

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2011年9月1日(01.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2011/105371 A1

- (51) 国際特許分類:  
H04W 40/12 (2009.01) H04W 84/18 (2009.01)  
H04W 40/28 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/053845
- (22) 国際出願日: 2011年2月22日(22.02.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-037141 2010年2月23日(23.02.2010) JP  
特願 2010-040271 2010年2月25日(25.02.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人九州大学(Kyushu University, National University Corporation) [JP/JP]; 〒8128581 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 古川 浩 (FURUKAWA Hiroshi) [JP/JP]; 〒8128581 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP). 金光日(JIN Guangri) [CN/JP]; 〒8128581 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 羽立 幸司(HADATE Koji); 〒8140001 福岡県福岡市早良区百道浜三丁目8番33号 福岡システムLSI総合開発センター Fukuoka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATIONS SYSTEM, SLAVE NODE, ROUTE BUILDING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 通信システム、スレーブノード、ルート構築方法及びプログラム

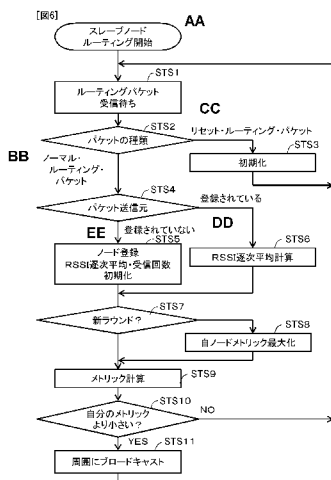


FIG. 6:  
AA START SLAVE NODE ROUTING  
STS1 WAIT TO RECEIVE ROUTING PACKET  
STS2 PACKET TYPE?  
BB NORMAL ROUTING PACKET  
CC RESET ROUTING PACKET  
STS3 INITIALIZE  
STS4 PACKET TRANSMISSION SOURCE?  
DD LOGGED  
EE NOT LOGGED  
STS5 LOG NODE, INITIALIZE RSSI SUCCESSIVE AVERAGES, NUMBER OF RECEPTIONS  
STS6 CALCULATE RSSI SUCCESSIVE AVERAGES  
STS7 NEW ROUND?  
STS8 MAXIMIZE OWN NODE METRIC  
STS9 CALCULATE METRIC  
STS10 SMALLER THAN OWN METRIC?  
STS11 BROADCAST TO PERIPHERY

(57) Abstract: The present invention offers a communications system, etc., capable of building a stable relay path even if a propagation path fluctuates due to RSSI fluctuation. In a wireless backhaul system, when building a communications path of a tree structure with a core node for a root, in each respective slave node, successive averages of RSSI of n routing packets received after the reset routing packet received most recently from the same transmission source node are used to determine whether to treat the transmission source node as a parent in the tree structure. It is possible to acquire an asymptotically stable relay path from the RSSI following a generally logarithmic normal distribution, and in particular, by using successive averages.

(57) 要約: 本願発明は、受信電力(RSSI)の変動により伝搬路が変動しても、安定した中継経路を構築可能な通信システム等を提案する。無線バックホールシステムにおいて、コアノードを根とするツリー構造の通信経路を構築するときに、各スレーブノードにおいて、直近のリセット・ルーティング・パケットを受信してから、同じ送信元ノードより受信したn個のルーティングパケットの受信電力の逐次平均などを用いて、この送信元ノードを、ツリー構造における親とするか否かを決定する。受信電力は一般に対数正規分布に従うことから、特に逐次平均を用いることにより、漸近的に安定した中継経路を獲得することができる。



JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

通信システム、スレーブノード、ルート構築方法及びプログラム

### 技術分野

[0001] 本発明は、通信システム、スレーブノード、ルート構築方法及びプログラムに関し、特に、基幹網に接続するコアノードと、直接又は他のノードを経由して無線通信によりコアノードに接続する複数のスレーブノードを備える通信システム等に関する。

### 背景技術

[0002] 新世代ブロードバンドモバイルを実現する一形態として、半径が数十メートルの狭小セル基地局群を無線でマルチホップ中継接続するセルラシステムが検討されている。このシステムでは、基地局群のうち、コアノードと呼ばれるいくつかの基地局は有線で基幹網に接続され、その他はコアノードを介した無線マルチホップ中継により基幹網との通信が行われる。

[0003] このような無線中継網は、通称、無線バックホールと呼ばれる。その安定運用と大容量化は、良質な無線マルチホップ中継プロトコルの実現にかかっている。無線バックホールのルーティングプロトコルは、メトリックとアルゴリズムにより特徴づけられ、メトリックの定義により対応するアルゴリズムも異なる。これまでに提案されているメトリックには、例えば、ホップカウントや、ノード間の無線リンクの品質などがある。E T X (Expected Transmission Count)メトリック、R T T (Per-hop Round Trip Time)メトリック、W C E T T (Weighted Cumulative Expected Transmission)メトリックなどである。また、従来よく使われているアルゴリズムには、Bellman-FordアルゴリズムやDijkstraアルゴリズムなどがある。

[0004] また、発明者らは、伝搬損をメトリックとするルーティング手法（以下、「従来の最小伝搬損ルーティング」という。）を提案した（特許文献1～3、非特許文献1参照）。従来の最小伝搬損ルーティングは、ノード間の受信

電力 (RSSI, Received Signal Strength Indicator) により伝搬損を求め、これをメトリックとし、Bellman-Fordアルゴリズムにより各スレーブノードからコアノードまでの伝搬損が最小になるような中継経路を構築するものである。図8を参照して、従来の最小伝播損ルーティングについて具体的に説明する。図8は、従来の最小伝播損ルーティングにおけるスレーブノードの動作を示すフロー図である。コアノードがメトリック0のルーティングパケットを1回ブロードキャストし、スレーブノードがルーティングパケットを受信すると (ステップSTSP1)、受信時のRSSIにより伝搬損を計算し、これと受信パケット中に含まれる累積メトリック (当該受信パケットを送信したノードからコアノードまでの伝搬損の和を表す) とを加算して新しいメトリックを計算する (ステップSTSP2)。この新しいメトリックが自ノードの保持している累積メトリックより小さいなら (ステップSTSP3)、ルートを更新し、新メトリックを含むルーティングパケットを周囲にブロードキャストする (ステップSTSP4)。ステップSTSP3において、小さくないならば、ルートの更新処理は行わない。以上を繰り返すことでルートが形成される。また、ルーティングパケットを受信せず、所定の時間が経過した後には (ステップSTSP5)、ノード登録パケットを送信し (ステップSTSP6)、処理を終了する。最終的には、コアノードを中心とするツリー型の経路が構築される。最小伝搬損ルーティングは、ノード間の伝搬損をメトリックとしているので、中継経路全体として干渉への耐性が高く、高品質・高効率な伝送特性が期待できるものである。

[0005] また、無線マルチホップ中継におけるルーティングプロトコルについては、既に多数の手法が提案されており、アドホック型の無線バックホールにおいてはIETF (Internet Engineering Task Force) のMANET (Mobile Ad-Hoc Networks) WGにより標準化も進められている。

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、ホップカウントをメトリックとする場合、遠くの離れたノ

ード間のリンクがルートに使われてしまい、ルートの安定性獲得とは逆行する。

[0007] また、従来の最小伝播損ルーティングでは、伝搬路の変動によりルートが不安定となる問題がある。すなわち、非特許文献1では、最小伝搬損ルーティングについて、伝搬路の変動の影響を考慮せずに計算機シミュレーションによりその有効性を評価している。しかし、実環境においては、各ノードは固定的に設置されているにもかかわらず、人の往来等によりRSSIは変動する（図2の線a参照）。従来の最小伝搬損ルーティングにおいては、メトリックは、受信されたルーティングパケットのRSSIのみにより計算されるので、RSSIが変動すれば経路構築に用いられるメトリックも変動し、構築されたルートも実行時刻によって変動、すなわち不安定となる。

[0008] 既に提案されている無線マルチホップ中継におけるルーティングプロトコルも、伝搬路の変動に対して安定的な経路を獲得するような機構は持ち合わせていない。そのため、これらにより構築されたルートは、特定時刻に最適なルートにすぎず、伝搬路の変動に対処するためには頻繁な経路再構築が必要となり、ネットワークの負荷を高めてしまう。

[0009] 具体的に検討すると、これらのルーティングプロトコルはオン・デマンド型とスタティック型に分類できる。

[0010] オン・デマンド型のルーティングプロトコルでは、通信要求が発生する都度ルーティング処理が行われ、構築されたルートは一定の生存期間（TTL）存続する。通信が終了すると該ルートは削除される。オン・デマンド型のルーティングプロトコルはルーティング処理の負荷は大きいネットワークトポロジーの変化に早く対応できるので、移動性の大きいモバイルアドホックネットワーク向きである。

[0011] 他方、スタティック型ルーティングプロトコルでは、ネットワークを構築する際、システムの起動と同時にルートを構築し、その後は該ルートを保持したままサービスを開始する。無線バックホールでは、各基地局は固定して設置されるためスタティック型のルーティングプロトコルが適している。

