず、候補ペア抽出部 2 2 は、ネットワーク構成情報 1 2 を参照して、送受信相手となる 2 台の通信端末の組み合わせを単位として、輻輳リンク 「 R1-R2 」 を通過するトラヒック (「 T1-T2 」 、 「 T1-T4 」 、 「 T1-T5 」) を取得する。

次に、候補ペア抽出部 2 2 は、取得した各トラヒックのうち、トラヒックが大きい上位 X 個 ($X = 2, 3, 4, \dots$) の経路の組み合わせ (${}_xC_i, i=1, 2, \dots, X$) に共通するリンクのペアを、それぞれ候補ペア i としてもよい。例えば、トラヒックが大きい上位 2 個 (「 T1-T2 」 、 「 T1-T4 」) の経路はそれぞれ 「 R1-R2 」 、 「 R1-R2-R4 」 なので、リンクのペアは 「 R1-R2 」 、 「 R1-R4 」 である。

【 0 0 3 9 】

図 4 (b) は、図 4 (a) の状態から 「 R1-R4 」 の候補ペア $i = 2$ を採用した無線ネットワークを示す。ネットワーク構成部 2 3 は、図 3 (a) で説明した処理と同様に、輻輳リンク 「 R1-R2 」 の代わりに、候補ペア i 「 R1-R4 」 のリンクを接続装置 「 P1-P4 」 で置き換えることで、無線ネットワークを仮構成する。ここで、「仮構成」としたのは、後記する候補ペア i ごとの評価により、候補ペア $i = 1$ が採用されるかもしれないし、候補ペア $i = 2$ が採用されるかもしれないからである。

【 0 0 4 0 】

図 5 (a) は、図 4 (b) の状態からループを除去するように再構成した無線ネットワークを示す。ネットワーク構成部 2 3 は、図 3 (b) で説明した処理と同様に、接続装置 「 P1-P4 」 を起点として、ループを防止するためのリンクの一部除去処理を実行する。

仮構成リンク評価部 2 4 は、図 5 (a) で除去されなかった無線ネットワークの各リンク (「 R2-R4 」 、 「 R4-R5 」 、 「 R1-R3 」) をそれぞれ仮構成リンク j として抽出する。例えば、仮構成リンク $j = 1$ は、リンク 「 R2-R4 」 である。

【 0 0 4 1 】

図 5 (c) は、図 5 (a) の仮構成リンク j の評価処理を示す。仮構成リンク評価部 2 4 は、仮構成リンク j ごとの評価を行うが、図 5 (c) ではそのうちの仮構成リンク $j = 1$ に着目して説明する。

【 0 0 4 2 】

まず、仮構成リンク評価部 2 4 は、仮構成リンク j の通信影響エリアを抽出する。通信影響エリアとは、仮構成リンク j の通信に影響を与えるエリアであり、仮構成リンク j ごとに同じエリアが抽出されることも、異なるエリアが抽出されることもある。通信影響エリアは、仮構成リンク j を中心に、隠れ端末が発生しないエリアであり、例えば、RTS (Request To Send : 送信要求) / CTS (Clear To Send : 受信準備完了) が機能するエリアである。

【 0 0 4 3 】

ここでは、仮構成リンク評価部 2 4 は、図 5 (a) の再構成した無線ネットワークから、仮構成リンク j 「 R2-R4 」 の通信影響エリアとして、各エリアリンク k (「 R2-R4 」 、 「 R4-R5 」 、 「 R1-R3 」) から構成されるエリアを抽出する。エリアリンク k は、通信影響エリアの構成要素となるリンク集合に属する k 番目のリンクである。

なお、図 5 (a) の無線ネットワークでは、仮構成リンク j 「 R2-R4 」 とエリアリンク k 「 R1-R3 」 とは直接接続されていないが、R4 は隣接する R3 からの RTS / CTS の受信に成功したため、エリアリンク k 「 R1-R3 」 が抽出される。

10

20

30

40

50

図5(b)は、通信影響エリアの一例を示す。横に並んだ無線装置Rの集合のうち、中央付近に仮構成リンクjが存在する場合を考える。各無線装置Rは、自身から直接通信可能な無線装置R(換言すると、隣接する無線装置R)との間に、双方向の矢印で接続されている。双方向の矢印のうち、実線太線の矢印は「仮構成リンクj」を示し、仮構成リンクjから近い実線細線の矢印は「エリアリンクk」を示し、仮構成リンクjから遠い破線細線の矢印は通信影響エリアの範囲外のリンクを示す。

