

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-175425
(P2017-175425A)

(43) 公開日 平成29年9月28日(2017.9.28)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO4W 40/12 (2009.01) HO4W 40/12 5K067
 HO4W 84/22 (2009.01) HO4W 84/22

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-60224 (P2016-60224)
 (22) 出願日 平成28年3月24日(2016.3.24)

(71) 出願人 502129933
 株式会社日立産機システム
 東京都千代田区神田練馬町3番地
 (74) 代理人 110001689
 青稜特許業務法人
 (72) 発明者 大石 巧
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 齋藤 利行
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 Fターム(参考) 5K067 AA21 BB27 DD17 DD43 DD44
 EE02 EE16 EE25 FF16 HH23
 LL05 LL08 LL11

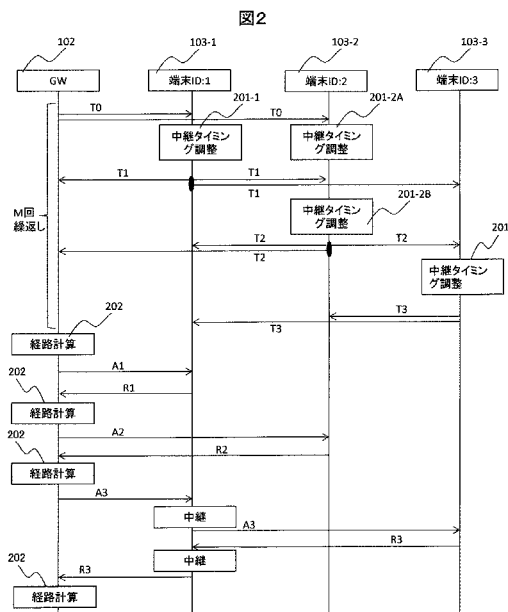
(54) 【発明の名称】 無線システム、通信経路設定方法、および、無線端末装置

(57) 【要約】

【課題】 マルチホップ通信可能な範囲内に存在する無線端末に対して、信頼性高く効率的に試験データを配信することである。

【解決手段】 第1無線端末と、第1の無線端末と通信する複数の第2無線端末を備える無線システムである。このシステムでは、第1無線端末は、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行い、第2無線端末は、試験データの中継送信を一斉同報送信で行う。中継送信では、第1無線端末または他の第2無線端末から一斉同報送信された試験データを受信すると、試験データからシーケンス番号を取得し、シーケンス番号の試験データの中継送信したかを判定し、中継送信していなければ、受信した試験データを一斉同報送信し、中継送信していれば受信した試験データを一斉同報送信しない。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 無線端末と、該第 1 の無線端末と通信する複数の第 2 無線端末を備える無線システムであって、

前記第 1 無線端末は、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行い、

前記第 2 無線端末は、前記試験データの中継送信を一斉同報送信で行い、

前記中継送信では、

前記第 1 無線端末または他の前記第 2 無線端末から一斉同報送信された前記試験データを受信すると、

前記試験データから前記シーケンス番号を取得し、当該シーケンス番号の前記試験データを中継送信したかを判定し、

中継送信していなければ、受信した前記試験データを一斉同報送信し、

中継送信していれば受信した前記試験データを一斉同報送信しない、

無線システム。

10

【請求項 2】

前記試験データを受信した、前記第 1 無線端末および前記第 2 無線端末は、通信品質を測定し、

前記第 1 無線端末は、

隣接する前記第 2 無線端末から前記通信品質を受信し、

隣接する前記第 2 無線端末を介して、隣接しない前記第 2 無線端末の前記通信品質を受信する、

請求項 1 記載の無線システム。

20

【請求項 3】

前記試験データを受信した、前記第 1 無線端末および前記第 2 無線端末は、通信品質を測定し、

前記試験データは、送信元を特定する送信元 ID を含み、

前記第 1 無線端末および前記第 2 無線端末は、測定した前記通信品質に前記送信元 ID を対応付けて計測値表を作成し、

前記第 1 無線端末は、

隣接する前記第 2 無線端末から一斉同報送信された前記試験データから第 1 の計測値表を作成し、

30

前記第 1 の計測値表にある前記送信元 ID に対応する、隣接する前記第 2 無線端末に対して、前記通信品質の問い合わせを行い、

隣接する前記第 2 無線端末から、当該第 2 無線端末が作成した第 2 の計測値表を受信し、

前記第 1 無線端末および前記第 1 無線端末に接続される外部装置の少なくとも一つは、

前記第 1 の計測値表および前記第 2 の計測値表から、隣接していない前記第 2 無線端末への経路を計算し、

前記第 1 無線端末は、

計算した前記経路により、隣接していない前記第 2 無線端末に対して、通信品質の問い合わせを行い、

40

隣接していない前記第 2 無線端末から、当該第 2 無線端末が作成した第 3 の計測値表を受信する、

請求項 1 記載の無線システム。

【請求項 4】

前記第 2 無線端末は、前記試験データの中継送信を行う際に、

自己の前記送信元 ID に基づいて、中継タイミングを計算する、

請求項 3 記載の無線システム。

【請求項 5】

前記第 2 無線端末は、前記試験データの中継送信を行う際に、

50

前記試験データを受信すると、自己の前記送信元IDに基づいて、中継タイミングを計算し、前記試験データの前記シーケンス番号、前記中継タイミング、および、送信済みか否かを示す送信済フラグを対応付けて、中継タイミング表に格納し、

前記中継タイミング表の前記中継タイミングに従って前記試験データの中継送信を行い、中継送信を行った前記試験データに対応する前記送信済フラグを変更し、

前記中継タイミングの計算に際しては、前記中継タイミング表を検索し、同じシーケンス番号が登録されている前記試験データについては、試験タイミングを計算せずに廃棄する、

請求項3記載の無線システム。

【請求項6】

10

前記第1無線端末は、前記試験データの送信を行う際に、

計測間隔Iで複数回送信するとともに、前記試験データに前記計測間隔Iの情報を含めて送信し、

前記第2無線端末は、前記中継タイミングを計算する際に、

前記計測間隔Iを用いる、

請求項5記載の無線システム。

【請求項7】

前記第2無線端末は、

前記第2の計測値表を作成する際に、自らを特定する情報を受信IDとして前記第2の計測値表に含めておき、

20

前記計測値表には、一つの前記送信元IDに対して測定した前記通信品質を対応付けたデータセットを含み、

前記第1無線端末および前記第1無線端末に接続される外部装置の少なくとも一つは、

前記第2の計測値表を受信すると、前記第1の計測値表と集計し、

前記受信IDと前記データセットから、一つの前記送信元IDと一つの前記受信IDの組に対して、一つの通信品質情報を計算して通信品質情報表を作成する、

請求項3記載の無線システム。

【請求項8】

前記第1無線端末は、

前記試験データの送信を行う際に、所定計測間隔でM回(Mは自然数)前記試験データを送信し、

30

前記第2無線端末は、

前記第2の計測値表に、一つの前記送信元IDに対して測定した複数の前記通信品質を対応付けたデータセットを含める、

請求項7記載の無線システム。

【請求項9】

前記第1無線端末および前記第1無線端末に接続される外部装置の少なくとも一つは、前記受信IDと前記データセットから、一つの前記送信元IDと一つの前記受信IDの組に対して、一つの通信品質情報を計算して通信品質情報表を作成する際に、

一つの前記送信元IDに対して測定した複数の前記通信品質から、複数の前記通信品質の平均値を計算し、当該平均値を前記一つの通信品質情報とする、

40

請求項8記載の無線システム。

【請求項10】

前記第1無線端末および前記第1無線端末に接続される外部装置の少なくとも一つは、前記受信IDと前記データセットから、一つの前記送信元IDと一つの前記受信IDの組に対して、一つの通信品質情報を計算して通信品質情報表を作成する際に、

一つの前記送信元IDに対して測定した複数の前記通信品質のエントリ数を、前記Mで除算することで到達度を計算し、当該到達度を前記一つの通信品質情報とする、

請求項8記載の無線システム。

【請求項11】

50

前記第 1 無線端末および前記第 1 無線端末に接続される外部装置の少なくとも一つは、前記通信品質情報表に基づいて、前記第 1 無線端末から所望の前記第 2 無線端末に至る経路候補を抽出して経路候補リストを作成し、

前記経路候補リストの前記経路候補から、前記通信品質情報に基づいて前記経路候補を選択して抽出し、経路表を作成する、

請求項 7 記載の無線システム。

【請求項 1 2】

前記第 1 無線端末に接続される外部装置は、

前記第 1 無線端末とネットワークを介して接続された 1 または複数の情報処理装置である、

請求項 3 記載の無線システム。

【請求項 1 3】

第 1 無線端末と、該第 1 の無線端末と通信する複数の第 2 無線端末を備える無線通信網の通信経路設定方法であって、

前記第 1 無線端末は、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行い、

前記第 2 無線端末は、前記試験データの中継送信を一斉同報送信で行い、

前記中継送信では、

前記第 1 無線端末または他の前記第 2 無線端末から一斉同報送信された前記試験データを受信すると、

前記試験データから前記シーケンス番号を取得し、当該シーケンス番号の前記試験データを中継送信したかを判定し、

中継送信していなければ、受信した前記試験データを一斉同報送信し、

中継送信していれば受信した前記試験データを一斉同報送信しないようにし、

前記試験データを受信した、前記第 1 無線端末および前記第 2 無線端末は、通信品質を測定し、

前記第 1 無線端末は、

隣接する前記第 2 無線端末から前記通信品質を受信し、

隣接する前記第 2 無線端末を介して、隣接しない前記第 2 無線端末の前記通信品質を受信し、

前記第 1 無線端末あるいは前記第 1 無線端末に接続された外部装置は、

前記第 1 無線端末で測定した前記通信品質、隣接する前記第 2 無線端末で測定した前記通信品質、および、隣接しない前記第 2 無線端末で測定した前記通信品質に基づいて、所望の前記第 2 無線端末への通信経路を計算する、