- [0012] 無線バックホールで各基地局は固定設置されるが、伝搬路は人の動きなどによるフェージングの影響を受け変動する。しかし、従来のスタティック型ルーティングプロトコルでは、従来の最小伝播損ルーティングと同様に、伝搬路の変動を考慮したアルゴリズムの設計がなされていない。伝搬路の時間変動をまったく無視しているため、同じノード配置でもルーティングの実行時刻によって異なる中継経路が構築される。また、独自のテストベッドを用いて、無線バックホールにおける伝搬路の変動により構築されたルートが時間変動する現象を調べ、それによりシステムのスループットが変動することも報告されている。
- [0013] スタティック型ルーティングにおいて、システム起動時の伝搬路状況だけを見てルーティングを行うと、その後、伝搬路が変動すれば、当該ルートによるシステムの性能が保証できなくなり、最悪の場合、中継経路が断絶される場合もある。
- [0014] そこで、本願発明は、RSSIの変動により伝搬路が変動しても、安定した中継経路を構築可能な通信システム等を提案することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0015] 本願発明の第1の観点では、基幹網に接続するコアノードと、前記コアノードに直接又は他のスレーブノードを経由して無線通信により接続する複数のスレーブノードを備える通信システムであって、前記コアノードは、前記スレーブノードに対して、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の初期化を指示するリセット・ルーティング・パケットを送信し、その後、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の構築を指示するノーマル・ルーティング・パケットを複数送信するものであり、前記各スレーブノードは、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の評価値である自経路評価値を記憶する自経路評価値記憶手段と、当該スレーブノードから前記コアノードへ至る通信経路における最初の中継先ノードである上り中継先ノードを示す上り中継先情報を記憶する上り中継先記憶手段と、前記リセット・ルーティング・パケットを受信してからn個（nは自然

数)の前記ノーマル・ルーティング・パケットを同じ送信元ノードより受信した場合、前記送信元ノードを新たな前記上り中継先ノードとするか否かを判断して前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路を決定するルート構築処理手段を備え、前記ルート構築処理手段は、 $n$ 番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力に基づき、当該スレーブノードと前記送信元ノードとの間の受信電力の評価値である受信電力評価値を計算する受信電力評価値計算手段と、前記コアノードから前記送信元ノードに至る中継経路の評価値及び前記受信電力評価値に基づいて、 $n$ 番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが経由した通信経路の評価値である新累積経路評価値を計算する新累積経路評価値計算手段と、前記新累積経路評価値が前記自経路評価値よりも小さい場合、前記上り中継先記憶部に対して、新たな前記上り中継先ノード情報として受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの packets 送信元を記憶させ、前記自経路評価値記憶手段に対して、新たな前記自経路評価値として前記累積経路評価値を記憶させて更新処理を行う経路更新手段を有し、前記受信電力評価手段は、 $n$ が2以上の場合に、 $n$ 番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力だけでなく、前記リセット・ルーティング・パケットの受信電力又は/及び他に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの一部又は全部の受信電力にも基づき、当該スレーブノードと前記送信元ノードとの間の受信電力の評価値である受信電力評価値を計算するものである。

[0016] 本願発明の第2の観点は、第1の観点の通信システムであって、前記受信電力評価値計算手段は、 $n$ 番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力 $R_n$ の評価値である受信電力評価値 $A_n$ を、定数又は前記リセット・ルーティング・パケットの受信電力を初期値として、 $\alpha_n$ 及び $\beta_n$  ( $\alpha_n$ 及び $\beta_n$ は $n$ の関数であり、 $\alpha_n$ は恒等的に0でない関数。)に対して式(eq1)により計算する。

[0017] 本願発明の第3の観点は、第2の観点の通信システムであって、式(eq1)において、 $A_1=R_1$ であり、 $n$ が2以上の場合に $\alpha_n=(n-1)/n$ かつ $\beta_n=$

1/nである。

[0018] 本願発明の第4の観点は、第2の観点の通信システムであって、式(eq1)において、 $\alpha_n$ 又は $\beta_n$ 及び $\beta_n$ は定数である。

[0019] 本願発明の第5の観点は、基幹網に接続するコアノードに直接又は他のノードを経由して無線通信により接続するスレーブノードであって、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の評価値である自経路評価値を記憶する自経路評価値記憶手段と、当該スレーブノードから前記コアノードへ至る通信経路における最初の中継先ノードである上り中継先ノードを示す上り中継先情報を記憶する上り中継先記憶手段と、前記コアノードから、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の初期化を指示するリセット・ルーティング・パケットを受信してから、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の構築を指示するノーマル・ルーティング・パケットを同じ送信元ノードよりn個（nは自然数）受信した場合、前記送信元ノードを新たな前記上り中継先ノードとするか否かを判断して前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路を決定するルート構築処理手段を備え、前記ルート構築処理手段は、n番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力 $R_n$ を評価する受信電力評価値 $A_n$ を、前記リセット・ルーティング・パケットの受信電力及び受信したn個の前記ノーマル・ルーティング・パケットの逐次平均、又は、受信したn個の前記ノーマル・ルーティング・パケットの逐次平均により計算する受信電力評価値計算手段と、前記コアノードから前記送信元ノードに至る中継経路の評価値及び前記受信電力評価値に基づいて、n番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが経由した通信経路の評価値である新累積経路評価値を計算する新累積経路評価値計算手段と、前記新累積経路評価値が前記自経路評価値よりも小さい場合、前記上り中継先記憶部に対して、新たな前記上り中継先ノード情報として受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットのパケット送信元を記憶させ、前記自経路評価値記憶手段に対して、新たな前記自経路評価値として前記累積経路評価値を記憶させて更新処理を行う経路更



新手段を有する。

[0020] 本願発明の第6の観点は、基幹網に接続するコアノードと、前記コアノードに直接又は他のスレーブノードを経由して無線通信により接続する複数のスレーブノードを備える通信システムにおけるルート構築方法であって、前記各スレーブノードは、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の評価値である自経路評価値を記憶する自経路評価値記憶手段と、当該スレーブノードから前記コアノードへ至る通信経路における最初の中継先ノードである上り中継先ノードを示す上り中継先情報を記憶する上り中継先記憶手段と、パケットを送受信可能なノード及び当該ノードとのパケット送受信時の受信電力の評価値である受信電力評価値の組み合わせを記憶する周辺ノード記憶手段を備え、前記コアノードが、前記スレーブノードに対して、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の初期化を指示するリセット・ルーティング・パケットを送信し、前記リセット・ルーティング・パケットを受信したスレーブノードの初期化手段が、当該リセット・ルーティング・パケットを初めて受信したか否かを判断し、初めて受信した場合には、同じ前記リセット・ルーティング・パケットを前記周辺ノード記憶手段に記憶されたノードに送信して、前記周辺ノード記憶手段に記憶された情報を削除し、前記自経路評価値を最大値に設定する初期化ステップと、前記コアノードが、前記スレーブノードに対して、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の構築を指示するノーマル・ルーティング・パケットを、送信された順番を特定して複数送信し、前記ノーマル・ルーティング・パケットを受信した前記スレーブノードにおいて、受信電力評価値計算手段が、受信したノーマル・ルーティング・パケットの送信元ノードが、前記周辺ノード記憶手段に記憶されていない場合には、前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力に基づき当該スレーブノードと前記送信元ノードとの間の受信電力の評価値である受信電力評価値を計算し、前記周辺ノード記憶手段に対して、前記送信元ノードと前記受信電力評価値の組み合わせを記憶させ、受信したノーマル・ルーティング・パケットの送信元ノードが

、前記周辺ノード記憶手段に記憶されている場合には、前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力だけでなく、前記周辺ノード記憶手段に記憶された前記受信電力評価値にも基づいて、新たな受信電力評価値を計算し、前記周辺ノード記憶手段に対して、前記送信元ノードと新たな前記受信電力評価値の組み合わせを記憶させ、新ラウンド処理手段が、前記送信された順番に基づいて、受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが、以前に受信したことの無い前記ノーマル・ルーティング・パケットであるか否かを判断し、受信したことがないならば、前記新自経路評価値を最大値とし、新累積経路評価値計算手段が、前記コアノードから前記送信元ノードに至る中継経路の評価値及び前記受信電力評価値に基づいて、受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが経由した通信経路の評価値である新累積経路評価値を計算し、経路更新手段が、前記新累積経路評価値が前記自経路評価値よりも小さい場合、前記上り中継先記憶部に対して、新たな前記上り中継先ノード情報として受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットのパケット送信元を記憶させ、前記自経路評価値記憶手段に対して、新たな前記自経路評価値として前記累積経路評価値を記憶させて更新処理を行い、前記周辺ノード記憶手段に記憶されたノードに対して新たな前記自経路評価値を送信することにより、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路を決定するルート構築ステップを含む。

[0021] 本願発明の第7の観点は、コンピュータを、第5の観点のスレーブノードとして機能させるためのプログラムである。

[0022] なお、受信電力評価値計算手段は、式(eq1)において、 $A_0$ をリセット・ルーティング・パケットの受信電力 $R_0$ として、自然数 $n$ に対して、 $\alpha_n = n / (n + 1)$ かつ $\beta_n = 1 / (n + 1)$ として受信電力評価値を計算するものであってもよい。特に、本願発明の第6の観点において、リセット・ルーティング・パケットを受信したスレーブノードの初期化手段が、前記周辺ノード記憶手段に記憶された情報を削除した後、前記周辺ノード記憶手段に対して、リセット・ルーティング・パケットの受信電力を受信電力評価値の初期値とし

、リセット・ルーティング・パケットの送信元ノードと受信電力評価値の初期値を組み合わせて記憶させるものであってもよい。また、本願発明の第7の観点のプログラムを（定常的に）記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体としてとらえてもよい。

[0023] [数1]

$$A_n = \alpha_n \times A_{n-1} + \beta_n \times R_n. \quad (\text{eq1})$$

[0024] なお、関数 $\alpha_n$ 及び $\beta_n$ は、例えば、 $\alpha_n + \beta_n \leq 1$ （特に、 $\alpha_n + \beta_n = 1$ 。）である関数であってもよい。さらに、 $n \rightarrow \infty$ に対して $\alpha_n \rightarrow 1$ 及び $\beta_n \rightarrow 0$ である関数とすることにより、受信電力評価値 $A_n$ をより安定したものとして計算することができる。

### 発明の効果

[0025] 本願発明によれば、従来の最小伝搬損ルーティングとは異なり、各ルート構築処理の開始のきっかけとなるノーマル・ルーティング・パケットのRSSIだけでなく、直近のリセット・ルーティング・パケットの受信以降に受信された他のノーマル・ルーティング・パケットのRSSIも考慮してルート構築処理を行うことにより、リセット・ルーティング・パケットの受信以降、各ノードが固定設置され、設置位置の変動がない状態でRSSIが変動する場合においても、安定した中継経路を構築することが可能となる。

