

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6670930号
(P6670930)

(45) 発行日 令和2年3月25日(2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月4日(2020.3.4)

(51) Int. Cl.		F I
HO4W 40/24	(2009.01)	HO4W 40/24
HO4W 40/12	(2009.01)	HO4W 40/12
HO4W 84/18	(2009.01)	HO4W 84/18

請求項の数 19 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2018-517221 (P2018-517221)	(73) 特許権者	513113895
(86) (22) 出願日	平成28年9月19日 (2016.9.19)		ランドイス・ギア イノベーションズ インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2018-530260 (P2018-530260A)		LANDIS+GYR INNOVATIONS, INC.
(43) 公表日	平成30年10月11日 (2018.10.11)		アメリカ合衆国 30022 ジョージア州 アルファレッタ ミル クリーク アベニュー 30000
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/052444	(74) 代理人	100118913
(87) 国際公開番号	W02017/058547		弁理士 上田 邦生
(87) 国際公開日	平成29年4月6日 (2017.4.6)	(74) 代理人	100142789
審査請求日	令和1年8月8日 (2019.8.8)		弁理士 柳 順一郎
(31) 優先権主張番号	62/236,406	(74) 代理人	100163050
(32) 優先日	平成27年10月2日 (2015.10.2)		弁理士 小栗 真由美
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 隣接ノードとの通信のネットワークランクの決定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

メッシュネットワークにおいてノードの通知ランクを送信する方法であって、
前記ノードの親ノードの通知ランクを受信し、該通知ランクは、複数の所定のランク値のいずれかで表される、受信ステップと、

前記ノードの帰納ランクを決定する帰納ランク決定ステップであって、前記帰納ランクを、前記親ノード通知ランクと、前記ノードと前記親ノードとの間のリンクのリンク品質指数(LQI)調整とに基づき決定し、前記帰納ランクは、前記複数の所定のランク値のいずれかで表される、帰納ランク決定ステップと、

前記帰納ランクと前記ノードの前のランク候補とに基づいて前記ノードのランク候補を決定するランク候補決定ステップであって、前記前のランク候補は、前記ノードの前の通知ランクのランク値と関連して決定された値で表される、ランク候補決定ステップと、

前記ランク候補の値と前記ノードの隣接ランクのランク値とを比較する比較ステップであって、前記隣接ランクのランク値は、前記ノードの前の通知ランクのランク値に隣接するランク値である、比較ステップとを含み、

前記ランク候補の値が前記隣接ランクのランク値からランク閾値の範囲内であるとき、前記ノードの前記通知ランクを前記隣接ランクに決定し、

前記ランク候補の値が前記隣接ランクのランク値からランク閾値の範囲外であるとき、前記ノードの前記通知ランクを前記ノードの前記前の通知ランクに決定し、

10

20

前記メッシュネットワークにおいて他のノードに前記通知ランクを送信する、方法。

【請求項 2】

前記 L Q I 調整は少なくともランク値 1 に等しく、帰納ランクの決定は、前記親ノードの通知ランクと、前記少なくともランク値 1 の L Q I 調整と、ランク値 1 とを加算することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記親ノードと前記ノードとの間のリンクの L Q I は、ある期間の平均 L Q I と前回の期間の移動平均 L Q I の加重和である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ランク閾値は、前記隣接ランクが前記前回の通知ランクを超えるときはある値を有し、前記隣接ランクが前記前回の通知ランクを下回るときは別の値を有する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記ランク候補は、前記帰納ランクと前記前回のランク候補との加重和である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記メッシュネットワークにおける他のノードへの前記通知ランクの送信は、前記通知ランクを D I O (D O D A G I n f o r m a t i o n O b j e c t) メッセージに含める、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

20

メッシュネットワークにおいてノードの通知ランクを送信する方法であって、

前記ノードの帰納ランクを決定する帰納ランクステップであって、前記帰納ランクを、前記ノードの親ノードのランクと、前記ノードと前記親ノードとの間のリンクのリンク品質指数 (L Q I) とに基づき決定し、前記通知ランク、前記帰納ランクおよび前記親ノードのランクの各々は、複数の所定のランク値のいずれかで表される、帰納ランク決定ステップと、

前記帰納ランクと前記ノードの前回のランク候補とに基づいて前記ノードのランク候補を決定するランク候補決定ステップであって、前記前回のランク候補は、前記ノードの前回の通知ランクのランク値と関連して決定された値で表される、ランク候補決定ステップと、

30

前記ランク候補の値と前記ノードの隣接ランクのランク値とを比較する比較ステップであって、前記隣接ランクのランク値および前記前回の通知ランクのランク値は、相互に隣接する、比較ステップとを含む、

