

(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2019-41194
(P2019-41194A)

(43) 公開日 平成31年3月14日(2019.3.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4W 84/18 (2009.01)	HO4W 84/18	5K030
HO4W 28/08 (2009.01)	HO4W 28/08	5K067
HO4W 24/10 (2009.01)	HO4W 24/10	
HO4L 12/815 (2013.01)	HO4L 12/815	
HO4W 40/12 (2009.01)	HO4W 40/12	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2017-160647 (P2017-160647)
(22) 出願日 平成29年8月23日 (2017. 8. 23)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. Z I G B E E

(71) 出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(74) 代理人 100087480
弁理士 片山 修平

(72) 発明者 福田 茂紀
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 角田 潤
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 岩川 明則
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

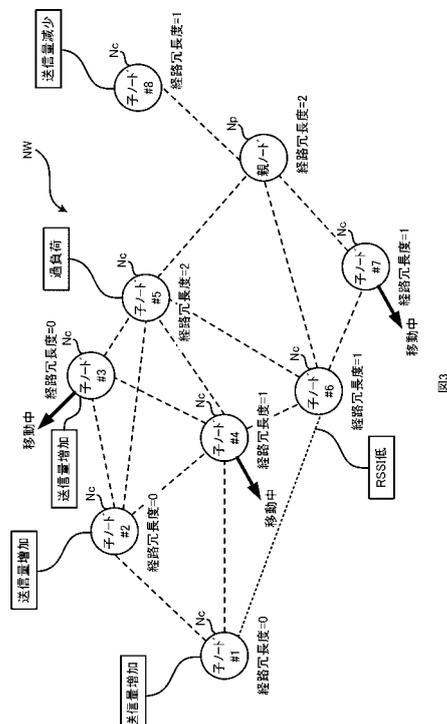
(54) 【発明の名称】 通信装置、通信システム、通信方法、及び通信プログラム

(57) 【要約】

【課題】 ネットワーク管理に用いられるデータの送信量を、データの有用性が損なわれることなく低減することができる通信装置、通信システム、通信方法、及び通信プログラムを提供する。

【解決手段】 通信装置は、アドホックネットワーク内の1以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第1データを収集する第1収集部と、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信する送信部と、前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、前記送信部の前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集する第 1 収集部と、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信する送信部と、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、

前記送信部の前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有することを特徴とする通信装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記ノードの数が所定の閾値以上である場合、前記送信部の前記第 2 データの送信量を、前記ノードの数が前記所定の閾値より少ない場合より減らすことを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

前記送信部は、前記第 1 データに基づいて、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信状態が良好なノードに関する前記第 2 データを優先して送信することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】

前記第 2 データには、前記第 1 データが含まれ、

前記制御部は、前記 1 以上の隣接ノードのうち、前記第 1 データが前記送信部の送信対象となるノードの最大数を、前記判定部が判定した前記ノードの数に応じて決定することにより、前記第 1 データの送信量を制御することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の通信装置。

【請求項 5】

前記通信装置の負荷状態及び移動状態の少なくとも一方を検出する検出部を有し、

前記第 2 データには、前記第 1 データと、前記検出部が検出した負荷状態及び移動状態の少なくとも一方の情報とが含まれ、

前記制御部は、前記第 2 データのうち、前記第 1 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の通信装置。

【請求項 6】

前記第 2 データには、前記ノードの数がさらに含まれることを特徴とする請求項 5 に記載の通信装置。

【請求項 7】

前記 1 以上の隣接ノードの負荷状態、移動状態、及び通信経路の状態の少なくとも 1 つに関する第 3 データを収集する第 2 収集部を有し、

前記判定部は、前記第 1 データ及び前記第 3 データに基づき、前記ノードの数を判定することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の通信装置。

【請求項 8】

第 1 通信装置と、複数の第 2 通信装置とを有し、

前記複数の第 2 通信装置は、それぞれ、

アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集する第 1 収集部と、

前記第 1 通信装置に対し、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信する送信部と、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、

前記送信部の前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有することを特徴とする通信システム。

【請求項 9】

アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データ

10

20

30

40

50

タを収集する工程と、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信する工程と、

前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する工程と、

前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する工程とを、コンピュータが実行することを特徴とする通信方法。