[0026] さらに、本願発明の第2及び第5の観点にあるように、リセット・ルーティング・パケットの受信から $n$ 番目（ $n$ は2以上の自然数）に受信したノーマル・ルーティング・パケットの受信電力評価値 $A_n$ を、このノーマル・ルーティング・パケットの受信電力 $R_n$ に加えて受信電力評価値 $A_{n-1}$ を利用して求めることにより、各スレーブノードに記憶する変数を制限し、さらに、計算処理も軽減することができ、スレーブノードの実現を容易にすることができる。特に、無線バックホールの伝送路では、RSSIは一般に対数正規分布に従うことが知られており、本願発明の第3の観点にあるように、 $A_n$ を逐次平均により求めることにより、漸近的に安定した中継経路を獲得することができる。また、本願発明の第4の観点にあるように、関数 $\alpha_n$ 又は $\beta_n$ 及び $\beta_n$ を

定数とすることにより、RSSIの変動を緩和することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

- [0027] [図1]本願発明の実施例である通信システム1の概要を示す図である。
- [図2]RSSIの変動(線a)及び逐次平均の変化(線b)を示すグラフである。
- [図3]図1のコアノード5の構成の一例を示すブロック図である。
- [図4]図3のコアノード5の動作の一例を示すフロー図である。
- [図5]図1のスレーブノード7<sub>i</sub>の構成の一例を示すブロック図である。
- [図6]図5のスレーブノード7<sub>i</sub>の動作の一例を示すフロー図である。
- [図7]本実施例の実験により構築された安定ルートを示す図である。
- [図8]従来の最小伝播損ルーティングにおけるスレーブノードの動作を示すフロー図である。

### 発明を実施するための形態

- [0028] 以下では、図面を参照して、本願発明の実施例について説明する。なお、本願発明は、この実施例に限定されるものではない。

### 実施例

- [0029] 図1は、本願発明の実施例である通信システム1の概要を示す図である。通信システム1は無線バックホールシステムであり、各基地局は固定設置される。通信システム1の基地局は2種類あり、基幹網3に有線接続するコアノード5(本願請求項の「コアノード」の一例)と、複数のスレーブノード7<sub>1</sub>、・・・、7<sub>10</sub>(本願請求項の「スレーブノード」の一例)である。基地局間は無線通信が可能であり(以下では、基地局間の無線通信回線を「中継回線」という。)、中継回線では、図1に示されるように、コアノード5を中心とするツリー型の経路が構築される。また、各基地局には無線通信が可能な領域(クラスターセル)がある。例えば携帯電話のように、移動可能で、基地局と無線通信可能な携帯端末9は、ある基地局のクラスターセル内に存在すれば、この基地局との間で無線通信を行う(以下、基地局と携帯端末等との間の無線通信回線を「アクセス回線」という。)。携帯端末9は、アク

セス回線及び中継回線により基幹網 3 に接続することができる。

- [0030] 続いて、本実施例におけるルーティングプロトコルについて、RSSI の逐次平均により、RSSI の評価値を計算する場合について説明する（以下、「本プロトコル」という。）。本プロトコルは複数回のラウンドにより構成され、各ラウンドでは、各中継ノードが周辺のノードとルーティングパケットの送受信を繰り返し行い、RSSI の逐次平均を計算して、完全なルーティングを一つ構築する。
- [0031] 無線バックホールの伝搬路において、RSSI は一般に対数正規分布に従うことが知られている（非特許文献 2 参照）。すなわち、デシベルで表示された RSSI は、振幅の分布が正規分布に従う確率過程である。
- [0032] ノード間の RSSI を一定時間間隔で均一サンプリングした値の系列  $\{R_n, n=1, 2, \dots\}$  の逐次平均値  $\{A_n, n=1, 2, \dots\}$  を式(1)により定義する。逐次平均の系列  $\{A_n\}$  は、 $n$  が大きくなるにつれ当該確率過程の平均値に収束する（非特許文献 3 参照）。そのため、ラウンドの回数を増やすと、各ノード間の RSSI の逐次平均は一定の値に収束するので、各ラウンドで構築したルートは漸近的に安定したルートへと収束する。
- [0033] [数2]
- $$A_n = \begin{cases} R_1, & n=1 \\ \frac{A_{n-1} \times (n-1) + R_n}{n}, & n=2,3,\dots \end{cases} \quad (1)$$
- [0034] 図 1 の中継回線において、伝搬路は人の動きなどによるフェージングの影響を受け変動する。図 2 のグラフにおいて、三角形の印でプロットされた線 a は、IEEE802.11a を無線インターフェースにした場合に、実際に観測された RSSI の時間変動の様子を示すものである。RSSI は、時間とともに激しく変動する。そのため、従来の最小伝播損ルーティング等を用いて、この RSSI の変動に常に追従しようとするれば、中継回線の経路は不安定なものになってしまう。
- [0035] それに対し、図 2 のグラフにおいて、バツ印でプロットされた線 b は、式(1)によって得られる逐次平均の変化を示すものである。図 2 の線 b は、- 5

2 dBmから-55 dBmに変化した後、この値に安定している。このように、ノード間のRSSIを一定間隔でサンプリングして逐次平均をとることにより、一定時間後、RSSIの変動は抑制できることが分かる。

- [0036] 続いて、図3乃至図6を参照して、本プロトコルにおける図1のコアノード5及びスレーブノード $7_i$  ( $i$ はスレーブノードの個数以下の自然数)の構成及び動作の一例について説明する。
- [0037] まず、本プロトコルで扱っているルーティングパケット、各ノードが保持するルーティング変数及びパラメータ等について定義する。
- [0038] 「自ノードメトリック」(本願請求項の「自経路評価値」の一例)は、各ノードにおいて、当該ノードからコアノードまでの中継経路上の伝搬損の和である。各ノードは、この自ノードメトリックを保持し、電源投入時に最大値で初期化する。
- [0039] 「ルーティングパケット」は、コアノード5が、各スレーブノード $7_i$ に対して送信するものである。ルーティングパケットには2種類あり、コアノード5が各スレーブノード $7_i$ に対し既存ルート情報のクリア要求を出すときに使うリセット・ルーティング・パケット(本願請求項の「リセット・ルーティング・パケット」の一例)と、ルートを構築する時に使うノーマル・ルーティング・パケット(本願請求項の「ノーマル・ルーティング・パケット」の一例)である。ルーティングパケットには、累積メトリック(本願請求項の「累積経路評価値」の一例)とパケットIDの情報が含まれる。ここで、ルーティングパケットに含まれる累積メトリックは、当該ルーティングパケットを送信したノードが送信時に保持していた自ノードメトリックである。
- [0040] 「周辺ノードテーブル」は、周辺ノードのアドレス、RSSIの逐次平均並びにルーティングパケットの送信回数を記録したテーブルである。ここで、周辺ノードとは、自ノードとパケットの送受信ができる範囲内にあるノードである。
- [0041] 「上り中継先」は、各スレーブノード $7_i$ においてルーティング情報として保持された、上り中継先ノードのアドレス(本願請求項の「上り中継先ノード」)

ド情報」の一例)である。本プロトコルでは、Bellman-Fordアルゴリズムを採用する。そのため、構築される中継経路は、図1のようなツリー構造であり、各スレーブノード $7_i$ は唯一の上り中継先のみを持つ。そこで、各スレーブノード $7_i$ は、ルーティング情報として上り中継先ノードのアドレスを保持する。下り中継先は中継動作時、上り方向に中継されるパケットの送信元アドレスを調べて確認することができるので、ルーティング時には決定せず、経路が確定後に調べる。

- [0042] 「自ノードTimeID」は、各ルーティングパケットの送信時刻を識別するために持つタイムスタンプである。
- [0043] また、本プロトコルで必要とするパラメータは、各スレーブノードのルーティング履歴クリアの待ち時間 $T_w$ 、ラウンドの実行回数 $N_r$ 、ラウンド間の間隔 $T_c$ 、各ラウンドでコアノードの待ち時間 $T_r$ 、及び、スレーブノードの待ち時間 $T_s$ である。
- [0044] まず、図3を参照して、図1のコアノード5について構成の一例を説明する。
- [0045] コアノード5は、周辺ノードテーブルを記憶するノード記憶部13と、各種パラメータを記憶するパラメータ記憶部15と、電源スイッチ17及びリセットボタン19が設けられた入力部21と、スレーブノード $7_i$ と無線通信する無線通信部23と、コアノード5の動作を制御する制御部25と、ノード記憶部13の周辺ノードテーブルを更新するノード登録処理部27を備える。無線通信部23は、アンテナ29と、アンテナ29による通信を制御する通信制御部31を備える。電源スイッチ19は、コアノード5の電源投入時に操作されるものである。リセットボタン21は、例えば、コアノード5及びスレーブノード $7_i$ の一部又は全部の配置を変更した場合や、スレーブノード $7_i$ の一部を通信システム1から削除したり、スレーブノードを新たに追加したりする場合のように、配置されたノードに変更があり、外部から、中継経路を新たに構築するよう指示するために操作されるものである。
- [0046] 次に、図4を参照して、図1のコアノード5の動作の一例を説明する。図

4は、この処理は、初期化が必要な場合と、それから $T_c$ 時間間隔で $N_r$ 回行われるものである。図4では、初期化が必要な場合として、電源スイッチ19又はリセットボタン21が操作された場合を例に説明する。