前記ランク候補の値が前記隣接ランクのランク値からランク閾値の範囲内であるとき、前記ノードの前記通知ランクを前記隣接ランクに決定し、

前記ランク候補の値が前記隣接ランクのランク値からランク閾値の範囲外であるとき、前記ノードの前記通知ランクを前記ノードの前記前回の通知ランクに決定し、

前記メッシュネットワークにおいて他のノードに前記通知ランクを送信する、方法。

【請求項 8】

前記帰納ランクと前記ノードの前記前回のランク候補に基づく前記ノードの前記ランク候補決定ステップは、さらに、

40

前記ランク候補が、前記前回のランク候補と前記帰納ランクとの加重和に等しいと判断する処理を含み、当該処理における前記前回のランク候補に関連付けられた加重は、前記帰納ランクに関連付けられた加重よりも大きい、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記メッシュネットワークにおける他のノードへの前記通知ランクの送信は、D I O (D O D A G I n f o r m a t i o n O b j e c t) メッセージを送信することを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ランク閾値は、前記隣接ランクが前記前回の通知ランクを超えるときはある値を有

50

し、前記隣接ランクが前記前回の通知ランクを下回るときは別の値を有する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記メッシュネットワークにおける他のノードへの前記通知ランクの送信は、前記メッシュネットワークにおいて前記通知ランクをブロードキャストすることを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記ノードは、前記ノードと前記親ノードとの間のリンクの L Q I を、前記親ノードとの通信における信号対雑音比およびパケット成功率に基づいて決定する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 3】

メッシュネットワークにおいてノードの通知ランクを決定する方法であって、

前記ノードの親ノードから複数のパケットを受信する受信ステップであって、各パケットは関連付けられたリンク品質指数 (L Q I) を有する受信ステップと、

前記ノードの帰納ランクを決定する帰納ランク決定ステップであって、前記帰納ランクを、前記親ノードのランクと移動平均 L Q I に基づく L Q I 調整とに基づき決定し、前記通知ランク、前記帰納ランクおよび前記親ノードのランクの各々は、複数の所定のランク値のいずれかで表される、帰納ランク決定ステップと、

前記帰納ランクと前記ノードの前回のランク候補とに基づいて前記ノードのランク候補をランク候補決定ステップであって、前記前回のランク候補は、前記ノードの前回の通知ランクのランク値と関連して決定された値で表される、ランク候補決定ステップと、

前記ランク候補の値と前記ノードの隣接ランクのランク値とを比較する比較ステップであって、前記隣接ランクのランク値および前記前回の通知ランクのランク値は、相互に隣接する、比較ステップとを含み、

前記ランク候補の値が前記隣接ランクのランク値からランク閾値の範囲内であるとき、前記ノードの前記通知ランクを前記隣接ランクに決定し、

前記ランク候補の値が前記隣接ランクのランク値からランク閾値の範囲外であるとき、前記ノードの前記通知ランクを前記ノードの前記前回の通知ランクに決定し、

前記メッシュネットワークにおいて他のノードに前記通知ランクを送信することを含む、方法。

【請求項 1 4】

前記複数のパケットはある期間の間受信され、平均 L Q I は前記受信されたパケットの L Q I を用いて決定され、前回の移動平均 L Q I は前回の期間の間に決定され、前記移動平均 L Q I は前記平均 L Q I と前記前回の移動平均 L Q I との加重和である、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記移動平均 L Q I が閾値未満であるとき前記 L Q I 調整はゼロであり、前記移動平均 L Q I が前記閾値と第 1 の値との間であるとき前記 L Q I 調整はランク値 1 であり、前記移動平均 L Q I が前記第 1 の値を超えると前記 L Q I 調整はランク値 2 である、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 6】

帰納ランクの決定は、前記親ノードの通知ランクと、前記 L Q I 調整と、ランク値 1 とを加算することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記ランク閾値は、前記隣接ランクが前記前回の通知ランクを超えるときはある値を有し、前記隣接ランクが前記前回の通知ランクを下回るときは別の値を有する、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 8】

さらに、変換テーブルを用いて、前記親ノードから受信したフレームの信号対雑音比を、前記 L Q I に変換することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

前記 L Q I は、部分的にパケット成功率に基づく、請求項 13 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本願は、2015年10月2日に出願された米国仮願第62/236,406「メッシュネットワークにおけるパフォーマンスと信頼性の維持方法」に基づく優先権を主張するものであり、その内容は全体として参照により本願に含まれる。

【背景技術】**【0002】**

ネットワークランクは、ノードのルートノードへの接続の品質を数値化するものである。あるノードのネットワークランクは、隣接ノードに通知され、これらの隣接ノードがそのノードの親となる可能性を評価するために用いられる。ノードのランクは、ルートノードに到達するまでに必要となるホップ数や、ノード間のリンクの品質などのその他の要因に基づく。

【0003】

通知されたノードのランクがリアルタイムで変動する場合、ネットワークが不安定となることがある。ネットワーク品質におけるわずかな異常が、ノードに異常なデータに基づいて親を選択させたり、そのノードの通知ランクに影響を及ぼしたりすることがある。通知ランクの頻繁な変化は、ノードに親を頻繁に変更させることにもなり、これはネットワークの不安定性につながる可能性がある。

【0004】

ノードによって通知されるランクの緩やかな変化を取り入れたシステムが望まれる。かかるシステムは、ランクの一時的な変動の影響を最小限に抑えてネットワークの信頼性を高めるものの、ランクの持続的变化には反応する。