【請求項10】

アドホックネットワーク内の1以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第1データを収集し、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信し、

10

前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定し、

前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する、処理をコンピュータに実行させることを特徴とする通信プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本件は、通信装置、通信システム、通信方法、及び通信プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

20

例えば河川や下水道の氾濫の監視、または工場及び工事現場の機器や作業員の異常検出などにIoT (Internet Of Things) 技術を活用するソリューションが検討されている。この種のソリューションでは、広範囲に設置された多数のセンサが、水位や温度などを検出し、そのデータを特定のサーバなどに送信する。

【0003】

このため、センサのデータ送信手段としては、コストの観点から、通信ケーブルが必要な有線通信よりも、通信ケーブルが不要な無線通信が用いられることが多い。上記のように頻りに環境が変動する屋外状況において、ノード間にマルチホップ通信の通信経路を柔軟に構成する技術としてアドホックネットワークが知られている(例えば特許文献1参照)。アドホックネットワークは、基地局などのアクセスポイントが不要であるため、各センサとサーバの間を結ぶ通信経路を、各ノードの無線通信端末が互いにリンクすることにより容易に形成することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-39261号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

40

アドホックネットワーク内の各ノードは、ルータ機能により、通信状態に応じて個別に通信経路を切り替えるため、アドホックネットワークの構成は動的に変化する。このため、アドホックネットワークの管理装置は、ネットワーク構成を検出するため、例えば各ノード間の隣接関係、エラー率、及び受信強度(RSSI: Received Signal Strength Indicator)などの管理データを各無線通信端末から収集する必要がある。

【0006】

しかし、無線通信端末には、小型化、低消費電力化、及び低コスト化が要求されるため、その通信帯域は、大量の管理データを伝送できるほど十分に広いわけではない。例えば管理装置のゲートウェイに接続されたノードとリンクしているノードには、センサのデータだけではなく、他の複数のノードからリレー方式で転送された大量の管理データが集中するため、通信帯域が不足するおそれがある。

50

【0007】

これに対して、各ノードの無線通信端末が管理データの送信量を抑えれば通信帯域の不足は解消され得るが、管理データの収集量の不足によりその有用性が損なわれることによって、ネットワーク管理に支障が出るおそれがある。

【0008】

そこで本件は、ネットワーク管理に用いられるデータの送信量を、データの有用性が損なわれることなく低減することができる通信装置、通信システム、通信方法、及び通信プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

1つの態様では、通信装置は、アドホックネットワーク内の1以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第1データを収集する第1収集部と、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信する送信部と、前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、前記送信部の前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有する。

10

【0010】

1つの態様では、通信システムは、第1通信装置と、複数の第2通信装置とを有し、前記複数の第2通信装置は、それぞれ、前記アドホックネットワーク内の1以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第1データを収集する第1収集部と、前記第1通信装置に対し、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信する送信部と、前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、前記送信部の前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有する。

20

【0011】

1つの態様では、通信方法は、アドホックネットワーク内の1以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第1データを収集する工程と、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信する工程と、前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する工程と、前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する工程とを、コンピュータが実行する方法である。

30

【0012】

1つの態様では、通信プログラムは、アドホックネットワーク内の1以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第1データを収集し、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第2データを送信し、前記第1データに基づき、前記1以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定し、前記第2データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する、処理をコンピュータに実行させるプログラムである。

【発明の効果】

【0013】

1つの側面として、ネットワーク管理に用いられるデータの送信量を、データの有用性が損なわれることなく低減することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】アドホックネットワークの一例を示す構成図である。

【図2】管理データを収容したパケットの一例を示すフォーマット図である。

【図3】管理データの送信量の制御の一例を示す図である。

【図4】ゲートウェイの一例を示す構成図である。

【図5】サーバの一例を示す構成図である。

【図6】子ノードの一例を示す構成図である。

50

【図 7】状態データテーブルの一例を示す図である。

【図 8】収集データテーブルの一例を示す図である。

【図 9】親ノードの一例を示す構成図である。

【図 10】子ノードの動作の一例を示すシーケンス図である。

【図 11】経路冗長度の判定処理の一例を示すフローチャートである。

【図 12】管理データの送信量の制御処理の一例を示すフローチャートである。

【図 13】管理データの送信処理の一例を示すフローチャートである。

【図 14】送信対象の通信状態の情報の選択の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

図 1 は、アドホックネットワーク NW の一例を示す構成図である。アドホックネットワーク NW には、無線通信端末がそれぞれ設けられた親ノード N p 及び複数の子ノード (# 1 ~ # 5) N c が含まれる。親ノード N p の無線通信端末は所定の位置に設置されており、子ノード N c の無線通信端末は、所定の位置に設置されるか、または移動体 (人間や機械など) に設けられている。