[0047] 制御部25は、パワーオン又はリセットボタン21が押されたか否かを判断する(ステップSTC1)。操作された場合、コアノード5において、制御部25は、リセット・ルーティング・パケットの packets IDとコアノード5の自ノードTimeIDは、ルーティングパケットを送信する時刻に設定し、無線通信部23の通信制御部31を制御して、アンテナ部29より、各スレーブノード7<sub>i</sub>に対してリセット・ルーティング・パケットを送信し(ステップSTC2)、 $T_w$ 時間(例えば7秒)待ち(ステップSTC3)、 $T_c$ 間隔で、各スレーブノード7<sub>i</sub>に対してノーマル・ルーティング・パケットを送信する(ステップSTC4)。この時、ルーティングパケットの累積メトリックは0で、packets IDはコアノードがブロードキャストパケットを送信する時刻に設定する。他方、ステップSTC1において、パワーオンでもリセットボタン21が押されてもいない場合には、ステップSTC4の処理を行う。これが一回のラウンドであり、コアノード5はラウンドが始まってから $T_r$ 時間経つとラウンドを終了し、通信システム1は一回のルーティングを完了する。また、ノード登録パケットを受信すると、ノード登録処理部27は、そのパケットの packets 送信元のノードを周辺ノードとして、ノード記憶部13の周辺ノードテーブルに登録する(ステップSTC5)。

[0048] なお、時間間隔 $T_c$ は、一定間隔だけでなく、本プロトコルでは、漸近的に安定することから、回数に応じて時間間隔を変更するようにしてもよい。また、制御部25は、ステップSTC1において、例えば週末や、一日でも夜間と昼間などの時間帯に応じて中継経路を変更するように、所定の時刻でリセット・ルーティング・パケットのブロードキャストを行うようにしてもよい。

[0049] 続いて、図5及び図6を参照して、図1のスレーブノード7<sub>i</sub>について説明する。



- [0050] 図5を参照して、図1のスレーブノード7<sub>i</sub>の構成の一例を説明する。スレーブノード7<sub>i</sub>は、自ノードメトリックを記憶する自経路評価値記憶部51<sub>i</sub>（本願請求項の「自経路評価値記憶手段」の一例）と、上り中継先ノードのアドレスを記憶する上り中継先記憶手段53<sub>i</sub>（本願請求項の「上り中継先記憶手段」の一例）と、自ノードTimeIDを記憶するTimeID記憶部55<sub>i</sub>と、周辺ノードテーブルを記憶するノード記憶部57<sub>i</sub>（本願請求項の「ノード記憶手段」の一例）と、各種パラメータを記憶するパラメータ記憶部59<sub>i</sub>と、他のノードと無線通信を行う無線通信部65<sub>i</sub>と、スレーブノード7<sub>i</sub>の動作を制御する制御部71<sub>i</sub>を備える。無線通信部65<sub>i</sub>は、他のノードと無線通信を行うためのアンテナ61<sub>i</sub>と、アンテナ61<sub>i</sub>による通信を制御する通信制御部63<sub>i</sub>を備える。
- [0051] 制御部71<sub>i</sub>は、受信したパケットの種類を判断する判断部73<sub>i</sub>と、リセット・ルーティング・パケットを受信した場合に周辺ノードテーブル等を初期化する初期化部75<sub>i</sub>（本願請求項の「初期化手段」の一例）と、ノーマル・ルーティング・パケットを受信した場合にコアノード5から当該スレーブノード7<sub>i</sub>へ至る中継経路の構築処理を行うルート構築処理部77<sub>i</sub>（本願請求項の「ルート構築処理手段」の一例）を備える。
- [0052] ルート構築処理部77<sub>i</sub>は、受信したノーマル・ルーティング・パケットのパケット送信元が周辺ノードテーブルに登録されていない場合にパケット送信元を登録するノード登録処理部81<sub>i</sub>（本願請求項の「ノード登録処理手段」の一例）と、リセット・ルーティング・パケットの受信からn番目（nは自然数）に受信したノーマル・ルーティング・パケットの受信電力R<sub>n</sub>の逐次平均A<sub>n</sub>（本願請求項の「受信電力評価値」の一例）を式(1)により計算する受信電力評価値計算部83<sub>i</sub>（本願請求項の「受信電力評価値計算手段」の一例）と、受信パケットのパケットIDと自ノードTimeIDを比較し、新しいラウンドが始まったか否かを判断する新ラウンド処理部85<sub>i</sub>と、逐次平均A<sub>n</sub>を用いて送信元ノードから自ノードまでの伝搬損を計算し、受信パケットに含まれる累積メトリックと加算して新しいメトリック（以下、「新メトリック」

という。)を計算する累積経路評価値計算部87<sub>i</sub>(本願請求項の「累積経路評価値計算手段」の一例)と、新メトリックと自ノードメトリックを比較する比較部89<sub>i</sub>と、新メトリックが自ノードメトリックよりも小さい場合、パケット送信元を新たな上り中継先とし、新メトリックを新たな自ノードメトリックとして更新処理を行い、周辺ノードテーブルに記憶された各ノードに対して更新後の自ノードメトリックを送信する経路更新部89<sub>i</sub>(本願請求項の「経路更新手段」の一例)を有する。

[0053] ここで、累積経路評価値計算部87<sub>i</sub>は、式(2)により伝搬損を計算する。TX\_POWERは送信電力を表し、単位はdBmである。

[0054] [数3]

$$PassLoss = 10^{\frac{TX\_POWER - RSSI}{10}} \quad (2)$$

[0055] 次に、図6を参照して、図5のスレーブノード7<sub>i</sub>の動作について説明する。

[0056] スレーブノード7<sub>i</sub>は、ルーティングパケットの受信を待ち(ステップSTS1)、ルーティングパケットを受信すると、判断部73<sub>i</sub>は、受信したルーティングパケットの種類を判断する(ステップSTS2)。リセット・ルーティング・パケットの場合、初期化部は、受信パケットの packets ID を調べ、自分のTimeIDより新しければ、同じリセット・ルーティング・パケットを周辺ノードにブロードキャストし、周辺ノードテーブルをクリアして、自ノードメトリックを最大値に設定し、自ノードTimeIDを受信パケットの packets ID に設定する(ステップSTS3)。

[0057] ノーマル・ルーティング・パケットを受信した場合、ノード登録処理部81<sub>i</sub>は、送信元ノードを確認し、周辺ノードテーブルに当該送信元ノードの登録がないかを調べ(ステップSTS4)。登録されていない場合、周辺ノードテーブルに登録する。その際、受信時のRSSIを逐次平均の初期値とし、受診回数は1に設定する(ステップSTS5)。

[0058] 既にテーブルに登録されているノードからのルーティングパケットである場合、受信電力評価値計算部83<sub>i</sub>は、当該送信元ノードに対する現逐次平均

$A_{n-1}$ と受信電力 $R_n$ から式(1)により新たな逐次平均 $A_n$ を求め、計算した値でテーブルの当該ノードの逐次平均を更新し、受信回数を1回増やす(ステップS T S 6)。

[0059] 次に、新ラウンド処理部85<sub>i</sub>は、受信パケットの packets ID を調べ、自ノードTimeIDより新しい場合、新しいラウンドが始まったと判断し(ステップS T S 7)、自ノードメトリックを最大値に、また自ノードTimeIDを受信パケットの packets ID に設定する(ステップS T S 8)。以前のラウンドであれば、ステップS T S 9の処理へ進む。

[0060] 次に、累積経路評価値計算部87<sub>i</sub>は、逐次平均されたRSSIを用いて送信元ノードから自ノードまでの伝搬損を計算し、受信パケットに含まれる累積メトリックと加算して新メトリックを得る(ステップS T S 9)。

[0061] 次に、比較部87<sub>i</sub>は、新メトリックと自ノードメトリックを比較する(ステップS T S 10)。新メトリックが自ノードメトリックより小さい場合、自ノードメトリックを当該値で更新し、上り中継先を受信パケットの送信元ノードのアドレスに更新する。そして、新メトリックを累積メトリックとする新しいルーティングパケットをブロードキャストする(ステップS T S 11)。小さくない場合には、ステップS T S 1の処理に戻る。

[0062] スレーブノード7<sub>i</sub>は、新しいラウンドが始まってから $T_s$ 時間が経過したらラウンドを終了する。

[0063] 続いて、ノード間RSSIの逐次平均を用いたルーティング手法をテストベッド上に実装し、実フィールドで特性評価を行った。テストベッドには、発明者らが推進する文部科学省知的クラスタ創成事業II期「MIMO-MESHポイント」の開発プロジェクトの成果物であるPicomesh LunchBox(以下、「LB」という。)を用いた。

[0064] LBは、802.11b/g/a準拠の汎用無線LANモジュールを3系統搭載していて、中継回線用に2系統、アクセス回線用に1系統割り当てられている。各無線モジュールには異なる周波数チャンネルを割り当て、アクセス回線と中継回線の間干渉を回避する。

- [0065] 図7に示すように、コアノードCと5つのスレーブノード $S_1 \sim S_5$ の通信システムを構築する。実験時プロトコルのパラメータは、各ラウンドでコアノードの待ち時間 $T_r$ が2秒、各ラウンドでスレーブノードの待ち時間 $T_s$ が2秒、スレーブノードのリセット待ち時間 $T_w$ が5秒、各ラウンドの間隔 $T_c$ が3分、ラウンド回数 $N_r$ が100回である。
- [0066] 表1は、従来の最小伝搬損ルーティングを適用して、3分間毎に、計100回のルーティングを実行した場合に出現した中継経路のパターンと、本実施例におけるルーティングプロトコルを適用して、同様に計100回のルーティングを実行し、出現した中継経路のパターンの実験結果を示すものである。
- [0067] 従来のルーティング手法を適用した場合は、時間帯により、8つの異なるパターンの中継経路が構築されている。ルーティング時の伝搬路の状況に依存しており、システムが不安定である。これに対し、提案プロトコルを適用した場合は、2、3回目のラウンドから図7に示すルート1に固定されることを確認した。よって、本実施例により、伝搬路が時間変動する実環境でも安定した中継経路が構築できるのが分かる。