【0044】

次に、仮構成リンク評価部24は、各エリアリンクkについて、そのスループット $Th[k]$ と、トラヒック $Tr[k]$ とを求める。

エリアリンクkのスループット $Th[k]$ は、測定されたエリアリンクkのRSSI値から、あらかじめ用意された信号強度とスループットとの換算表(RSSI値に対するスループット特性)を参照して求めることができる。

エリアリンクkのトラヒック $Tr[k]$ を求めるために、まず、仮構成リンク評価部24は、図5(a)の仮構成した無線ネットワーク上で各無線装置にルーティングプロトコルを動作させ、各通信端末間の経路を以下のように求める。

- ・トラヒックT1-T2：経路「R1-R4-R2」
- ・トラヒックT1-T3：経路「R1-R3」
- ・トラヒックT1-T4：経路「R1-R4」
- ・トラヒックT1-T5：経路「R1-R4-R5」

仮構成リンク評価部24は、エリアリンクkごとに(例えばエリアリンク $k=1$ 「R2-R4」)、そのエリアリンクkを通過するトラヒック(例えば「T1-T2」)量の総和を、エリアリンクkのトラヒック $Tr[k]$ として集計する。

【0045】

さらに、仮構成リンク評価部24は、仮構成リンクjごとの評価値として、仮構成リンクjの通信影響エリアに対するエリア使用率Cを計算する。

エリア使用率 $C = (Tr[k] / Th[k]) = (Tr[1] / Th[1]) + (Tr[2] / Th[2]) + \dots + (Tr[K] / Th[K])$

ここで、エリアリンク $k=1 \sim K$ とする。図5(c)の例では、 $K=3$ で、エリア使用率 $C = (18/54) + (12/54) + (22/54) = 52/54$ である。

【0046】

以上、図4, 図5を参照して、(方法2)の概要を説明した。以下では、図6を参照して、(方法2)の処理全体を説明する。

【0047】

図6は、無線ネットワークの構築処理を示すフロー説明図である。

S101として、輻輳リンク抽出部21は、図2(b)で説明したように、収集されたトラヒック情報11から輻輳リンクを検出する。

また、トラヒック情報11は、通信端末間のトラヒック量の測定値も有し、例えば、「通信端末T1-T2間は5[Mbps]」のように記憶される。通信端末とその収容先である無線装置(または接続装置)の間には、中継装置(L2SW)が配置されており、そのL2SWのポートをミラーリングし(ポート間を流れるパケットを監視し)、そのパケットのヘッダから読み込まれる送受信アドレスの組み合わせおよびパケットのデータ量をもとに、トラヒック情報11は所定期間ごとに集計される。

【0048】

S102として、候補ペア抽出部22は、図4(a)で説明したように、S101の輻輳リンクを解消するための候補ペアiを抽出する。

S111として、候補ペア評価部25は、S102の候補ペアiごとのループを開始する。ここで、変数iは、現在着目している候補ペアの番号を示し、ループを実行するごとに、 $i=1$ からI(候補ペアの総数)まで、1ずつiの数値が増加される。なお、前記した図4(b)は、候補ペア $i=2$ に着目している状態を示す。

【0049】

10

20

30

40

50

S 1 1 2として、ネットワーク構成部 2 3は、図 5 (a)で説明したように、S 1 1 1の候補ペア i を接続した無線ネットワークを仮構成し、その仮構成リンク j を抽出する。

S 1 1 3として、仮構成リンク評価部 2 4は、図 5 (c)で説明したように、S 1 1 2で抽出された仮構成リンク j ごとの評価を行う。この評価処理の詳細は、後記する図 7のサブルーチンの説明で明らかにする。このサブルーチンにより、仮構成リンク j がトラヒックを「収容OK」か、「収容NG」かのいずれかの評価結果が、仮構成リンク j ごとに出力される。