無線通信網の通信経路設定方法。

【請求項 1 4】

前記試験データを受信した、前記第 1 無線端末および前記第 2 無線端末は、通信品質を測定し、

前記試験データは、送信元を特定する送信元 ID を含み、

前記第 1 無線端末および前記第 2 無線端末は、測定した前記通信品質に前記送信元 ID を対応付けて計測値表を作成し、

前記第 1 無線端末は、

隣接する前記第 2 無線端末から一斉同報送信された前記試験データから第 1 の計測値表を作成し、

前記第 1 の計測値表にある前記送信元 ID に対応する、隣接する前記第 2 無線端末に対して、前記通信品質の問い合わせを行い、

隣接する前記第 2 無線端末から、当該第 2 無線端末が作成した第 2 の計測値表を受信し、

前記第 1 無線端末および前記第 1 無線端末に接続される外部装置の少なくとも一つは、

前記第 1 の計測値表および前記第 2 の計測値表から、隣接していない前記第 2 無線端末への前記通信経路を計算し、

10

20

30

40

50

前記第 1 無線端末は、

計算した前記通信経路により、隣接していない前記第 2 無線端末に対して、通信品質の問い合わせを行い、

隣接していない前記第 2 無線端末から、当該第 2 無線端末が作成した第 3 の計測値表を受信する、

請求項 1 3 記載の無線通信網の通信経路設定方法。

【請求項 1 5】

第 1 無線端末と、該第 1 の無線端末と通信する複数の第 2 無線端末を備え、前記第 1 無線端末が、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行う無線システムにおける、前記第 2 無線端末を構成する無線端末装置であって、

前記第 1 無線端末または他の前記第 2 無線端末から一斉同報送信された前記試験データを受信すると、

前記試験データから前記シーケンス番号を取得し、当該シーケンス番号の前記試験データを中継送信したかを判定し、

中継送信していなければ、受信した前記試験データを一斉同報送信し、

中継送信していれば受信した前記試験データを一斉同報送信せず、

かつ、

前記第 1 無線端末または他の前記第 2 無線端末から一斉同報送信された前記試験データを受信すると、

通信品質を測定し、前記試験データの送信元である前記第 1 無線端末または他の前記第 2 無線端末を特定する情報とともに計測値表として格納し、

前記第 1 無線端末からの要求に応じて、前記計測値表を、自装置を特定する情報とともに前記第 1 無線端末に送信する、

無線端末装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の無線端末間をマルチホップ通信する無線データシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

工場等の現場にマルチホップ通信を行う無線端末を設置することを考えた場合、無線端末の追加・削除・移動や、モノや人の移動等による無線通信環境の変動が大きいことが予想される。他方、無線端末を用いて手軽に、しかし確実にセンサデータを収集したいという要求が存在する。これに応えるため、すべての無線端末に対して、変動する無線通信環境に追随し、常に通信品質のよい経路を設定する必要がある。従来技術の 1 つに、宛先となる無線端末を 1 つ指定し、一斉同報通信を用いることで、経路上に存在するすべての無線端末に関し、その隣接する無線端末の情報を収集することで、よりよい通信経路を選択する技術が知られている（特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 181056 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来技術は無線システム内に存在する端末をすでに把握できていることを前提としており、未知の端末を自動で検出する手段を持たない。したがって、無線端末を追加した場合に手動でその旨設定する必要がある、その設定が完了するまで追加無線端末と通信できない場合がある。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明は上記課題を鑑みて創意されたものであり、その目的は無線システムに存在する未知の無線端末を自動的に検出するために、マルチホップ通信可能な範囲内に存在する無線端末に対して、信頼性高く効率的に試験データを配信することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決する本発明の一側面は、第1無線端末と、第1の無線端末と通信する複数の第2無線端末を備える無線システムである。このシステムでは、第1無線端末は、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行い、第2無線端末は、試験データの中継送信を一斉同報送信で行う。中継送信では、第1無線端末または他の第2無線端末から一斉同報送信された試験データを受信すると、試験データからシーケンス番号を取得し、シーケンス番号の試験データの中継送信したかを判定し、中継送信していなければ、受信した試験データを一斉同報送信し、中継送信していれば受信した試験データを一斉同報送信しない。

10

【0007】

本発明の他の一側面は、第1無線端末と、第1の無線端末と通信する複数の第2無線端末を備える無線通信網の通信経路設定方法である。この方法において、第1無線端末は、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行い、第2無線端末は、試験データの中継送信を一斉同報送信で行う。中継送信では、第1無線端末または他の第2無線端末から一斉同報送信された試験データを受信すると、試験データからシーケンス番号を取得し、当該シーケンス番号の試験データの中継送信したかを判定し、中継送信していなければ、受信した試験データを一斉同報送信し、中継送信していれば受信した試験データを一斉同報送信しないようにする。試験データを受信した、第1無線端末および第2無線端末は、通信品質を測定する。第1無線端末は、隣接する第2無線端末から通信品質を受信し、隣接する第2無線端末を介して、隣接しない第2無線端末の通信品質を受信する。第1無線端末あるいは第1無線端末に接続された外部装置は、第1無線端末で測定した通信品質、隣接する第2無線端末で測定した通信品質、および、隣接しない第2無線端末で測定した通信品質に基づいて、所望の第2無線端末への通信経路を計算する。

20

【0008】

本発明の他の一側面は、第1無線端末と、第1の無線端末と通信する複数の第2無線端末を備え、第1無線端末が、シーケンス番号を含む試験データの送信を一斉同報送信で行う無線システムにおける、第2無線端末を構成する無線端末装置である。この無線端末装置では、第1無線端末または他の第2無線端末から一斉同報送信された試験データを受信すると、試験データからシーケンス番号を取得し、当該シーケンス番号の試験データの中継送信したかを判定し、中継送信していなければ、受信した試験データを一斉同報送信し、中継送信していれば受信した試験データを一斉同報送信しない。また、第1無線端末または他の第2無線端末から一斉同報送信された試験データを受信すると、通信品質を測定し、試験データの送信元である第1無線端末または他の第2無線端末を特定する情報とともに計測値表として格納し、第1無線端末からの要求に応じて、計測値表を、自装置を特定する情報とともに第1無線端末に送信する。

30

【0009】

本発明の他の一側面は、1個の無線親機と複数の無線子機から構成されマルチホップ通信を行うネットワークシステムである。親機は、無線通信品質計測用の試験データを一斉同報する試験機能、計測した無線品質を収集するために子機に問合せする機能、収集した無線品質から品質のよい通信経路を計算する機能を具備する。また子機は、シーケンス番号ごとに中継済の有無を記憶する機能を具備し、一斉同報された試験データを受信した際、試験データから抽出したシーケンス番号ごとに中継済の有無を検査し、無の場合にのみあらかじめ定められた規則に従い計算されたタイミングで試験データを一斉同報する機能を具備し、親機からの試験データ一斉同報による無線システム内の隣接無線端末の存在を検知するとともに、隣接無線機との通信品質を計測する機能を具備する。

40

【発明の効果】

50

【0010】

マルチホップ通信可能な範囲内に存在する未知の無線端末に対しても、試験データを信頼性高く効率的に配信することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一実施例のネットワーク構成図

【図2】本発明の一実施例によるシーケンス図

【図3】本発明の一実施例のネットワークを構成するGWと無線端末のハードウェア構成図

【図4】GWの機能ブロック図

10

【図5】GWのスケジューリング部のフローチャート

【図6】GWの試験データ送信部のフローチャート

【図7】GWの試験データ受信部のフローチャート

【図8】GWの計測値問合せ部のフローチャート

【図9】GWの通信品質計算部のフローチャート

【図10】GWの通信品質出力部のフローチャート

【図11】GWの経路計算部のフローチャート

【図12】経路計算部における経路候補リストアップ機能のフローチャート

【図13】GWが保持する経路候補リスト。計測値収集前の状態

【図14】GWが保持する経路候補リスト。端末ID:1, 端末ID:2の計測値収集後の状態

20

【図15】GWが保持する経路候補リスト。端末ID:3, 端末ID:4, 端末ID:5の計測値収集後の状態

【図16】GWが保持する経路表の例

【図17】GWと無線端末が保持する計測値表の例

【図18】GWが保持する通信品質情報表の例

【図19】無線端末の機能ブロック図

【図20】無線端末の試験データ受信部のフローチャート

【図21】無線端末の試験データ中継タイミング調整部のフローチャート

【図22】無線端末の試験データ中継部のフローチャート

【図23】無線端末の計測値問合せ受信返信部のフローチャート

30

【図24】無線端末が保持する中継タイミング表の例

【図25】クラウドで経路計算を行う場合のシーケンス図

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照し本発明を実施するための形態を説明する。

【0013】

実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。本発明の思想ないし趣旨から逸脱しない範囲で、その具体的構成を変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。

【0014】

40

以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、重複する説明は省略することができる。

【0015】

本明細書等における「第1」、「第2」、「第3」などの表記は、構成要素を識別するために付するものであり、必ずしも、数または順序を限定するものではない。また、構成要素の識別のための番号は文脈毎に用いられ、一つの文脈で用いた番号が、他の文脈で必ずしも同一の構成を示すとは限らない。また、ある番号で識別された構成要素が、他の番号で識別された構成要素の機能を兼ねることを妨げるものではない。