- [0068] [表1]

出現パターン	従来手法	本実施例
Route1	35%	100%
Route2	20%	0%
Route3	10%	0%
Route4	5%	0%
Route5	15%	0%
Route6	5%	0%
Route7	5%	0%
Route8	5%	0%

- [0069] なお、本実施例は、コアノードが一つのシステムを前提にしているが、複数のコアノードが存在するシステムにも容易に拡張することができる。コアノードが複数存在する場合、ルーティングパケットが、各コアノードから送信される。そのため、例えば、コアノード5は、初期化の際に自ノードTimeIDを0に設定する。コアノード5は、リセット・ルーティング・パケットを受信すると、パケットIDを調べ、自ノードTimeIDより新しければ、同じリセ

ット・ルーティング・パケットをブロードキャストし、自ノードTimeIDを受信パケットのパケットIDで更新する。それから、 $T_w$ 時間後 $T_c$ 間隔で周囲にノーマル・ルーティング・パケットをブロードキャストし、送信回数が $N_r$ に達すると終了する。このようなシステムとすることにより、複数のコアノードが存在する場合でも実現することができる。

[0070] また、本願発明は、受信電力評価値計算部83<sub>i</sub>の受信電力評価値の計算も、本実施例に限定されない。例えば、式(3)にあるように、リセット・ルーティング・パケットの受信電力 $R_0$ を受信電力評価値の初期値 $A_0$ とし、 $n$ 番目（ $n$ は自然数）に受信したノーマル・ルーティング・パケットの受信電力評価値 $A_n$ について、ルーティングパケットの受信電力の逐次平均により計算するものであってもよい。この場合、図6のステップSTS3において、初期化部75<sub>i</sub>が周辺ノード記憶部57<sub>i</sub>を初期化する場合には、周辺ノード記憶部57<sub>i</sub>に対して、リセット・ルーティング・パケットの送信元ノードと受信電力評価値の初期値を組み合わせて記憶させ、その後は、逐次平均を計算すればよい。このように、リセット・ルーティング・パケットの受信電力を用いて受信電力評価値を計算するようにしてもよい。一般的には、受信電力評価値計算部83<sub>i</sub>は、受信したノーマル・ルーティング・パケットの受信電力だけでなく、リセット・ルーティング・パケットの受信電力又は／及び他のノーマル・ルーティング・パケットの一部又は全部の受信電力も用いて受信電力評価値を計算するようにしてもよい。特に、 $n$ 番目（ $n$ は2以上の自然数）に受信したノーマル・ルーティング・パケットの受信電力 $R_n$ の評価値である受信電力評価値 $A_n$ を、 $\alpha_n$ 及び $\beta_n$ （ $\alpha_n$ 及び $\beta_n$ は $n$ の関数であり、恒等的に0でない関数。）に対して式(4)により計算してもよい。この場合、 $n$ が1のときは、例えば、 $A_1=R_1$ としてもよい。さらに、 $A_0$ をリセット・ルーティング・パケットの受信電力 $R_0$ として式(4)と同様に定数倍の加算により $A_1$ を計算してもよい。

[0071] さらに、式(4)において、 $\alpha_n$ 及び $\beta_n$ の少なくとも一方は、定数であってもよい。このような定数とすることにより、RSSIの変動を緩和することが

可能となる。

[0072] また、図6において、ステップS T S 7及びS T S 8の処理の前に、ステップS T S 9の処理を行うようにしてもよい。

[0073] [数4]

$$A_n = \frac{n \times A_{n-1} + R_n}{n+1}. \text{ ただし、 } A_0 = R_0. \quad (3)$$

$$A_n = \alpha_n \times A_{n-1} + \beta_n \times R_n. \quad (4)$$

## 先行技術文献

### 特許文献

[0074] 特許文献1：特許第3928636号公報

特許文献2：特許第4227737号公報

特許文献3：特許第4389929号公報

### 非特許文献

[0075] 非特許文献1：江幡、古川著，“無線基地局中継網における中継用指向性アンテナ数と所要周波数帯域に関する検討”，信学技法，RCS2001-94，July 2001.

非特許文献2：Andrea Goldsmith，“Wireless Communications”.

非特許文献3：B. P. Lathi，“Modern Digital and Analog Communication system”.

### 符号の説明

[0076] 1 通信システム、3 基幹網、5 コアノード、7<sub>1</sub> スレーブノード、5 1<sub>1</sub> 自経路評価値記憶部、5 3<sub>1</sub> ノード記憶部、7 5<sub>1</sub> 初期化部、8 1<sub>1</sub> ノード登録処理部、8 3<sub>1</sub> 受信電力評価値計算部、8 7<sub>1</sub> 累積経路評価値計算部、9 1<sub>1</sub> 経路更新部

## 請求の範囲

[請求項1]

基幹網に接続するコアノードと、前記コアノードに直接又は他のスレーブノードを経由して無線通信により接続する複数のスレーブノードを備える通信システムであって、

前記コアノードは、前記スレーブノードに対して、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の初期化を指示するリセット・ルーティング・パケットを送信し、その後、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の構築を指示するノーマル・ルーティング・パケットを複数送信するものであり、

前記各スレーブノードは、

前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の評価値である自経路評価値を記憶する自経路評価値記憶手段と、

当該スレーブノードから前記コアノードへ至る通信経路における最初の中継先ノードである上り中継先ノードを示す上り中継先情報を記憶する上り中継先記憶手段と、

前記リセット・ルーティング・パケットを受信してから $n$ 個（ $n$ は自然数）の前記ノーマル・ルーティング・パケットを同じ送信元ノードより受信した場合、前記送信元ノードを新たな前記上り中継先ノードとするか否かを判断して前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路を決定するルート構築処理手段を備え、

前記ルート構築処理手段は、

$n$ 番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力に基づき、当該スレーブノードと前記送信元ノードとの間の受信電力の評価値である受信電力評価値を計算する受信電力評価値計算手段と、

前記コアノードから前記送信元ノードに至る中継経路の評価値及び前記受信電力評価値に基づいて、 $n$ 番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが経由した通信経路の評価値である新累積

経路評価値を計算する新累積経路評価値計算手段と、

前記新累積経路評価値が前記自経路評価値よりも小さい場合、前記上り中継先記憶部に対して、新たな前記上り中継先ノード情報として受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの packets 送信元を記憶させ、前記自経路評価値記憶手段に対して、新たな前記自経路評価値として前記累積経路評価値を記憶させて更新処理を行う経路更新手段を有し、

前記受信電力評価手段は、 $n$  が 2 以上の場合に、 $n$  番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力だけでなく、前記リセット・ルーティング・パケットの受信電力又は／及び他に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの一部又は全部の受信電力にも基づき、当該スレーブノードと前記送信元ノードとの間の受信電力の評価値である受信電力評価値を計算する、通信システム。

[請求項2] 前記受信電力評価値計算手段は、 $n$  番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力  $R_n$  の評価値である受信電力評価値  $A_n$  を、定数又は前記リセット・ルーティング・パケットの受信電力を初期値として、 $\alpha_n$  及び  $\beta_n$  ( $\alpha_n$  及び  $\beta_n$  は  $n$  の関数であり、 $\alpha_n$  は恒等的に 0 でない関数。) に対して式 (eq1) により計算する、請求項 1 記載の通信システム。

[数1]

$$A_n = \alpha_n \times A_{n-1} + \beta_n \times R_n. \quad (\text{eq1})$$

[請求項3] 式 (eq1) において、 $A_1 = R_1$  であり、 $n$  が 2 以上の場合に  $\alpha_n = (n - 1) / n$  かつ  $\beta_n = 1 / n$  である、請求項 2 記載の通信システム。

[請求項4] 式 (eq1) において、 $\alpha_n$  又は／及び  $\beta_n$  は定数である、請求項 2 記載の通信システム。

[請求項5] 基幹網に接続するコアノードに直接又は他のノードを経由して無線通信により接続するスレーブノードであって、



前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の評価値である自経路評価値を記憶する自経路評価値記憶手段と、

当該スレーブノードから前記コアノードへ至る通信経路における最初の中継先ノードである上り中継先ノードを示す上り中継先情報を記憶する上り中継先記憶手段と、

前記コアノードから、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の初期化を指示するリセット・ルーティング・パケットを受信してから、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の構築を指示するノーマル・ルーティング・パケットを同じ送信元ノードより  $n$  個 ( $n$  は自然数) 受信した場合、前記送信元ノードを新たな前記上り中継先ノードとするか否かを判断して前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路を決定するルート構築処理手段を備え、

前記ルート構築処理手段は、

$n$  番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力  $R_n$  を評価する受信電力評価値  $A_n$  を、前記リセット・ルーティング・パケットの受信電力及び受信した  $n$  個の前記ノーマル・ルーティング・パケットの逐次平均、又は、受信した  $n$  個の前記ノーマル・ルーティング・パケットの逐次平均により計算する受信電力評価値計算手段と、

前記コアノードから前記送信元ノードに至る中継経路の評価値及び前記受信電力評価値に基づいて、 $n$  番目に受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが経由した通信経路の評価値である新累積経路評価値を計算する新累積経路評価値計算手段と、

前記新累積経路評価値が前記自経路評価値よりも小さい場合、前記上り中継先記憶部に対して、新たな前記上り中継先ノード情報として受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットのパケット送信元を記憶させ、前記自経路評価値記憶手段に対して、新たな前記自経路

評価値として前記累積経路評価値を記憶させて更新処理を行う経路更新手段を有する、スレーブノード。

[請求項6]

基幹網に接続するコアノードと、前記コアノードに直接又は他のスレーブノードを経由して無線通信により接続する複数のスレーブノードを備える通信システムにおけるルート構築方法であって、

前記各スレーブノードは、

前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の評価値である自経路評価値を記憶する自経路評価値記憶手段と、