【 0 0 5 0 】

S 1 1 4として、候補ペア評価部 2 5は、S 1 1 3の評価結果として、全仮構成リンク j が収容OKか否かを判定する。S 1 1 4で Yes なら（収容NGの仮構成リンク j が1つも存在しないなら）S 1 1 5に進み、No なら（1つでも収容NGの仮構成リンク j が存在するなら）S 1 1 6に進む。

10

S 1 1 5として、候補ペア評価部 2 5は、S 1 1 1の候補ペア i を「接続OK」とし、その候補ペア i についてS 1 1 2で抽出された仮構成リンク j のうちの、エリア使用率 C が最大となる（つまり、ボトルネックの）仮構成リンク j のエリア使用率 C をシステム使用率 S として保存する。

【 0 0 5 1 】

S 1 1 6として、候補ペア評価部 2 5は、S 1 1 1の候補ペア i を「接続NG」とし、S 1 1 3で評価された各エリアリンク k のうちの超過量 O が最大の（つまり、ボトルネックの）エリアリンク k （= 輻輳リンク候補 z ）と、その超過量 O とを次回計算用データとして保存する。なお、エリアリンク k 、超過量 O 、輻輳リンク候補 z の詳細は、後記する図 7のサブルーチンの説明で明らかにする。

20

S 1 1 7として、候補ペア評価部 2 5は、候補ペア i ごとのループを終了する。

【 0 0 5 2 】

S 1 2 1として、候補ペア評価部 2 5は、S 1 1 5で「接続OK」と評価された候補ペア i が存在するか否かを判定する。S 1 2 1で Yes ならS 1 2 2に進み、No ならS 1 2 3に進む。

S 1 2 2として、候補ペア評価部 2 5は、S 1 1 5で「接続OK」と評価された候補ペア i について、S 1 1 2で接続した仮構成を、今後のネットワーク構成情報 1 2として採用する。

30

ここで、「接続OK」と評価された候補ペア i が複数存在するときには、S 1 1 5のシステム使用率 S が最小となる候補ペア i を採用することにより、システムが処理可能な通信容量の余裕を増やすことができる。

【 0 0 5 3 】

S 1 2 3として、候補ペア評価部 2 5は、S 1 0 2で抽出した各候補ペア i から、S 1 1 6の超過量 O が最小となる候補ペア i について、S 1 1 2で接続した仮構成を、今後のネットワーク構成情報 1 2として採用する。そして、候補ペア評価部 2 5は、採用した候補ペア i について、S 1 1 6の輻輳リンク候補 z を次回の輻輳リンクとして（S 1 0 1で検出した輻輳リンクの代わりとして）、S 1 0 2に処理を戻す。

【 0 0 5 4 】

40

図 7は、仮構成リンク j の評価処理を示すフロー説明図である。

S 2 0 1として、仮構成リンク評価部 2 4は、S 1 1 2で抽出された仮構成リンク j ごとのループを開始する。ここで、変数 j は、現在着目している仮構成リンクの番号を示し、ループを実行するごとに、 $j = 1$ から J （仮構成リンクの総数）まで、1つずつ j の数値が増加される。なお、前記した図 5 (a)は、仮構成リンク $j = 1$ に着目している状態を示す。

【 0 0 5 5 】

以下、S 2 0 2 ~ S 2 0 4の各処理は、図 5 (b)および図 5 (c)で説明したとおりである。

S 2 0 2として、仮構成リンク評価部 2 4は、S 2 0 1の仮構成リンク j について、そ

50

の通信影響エリアとそのエリアリンク k を抽出する。ここで、変数 k は、現在着目しているエリアリンクの番号を示し、 $k = 1$ から K (エリアリンクの総数) までのいずれかの値をとる。

S 2 0 3 として、仮構成リンク評価部 2 4 は、S 2 0 2 のエリアリンク k ごとにそのトラヒック $Tr[k]$ と、スループット $Th[k]$ とを取得する。

S 2 0 4 として、仮構成リンク評価部 2 4 は、S 2 0 3 の計算結果 ($Tr[k]$ 、 $Th[k]$) から、S 2 0 2 の通信影響エリアについてのエリア使用率 C を計算する。

【 0 0 5 6 】

S 2 0 5 として、仮構成リンク評価部 2 4 は、S 2 0 4 のエリア使用率 C が収容可か否かを判定する。例えば、仮構成リンク評価部 2 4 は、エリア使用率 $C = 1$ なら収容可とし、エリア使用率 $C > 1$ なら収容不可とする。S 2 0 5 で Yes なら S 2 0 6 に進み、No なら S 2 0 7 に進む。