【0016】

図面等において示す各構成の位置、大きさ、形状、範囲などは、発明の理解を容易にす

50

るため、実際の位置、大きさ、形状、範囲などを表していない場合がある。このため、本発明は、必ずしも、図面等に開示された位置、大きさ、形状、範囲などに限定されない。

【0017】

以下の実施例では、親機例えばゲートウェイが司令塔となり、未知の（無線）端末の存在を検出しつつ、検出した端末ごとに計測結果を収集することを繰り返す。このとき、直前までに収集した計測結果をもとに、通信品質のよい経路を選択し、計測結果の収集を行う。

【0018】

まず、親機から試験データを一齐同報送信する。この試験データを受信した隣接する端末は、さらに試験データを中継して一齐同報送信する。さらに、中継された試験データを受信した端末も、さらに試験データを中継して一齐同報送信する。このようにして、原理的には全ての端末が試験データを受信できるようにする。中継送信では、受信した試験データの同一性を判定し、既に中継送信済の試験データは一齐同報送信しない構成とすることで、不必要に試験データが中継されることを防止し、信頼性と効率を両立させている。

【0019】

親機に隣接する端末は、親機から試験データを受信すると、通信品質と試験データの送信元を特定する情報を計測結果として格納する。また、中継された試験データを受け取った端末も、通信品質と送信元を特定する情報を計測結果として格納する。親機自身も、隣接する端末が中継した試験データを受信すると、通信品質と送信元を特定する情報を計測結果として格納する。親機と各端末はこのように、隣接する端末とのリンクに関する計測結果を格納する。

【0020】

ここで、「隣接する端末」とは、親機または他の端末（端末等という）から通信可能な電波が届く範囲にある端末をいう。すなわち、隣接する端末等同士は、他の端末等を經由しないで通信が可能である。

【0021】

親機は、自分が持つ計測結果により隣接する端末を知ることができるので、隣接する端末に対して計測結果の問い合わせを行う。隣接する端末は自分の持つ計測結果を親機に送信する。親機は隣接する端末から計測結果を入手すると、当該計測結果により隣接する端末に隣接する端末の情報を知ることができる。この情報を用いて、隣接する端末に隣接する端末に対して、計測結果の問い合わせを行う。隣接する端末に隣接する端末から計測結果を得ると、さらに未知の端末の存在と通信品質を知ることができるので、新たに発見した端末に対して計測結果の問い合わせを行う。このようにして、原理的には全ての端末の存在と通信品質を知ることができる。

【0022】

また、入手した端末の情報には、当該端末を特定する情報と、当該端末と隣接する端末との間の通信品質の情報が含まれているので、新たに見出した未知の端末への経路候補が複数ある場合には、品質の良い経路を選定することができる。

【実施例1】

【0023】

（1．全体システム構成）

図1は、本発明の実施例の適用例となる無線システムの構成図である。無線部分は1台の親機、例えばゲートウェイ102（以下GWと略す）と、センサ等を接続して得られたデータを送信、または、他の無線端末から送信されたデータを中継する機能をもつ複数（例えば100個）の無線端末103から構成される。GW102は無線端末TM1（103 1）～TM9（103 9）等からセンサのデータを収集し、外部サーバ101に送信する役割を持つ。

【0024】

以下、まず、図2を用いてGW102と無線端末103の連携動作を説明し、図3～図18を用いてGW102が持つ機能、図17と図19～図24を用いて無線端末103が

10

20

30

40

50

持つ機能を詳細に説明することで、本発明の実施形態を述べる。

【0025】

(2.全体シーケンス)

図2は、本発明の一実施例による無線システムのシーケンス図である。ここでは簡単のため、無線端末は無線端末103-1(以下ID1と呼ぶ)、無線端末103-2(同ID2)、無線端末103-3(同ID3)の3台としているが、4台以上でも同様の説明が当てはまる。いま、GWとID1、ID2が隣接、ID3がID1、ID2と隣接しているが、GWとID3は隣接していない、とする。すなわち、GWとID1、ID2は通信範囲内(例えば100m以内)に位置して直接通信ができるが、GWとID3は直接通信ができない。

10

【0026】

まず、GW102から試験データT0を一斉同報送信(ブロードキャスト)する。試験データTGには、シーケンス番号と、送信元IDが含まれる。これは隣接する無線端末103の存在を検出すると同時に、その無線品質を計測することを目的としている。ID1、ID2はこの試験データT0を受信できるので、GWの存在を検出し、GWとの無線品質を計測する。

【0027】

次にID1、ID2は受信した試験データの中継し、一斉同報を行う。この時、ID1、ID2はまだお互いの存在を把握していない。このため、一斉同報送信に同じチャネルを使う可能性がある場合には、かつてに中継すると試験データの衝突が起き、送信できないことがある。このため、中継タイミング調整201を行い、ID1とID2が確実に一斉同報可能とする。ここでは、ID順に中継を行うものとする。よって、先にID1が試験データT1の中継する。試験データT1には、元と同じシーケンス番号と、送信元ID(中継した無線機ID1を特定するID)が含まれる。この試験データT1をGWとID2とID3が受信する。GWはID1の存在を検出し、同時にID1との無線品質を計測する。ID2とID3もID1の存在を検出し、同時にID1との無線品質を計測する。

20

【0028】

ID2はGWとID1から同一のシーケンス番号を持つ試験データT0とT1を受信している。ID1からの試験データT1の中継すると、二重に中継することになり、それらを受信したID2に隣接する無線端末、ここではID3、は余分に無線品質を計測することになる。

30

【0029】

これを防ぐため、ID2は中継タイミング調整の際、すでに自分が送信した試験データのシーケンス番号を確認し、重複する場合は中継しないようにする。ID1から試験データT1を受信したタイミングでは、ID2はまだ試験データT2を送信していないが、試験データT2は送信の準備に入っている。このため、送信前にスケジューリング(中継タイミング調整)をする場合には、送信済の試験データのシーケンス番号を確認するだけでは不足である。すでに中継タイミング調整が決定し、今後送信予定となっている試験データのシーケンス番号も、中継タイミング調整後に受信した試験データのシーケンス番号と比較して、確認し、同じであれば中継タイミング調整後に受信した試験データは送信しない。

40

【0030】

上記の処理により、ID2は中継タイミング調整201-2Aでは、試験データT0をT2として中継する準備をする。また、中継タイミング調整201-2Bでは、同じシーケンス番号を持つ試験データT1は中継する準備をしない。このようにすることで、ID2はシーケンス番号を重複することなく、試験データT2を送信することができる。他の無線端末103も同様に動作し、重複なく試験データをGWから末端の無線端末まで伝搬させることができる。すなわち、各無線端末103は、同じシーケンス番号を持つ試験データを各1回ずつ中継する。

【0031】

50

GW102は上記の試験データ送信を、予め決められた計測間隔Iで、予め決められた計測回数M回分繰返し実施する。すなわち、この場合シーケンス番号Jは、 $M \times J + 1$ (M、Jは自然数)に設定される。これにより、GW102と各無線端末103では、それぞれ隣接する端末との間の無線品質を最大M回計測した計測値が得られる。つまり、無線システムを構成する、すべての隣接する無線端末間(GW含む)の無線品質をM回計測可能となる。なお、この計測に要する時間はだいたい $I \times M$ で見積もることができる。計測値には、測定した試験データの無線品質の情報と、試験データの送信元を特定する情報を含む(図17の計測値表1908参照)。

【0032】

次に上記計測値をGW102に集約する。GWはID1とID2とは直接通信可能なため、自身が持つ無線品質の計測値を用いて、ID1とID2が隣接していることを検出できる(経路計算)。その結果を用いて、ID1、ID2へ順番に計測値問合せA1、A2を行う(1対1通信)。ID1、ID2は前記問合せに対して、自身が持つ計測値(図17で説明する計測値表)をすべて送信する(R1、R2)。例えばID1は、試験データT0、T2、T3を受信しており、これらの計測値を持っている。よって、GWに対してこれらをR1として送信する。なお、GW102は、無線端末103から計測値を受信するたびに、経路計算202をやり直す。これにより、常に通信品質のよい通信経路を維持可能となる。

【0033】

ID1から受信した計測値R1により、GWはID3の存在を検出する。同様にID2から受信した計測値により、ID3の存在を検出する。すなわち、GWはID3に至る通信経路として、ID1経由とID2経由が存在することを検出する。経路計算202によりどちらかを選択し、GW102はID3に対して計測値問い合わせを行う。例えば、図2の例ではGWはID1経由で計測値問い合わせA3を行う。ID3が前記問合せに回答してID1経由で計測値R3を送信することにより、GWはID1~3すべての無線端末から計測値を収集完了する。これら計測値を用いて再度経路計算202をすることで、GWとID1、GWとID2、GWとID3の間の通信経路を計算可能となる。また、計測値の送信時には、送信した無線端末103を特定できるようにする。このとき、後に図17で説明するように、計測値データの中に自身の無線機IDを含めておいてもよい。

【0034】

計測値問合せは問い合わせを行う無線端末が、経路表(後に、図16で説明する)になくなったときに終了し、また最初から繰返し行われる。

【0035】

以上より、GW102は初期値として周囲の無線端末情報を与えられずとも、無線システムを構成する無線端末103を検出しながら、同時に無線品質を計測することで、無線通信環境の変動に追随して通信品質のよい通信経路を維持可能となる。端末が4以上ある場合も、上記の手順を繰返すことにより、試験データを中継可能な範囲内の無線端末から、計測値を収集することができる。