【0016】

親ノード N p の無線通信端末は第 1 通信装置の一例であり、子ノード N c の無線通信端末は第 2 通信装置及び通信装置の一例である。また、親ノード N p 及び子ノード N c の各通信装置は、通信システムの一例を構成する。なお、以降の説明では、親ノード N p の無線通信端末を単に「親ノード N p」と表記し、子ノード N c の無線通信端末を単に「子ノード N c」と表記する。

20

【0017】

親ノード N p は、サーバ 4 に対する通信を中継するゲートウェイ 3 に直接的に接続されている。ゲートウェイ 3 は、例えば有線の LAN (Local Area Network) 9 0 を介し、インターネットなどの広域ネットワーク 9 1 上のサーバ 4 に接続されている。子ノード N c は、親ノード N p を介してゲートウェイ 3 にアクセスすることによりサーバ 4 と通信する。

【0018】

親ノード N p は、点線で示されるように、その近傍に存在する子ノード N c とリンクすることにより通信する。また、近傍に存在する子ノード N c 同士も、点線で示されるように、互いにリンクすることにより通信する。例えば、親ノード N p は、子ノード (# 1) N c と子ノード (# 2) N c とリンクし、子ノード (# 2) N c は親ノード N p、子ノード (# 3) N c、及び子ノード (# 4) N c とリンクしている。

30

【0019】

親ノード N p と子ノード N c の間の通信、及び子ノード N c 同士の通信は、例えば Wi - S U N や Z i g B e e などのプロトコルに従って行われる。

【0020】

また、親ノード N p と子ノード N c は、その近傍のセンサ N s とリンクすることにより通信する。例えば、子ノード (# 1) N c はセンサ (# 1) N s とリンクし、子ノード (# 3) N c はセンサ (# 2) N s とリンクしている。親ノード N p と子ノード N c は、例えば B L E (Bluetooth Low Energy) (登録商標) などのプロトコルに従ってセンサ N s と通信する。

40

【0021】

センサ N s は、例えば、屋外に設置され、河川や下水道の水位や温度などを検出する。センサ N s は、その検出値のデータ (以下、「検出データ」と表記) を、例えば周期的に親ノード N p または子ノード N c に送信する。なお、本例において、センサ N s は親ノード N p 及び子ノード N c から独立しているが、親ノード N p 及び子ノード N c の少なくとも一方に、センサ N s と同様のセンサ機能を備えてもよい。

【0022】

子ノード N c は、センサ N s から受信した検出データを親ノード N p に送信する。子ノ

50

ード N c は、ルータ機能により、親ノード N p までのマルチホップの通信経路を探索する。例えば、子ノード (# 3) N c は、子ノード (# 1) N c を経由する通信経路 R a により検出データを親ノード N p に送信する。

【 0 0 2 3 】

さらに、子ノード N c は、通信経路に障害が生じた場合、障害箇所を迂回するように通信経路を切り替える。子ノード (# 3) N c は、例えば親ノード N p と子ノード (# 1) N c の間のリンクが切断されることにより通信経路 R a に障害 (x 印参照) が生じた場合、親ノード N p までの通信経路を、通信経路 R a から、子ノード (# 2) N c を経由する通信経路 R b に切り替える。

【 0 0 2 4 】

親ノード N p は、各センサ N s の検出データを直接的に、または 1 以上の子ノード N c を介して受信しゲートウェイ 3 に送信する。ゲートウェイ 3 は、検出データをサーバ 4 に中継する。

【 0 0 2 5 】

サーバ 4 は、ゲートウェイ 3 を介して親ノード N p 及び子ノード N c と通信することにより、各センサ N s の検出データを収集する。サーバ 4 は、例えば、検出データを用いて、広域ネットワーク 9 1 を介したクラウドサービスを提供する。