当該スレーブノードから前記コアノードへ至る通信経路における最初の中継先ノードである上り中継先ノードを示す上り中継先情報を記憶する上り中継先記憶手段と、

パケットを送受信可能なノード及び当該ノードとのパケット送受信時の受信電力の評価値である受信電力評価値の組み合わせを記憶する周辺ノード記憶手段を備え、

前記コアノードが、前記スレーブノードに対して、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の初期化を指示するリセット・ルーティング・パケットを送信し、前記リセット・ルーティング・パケットを受信したスレーブノードの初期化手段が、当該リセット・ルーティング・パケットを初めて受信したか否かを判断し、初めて受信した場合には、同じ前記リセット・ルーティング・パケットを前記周辺ノード記憶手段に記憶されたノードに送信して、前記周辺ノード記憶手段に記憶された情報を削除し、前記自経路評価値を最大値に設定する初期化ステップと、

前記コアノードが、前記スレーブノードに対して、前記コアノードから当該スレーブノードへ至る通信経路の構築を指示するノーマル・ルーティング・パケットを、送信された順番を特定して複数送信し、前記ノーマル・ルーティング・パケットを受信した前記スレーブノードにおいて、

受信電力評価値計算手段が、

受信したノーマル・ルーティング・パケットの送信元ノードが、前記周辺ノード記憶手段に記憶されていない場合には、前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力に基づき当該スレーブノードと前記送信元ノードとの間の受信電力の評価値である受信電力評価値を計算し、前記周辺ノード記憶手段に対して、前記送信元ノードと前記受信電力評価値の組み合わせを記憶させ、

受信したノーマル・ルーティング・パケットの送信元ノードが、前記周辺ノード記憶手段に記憶されている場合には、前記ノーマル・ルーティング・パケットの受信電力だけでなく、前記周辺ノード記憶手段に記憶された前記受信電力評価値にも基づいて、新たな受信電力評価値を計算し、前記周辺ノード記憶手段に対して、前記送信元ノードと新たな前記受信電力評価値の組み合わせを記憶させ、

新ラウンド処理手段が、前記送信された順番に基づいて、受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが、以前に受信したことの無い前記ノーマル・ルーティング・パケットであるか否かを判断し、受信したことがないならば、前記新自経路評価値を最大値とし、

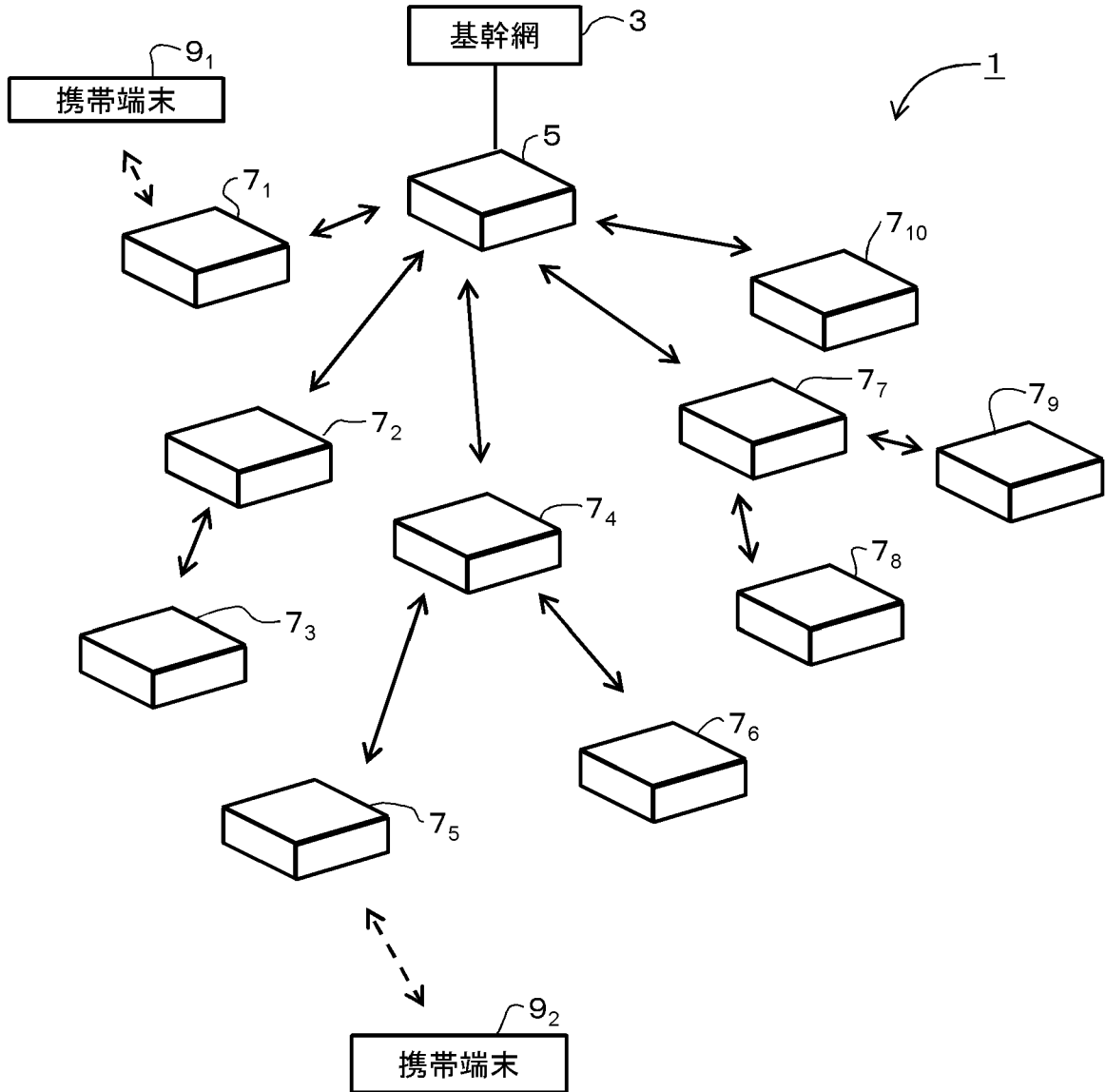
新累積経路評価値計算手段が、前記コアノードから前記送信元ノードに至る中継経路の評価値及び前記受信電力評価値に基づいて、受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットが経由した通信経路の評価値である新累積経路評価値を計算し、

経路更新手段が、前記新累積経路評価値が前記自経路評価値よりも小さい場合、前記上り中継先記憶部に対して、新たな前記上り中継先ノード情報として受信した前記ノーマル・ルーティング・パケットの送信元を記憶させ、前記自経路評価値記憶手段に対して、新たな前記自経路評価値として前記累積経路評価値を記憶させて更新処理を行い、前記周辺ノード記憶手段に記憶されたノードに対して新たな前記自経路評価値を送信することにより、前記コアノードから当

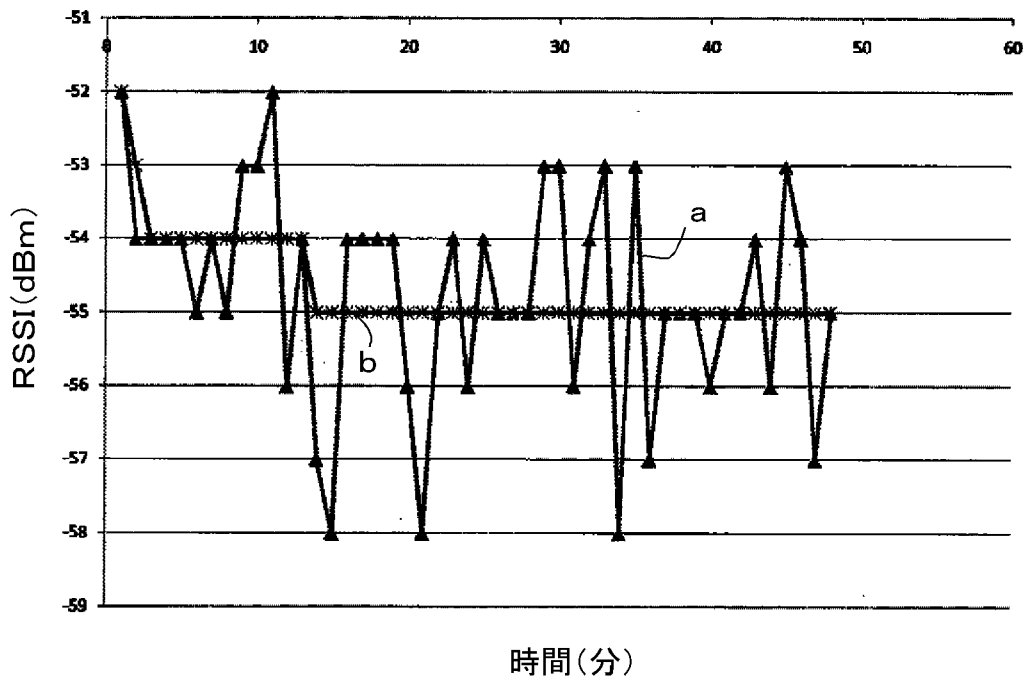
該スレーブノードへ至る通信経路を決定するルート構築ステップを含むルート構築方法。