【0036】

以下、GW102と無線端末103が持つ機能の詳細を説明する。

【0037】

(3. GWと無線端末のハードウェア構成)

図3は、GW102のハードウェア構成図である。無線端末103もハードウェアの基本的な構成は同様と考えてよい。プログラムを実行するプロセッサ301、プログラムやデータを格納するメモリ302、外部サーバと通信する有線通信インタフェース303、GWや他の無線端末と通信する無線通信モジュール304から構成される。

【0038】

上記のようにGW102や無線端末103は、通常の通信機能の他、基本的な計算機の機能を備えている。以降の本実施例では計算や制御等の機能は、メモリ302に格納されたプログラムがプロセッサ301によって実行されることで、定められた処理を他のハー

10

20

30

40

50

ドウェアと協働して実現される。計算機などが実行するプログラム、その機能、あるいはその機能を実現する手段を、「機能」、「手段」、「部」、「ユニット」、「モジュール」等と呼ぶ場合がある。

【0039】

(4. ゲートウェイの機能構成)

図4は、GW102の機能ブロック図である。図中の矢印で、矢の先が黒塗りの三角で示されるものは、データの流れを示し、矢の先がV字で示されるものは処理の流れを示している(以下同様)。無線品質計測部400は、無線通信モジュール304の中にあり、GW102がデータを受信するたび、該データを受信した際の無線品質を計測する機能を持つ。試験データ受信部401、通信品質計算部403、スケジューリング部404、試験データ送信部405、計測値問合せ送信部406、通信品質出力部407、経路計算部410、はそれぞれプログラムであり、メモリ302に格納され、プロセッサ301で実行される。これらプログラムについてそれぞれ、図7、図9、図5、図6、図8、図10、図11と図12、で詳細を説明する。

10

【0040】

計測値記憶部402、通信品質記憶部408、通信経路記憶部409はメモリ302上のデータ格納領域である。計測値記憶部402は計測値表411を格納する。計測値表411は、自身の端末IDと、測定した試験データの送信元無線機IDと、計測値と、試験データのシーケンス番号を格納する。

【0041】

通信品質記憶部408は通信品質情報表412を格納する。通信品質情報表412は、通信品質を測定した試験データを受信した端末を特定する受信無線機IDと、試験データの送信元である送信元無線機IDと、通信品質を格納する。

20

【0042】

通信経路記憶部409は経路表413と経路候補リスト414を格納する。経路表413は、宛先端末と、経路と、評価値と、計測値問合せ状態を格納する。経路候補リスト414は、宛先端末と、当該端末に至る1または複数の経路候補と、各径路の評価値を格納する。格納される各データについては、後にそれぞれ図17、図18、図13～図16で詳しく説明する。

【0043】

(5. ゲートウェイのスケジューリング部の機能)

図5はGWのスケジューリング部404が実行する処理のフローチャート404Fである。スケジューリング部404はGW102が無線品質計測用の試験データを一齐同報で送信するタイミングを決めることが主な役割である。

30

【0044】

GW起動後(S501)、計測を開始し、まずGWと無線端末の合計台数である、総端末数Nを1に初期化した後(S502)、無限ループに入る。無限ループでは、図16で説明する経路表413(後に図16で説明する)を参照し、行数を数えることで既知の無線端末数Kを数える。経路表413には、既知の無線端末への経路が登録されている。これがNより大きい場合は $N = K$ とする(S503)。

40

【0045】

続いて試験データの送信タイミングを決定する(S504)。起動後初回の場合は、すぐに送信するため、今回の送信タイミングとして現在を設定する(S505)。起動後2回目以降の場合は、次の送信タイミングを今回の送信タイミングにコピーしておく(S506)。

【0046】

続いて、次の送信タイミングを決める。これは、今回の送信タイミングに予め決められた計測間隔Iを加算する(S507)。次に、試験データ送信により各無線端末で計測した無線品質を、GWに集約するタイミング、すなわち、GWが各無線端末に計測値問合せを送信するタイミングを決める。これは、例えば初回の送信タイミングに計測間隔Iを

50

基に増加分を決めることで達成できる。例えば、総端末数 N 、計測回数（試験データ送信回数） M 、計測間隔 I の積にある程度のマージンを加算した値を増加分として用いればよい（S508）。計測値問合せ送信タイミングは、初回の送信タイミング + 増加分となる（S509）。最後に、必要により、外部サーバに対して、各無線端末で計測し GW が収集した無線品質から計算した、 GW と各無線端末間の通信品質を送信するタイミングを決定する（S510）。これは、計測値問合せが完了した後にすればよい。

【0047】

（6．ゲートウェイの試験データ送信部の機能）

図6は $GW102$ の試験データ送信部405が実行する処理のフローチャート405Fである。図5の処理のフローチャート404Fで決まった送信タイミングが来ると（S601）、 $GW102$ は試験データを生成する（S602）。試験データは例えば、シーケンス番号、送信元ID、計測間隔 I 、計測回数 M を含む。これを送信タイミングが来たら一斉同報する（S603；図2のT0）。続いてシーケンス番号を1加算し、次の送信タイミングが来たら送信する（S604）。これを繰返すが、送信回数があらかじめ決められた計測回数 M を越えた場合（S605）、次のステップ、すなわち、計測値問合せへ進む（S606；図2のA1～A3）。

10

【0048】

（7．ゲートウェイの試験データ受信部の機能）

図7は $GW102$ の試験データ受信部401が実行する処理のフローチャート401Fである。 $GW102$ は、例えば図2に示すように、隣接する無線機ID1、ID2から中継された試験データT1、T2を受信する。

20

【0049】

処理の開始後（S701）、試験データの受信を待ちうけていて（S702）、試験データを受信した場合（S703）、無線品質計測部400からRSSI（Received Signal Strength Indicator）を取得する（S704）。ここでは、通信品質の指標としてRSSIを用いたが、S/N（Signal-to-noise Ratio）やエラーレート等の指標を用いてもよい。また、受信した試験データからシーケンス番号（seq）、送信元ID（sid）、計測間隔 I 、計測回数 M を抽出し（S705）、図17で説明する計測値表411に格納する（S706）。

30

【0050】

（8．ゲートウェイの計測値問合せ部の機能）

図8は GW の計測値問合せ送信部406が実行する処理のフローチャート406Fである。予め決められた計測回数 M 、計測間隔 I で試験データを送信した後、各無線端末から計測値を収集する機能である。フロー開始後（S801）、まず図9で説明する通信品質を計算する（S802）。そして、図11、図12で説明する経路計算を行い、収集対象の無線端末への通信経路を決定する（S803）。

【0051】

次に経路表413を参照する。後に図16で説明するが、経路表413には、既知の無線端末への経路と問い合わせ状態が登録されている。すべての無線端末について計測値問合せを実施済みの場合、図10で説明するように外部サーバに対して通信品質を出力する（S805）。まだ計測値問合せを未実施の無線端末がある場合、それぞれの無線端末について通信品質のよい経路を選択、計測値問合せを送信する（S806）。無線端末からタイムアウトせずに応答があった場合、経路表413に該無線端末を計測値問合せ済とマーキングし、受信した計測値を計測値表411に格納する（S807、S808）。無線端末からの応答がタイムアウトした場合は、経路計算に戻る。

40

【0052】

図8から明らかなように、計測値表411の変更（S808）、通信品質計算（S802）すなわち通信品質情報表412の変更、経路計算（S803）すなわち経路候補リスト414および経路表413の変更は、新しく計測値を受信するたびに実行される。

【0053】

50

一般的には、システムが初めて動作する際には、新しく計測値を受信するたびに新たに無線端末103が認識され、経路表413には新たに当該無線端末への経路が登録される。システム動作後の定常的な運用時には、現状設置してある無線端末103が全て判明しているため、新しく無線端末の追加、削除、変更がない限り、無線環境の変化などにより通信品質情報表412の到達度1805等の無線品質が変更され、それにより経路表上の経路が変更されるだけである。また、新しく無線端末の追加があった場合には、図8に示す処理の中で新たに追加無線端末が認識され、当該追加無線端末に対する経路が経路表413に設定される。

【0054】

(9. ゲートウェイの通信品質計算部の機能)

図9はGWの通信品質計算部403が実行する処理のフローチャートF403であり、図8中の処理S802である。処理の開始(S901)後、まず、計測値表411(後で図17で説明)から自身のID1702, 送信元無線機ID1703の組が同一の行をすべて抽出し(S902)、平均RSSI1804を計算する(S903)。また、行の数を計測回数Mで割り、到達度1805を計算する。続いて、自身のIDを受信無線機ID1802として前記計算結果を通信品質情報表412に格納する(S904)。

【0055】

(10. ゲートウェイの通信品質出力部の機能)

図10はGWの通信品質出力部407が実行する処理のフローチャート407Fであり、図8中の処理S805である。開始(S1001)後、通信品質情報表412の内容を文字列に変換(S1002)、スケジューリング部404(図5)で決定された送信タイミングで外部サーバ101に向け前記文字列を送信する(S1003)。その後、スケジューリング部404(図5)で決定された送信タイミングで試験データ送信S601に戻る。

【0056】

(11. ゲートウェイの経路計算部の機能)