【発明の概要】**【0005】**

本発明は、ネットワークにおける変化を反映しつつ一時的な異常は無視する、ランクの計算および通知方法を提供するものである。通知ランクは、ノードの帰納ランク、および前回の通知ランクに基づく。帰納ランクは、ある時点におけるノードのランクであり、親ノードのランクおよび当該ノードと親ノードとの間のリンクの品質に基づく。通知ランクの決定には、加重移動平均またはランク候補が用いられる。一例において、ランク候補は、前回のランク候補値と帰納ランクとの加重和であり、ノードがランクを通知するたびに計算される。このようにして、新たな帰納ランクへの持続的変動のみが新たな通知ランクにつながる。これにより、より安定したネットワークがもたらされることになる。

【0006】

ランク候補が計算されると、ランク候補と隣接ランクとの差を判断する。隣接ランクとは、前回の通知ランクよりもランク値が一段階上または下のランク値である。ランク候補と最も近い隣接ランクとの差がランク閾値内である場合、通知ランクはその隣接ランク値に設定される。ランク候補と隣接ランクとの差がランク閾値を超える場合、通知ランクは、前回の通知ランクに設定される。この通知ランクは他のノードに送信される。

【0007】

リンク品質指数 (L Q I) は、ノードと親ノードとの間のリンクの品質を反映することができる。L Q I の値は、帰納ランクに対する L Q I 調整となってもよい。L Q I の値は、ノードが受信するパケット数の差異を説明するために、移動平均を用いて計算されてもよい。

【0008】

本開示のこれらおよびその他の特徴、態様、利点は、添付図面を参照して以下の詳細な説明を読むことにより、より理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0009】

【図1】図1は、例示的RFメッシュネットワークの一部を示すブロック図である。

【0010】

【図2】図2は、親ノードの選択を示すブロック図である。

【0011】

【図3】図3は、通知ランクを調整する例示的方法を示すフローチャートである。

【0012】

【図4】図4は、通知ランクの緩やかな変化を示すグラフである。

【0013】

【図5】図5は、上限閾値および下限閾値を用いて通知ランクを調整する例示的方法を示すフローチャートである。

10

【0014】

【図6】図6は、例示的ノードを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の態様は、通知されるランクがネットワークにおける持続的变化を反映することができるように、ノードにより通知されるランクの決定をサポートする。ノードの通知ランクは、そのノードの帰納ランクと前回のランク候補とに基づることができる。帰納ランクは、特定の時点におけるノードのランクである。ランク候補は、ノードの過去のランクの移動平均に基づることができる。一実施例において、通知ランクは、帰納ランクと前回のランク候補との加重和に基づく。帰納ランクを決定する際、ノードは、リンク品質指数(LQI)を用いて親への接続の品質を考慮することができる。LQIは、ある期間の平均LQI、および移動平均LQIに基づいてもよい。一実施例において、LQIは、ある期間の平均LQIと前回の移動平均LQIとの加重和である。

20

<例示的動作環境>

【0016】

図1は、例示的RFメッシュネットワークの一部を示す図である。ネットワークのノードは、通信を送受信し、他のノードへの通信をリレーするよう構成することができる。ネットワークは、各ノードが自身のネットワークランクを隣接ノードに通知できるよう、RPLルーティングプロトコルを用いてもよい。

30

【0017】

ネットワークは、ルートノード20を含む。また、ネットワークは、図にはノード21~31と示される、多数の追加ノードを含む。ルートノード20は、図1に示すネットワークの外にある追加ノードと通信してもよい。説明のため、図1では1個のルートノードと11個の追加ノードを図示しているが、RFメッシュネットワークは、任意の数のルートノードおよび任意の数の追加ノードを含むことができる。図1に、多数の親-子関係を示す。例えば、ルートノード20は、ノード21, 22, 23の親ノードである。1個のノードが、同時に親であり子であることもできる。例えば、ノード22は、ルートノード20の子であり、ノード26の親である。ある親ノードは、ルートノードと子ノードの間にあるノードであって、子ノードと直接通信するノードである。子ノードは、定期的に親ノードを再評価し、ルートノードへの接続品質がより高いノードがあればこれを新しい親ノードとして選択してもよい。非限定的な一例では、ルートノード20はAMI(Advanced metering infrastructure)ネットワークのコレクタであり、ノード21~31は、様々な施設で資源の消費を測定する計量装置を含む。

40

【0018】

図2は、ノード250による親ノードの選択を示す図である。図2に示すネットワークの部分には、ルートノード200、およびノード210, 220, 240, 250, 260が含まれる。ノード250は、自身のランクを最小にする親ノードを選択する。以下の例では、ランクは、2進数または256の倍数の形で表される。また、ランクは、16進数または100の倍数の形で表すこともできる。また、その他の数体系を用いてもよい。