例えば、各トラヒック ($Tr[1]=18, Tr[2]=12, Tr[3]=22$) の総和が 52 [Mbps] とする。

まず、各スループットが 54 [Mbps] ($Tr[1]=54, Tr[2]=54, Tr[3]=54$) なら、エリア使用率 $C = (18/54)+(12/54)+(22/54) = 52/54 < 1$ なので、収容可である。

一方、各スループットが 48 [Mbps] ($Tr[1]=48, Tr[2]=48, Tr[3]=48$) なら、エリア使用率 $C = (18/48)+(12/48)+(22/48) = 52/48 > 1$ なので、収容不可である。

【 0 0 5 7 】

S 2 0 6 として、仮構成リンク評価部 2 4 は、仮構成リンク j を「収容OK」とし、S 2 0 4 のエリア使用率 C を、今後の S 1 1 5 の処理のために保存する。

S 2 0 7 として、仮構成リンク評価部 2 4 は、仮構成リンク j を「収容NG」とし、ボトルネックのエリアリンク k と、その超過量 O とを、今後の S 1 1 6 の処理のために保存する。

なお、輻輳リンク候補 z は、エリアリンク k から選択される次回の輻輳リンクの候補であり、空き容量 ($= Th[k] - Tr[k]$) が最小となるリンク (つまり、接続装置に置き換えることで、システム全体の容量拡大効果が高いリンク) が選択される。

また、超過量 $O = Th[k] \times (エリア使用率 C - 1)$ であり、輻輳リンク候補 z の評価値である。例えば、図 5 (c) では、輻輳リンク候補 $z = 「R1-R3」、超過量 $O = 48 [Mbps] \times (52/48-1)=4 [Mbps]$ である。$

S 2 0 8 として、仮構成リンク評価部 2 4 は、仮構成リンク j のループ終了する。

【 0 0 5 8 】

以上説明した本実施形態では、図 2 ~ 図 5 の無線ネットワークの構築を支援する無線ネットワーク構築装置 1 のネットワーク構成部 2 3 が、検出した輻輳リンクの輻輳を解消するための接続装置を無線ネットワークに導入することで、無線ネットワークを再構成する。

これにより、輻輳リンクのトラヒックが増強された接続装置間のリンクへと流れるので、長期的なトラヒックの増加に対応できる。

【 0 0 5 9 】

なお、接続装置の導入箇所を輻輳リンクと同じ箇所としてもよいし (方法 1)、輻輳リンクを通過しつつ、輻輳リンクよりも広範囲の箇所としてもよい (方法 2)。ここで、(方法 2) では、現時点で発生している輻輳だけでなく、その輻輳に派生して今後輻輳が発生すると予想される周辺の領域に対しても、増強された接続装置間のリンクを使用させるので、手当てする接続装置の台数を減らすことができ、接続装置の投資対効果を向上させることができる。