図11はGW102の経路計算部410が実行する処理のフローチャート410Fであり、図8中の処理S803である。開始(S1101)後、経路表413を作成するため、すべての無線端末xについて以下を行う(S1102)。まず、通信品質情報表412を参照して、GWから無線端末xに到達できる経路候補をすべてリストアップし、経路候補リスト414を作成する(S1103)。この過程については図12で説明する。次に、リストアップされた各経路候補について、評価値を計算する(S1104)。評価値として、到達度を用いてもよいし、平均RSSIを用いてもよい。最後に、前記評価値がよいものをGWから無線端末xへの通信経路として選択する(S1105)。選択に当たっては評価が最もよいものを選んでよいし、閾値あるいは分布を用いて一定以上の評価のものから任意に選択してもよい。以上の構成によれば、直前までに収集した無線端末および無線端末同士の通信品質情報から、通信品質の良い経路を選択することができ、さらに未知の無線端末の情報を適切に収集することができる。

【0057】

(12. ゲートウェイの経路計算部の経路候補リストアップ機能)

図12は経路計算部410のなかの、経路候補リストアップ機能(S1103)が実行する処理のフローチャートであり、図11中の処理S1103である。開始(S1201)後、まず、通信品質情報表412に存在するすべての行の受信無線機ID1802(以下Rと呼ぶ)と送信元無線機ID1703(同S)の組を抽出する(S1202)。以後これを隣接組と呼ぶ。SがGWである隣接組を起点として、一時経路GW-Rを作成する(S1203)。この一時経路について以下を実施する(S1204)。

【0058】

一時経路末尾のRと、Sが一致する隣接組が残っていない場合、候補リストアップを終了する。残っている場合は次のステップに進む(S1205)。

【0059】

10

20

30

40

50

一時経路末尾の R と、S が一致する隣接組をすべて抽出する。該隣接組の R が一時経路上に存在している場合、ループができるのでこれを排除する。のこりの隣接組について、一時経路の末尾に該隣接組の R を追加した、新しい一時経路を作る (S 1 2 0 6)。ここで、R を追加前の一時経路が残っていることに注意。

【 0 0 6 0 】

新しい一時経路の R が通信経路を決定したい無線端末 x である場合、この新しい一時経路を経路候補とする (S 1 2 0 7)。そうでない場合は最初に戻る。

【 0 0 6 1 】

以上により、GW から無線端末 x にいたるすべての組合せを経路候補リストとして作成できる。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 ~ 図 1 6 は、GW 1 0 2 が保持する経路候補リスト 4 1 4 の例を示しており、図 1 2 のフローチャートの動作例である。以降では、図 2 のシステム構成を例にして説明する。

【 0 0 6 3 】

(1 3 . 経路候補リスト (計測値問い合わせ前))

図 2 に示すように経路計算は、計測値問い合わせに対する応答があるたびに実施される。以下、経路候補リストの変化を時系列的に説明する。図 1 3 は、GW 1 0 2 が計測値問合せ (S 8 0 1 (図 2 の A 1 ~ A 3)) を行う直前の経路候補リスト 4 1 4 1 を示す。宛先端末 1 3 0 2 は、経路を決定したい対象の無線端末 1 0 3 の ID である。経路 1 3 0 3 は、宛先端末 1 3 0 2 に至る通信経路を表すため、経由する無線機 ID を並べたものである。評価値 1 3 0 4 は、その経路がどのていどの通信品質であるかを表す値である。ここでは、到達度を評価値としている。なお、ID 0 は GW を示している。ここでは、ID が 1 と 2 の無線端末が GW と隣接している。従って、GW は ID 1 からの試験データ T 1 と ID 2 からの試験データ T 2 を、自分で評価し評価値 1 3 0 4 として格納している。

【 0 0 6 4 】

(1 4 . 経路候補リスト (計測値問い合わせ後 1))

図 1 4 は GW 1 0 2 が ID 1 , ID 2 の無線端末に計測値問合せ A 1 , A 2 を実施した後の経路候補リスト 4 1 4 2 を示す。ID 1 は GW 以外に ID 2 , ID 3 と隣接しており、ID 2 は GW 以外に ID 1 , ID 3 , ID 4 , ID 5 と隣接しているとする。これにより、例えば GW から ID 1 への通信経路は、0 - 1 の他、0 - 2 - 1 , 0 - 2 - 3 - 1 が作成される。

【 0 0 6 5 】

(1 5 . 経路候補リスト (計測値問い合わせ後 2))

図 1 5 は、図 1 4 の後、ID 3 , ID 4 , ID 5 の無線端末に計測値問合せを実施した後の経路候補リスト 4 1 4 3 を示す。図 1 4 と比べて、ID 6 , ID 7 の無線端末が増えている。よって、次は ID 6 , ID 7 の無線端末に対して GW は計測値問合せを実施する。このように、GW は新たに検出した無線端末に計測値問合せを行うことで、次々と無線端末を検出することができ、同時に無線品質の計測値を収集することができる。この収集した無線品質の計測値をもとに図 1 1 , 図 1 2 のとおり GW と無線端末の通信経路を計算することで、各無線端末からデータを収集することが可能となる。

【 0 0 6 6 】

以上のように図 1 3 ~ 図 1 5 は、GW 1 0 2 が未知の無線端末 1 0 3 を見つけていく経緯を表している。

【 0 0 6 7 】

(1 6 . 経路表)

図 1 6 は図 1 1 , 図 1 2 で決定した通信経路を保持する経路表 4 1 3 である。宛先端末 1 3 0 2 , 経路 1 3 0 3 , 評価値 1 3 0 4 は経路候補リスト 4 1 4 のそれと同じ意味である。この経路表は経路測定毎に行われる経路計算 (図 1 の 2 0 2) により作成される。従って、図 1 3 ~ 図 1 5 のように初期の間は宛先端末 1 3 0 2 の数が少ないが、未知の端末

10

20

30

40

50

が発見されることにより宛先端末の数が増えて安定する。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 で説明したように、経路候補リスト 4 1 4 から、通信品質のよいものを経路として特定する。例えば、図 1 6 の経路表 4 1 3 の宛先端末「 7 」への経路「 0 - 1 - 3 - 7 」は、図 1 5 の経路候補リスト 4 1 4 の宛先端末「 7 」への 2 つの候補のうち、評価値の高いほうを選んでいく。

【 0 0 6 9 】

計測値問合せ状態 1 6 0 2 は、その宛先端末について、計測値の問合せが完了しているか否かを示す。GW が図 8、計測値問合せ部において計測値問合せが成功した場合、該当する宛先端末の行を問合せ済に書きかえる。

10

【 0 0 7 0 】

(1 7 . 計測値表)

図 1 7 は GW 1 0 2 と無線端末 1 0 3 が保持し、試験データを受信するたびに計測した無線品質を格納する、計測値表 4 1 1 または 1 9 0 8 の一例である。自身の ID 1 7 0 2 は、本表を保持する GW または無線端末の ID である。「 0 」は GW 1 0 2 を表す。送信元無線機 ID 1 7 0 3 は、受信した試験データを送信した無線端末の ID である。RSSI 1 7 0 4 は試験データを受信した際の無線の受信信号強度 (dB) を表す。シーケンス番号 1 7 0 5 は受信した試験データのシーケンス番号を表す。

【 0 0 7 1 】

先に説明したように、無線端末 1 0 3 は GW 1 0 2 からの計測値問合せ (図 2 の A 1 ~ A 3) に応じて、計測値表 1 9 0 8 のデータを GW 1 0 2 に送信する (図 2 の R 1 ~ R 3)。これにより、GW 1 0 2 は複数の無線端末 1 0 3 の計測値表 1 9 0 8 を収集することができる。GW 1 0 2 の計測値表 4 1 1 と無線端末 1 0 3 の計測値表 1 9 0 8 は、フォーマットは同じでよいが、GW 1 0 2 が持つ計測値表 4 1 1 は、自らが計測した計測値だけでなく、各無線端末 1 0 3 が計測した計測値の情報を含むことになる。すなわち、計測値表 4 1 1 は、計測値を収集した無線端末の無線機 ID を自身の ID 1 7 0 2 としてすべて含む。

20

【 0 0 7 2 】

(1 8 . 通信品質情報表)

図 1 8 は GW が各端末で保持する計測値表 1 9 0 8 を収集し、集計した計測値表 4 1 1 を作成し、それら計測値から算出した通信品質を格納する通信品質情報表 4 1 2 である。受信無線機 ID 1 8 0 2 は計測値表 4 1 1 の自身の ID 1 7 0 2 と同一のものである。先に述べたように、計測値表 4 1 1 は各無線端末 1 0 3 の計測値表 1 9 0 8 を集計したものであるから、受信無線機 ID 1 8 0 2 は、集計した無線端末 1 0 3 の ID をすべて含む。

30

【 0 0 7 3 】

平均 RSSI 1 8 0 4 は、計測値表 4 1 1 において、自身の ID 1 7 0 2 (受信無線機 ID) と送信元無線機 ID 1 7 0 3 が同一の RSSI について、そのすべての平均をとったものである。また到達度 1 8 0 5 は、計測値表 4 1 1 において、自身の ID 1 7 0 2 と送信元無線機 ID 1 7 0 3 が同一のすべてのシーケンス番号を集めた時、その個数を計測回数 M で割った値である。すなわち、送信元無線機 ID 1 7 0 3 が示す無線端末が送信したデータのうち、自身の ID 1 7 0 2 が示す無線端末が受信できたデータの割合を示す。

40

【 0 0 7 4 】

このように、本実施例では複数回計測を行う。1 回の計測により試験パケットの受信可否のみで通信経路を計算すると、無線通信環境が変化により、たまたま試験パケットが受信できた場合に誤って、通信できない通信経路を算出してしまいが、本実施例の構成であれば、より信頼性の高い通信品質を測定することができる。