50

【 0 0 1 9 】

親ノードを選択するために、ノード250は、その隣接ノードの通知ランク、および自身と各隣接ノードとの間のリンク品質を考慮する。ノード250は、隣接ノードとの通信に基づいて、隣接ノードのLQI情報を保持する。LQIは、ランク値1又はそれ以上となってもよく、これがLQI調整としてランク計算に加算される。一実施例において、LQIが閾値未満でリンク品質が良好であることを示す場合にはLQI調整はゼロであり、LQIが第1の値と閾値との間でリンク品質が適正であることを示す場合にはランク値1を加算し、LQIが第1の値を超えてリンク品質が低いことを示す場合にはランク値2を加算することができる。

【 0 0 2 0 】

図2に戻り、ノード210の通知ランクが256、ノード220の通知ランクが256、ノード240の通知ランクが512、ノード260の通知ランクが512とする。また、ノード210および250間のLQIが第1の値を超え、ノード240および250間のLQIが第1の値と閾値との間であり、ノード220および250間のLQIが第1の値を超え、ノード250および260間のLQIが閾値未満であるとする。ノード250は、ノード210、220、240、260を親ノード候補と見なし、この中でノード250に最も低いランクを通知するノードを選択することができる。

【 0 0 2 1 】

ノード250は、親ノード候補を比較するために、各親ノード候補を選択した場合の自身のランクに対する影響を判断することができる。ノード250がノード210を親として選択する場合、そのランクは1024である(ノード210の通知ランク+LQI調整によるランク値2+1ホップによるランク値1)。ノード250がノード240を親として選択する場合、そのランクは1024である(ノード240の通知ランク+LQI調整によるランク値1+1ホップによるランク値1)。ノード250がノード220を親として選択する場合、そのランクは1024である(ノード220の通知ランク+LQI調整によるランク値2+1ホップによるランク値1)。ノード250がノード260を親として選択する場合、そのランクは768である(ノード260の通知ランク+LQI調整による加算なし+1ホップによるランク値1)。ノード250は、自身のランクを最小にするため、ノード260を親として選択する。

【 0 0 2 2 】

別の例において、ノード210の通知ランクが256、ノード220の通知ランクが512、ノード240の通知ランクが512、ノード260の通知ランクが768とする。また、ノード210および250間のLQIが第1の値を超え、ノード240および250間のLQIが第1の値と閾値との間であり、ノード220および250間のLQIが閾値未満であり、ノード250および260間のLQIが閾値未満であるとする。

【 0 0 2 3 】

この例では、ノード250がノード210を親として選択する場合、そのランクは1024である(ノード210の通知ランク+LQI調整によるランク値2+1ホップによるランク値1)。ノード250がノード240を親として選択する場合、そのランクは1024である(ノード240の通知ランク+LQI調整によるランク値1+1ホップによるランク値1)。ノード250がノード220を親として選択する場合、そのランクは768である(ノード220の通知ランク+LQI調整による加算なし+1ホップによるランク値1)。ノード250がノード260を親として選択する場合、そのランクは1024である(ノード260の通知ランク+LQI調整による加算なし+1ホップによるランク値1)。ノード250は、自身のランクを最小にするため、ノード220を親として選択する。

【 0 0 2 4 】

一つのノードが選択する親ノードは一つだけである。このノードのランクが同じになる親ノード候補が複数存在する場合、ノードは、ランクの決定に用いる要因のひとつの重みを増してもよい。選択枝の一つが、ルートへのホップ数が少ない親候補を選択することで

10

20

30

40

50

ある。別の選択肢としては、L Q I が最も良い親候補を選択することである。その他の選択肢として、自身のノードについてのランクに差が生じない場合に、複数の要因または異なる要因を用いてこれらのノードの一つを親として選択してもよい。

【 0 0 2 5 】

別の例において、ノード 2 1 0 の通知ランクが 2 5 6、ノード 2 2 0 の通知ランクが 2 5 6、ノード 2 4 0 の通知ランクが 5 1 2、ノード 2 6 0 の通知ランクが 5 1 2 とする。また、ノード 2 1 0 および 2 5 0 間の L Q I が閾値と第 1 の値との間であり、ノード 2 4 0 および 2 5 0 間の L Q I が閾値未満であり、ノード 2 2 0 および 2 5 0 間の L Q I が第 1 の値を超え、ノード 2 5 0 および 2 6 0 間の L Q I が閾値と第 1 の値との間であるとす

10

【 0 0 2 6 】

この例では、ノード 2 5 0 がノード 2 1 0 を親として選択する場合、そのランクは 7 6 8 である（ノード 2 1 0 の通知ランク + L Q I 調整によるランク値 1 + 1 ホップによるランク値 1）。ノード 2 5 0 がノード 2 4 0 を親として選択する場合、そのランクは 7 6 8 である（ノード 2 4 0 の通知ランク + L Q I 調整による加算なし + 1 ホップによるランク値 1）。ノード 2 5 0 がノード 2 2 0 を親として選択する場合、そのランクは 1 0 2 4 である（ノード 2 2 0 の通知ランク + L Q I 調整によるランク値 2 + 1 ホップによるランク値 1）。ノード 2 5 0 がノード 2 6 0 を親として選択する場合、そのランクは 1 0 2 4 である（ノード 2 6 0 の通知ランク + L Q I 調整によるランク値 1 + 1 ホップによるランク値 1）。この例では、ノード 2 1 0 および 2 4 0 がノード 2 5 0 に対し同じランクとなる。親ノード選択の基準にルートへのホップ数を最小化することが含まれる場合、ノード 2 5 0 はノード 2 1 0 を親として選択する。ノードは、R P L 規格によって定義されるホップカウントオブジェクトなどのルーティング測定法を用いて、ルートへのホップ数を判断することができる。親ノード選択の基準に親子間の L Q I が最も高いことが含まれる場合、ノード 2 5 0 はノード 2 4 0 を親として選択する。