【 0 0 2 6 】

また、サーバ 4 は、アドホックネットワーク NW の管理装置として機能する。サーバ 4 は、ネットワーク構成を検出するため、例えば、親ノード N p と子ノード N c の間の隣接関係、子ノード N c 間の隣接関係、エラー率、及び受信強度などの管理データを各無線通信端末から収集する。なお、管理データは、アドホックネットワーク NW の管理に用いられる第 2 データの一例である。

【 0 0 2 7 】

しかし、無線通信端末には、小型化、低消費電力化、及び低コスト化が要求されるため、その通信帯域は、大量の管理データを伝送できるほど十分に広いわけではない。例えば親ノード N p とリンクしている子ノード (# 1) N c 及び子ノード (# 2) N c には、センサ N s の検出データだけでなく、他の子ノード (# 3 ~ 5) N c からリレー方式で転送された大量の管理データが集中するため、通信帯域が不足するおそれがある。

【 0 0 2 8 】

これに対して、親ノード N p 及び子ノード N c が管理データの送信量を抑えれば通信帯域の不足は解消され得るが、管理データの収集量の不足によりその有用性が損なわれることによって、ネットワーク管理に支障が出るおそれがある。

【 0 0 2 9 】

そこで、子ノード N c は、隣接ノード N p , N c との通信状態に関するデータに基づき経路冗長度を判定し、経路冗長度に応じて管理データの送信量を制御する。経路冗長度とは、通信品質が所定の基準を満たす通信経路 (以下、「高品質経路」と表記) を提供可能な隣接ノード N p , N c の数を指す。

【 0 0 3 0 】

このため、子ノード N c は、管理データの送信量を隣接ノード N p , N c ごとの通信経路の安定性に応じて抑えることができるので、例えば通信経路の切断のリスクが高いほど、多くの管理データを送信することができる。したがって、サーバ 4 は、管理データからアドホックネットワーク NW の構成を解析し、例えば通信経路の障害の復旧及び回避の予測を行うことができる。

【 0 0 3 1 】

よって、子ノード N c は、管理データの送信量を、データの有用性が損なわれることなく低減することができる。以下に管理データを収容したパケットのフォーマットについて述べ、送信量の制御について例を挙げて説明する。

【 0 0 3 2 】

図 2 は、管理データを収容したパケットの一例を示すフォーマット図である。パケット

10

20

30

40

50

には、宛先及び送信元などの情報を含むヘッダと、ノード状態及び通信状態 # 1 ~ # n (n : 1 以上の整数) の情報を含む管理データとを収容する。

【 0 0 3 3 】

ノード状態は、送信元の親ノード N p または子ノード N c の状態である。ノード状態には、一例として、送信元ノード I D と、経路冗長度と、移動状態、及び負荷状態とが含まれる。送信元ノード I D は、例えば、送信元の親ノード N p または子ノード N c の M A C (Media Access Control) アドレスを示す。経路冗長度は、上述したとおりである。

【 0 0 3 4 】

移動状態は、送信元の親ノード N p または子ノード N c が移動中であるのか、または静止中であるのかを示す。なお、親ノード N p の場合、移動状態は静止中となる。

10

【 0 0 3 5 】

負荷状態は、送信元の親ノード N p または子ノード N c の処理の負荷が正常であるのか、または異常であるのかを示す。負荷状態は、例えば、負荷が所定の基準値以下である場合、正常と判定され、負荷が所定の基準値を上回る場合、異常と判定される。

【 0 0 3 6 】

また、通信状態 # 1 ~ # n は、隣接ノード N p , N c との間のリンクごとの通信の状態を示す。通信状態 # 1 ~ # n には、一例として、それぞれ、隣接ノード I D と、 R S S I と、送信エラー率と、応答時間とが含まれる。隣接ノード I D は、例えば、隣接ノード N p , N c の M A C アドレスを示す。

【 0 0 3 7 】

R S S I は、隣接ノード N p , N c が送信元のノード N p , N c から受信した電波の信号強度である。送信エラー率は、隣接ノード N p , N c から送信元のノード N p , N c に送信したデータのエラー率である。応答時間は、隣接ノード N p , N c から送信元のノード N p , N c にデータを送信してから、送信元のノード N p , N c の応答を受信するまでの経過時間である。