【 0 0 7 5 】

(1 9 . 無線端末の機能構成)

図 1 9 は無線端末 1 0 3 の機能ブロック図である。無線品質計測部 1 9 0 0 は、無線通信モジュール 3 0 4 の中にあり、無線端末が試験データを受信するたび、該データを受信

50

した際の無線品質を計測する機能を持つ。試験データ受信部 1901、試験データ中継タイミング調整部 1902、試験データ中継部 1903、計測値問合せ受信返信部 1904、はそれぞれプログラムであり、メモリ 302 に格納され、プロセッサ 301 で実行される。これらプログラムについてそれぞれ図 20、図 21、図 22、図 23 で詳細を説明する。試験データ中継タイミング記憶部 1905、計測値記憶部 1906 はメモリ 302 上のデータ格納領域である。試験データ中継タイミング記憶部 1905 は中継タイミング表 1907 を格納する。計測値記憶部 1906 は計測値表 1908 を格納する。これらのデータについては、それぞれ図 24、図 17 で詳しく説明する。

【0076】

(20. 無線端末の試験データ受信部の機能)

10

図 20 は無線端末 103 の試験データ受信部 1901 が実行する処理のフローチャート 1901F である。図 7 とほぼ同じであるので、同様の構成には同じ符号を付して詳細は省略する。処理 S701 では、GW102 や他の無線端末 103 からの試験データを受信する。フローチャート 1901F では、試験データ中継タイミング調整 S2101 と試験データ中継 S2201 が追加される。次にこれらについて説明する。

【0077】

(21. 無線端末の試験データ中継タイミング調整部の機能)

20

図 21 は無線端末 103 の試験データ中継タイミング調整部 1902 が実行する処理のフローチャート 1902F であり、図 20 の処理 S2001 である。開始 (S2101) 後、受信した試験データを中継し、一斉同報するタイミングを計算する (S2102)。計算した結果はシーケンス番号とともに、図 24 で説明する中継タイミング表 1907 に格納する (S2103)。

【0078】

以下、計算の一例をあげる。試験データ受信時に受信タイミング T_p を取得しておく。受信した試験データから抽出した送信元 ID (s_{id})、計測間隔 I から、GW102 が試験データを送信したタイミング T_{gw} を推定、そこから自身の試験データ中継タイミング T_r を自身の ID (s_{elfid}) から計算する。計算式は例えば次式となる。

【0079】

$$\begin{aligned} T_{gw} &= T_p - s_{id} \times I, \\ T_r &= T_{gw} + s_{elfid} \times I \end{aligned}$$

30

各無線端末 103 で s_{elfid} は唯一であるため、 T_r はすべての無線端末で重複しない。例えば、ID1 と ID2 は GW から試験データを受信し中継するが、その中継タイミングは必ず異なる。これにより、無線端末間の試験データ中継が衝突することを防止でき、無線品質を計測することができる。上記実施例では、各無線端末 103 において、試験データ受信タイミング、送信元の無線機 ID、試験データ送信間隔、自己の無線機 ID をもとに、同一のルールでタイミングを計算することができる。

【0080】

(22. 無線端末の試験データ中継部の機能)

40

図 22 は無線端末 103 の試験データ中継部 1903 が実行する処理のフローチャート 1903F であり、図 20 の処理 S2002 である。開始 (S2201) 後、まず、試験データから抽出したシーケンス番号で、図 24 で説明する中継タイミング表 1907 を検索する (S2202)。同一シーケンス番号の試験データを送信済か、送信予定があるか、を確認し (S2203)、YES であれば、その試験データは中継タイミング調整は行わずに廃棄する。すなわち、中継タイミング表には、同じシーケンス番号を持つ試験データは 2 重に登録せず、常に一つだけ登録される (S2204)。NO であれば図 21 で計算したタイミングで試験データを中継、一斉同報する (S2205)。かつ、図 24 で説明する中継タイミング表のシーケンス番号が一致する行の送信済フラグを Done に書きかえる。

【0081】

(23. 無線端末の計測値問合せ受信返信部の機能)

50

図 2 3 は無線端末 1 0 3 の計測値問合せ受信返信部 1 9 0 4 が実行する処理のフローチャート 1 9 0 4 F である。開始 (S 2 3 0 1) 後、 G W 1 0 2 から計測値問合せを受信した場合、メッセージヘッダの経路を一時記憶する (S 2 3 0 2) 。次に、計測値表 1 7 0 1 の全行について (S 2 3 0 3) 、その内容を文字列に変換 (S 2 3 0 4) 、 G W に向けて返信する。なお返信の際、一時記憶していた経路を逆順にして返信用経路を作成、返信メッセージヘッダに格納する (S 2 3 0 5) 。

【 0 0 8 2 】

(2 4 . 無線端末が保持する中継タイミング表)

図 2 4 は無線端末 1 0 3 が保持する中継タイミング表 1 9 0 7 である。シーケンス番号 2 4 0 2 は受信した試験データから抽出したシーケンス番号である。送信元 I D , 受信タイミング 2 4 0 3 はそれぞれ、受信した試験データから抽出した送信元 I D , 試験データの受信タイミングである。送信予定タイミング 2 4 0 4 は図 2 1 の試験データ中継タイミング部によるフロー 1 9 0 2 F で計算した試験データの中継タイミングである。送信済フラグ 2 4 0 5 は、そのシーケンス番号の試験データをすでに中継済か否かを表すものである。

10

【 0 0 8 3 】

図 2 で説明したように、中継タイミング表に登録されている試験データと同じシーケンス番号を持つ試験データを新たに受信した場合には、2 重の中継を避けるため、当該新たに受信した試験データについては中継タイミング計算を行わずに廃棄する。

20

【 実施例 2 】

【 0 0 8 4 】

図 2 5 は、実施例 1 において G W 1 0 2 が保持する経路計算部 4 1 0 をクラウド 2 5 0 0 上で実施する場合のシーケンス図を示す。実施例 1 との差分は、ゲートウェイ 1 0 2 とネットワークなどを介して接続されるクラウド 2 5 0 0 上で、図 4 の経路計算部 4 1 0 の機能を実行することである。クラウド 2 5 0 0 中には一つあるいは複数のサーバ等の情報処理装置が存在し、実施例 1 でゲートウェイ 1 0 2 が行っていた経路計算 2 0 2 を代行する。

【 0 0 8 5 】

実施例 1 のシーケンス図である図 2 と図 2 5 の差分は、 G W 1 0 2 とクラウド 2 5 0 0 間の計測値送信 2 5 0 1 と経路応答 2 5 0 2 の 2 点である。

30

【 0 0 8 6 】

前者において、クラウド上の経路計算部 4 1 0 が経路計算に必要な計測値表 1 7 0 1 を、 G W 1 0 2 がクラウド 2 5 0 0 へ送信する。

【 0 0 8 7 】

また、後者において、経路計算部 4 1 0 が計算した経路を G W 1 0 2 へ応答する。以上により、実施例 1 と同様の効果を発揮するものである。

【 0 0 8 8 】

以上説明した実施例によれば、端末の追加や設置位置の変動に対応し、端末相互の接続関係を予め知らなくても、自動的に通信経路を選択して設定できるアドホックネットワークを提供することができる。

40

【 0 0 8 9 】

本実施例中、ソフトウェアで構成した機能と同等の機能は、 F P G A (Field Programmable Gate Array) 、 A S I C (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェアでも実現できる。

【 0 0 9 0 】

本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることが可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の実施例の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