20

【 0 0 2 7 】

ノードのランクは動的であり、親のランクまたは親との間の L Q I の変化に伴って変化することになる。本明細書において、帰納ランクとは特定の時点におけるノードのランクを指す。帰納ランクは、親ノードの通知ランク、親ノードから子ノードへのホップによるランク値 1、親ノードと子ノードとの間のリンクに対する L Q I 調整を加算したものに基

30

【 0 0 2 8 】

ノードは、自身のランクを隣接ノードに通知する。ネットワークの信頼性向上のために、ノードは、本明細書では通知ランクと呼ばれる、帰納ランクとは異なるランクを通知してもよい。一例において、通知ランクは、計算されて、R P L 規格により定義される D I O (D O D A G I n f o r m a t i o n O b j e c t) メッセージで送信される。D I O メッセージの送信頻度は不定である。一例において、D I O は、およそ 1 時間に 1 回送信されるが、ネットワークが変化した後はより頻繁に送信されてもよい。メッシュネットワークにおいて、D I O は、ネットワーク内の他のノードへのブロードキャストであってもよい。一例示的システムにおいて、帰納ランクの計算頻度は通知ランクの送信頻度と無関係である。ネットワークまたは特定のノードが初期化されると、通知ランクは帰納ランクに等しくなるよう設定される。その後、以下に説明するように通知ランクが決定される。

40

【 0 0 2 9 】

< 通知ランク決定の例示的方法 >

ランク候補 = (3 / 4 × 前回のランク候補) + (1 / 4 × 現在の帰納ランク) 。

【 0 0 3 0 】

ランク候補は、ノードが自身のランクを通知する時毎回決定される。

【 0 0 3 1 】

3 0 6 において、ランク候補と隣接ランクとの間の差を判断する。隣接ランクとは、前

50

回の通知ランクよりもランク値が一段階上または下のランク値である。例えば、前回の通知ランクが768であれば、隣接ランク値は512および1024である。308において、ランク候補と最も近い隣接ランクとの差が、本明細書においてランク閾値と呼ぶ閾値と比較される。ランク閾値は設定可能であり、設備によって変更することができる。ランク閾値は、ネットワーク内の全ノードで同じであってもよい。一例において、ランク閾値は、ランク値1のおよそ10%に設定される。

【0032】

ランク候補と隣接ランクとの差がランク閾値内もしくはランク閾値未満である場合、処理は310へ進み、通知ランクが隣接ランク値に設定される。一例において、次の繰り返しにおいてランク候補の計算のため、ランク候補値を通知ランク値に設定することもできる。

10

【0033】

ランク候補と隣接ランクとの差がランク閾値を超える場合、処理は312へ進み、通知ランクが前回の通知ランクに設定される。

【0034】

310または312において通知ランクが設定された後、処理は314へ進み、通知ランクが他のノードに送信される。

【0035】

図4に、通知ランクの経時変化、および通知ランクが帰納ランクに関連する様子を示す。y軸はランク値を示す。x軸は、一連の、通知ランクが決定される期間を示す。一実施例において、ノードがDIOメッセージを送信するたびに通知ランクが決定される。図ではx軸方向に等間隔で分割しているが、通信と通信の間の時間は変化してもよい。説明のため、ランク値1は256であり、ランク閾値は20である。

20

【0036】

時間1および時間2において、通知ランク、帰納ランク、およびランク候補は、いずれも512である。時間3において、帰納ランクは768である。ランク候補は、上記の式を用いて計算することができる。その場合、ランク候補は576である(0.75 (前回のランク候補512) + 0.25 (帰納ランク768))。このランク候補を、隣接ランク768と比較する。ランク候補(576)と隣接ランク(768)との差がランク閾値を超えるため($192 > 20$)、通知ランクは前回の通知ランク512に設定される。

30

【0037】

時間14において、通知ランクは512であり、ランク候補は744であり、帰納ランクは768である。時間15において、帰納ランクは768である。ランク候補は、上記の式を用いて計算することができる。その場合、ランク候補は750である(0.75 (前回のランク候補744) + 0.25 (帰納ランク768))。ランク候補(750)と隣接ランク(768)との差がランク閾値内であるため($18 < 20$)、通知ランクは新しいランク値768に設定される。

【0038】

時間18において、通知ランク、ランク候補、および帰納ランクは、いずれも768である。時間19において、帰納ランクは512である。ランク候補は、上記の式を用いて計算することができる。その場合、ランク候補は704である(0.75 (前回のランク候補768) + 0.25 (帰納ランク512))。ランク候補(704)と隣接ランク(512)との差がランク閾値を超えるため($192 > 20$)、通知ランクは前回の通知ランク768に設定される。