20

【 0 0 3 8 】

なお、通信状態 # 1 ~ # n の情報は、アドホックネットワーク N W 内の各隣接ノード N p , N c との通信状態に関する第 1 データの一例である。通信状態 # 1 ~ # n の情報には、上記に限定されず、例えば通信チャネルの使用率、及び所定時間内に通信した隣接ノード N p , N c の数などが含まれてもよい。

30

【 0 0 3 9 】

また、一例として、ヘッダのサイズは 1 0 (Byte) であり、ノード状態の情報のサイズは 2 5 (Byte) であり、各通信状態 (# 1 ~ # n) の情報のサイズは 2 0 (Byte) である。また、パケットの最大サイズは、使用するプロトコルに応じて異なり、例えば Z i g B e e の場合、 1 2 7 (Byte) である。

【 0 0 4 0 】

通信状態 # 1 ~ # n の情報の合計サイズは、リンク数 n に応じて増加するため、ヘッダやノード状態の情報よりデータ量が多くなり得る。このため、リンク数 n によっては、全ての通信状態 # 1 ~ # n の情報を 1 つのパケットに収容することができず、フラグメンテーション処理により複数のパケットに分割して収容する場合がある。この場合、通信帯域に占める管理データの比率が、フラグメンテーション処理が用いられない場合より増加する。

40

【 0 0 4 1 】

このため、親ノード N p 及び子ノード N c は、管理データのうち、通信状態 # 1 ~ # n の情報の送信量を経路冗長度に応じて制御することにより、管理データの送信量を効果的に低減する。また、親ノード N p 及び子ノード N c は、管理データのうち、ノード状態の情報を、経路冗長度によらず、サーバ 4 に送信することができる。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、管理データの送信量の制御の一例を示す図である。本例のアドホックネットワーク N W には、親ノード N p と、子ノード (# 1 ~ # 8) N c とが含まれる。

50

【0043】

親ノードNpは、子ノード(#5~#8)Ncとリンクし、子ノード(#1)Ncは、子ノード(#2)Nc、子ノード(#4)Nc、及び子ノード(#6)Ncとリンクしている。子ノード(#2)Ncは、子ノード(#1)Nc及び子ノード(#3~#5)Ncとリンクし、子ノード(#3)Ncは、子ノード(#2)Nc、子ノード(#4)Nc、及び子ノード(#5)Ncとリンクしている。

【0044】

子ノード(#4)Ncは、子ノード(#1~#3)Nc、子ノード(#5)Nc、及び子ノード(#6)Ncとリンクし、子ノード(#5)Ncは、子ノード(#2~#4)Nc、子ノード(#6)Nc、及び親ノードNpとリンクしている。子ノード(#7)Ncは、子ノード(#6)Ncと親ノードNpにリンクし、子ノード(#8)Ncは親ノードNpにリンクしている。

10

【0045】

子ノード(#1~#8)Ncは、親ノードNpまでの通信経路を探索して、その通信経路を介し、管理データを収容したパケットを送信する。親ノードNpは、子ノード(#1~#8)Ncから受信した管理データを、自ノードの管理データとともにゲートウェイ3に送信する。

【0046】

各子ノードNcは、隣接ノードNp, Ncごとの通信状態及びノード状態に基づいて経路冗長度を判定する。図3には、子ノードNcごとの経路冗長度が表示されている。

20

【0047】

例えば子ノード(#1)Ncは、隣接ノードである子ノード(#2)Nc、子ノード(#4)Nc、及び子ノード(#6)Ncの通信状態及びノード状態に基づいて経路冗長度を判定する。

【0048】

より具体的には、子ノード(#1)Ncは、子ノード(#2)Ncの経路冗長度が0であるため、子ノード(#2)Ncを、高品質経路の提供が不可能な隣接ノードであると判定する。また、子ノード(#1)Ncは、子ノード(#4)Ncが移動中であるため、子ノード(#4)Ncを、高品質経路の提供が不可能な隣接ノードであると判定する。また、子ノード(#1)Ncは、子ノード(#6)NcのRSSIが所定値より低いため、子ノード(#4)Ncを、高品質経路の提供が不可能な隣接ノードであると判定する。