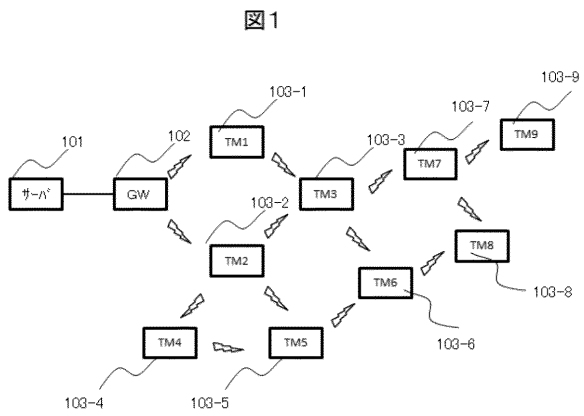
【 符号の説明 】

50

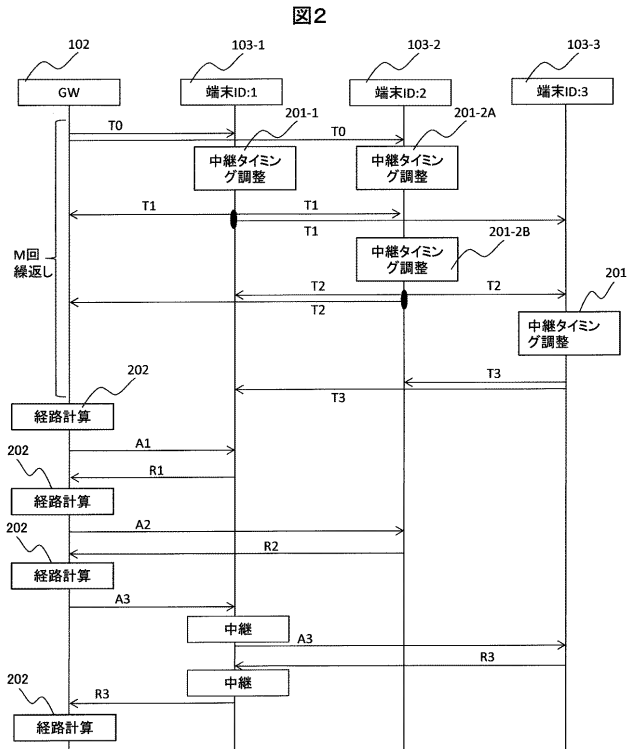
【 0 0 9 1 】

サーバ 1 0 1、ゲートウェイ 1 0 2、無線端末 1 0 3

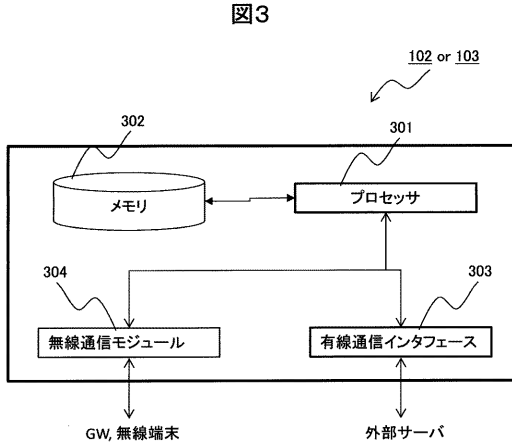
【 図 1 】



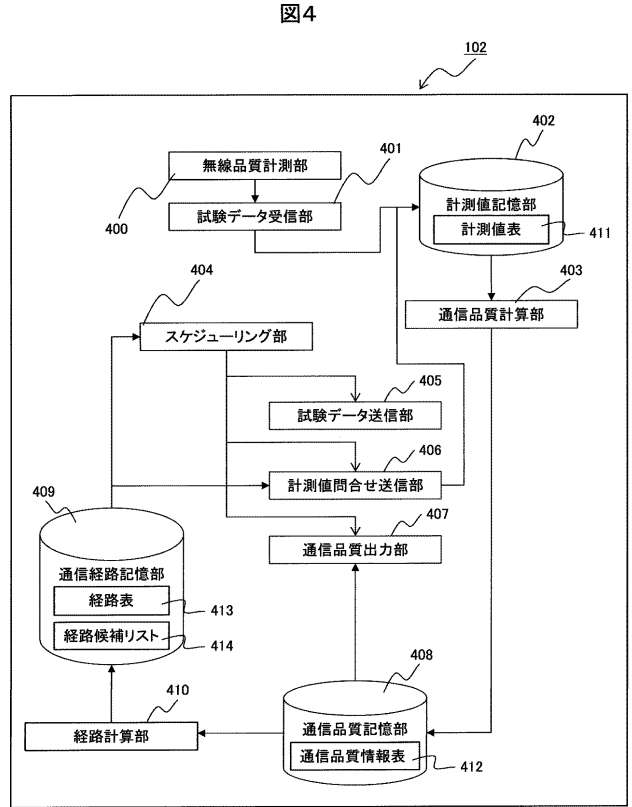
【 図 2 】



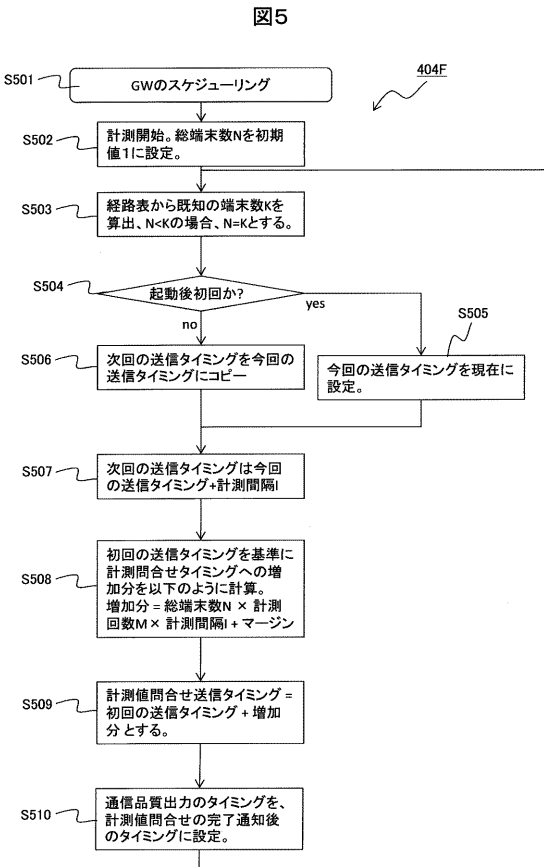
【 図 3 】



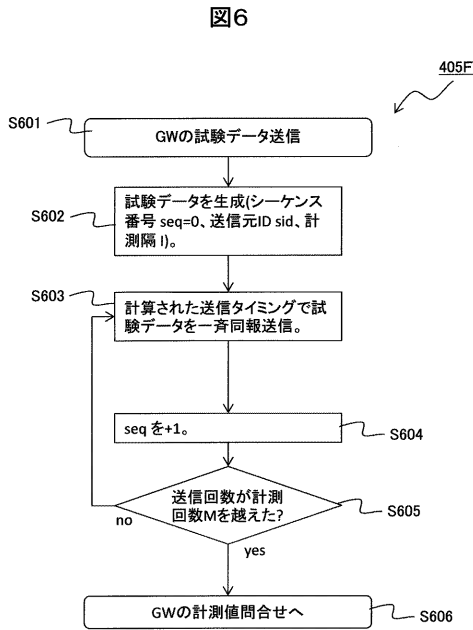
【 図 4 】



【 図 5 】

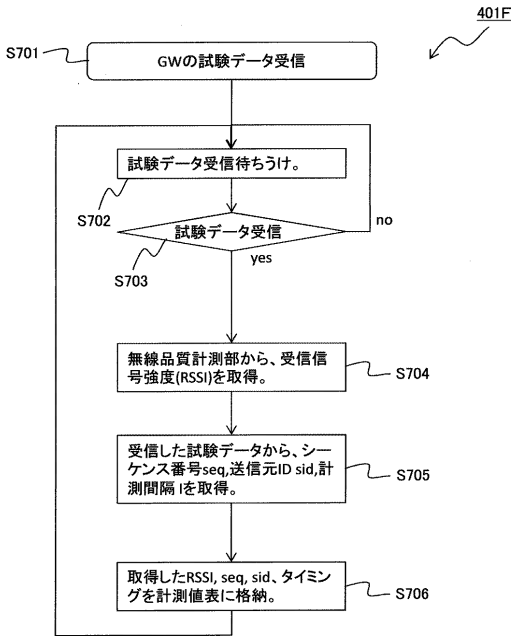


【 図 6 】



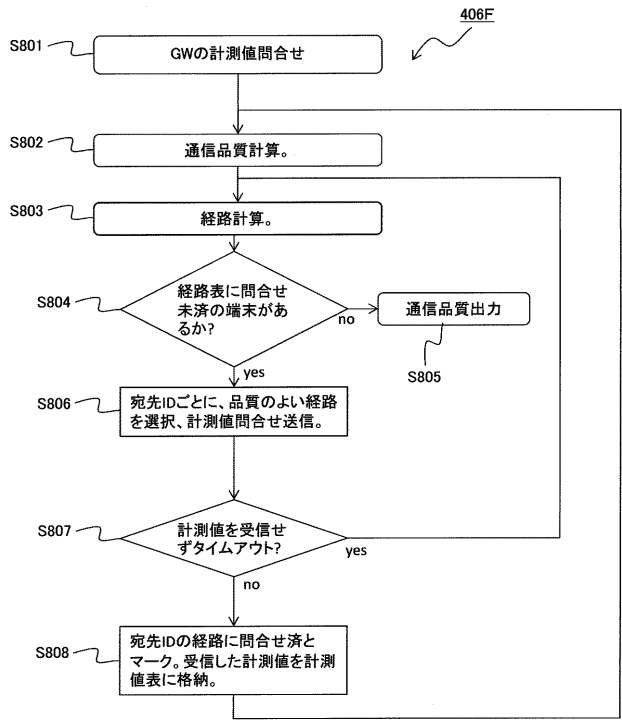
【 図 7 】

図7



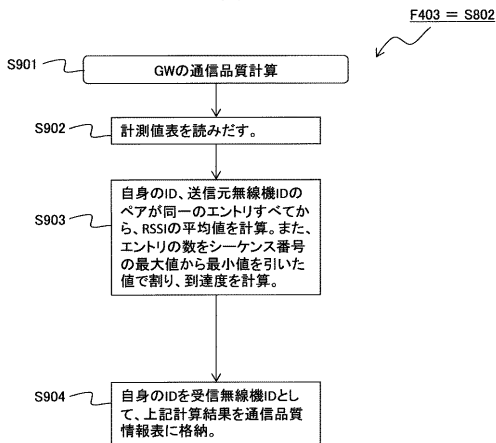
【 図 8 】

図8



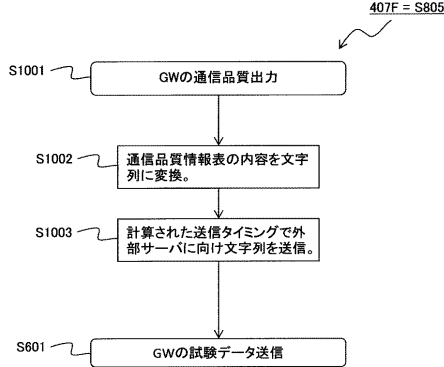
【 図 9 】

図9



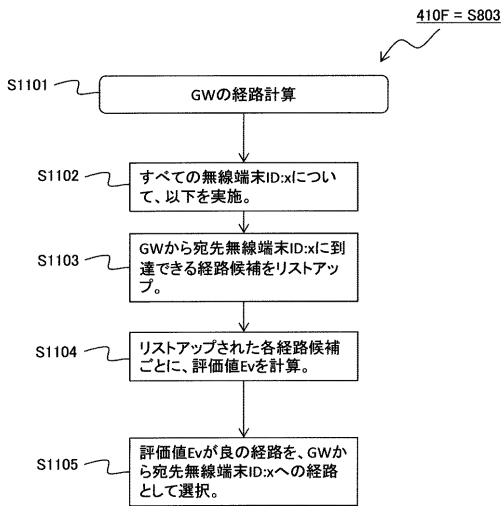
【 図 10 】

図10



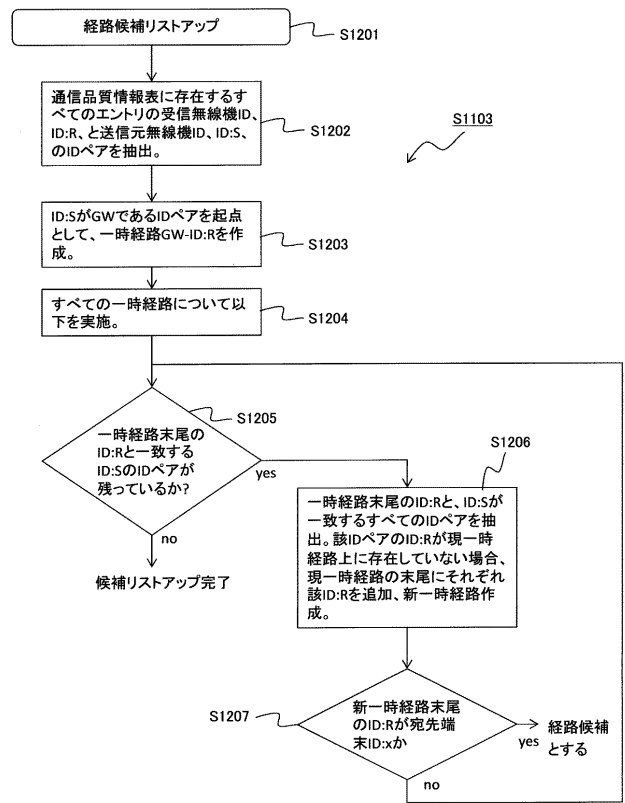
【 図 1 1 】

図 11



【 図 1 2 】

図 12



【 図 1 3 】

図 13

宛先 端末	経路	評価値 (到達度)
1	0-1	0.99
2	0-2	0.98

【 図 1 4 】

図 14

宛先 端末	経路	評価値 (到達度)
1	0-1	0.99
1	0-2-1	0.97
1	0-2-3-1	0.93
2	0-2	0.98
2	0-1-2	0.98
2	0-1-3-2	0.95
3	0-1-3	0.98
3	0-2-3	0.96
4	0-2-4	0.97
4	0-2-5-4	0.96
5	0-2-5	0.98
5	0-2-4-5	0.95

【図 15】

図15

宛先 端末	経路	評価値 (到達度)
1	0-1	0.99
1	0-2-1	0.97
1	0-2-3-1	0.93
2	0-2	0.98
2	0-1-2	0.98
2	0-1-3-2	0.95
3	0-1-3	0.98
3	0-2-3	0.96
4	0-2-4	0.97
4	0-2-5-4	0.96
5	0-2-5	0.98