[請求項7]        コンピュータを、請求項5記載のスレーブノードとして機能させるためのプログラム。

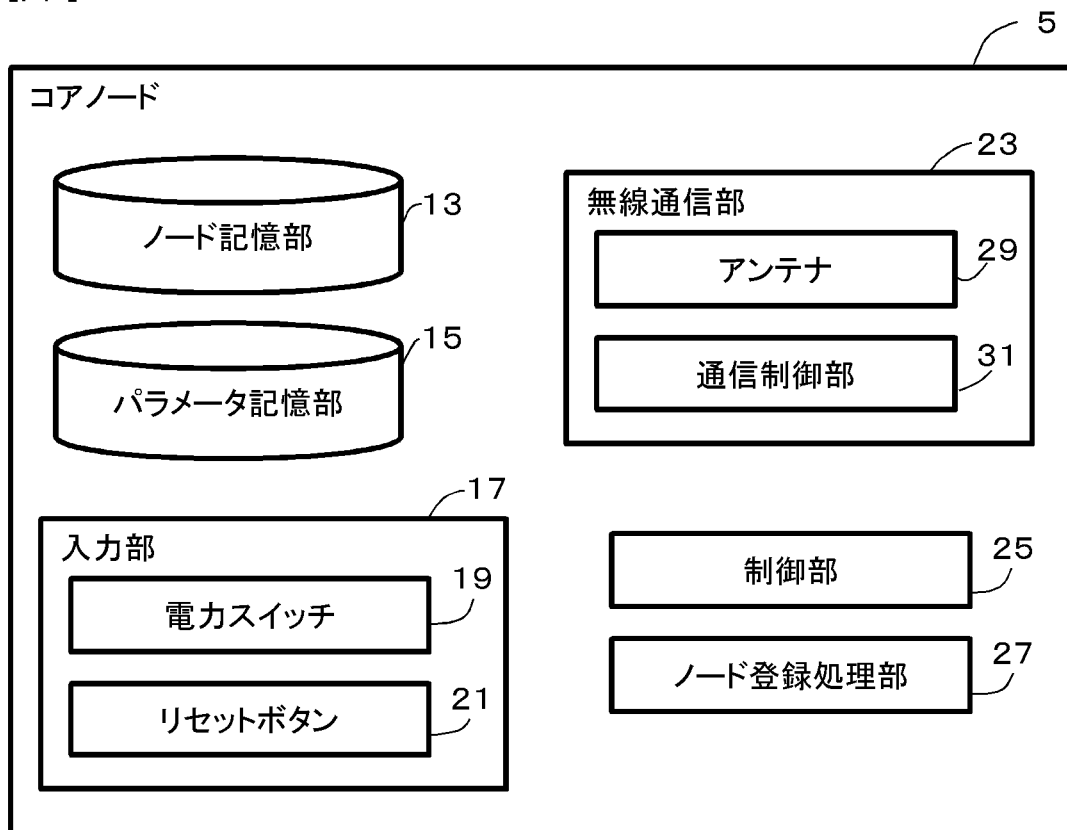
[図1]



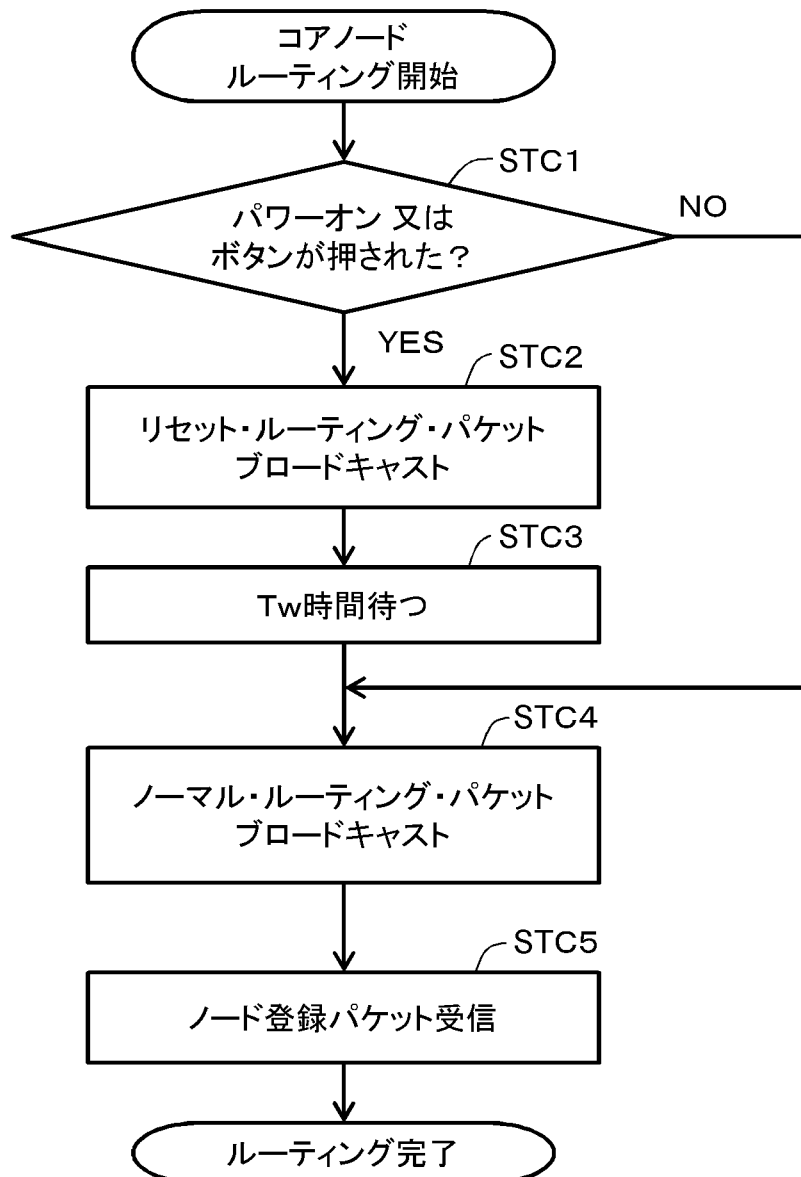
[図2]



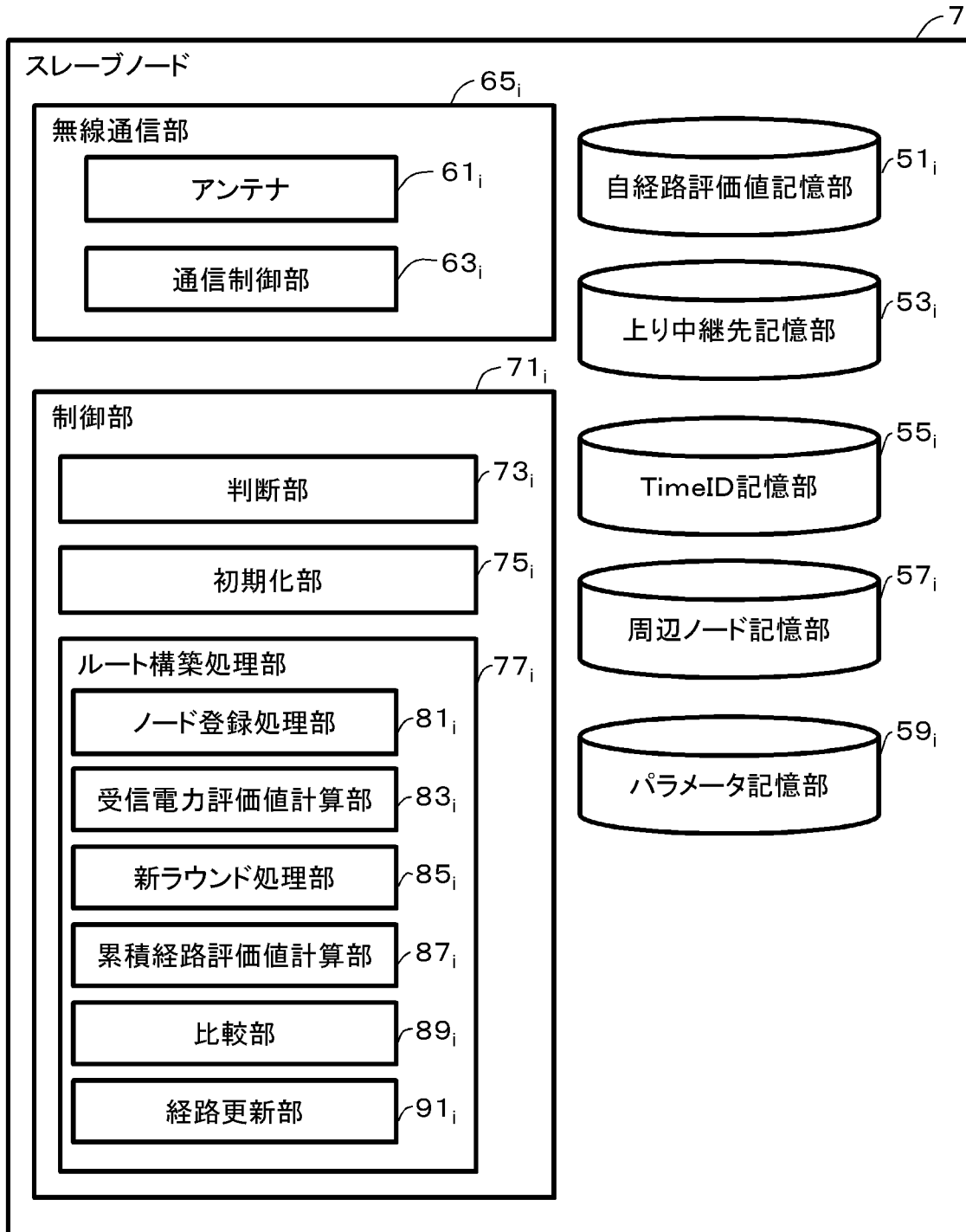
[図3]



[図4]