30

【0049】

したがって、子ノード(#1)Ncは、高品質経路を提供可能な隣接ノード数が0であることから、経路冗長度を0と判定する。ここで経路冗長度の閾値を1とすると、子ノード(#1)Ncは、経路冗長度が閾値より小さいため、管理データの送信量を、経路冗長度が閾値以上である場合より増やす(「送信量増加」参照)。

【0050】

また、子ノード(#2)Ncは、隣接ノードである子ノード(#1)Nc及び子ノード(#3~#5)Ncの通信状態及びノード状態に基づいて経路冗長度を判定する。

【0051】

より具体的には、子ノード(#2)Ncは、子ノード(#1)Ncの経路冗長度が0であるため、子ノード(#1)Ncを、高品質経路の提供が不可能な隣接ノードであると判定する。また、子ノード(#2)Ncは、子ノード(#3)Nc及び子ノード(#4)Ncが移動中であるため、子ノード(#3)Nc及び子ノード(#4)Ncを、高品質経路の提供が不可能な隣接ノードであると判定する。また、子ノード(#2)Ncは、子ノード(#5)Ncが過負荷であるため、子ノード(#5)Ncを、高品質経路の提供が不可能な隣接ノードであると判定する。

40

【0052】

したがって、子ノード(#2)Ncは、高品質経路を提供可能な隣接ノード数が0であることから、経路冗長度を0と判定する。子ノード(#2)Ncは、経路冗長度が閾値(

50

= 1) より小さいため、管理データの送信量を、経路冗長度が閾値以上である場合より増やす(「送信量増加」参照)。

【0053】

また、子ノード(#8) N_cは、隣接ノードである親ノードN_pの通信状態及びノード状態に基づいて経路冗長度を判定する。子ノード(#8) N_cは、親ノードN_pが高品質経路の提供に関する全ての条件を満たすため、経路冗長度を1と判定する。子ノード(#8) N_cは、経路冗長度が閾値(=1)以上であるため、管理データの送信量を、経路冗長度が閾値より小さい場合より減らす(「送信量減少」参照)。

【0054】

このように、子ノードN_cは、隣接ノードN_p、N_cの通信状態及びノード状態に基づいて経路冗長度を判定し、経路冗長度に応じて管理データの送信量を増減する。このため、子ノードN_cは、管理データの送信量を隣接ノードN_p、N_cごとの通信経路の安定性に応じて抑えることができるので、通信経路の切断のリスクが高いほど、多くの管理データを送信することができる。

【0055】

次に、ゲートウェイ3、サーバ4、子ノードN_c、及び親ノードN_pの構成について述べる。

【0056】

図4は、ゲートウェイ3の一例を示す構成図である。ゲートウェイ3は、広域ネットワーク91上のサーバ4と、アドホックネットワークNWの親ノードN_p及び子ノードN_cとの間の通信を中継する。例えば、ゲートウェイ3は、親ノードN_p及び子ノードN_cから管理データと検出データを受信してサーバ4に中継する。

【0057】

ゲートウェイ3は、CPU(Central Processing Unit)30、ROM(Read Only Memory)31、RAM(Random Access Memory)32、フラッシュメモリ33、及び通信ポート34、35を有する。CPU30は、互いに信号の入出力ができるように、ROM31、RAM32、フラッシュメモリ33、及び通信ポート34、35と、バス39を介して接続されている。

【0058】

ROM31は、CPU30を駆動するプログラムが格納されている。RAM32は、CPU30のワーキングメモリとして機能する。フラッシュメモリ33には、管理データを収容したパケット、及び検出データを収容したパケットなどを格納するパケットバッファ331が保持されている。

【0059】

通信ポート34は、例えばUSB(Universal Serial Bus)コントローラであり、親ノードN_pとの通信を処理する。通信ポート35は、例えばLANコントローラであり、LAN90を介した広域ネットワーク91との通信、つまりサーバ4との通信を処理する。なお、通信ポート34、35は、例えばFPGA(Field Programmable Gate Array)やASIC(Application Specified Integrated Circuit)などのハードウェアから構成される回路である。

【0060】

CPU30は、ROM31からプログラムを読み込むと、機能として、中継処理部300が形成される。中継処理部300は、サーバ4と、親ノードN_p及び子ノードN_cとの間でパケットを中継する。より具体的には、中継処理部300は、通信ポート34、35を介して送受信するパケットをパケットバッファ331に一時的に格納し中継する。このとき、中継処理部300は、パケットのフォーマット変換やプロトコル変換なども行う。