【符号の説明】

【 0 0 6 0 】

- 1 無線ネットワーク構築装置
- 1 1 トラヒック情報
- 1 2 ネットワーク構成情報
- 2 1 輻輳リンク抽出部

10

20

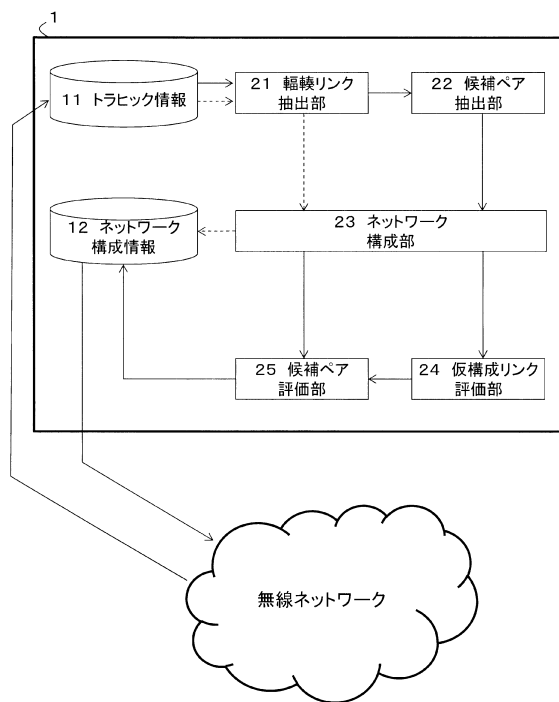
30

40

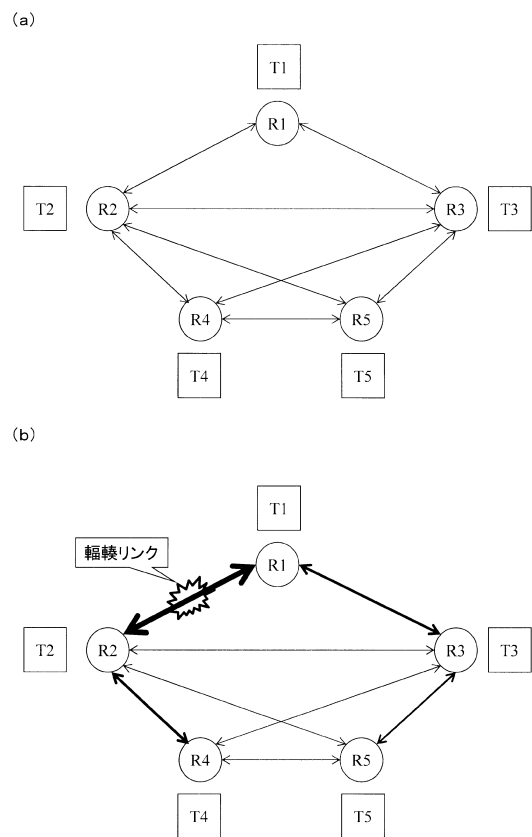
50

- 2 2 候補ペア抽出部
- 2 3 ネットワーク構成部
- 2 4 仮構成リンク評価部
- 2 5 候補ペア評価部

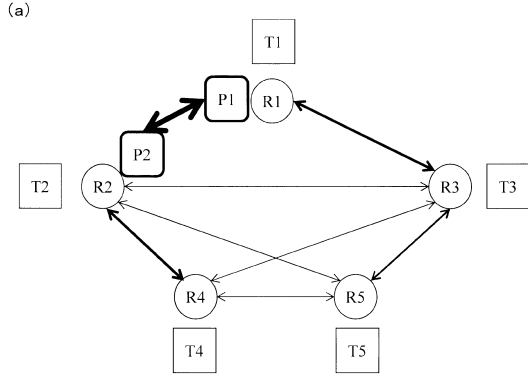
【図 1】



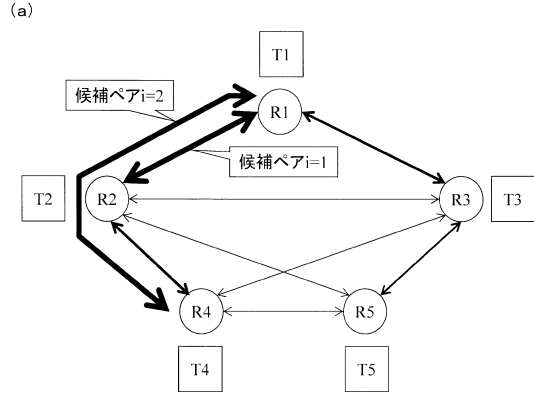
【図 2】



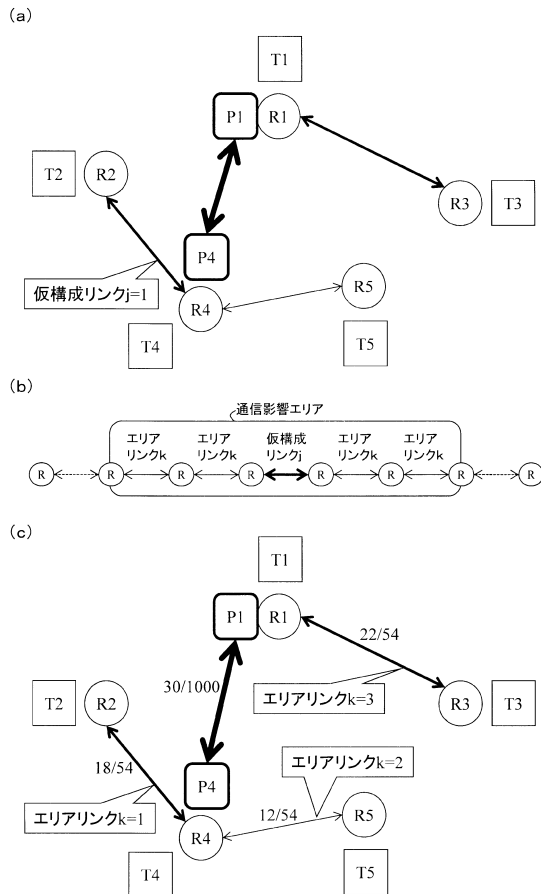
【図3】