40

【0039】

時間26において、通知ランクは768であり、ランク候補は520であり、帰納ランクは512である。時間27において、帰納ランクは512である。ランク候補は、上記の式を用いて計算することができる。その場合、ランク候補は518である(0.75 (前回のランク候補520) + 0.25 (帰納ランク512))。ランク候補(518)と隣接ランク(512)との差がランク閾値内であるため($6 < 20$)、通知ランクは新し

50

いランク値 5 1 2 に設定される。

【 0 0 4 0 】

図 4 には、通知ランクが帰納ランクよりも遅れて変化することが示されている。図 4 では、前回の通知ランクを上回るまたは下回る隣接ランクに同じランク閾値を用いたが、異なるランク閾値を用いる実施例もある。これを図 5 に示す。この場合、上限閾値を用いていつ通知ランクを増加させるかを判断し、下限閾値を用いていつ通知ランクを減少させるかを判断することができる。5 0 2 において、図 3 のステップ 3 0 4 で決定されたランク候補から本方法が開始される。5 0 4 において、ノードは、ランク候補が前回の通知ランクを上回るか下回るかを評価する。ランク候補が前回の通知ランクを超える場合、ノードは 5 0 6 に進み、ランク候補と上の隣接ランクとの差を判断する。5 0 8 において、ノードは、5 0 6 で計算された差を上限閾値と比較する。この差が上限閾値内である場合、ノードは図 3 のステップ 3 1 0 に進む。差が上限閾値外である場合、ノードは図 3 のステップ 3 1 2 に進む。この例では、ランク候補が上限閾値内である場合にのみ、通知ランクが変化する。

10

【 0 0 4 1 】

5 0 4 においてランク候補が前回の通知ランク未満の場合、ノードは 5 1 0 に進み、ランク候補と下の隣接ランクとの差を判断する。5 1 2 において、ノードは、5 1 0 で計算された差を下限閾値と比較する。この差が下限閾値内である場合、ノードは図 3 のステップ 3 1 0 に進む。差が下限閾値外である場合、ノードは図 3 のステップ 3 1 2 に進む。通知ランクは、ランク候補が下限閾値内である場合にのみ、変化する。

20

< リンク品質指数 >

【 0 0 4 2 】

リンク品質指数 (L Q I) は、ノードと隣接ノードとの間の R F 信号品質を示す指標である。ノードが隣接ノードから受信する各パケットは、関連付けられた L Q I を有する。L Q I は、信号対雑音比 (S N R) およびパケット成功率に基づくことができる。一システムでは、隣接ノードからフレームを受信するたびに、S N R が記録される。ノードは、自身の送受信機ハードウェアの R F 特性に基づく変換テーブルを含む。変換テーブルは S N R の L Q I への変換に用いられ、「良好」な S N R 値が「良好」な R P L の L Q I 値に変換できるようにする。L Q I スケールはあらゆるハードウェアプラットフォームの R P L で一貫しているが、変換テーブルはノードが用いる様々なハードウェアプラットフォームに適合している。パケット成功率を用いるシステムもある。パケット成功率を用いる方法の一つに、パケット成功率に基づいて L Q I を調整する方法がある。例えば、S N R 値は「良好」であるがパケット成功率が低い場合、変換テーブルでは「良好」な L Q I 値となるが、パケット成功率が L Q I 値を「良好」というほどではないものとなるように調整する。このようにして、L Q I は、S N R とパケット成功率に影響するその他の要因の双方を反映する。

30

【 0 0 4 3 】

ノードは特定のノード、例えばその親からより多くのパケットを受信する可能性が高いため、各ノードの L Q I 値の計算に用いられるパケット数は著しく変化する可能性がある。異なるノードから受信される様々なパケット数を考慮に入れるために、移動平均の計算を用いてもよい。平均 L Q I は、所定の期間にわたって、この期間にノードから受信したパケットの L Q I 値を加算し、その総数を受信パケット数で除することにより、決定される。移動平均 L Q I は、平均 L Q I と前回の移動平均 L Q I との加重和により決定される。一例では、次の式が用いられる。

40

$$L Q I (\text{移動平均}) = (3 / 4 \times L Q I (\text{前回の移動平均})) + (1 / 4 \times L Q I (\text{平均}))$$

【 0 0 4 4 】

ノードが、この期間中隣接ノードの一つからパケットを受信しない場合、前の期間の平均 L Q I を用いてもよい。平均 L Q I の計算に用いられる期間は、ノードがその通知ランクを送信するときとは無関係とすることができる。

50

【0045】

図6に、図1のネットワークにおいて用いることができる例示的ノードを示す。一例において、ノードは、施設に配置されてガス、水道、電気などの資源の消費を測定するメータを含んでもよい。このようなメータは、AMIに用いられるRFネットワークの一部であってもよい。ノードの別の例としては、ルータ、コレクタまたは収集点、ホストコンピュータ、ハブ、またはネットワークに取り付けられて通信チャネルを介して情報の送信、受信、または転送が可能なその他の電子機器がある。