【0061】

図5は、サーバ4の一例を示す構成図である。サーバ4は、広域ネットワーク91に接続されており、例えば、検出データを用いたクラウドサービスを提供する。

【0062】

10

20

30

40

50

サーバ4は、CPU40、ROM41、RAM42、フラッシュメモリ43、及び通信ポート44を有する。CPU40は、互いに信号の入出力ができるように、ROM41、RAM42、フラッシュメモリ43、及び通信ポート44と、バス49を介して接続されている。

【0063】

ROM41は、CPU40を駆動するプログラムが格納されている。RAM42は、CPU40のワーキングメモリとして機能する。フラッシュメモリ43には、検出データが登録された検出値データベース(DB)431と、管理データが登録された管理データベース(DB)432とが保持されている。

【0064】

通信ポート44は、例えばLANコントローラであり、広域ネットワーク91を介したゲートウェイ3との通信を処理する。なお、通信ポート44は、例えばFPGAやASICなどのハードウェアから構成される回路である。

【0065】

CPU40は、ROM41からプログラムを読み込むと、機能として、動作制御部400、登録処理部401と、ネットワーク解析部402、及びクラウドサービス提供部403が形成される。動作制御部400はサーバ4の全体の動作を制御する。動作制御部400は、所定のシーケンスに従い、登録処理部401、ネットワーク解析部402、及びクラウドサービス提供部403に各種の処理の実行を指示する。

【0066】

登録処理部401は、通信ポート44を介して受信したパケットから検出データまたは管理データを取り出す。登録処理部401は、検出データを検出値データベース431に登録し、管理データを管理データベース432に登録する。

【0067】

ネットワーク解析部402は、管理データベース432に基づいて、ネットワークの解析処理を実行する。ネットワーク解析部402は、管理データベース432からアドホックネットワークNWの構成を解析し、例えば通信経路の障害の復旧及び回避の予測を行う。

【0068】

クラウドサービス提供部403は、通信ポート44から受信したユーザの要求に応じ、検出値データベース431に基づく所定のクラウドサービスを提供する。

【0069】

図6は、子ノードNcの一例を示す構成図である。子ノードNcは、CPU10、ROM11、RAM12、フラッシュメモリ13、及び無線通信モジュール14、15を有する。CPU10は、互いに信号の入出力ができるように、ROM11、RAM12、フラッシュメモリ13、及び無線通信モジュール14、15と、バス19を介して接続されている。なお、CPU10はコンピュータの一例であり、CPU10に代えて、他のプロセッサが用いられてもよい。

【0070】

ROM11は、CPU10を駆動するプログラムが格納されている。プログラムには、通信方法を実行する通信プログラムが含まれている。RAM12は、CPU10のワーキングメモリとして機能する。フラッシュメモリ13には、設定テーブル130と、通信経路テーブル131と、パケットバッファ132と、収集データテーブル133と、状態データテーブル134とが保持されている。

【0071】

無線通信モジュール14は、例えばBLEに従ってセンサNsと無線通信する。また、無線通信モジュール15は、例えばWi-SUNやZigBeeに従って隣接ノードNp、Ncと無線通信する。なお、無線通信モジュール14、15は、例えばアンテナや通信処理回路などのハードウェアから構成される。

【0072】

10

20

30

40

50

CPU10は、ROM11からプログラムを読み込むと、機能として、動作制御部100、通信経路探索部101、パケット転送処理部102、通信状態検出部103、ノード状態検出部104、管理データ送信部105、通信状態収集部106、ノード状態収集部107、経路冗長度判定部108、及び送信量制御部109とが形成される。なお、動作制御部100、通信経路探索部101、パケット転送処理部102、通信状態検出部103、ノード状態検出部104、管理データ送信部105、通信状態収集部106、ノード状態収集部107、経路冗長度判定部108、及び送信量制御部109はFPGAやASICなどの回路により構成されてもよい。

【0073】

動作制御部100は、子ノードNcの全体の動作を制御する。動作制御部100は、所定のシーケンスに従い、通信経路探索部101、パケット転送処理部102、通信状態検出部103、ノード状態検出部104、管理データ送信部105、通信状態収集部106、ノード状態収集部107、経路冗長度判定部108、及び送信量制御部109に各種の処理の実行を指示する。