5	0-2-4-5	0.95
7	0-1-3-7	0.96
7	0-2-3-7	0.94
6	0-2-5-6	0.95
6	0-2-4-5-6	0.92

【図 16】

図16

宛先 端末	経路	評価値 (到達度)	計測値問合せ 状態
1	0-1	0.95	済
2	0-2	0.93	済
3	0-1-3	0.81	済
4	0-2-4	0.87	済
5	0-2-5	0.86	済
6	0-1-3-7-6	0.70	未
7	0-1-3-7	0.79	未
8	0-1-3-7-8	0.75	未
9	0-1-3-7-8-9	0.67	未

【図 17】

図17

自身の ID	送信元 無線機ID	RSSI	シーケンス 番号
0	1	-50	1
0	2	-70	1
0	3	-60	1
:	:	:	:
0	1	-55	2
0	2	-68	2
0	3	-63	2
:	:	:	:
0	1	-54	3
0	2	-68	3
0	3	-62	3
:	:	:	:

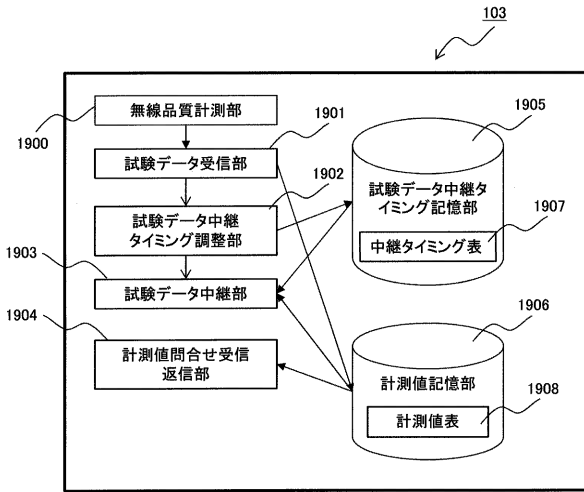
【図 18】

図18

受信 無線機ID	送信元 無線機ID	平均 RSSI	到達 度
0	1	-60	.99
0	2	-61	.98
0	3	-60	.98
1	0	-60	.99
1	2	-70	.80
1	4	-75	.75
2	0	-60	.98
2	1	-72	.81
2	4	-70	.80
2	5	-68	.85
:	:	:	:

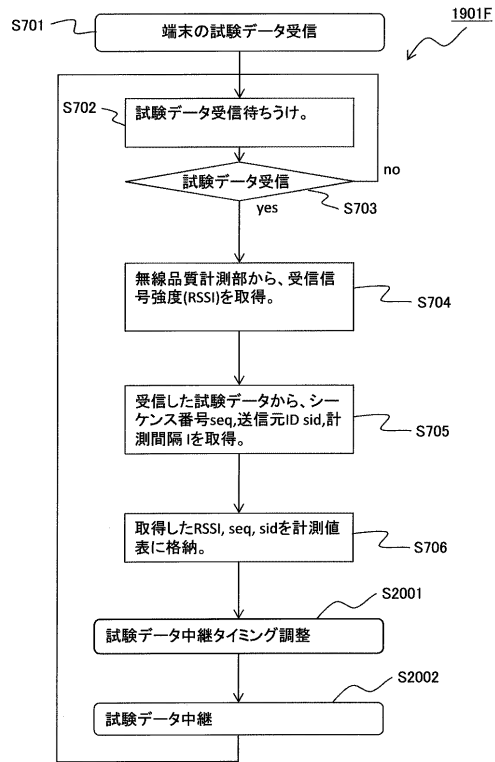
【図19】

図19



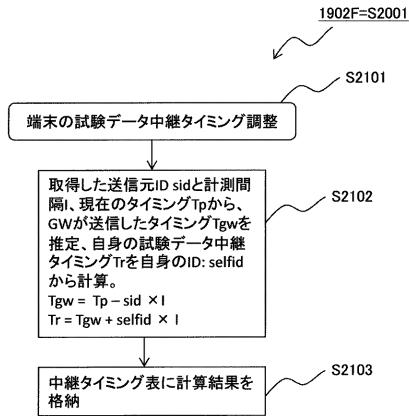
【図20】

図20



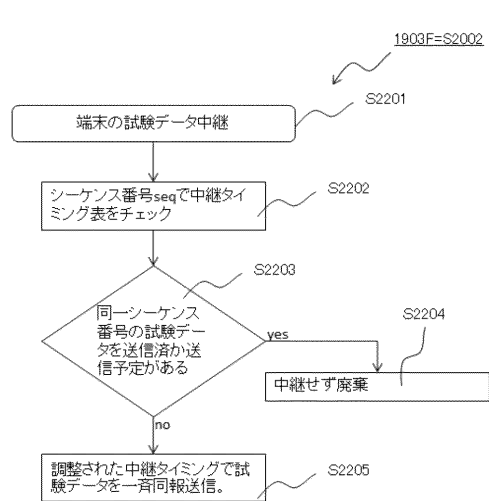
【図21】

図21

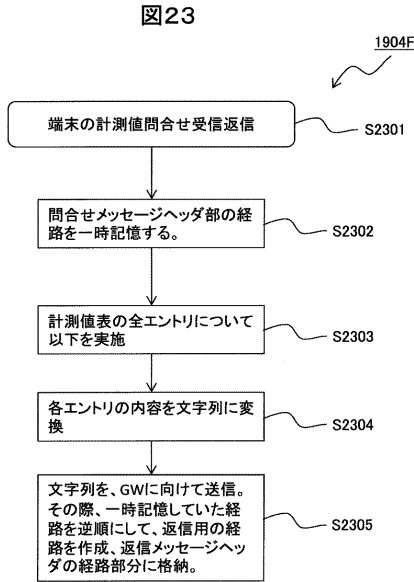


【図22】

図22



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

図24

シーケンス番号	(送信元ID, 受信タイミング)	送信予定タイミング	送信済フラグ
1	(0, 1010), (1, 1110)	1200	Done
2	(0, 2011), (1, 2111)	2201	Done
3	(0, 3012), (1, 3112)	3202	Done
4	(0, 4013), (1, 4113)	4203	Done
⋮	⋮	⋮	⋮
100	(0, 100109), (1, 100209)	100299	Yet

【 図 2 5 】