【0046】

ノード600は、類似のノードおよび/またはメッシュネットワーク内のその他の機器と通信できるように、ネットワークインターフェース604と、アンテナ602とを含んでもよい。ネットワークインターフェース604は、バス606を用いてマイクロコントローラ612と通信することができ、このマイクロコントローラは、ノードをコンピュータのように機能させて、コンピュータおよびコマンドファンクションを実行し、本明細書に記載の本発明の各種の実施例を提供する。マイクロコントローラ612は、プロセッサ608と、メモリ610などの記憶媒体とを含んでもよい。プロセッサ608は、メモリに格納されたインストラクションを実行するよう構成された、任意の適切な処理装置または装置群とすることができる。

【0047】

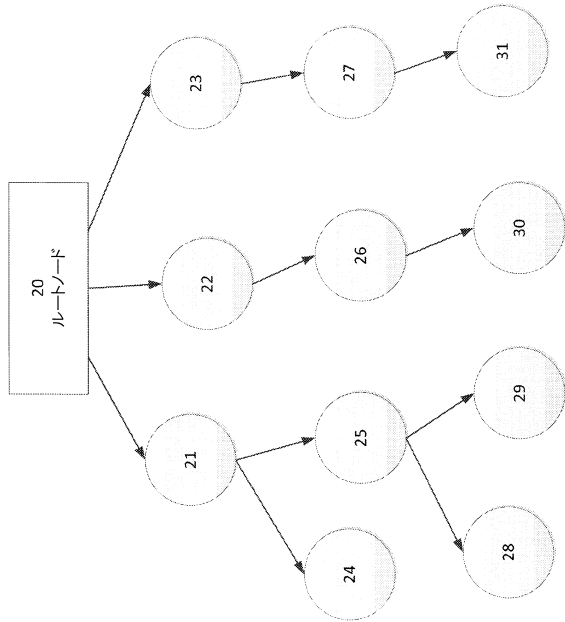
メモリ610は、ノードの1以上のハードウェア要素を制御するファームウェアまたはその他の動作インストラクションなどのコンピュータ実行可能なプログラムインストラクションをプロセッサ608に与えるための、任意の適切な非一時的なコンピュータ読取可能媒体とすることができる。非一時的なコンピュータ読取可能媒体の例としては、メモリチップ、ROM、RAM、ASIC、コンフィギュアドプロセッサ、電子記憶装置、光学式記憶装置、磁気記憶装置、またはコンピュータプロセッサがインストラクションを読み取ることができるその他の記憶装置があるが、これに限らない。これらのインストラクションは、任意の適切なコンピュータプログラム言語によって記述されたコードからコンパイラおよび/またはインタプリタによって生成される、プロセッサ固有のインストラクションを含んでもよい。メモリは、ノード内に配置することもでき、また、例えば、ネットワークを介してノードがアクセス可能とすることもできる。また、ノードは、計時を行う水晶発振器(すなわちクロック)と、バックアップ電力を与えるエネルギー蓄積装置(すなわちバッテリー)とを含んでもよい。ノードによっては、エネルギー蓄積装置によってのみ電力が供給されてもよい。資源またはサービスの消費を測定するユーティリティ計測器などの、追加要素を含むノードもある。

<全般的な考察>

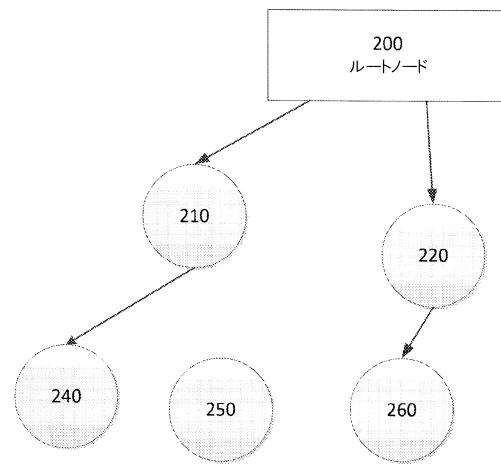
【0048】

上記の説明は、本発明の態様の説明を目的としたものであり、本発明を網羅することも、開示されたそのままの形に限定することも意図しない。これら実施形態のさらなる修正や変更は、当業者には明らかとなるものであり、本発明の範囲と主旨を逸脱することなく可能となるものである。例えば、異なる加重要因を用いてランク候補または移動平均LQIを決定してもよい。また、帰納ランクまたはLQIの決定に用いる要因を追加してもよい。上記の各要素の別の構成、および図示も説明もない要素やステップも可能である。同様に、いくつかの特徴およびサブコンビネーションも有用であり、その他の特徴およびサブコンビネーションを参照することなく採用することができる。以上、例示を目的として本発明の実施形態を説明してきたが、本願の読者には代替的な実施形態があきらかとなるう。