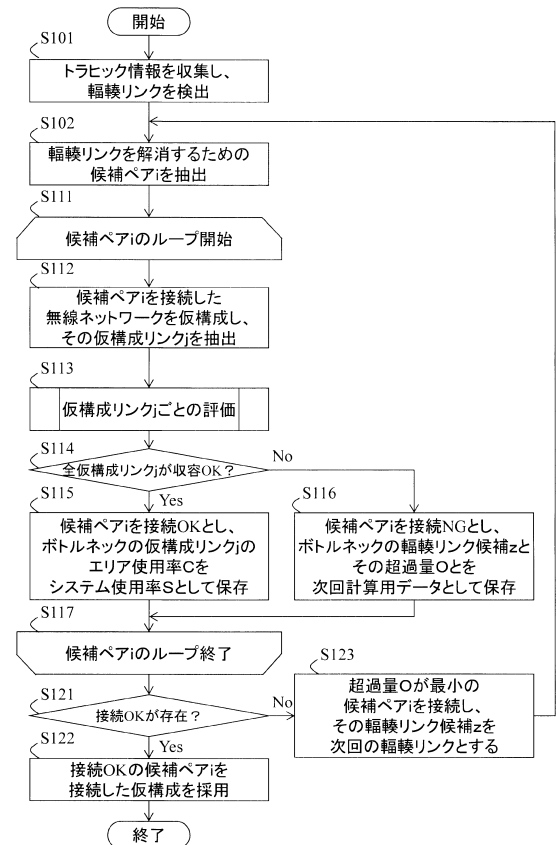
【図4】



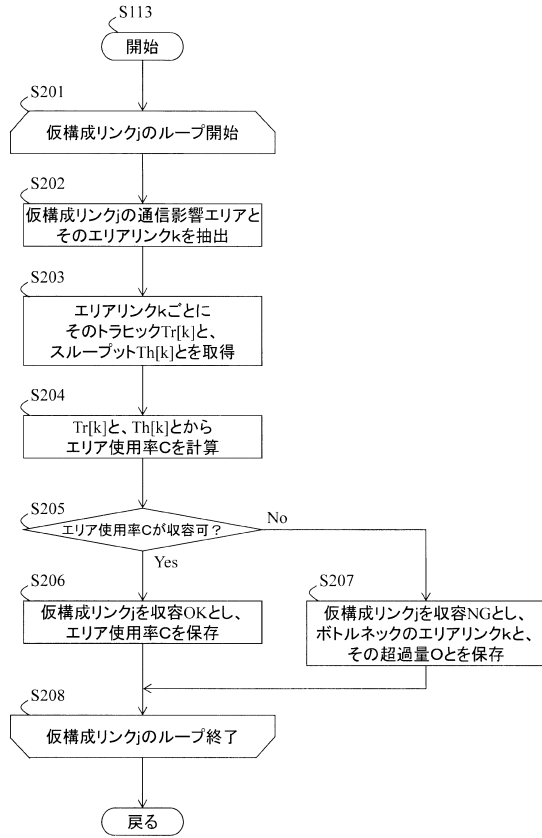
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

審査官 廣川 浩

- (56)参考文献 特開2013-239827(JP,A)
特開2009-118015(JP,A)
特開2003-188811(JP,A)
特開2008-228292(JP,A)
特開2009-194413(JP,A)
国際公開第2006/088066(WO,A1)
特開2012-105183(JP,A)
国際公開第2012/039044(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04M 3/00
H04W 4/00 - 99/00