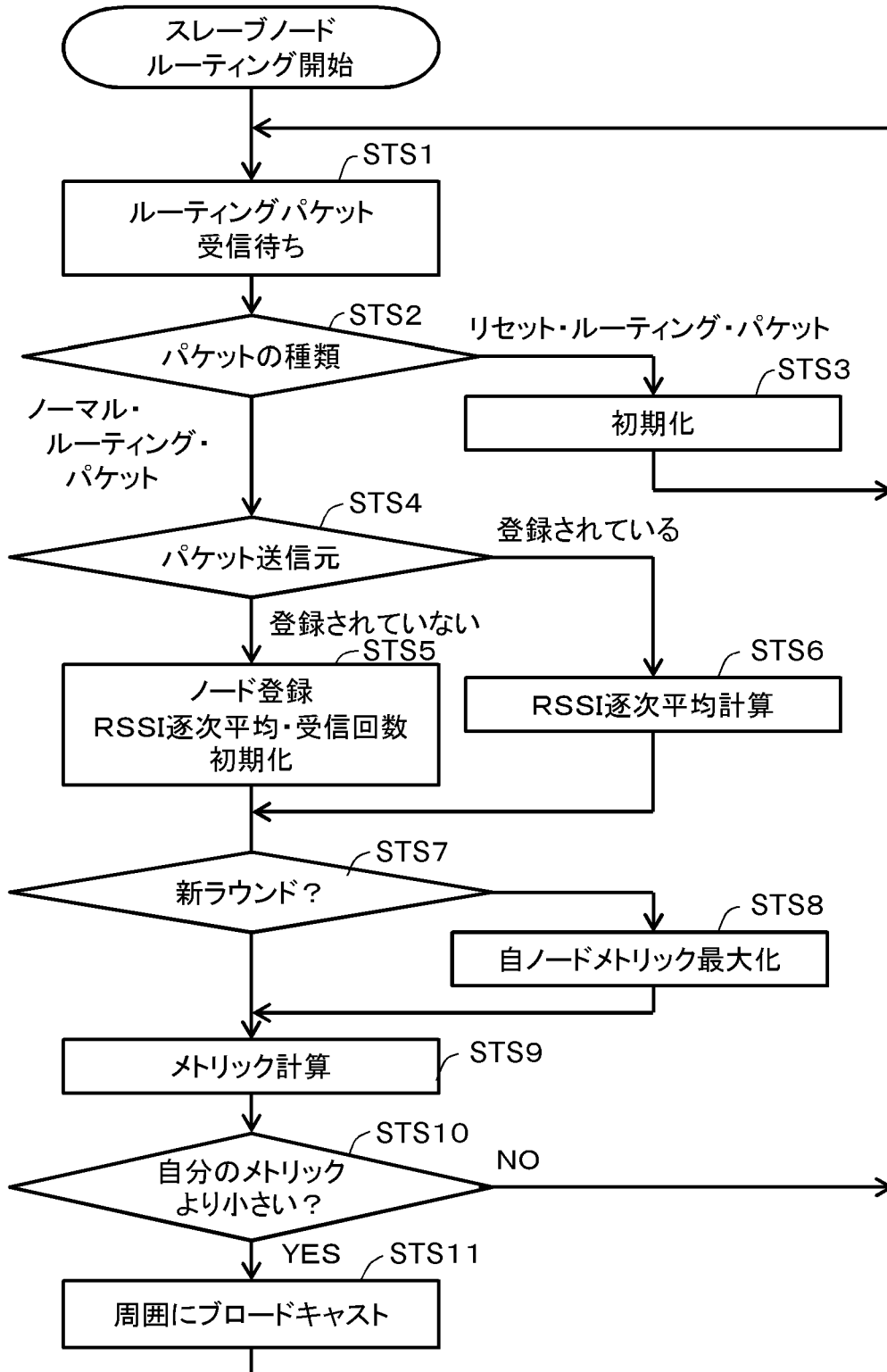


[図5]

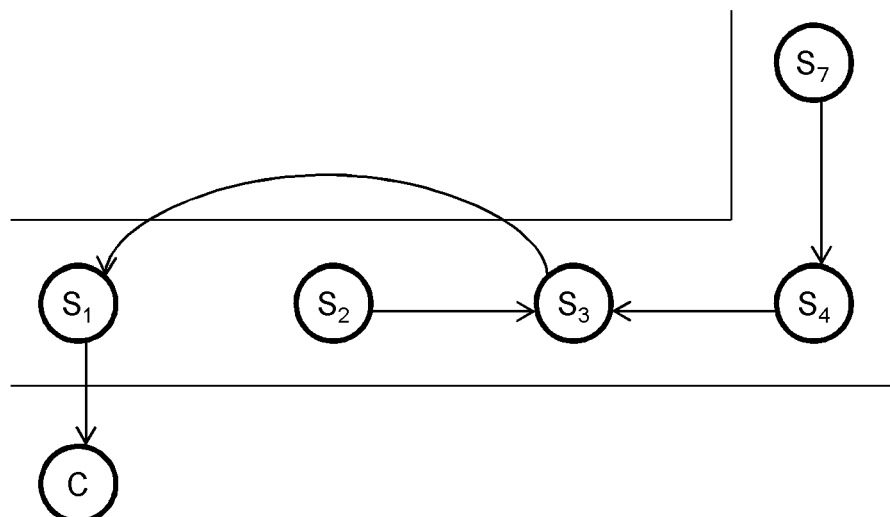




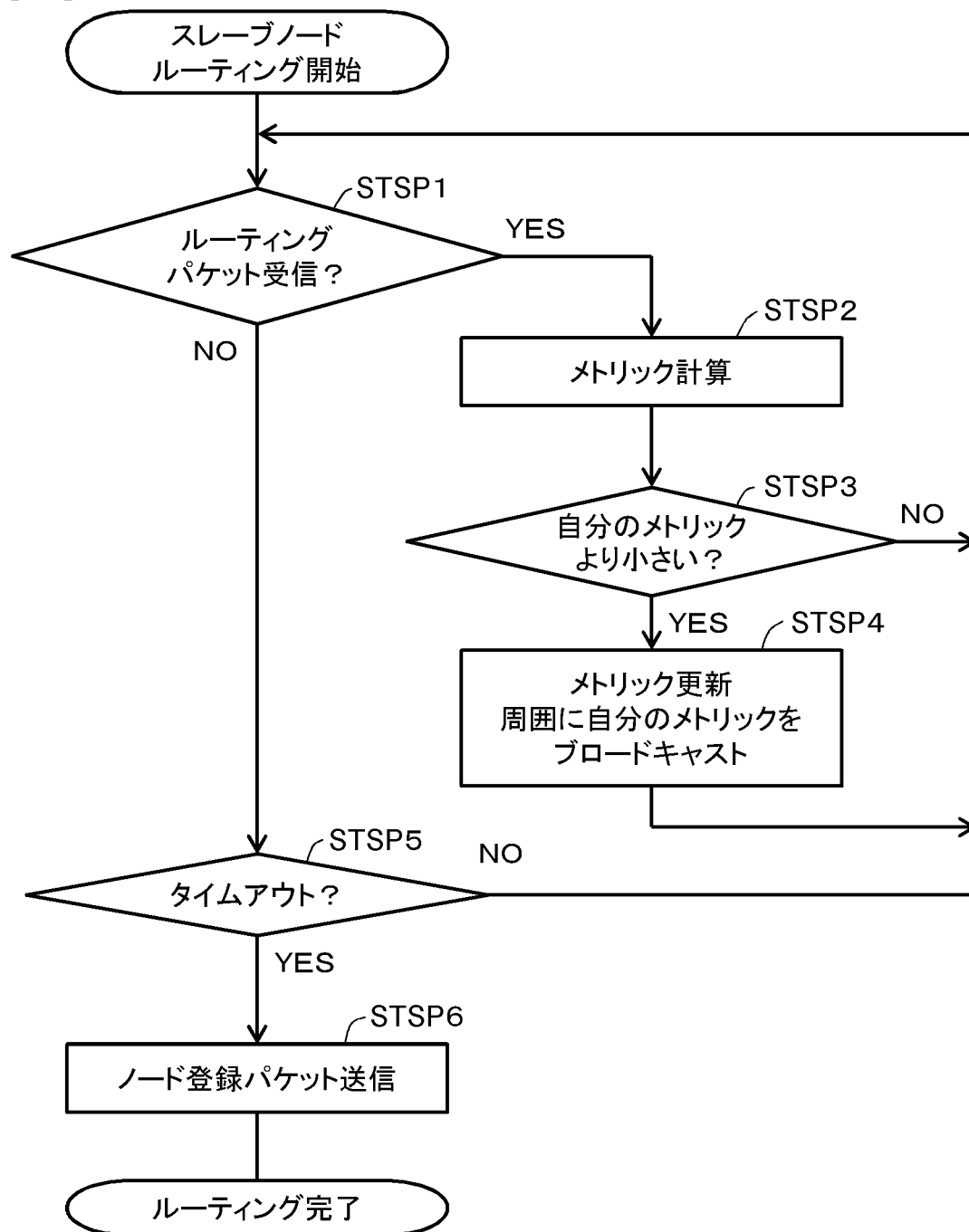
[図6]



[図7]



[図8]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/053845

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H04W40/12(2009.01)i, H04W40/28(2009.01)i, H04W84/18(2009.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B7/24-7/26, H04W4/00-99/00, H04L12/28, H04L12/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-252781 A (Fujitsu Ltd.), 15 September 2005 (15.09.2005), entire text; all drawings & US 2005/197127 A1	1-7
A	JP 2009-130517 A (NEC Communication Systems, Ltd., Kabushiki Kaisha Advanced Telecommunications Research Institute International), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
24 March, 2011 (24.03.11)

Date of mailing of the international search report  
05 April, 2011 (05.04.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H04W40/12(2009.01)i, H04W40/28(2009.01)i, H04W84/18(2009.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H04B7/24-7/26, H04W4/00-99/00, H04L12/28, H04L12/56

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2011年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-252781 A (富士通株式会社) 2005.09.15, 全文、全図 & US 2005/197127 A1	1-7
A	JP 2009-130517 A (日本電気通信システム株式会社、株式会社国際 電気通信基礎技術研究所) 2009.06.11, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                  「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの                  「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)                  「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                  「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献                  「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの                  「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                  「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日  
 24.03.2011

国際調査報告の発送日  
 05.04.2011

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)	5 J	3 7 8 2
石原 由晴		
電話番号 03-3581-1101 内線 3534		