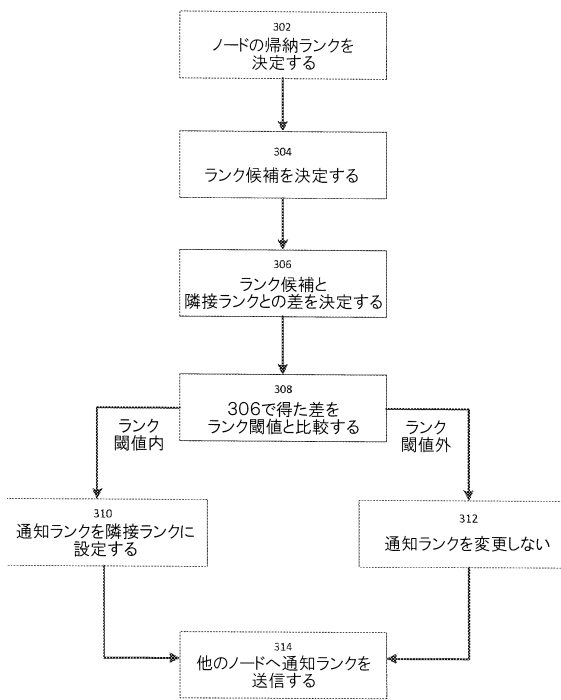
【図1】



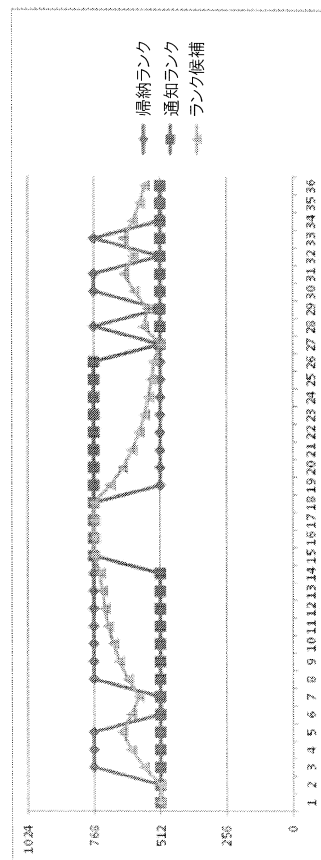
【図2】



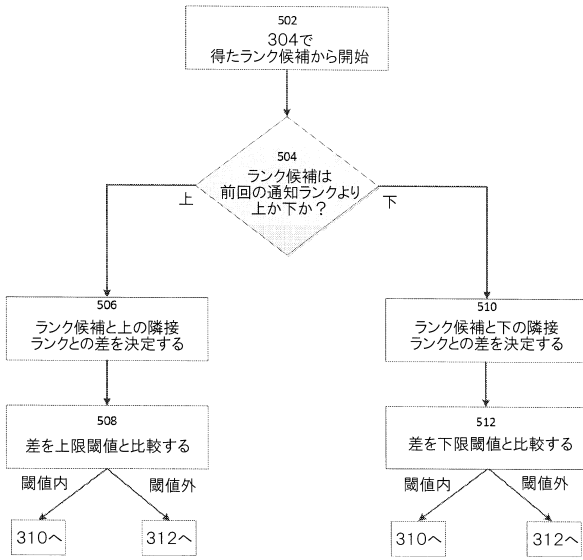
【図3】



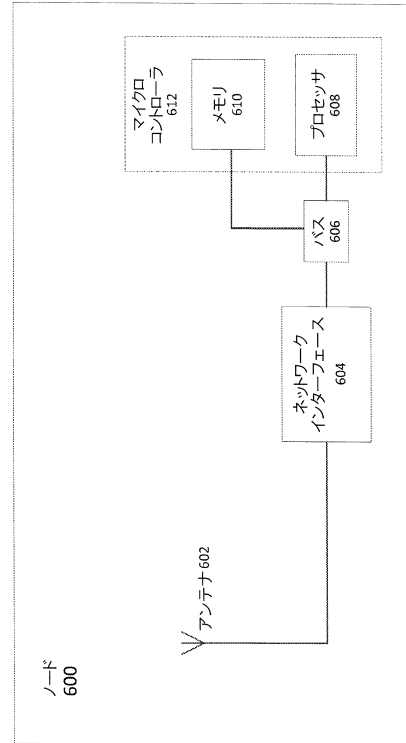
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(74)代理人 100201466

弁理士 竹内 邦彦

(72)発明者 マイケル ショーン ホルコム

アメリカ合衆国 30075 ジョージア州 ロスウェル スプリング ドライブ 174

(72)発明者 クリストファー ショーン カルバート

アメリカ合衆国 30076 ジョージア州 ロスウェル アンバーサイド コート 10405

審査官 三枝 保裕

(56)参考文献 特表2018-526853(JP, A)

O. Gnawali et al., The Minimum Rank with Hysteresis Objective Function, RFC6719, Internet Engineering Task Force (IETF), 2012年 9月11日

JP. Vasseur et al., Routing Metrics Used for Path Calculation in Low-Power and Lossy Networks, RFC6551, Internet Engineering Task Force (IETF), 2012年 3月26日

Angela Sara Cacciapuoti et al., Link Quality Estimators for Multi-Hop Mesh Network, 2014 Euro Med Telco Conference (EMTC), IEEE, 2014年12月29日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26

H04W 4/00 - 99/00