10

【0074】

また、動作制御部100は、設定テーブル130に基づいて通信経路探索部101、パケット転送処理部102、通信状態検出部103、ノード状態検出部104、管理データ送信部105、通信状態収集部106、ノード状態収集部107、経路冗長度判定部108、及び送信量制御部109に各種のパラメータを設定する。

【0075】

設定テーブル130には、例えば、管理データの送信量の制御に用いられる経路冗長度の閾値THや管理データの送信量の制御に関する上限数Nmax（正の整数）及び下限数Nmin（正の整数、Nmin < Nmax）などが登録されている。動作制御部100は、例えば起動時に設定テーブル130から閾値TH、上限数Nmax、及び下限数Nminを読み出して送信量制御部109に設定する。

20

【0076】

通信経路探索部101は、隣接ノードNp、Ncと制御情報を交換することにより、親ノードNpまでの通信経路を探索する。通信経路探索部101は、制御情報から障害の発生を検出すると、障害箇所のリンクを迂回する通信経路を探索する。通信経路探索部101は、探索した通信経路を通信経路テーブル131に登録する。

30

【0077】

パケット転送処理部102は、通信経路テーブル131を参照することにより、パケットを最適な通信経路に沿って隣接ノードNp、Ncに転送する。より具体的には、パケット転送処理部102は、無線通信モジュール14、15から転送対象のパケットを取得してパケットバッファ132に一時的に格納し、転送経路に従った次ホップの隣接ノードNp、Ncを検出する。パケット転送処理部102は、隣接ノードNp、Ncへのパケットの転送を無線通信モジュール15に指示する。

【0078】

通信状態検出部103は、例えば周期的に隣接ノードNp、Ncごとの通信状態を検出する。より具体的には、通信状態検出部103は、無線通信モジュール15から隣接ノードNp、Ncごとの通信状態に関するデータを取得する。通信状態に関するデータとしては、RSSI、送信エラー率、及び応答時間が挙げられるが、これに限定されない。なお、無線通信モジュール15は、通信状態検出部103からの指示に応じて、RSSI、送信エラー率、及び応答時間などを測定する。

40

【0079】

ノード状態検出部104は、例えば周期的に子ノードNc（自装置）の状態を検出する。より具体的には、ノード状態検出部104は、子ノードNcの移動状態及び負荷状態を検出する。なお、子ノードNcの状態としては、移動状態及び負荷状態に限られず、例えばバッテリー残量などが含まれてもよく、また、移動状態及び負荷状態の一方だけが含まれてもよい。

50

【 0 0 8 0 】

ノード状態検出部 1 0 4 は、移動状態として、子ノード N c が移動中または静止中の何れであるのかを検出する。移動状態の検出手段としては、例えば、加速度センサの検出値や R S S I の変化値に基づく検出手段が挙げられるが、これに限定されない。

【 0 0 8 1 】

また、ノード状態検出部 1 0 4 は、負荷状態として、子ノード N c が過負荷または通常の何れであるのかを検出する。負荷状態の検出手段としては、例えば、C P U 1 0 のロードアベレージや利用率などに基づく検出手段が挙げられるが、これに限定されない。

【 0 0 8 2 】

このように、ノード状態検出部 1 0 4 は、検出部の一例として、子ノード N c の負荷状態及び移動状態の少なくとも一方を検出する。

10

【 0 0 8 3 】

ノード状態検出部 1 0 4 は、移動状態及び負荷状態を状態データテーブル 1 3 4 に登録する。また、通信状態検出部 1 0 3 は、通信状態を状態データテーブル 1 3 4 に登録する。

【 0 0 8 4 】

図 7 は、状態データテーブル 1 3 4 の一例を示す図である。状態データテーブル 1 3 4 には、通信状態及びノード状態が登録されている。通信状態には、R S S I、送信エラー率、及び応答時間が含まれており、ノード状態には、経路冗長度、移動状態、及び負荷状態が含まれている。ノード状態のうち、経路冗長度は、経路冗長度判定部 1 0 8 により登録される。

20

【 0 0 8 5 】

再び図 6 を参照すると、管理データ送信部 1 0 5 は、送信部の一例であり、親ノード N p を宛先として管理データを送信する。

【 0 0 8 6 】

より具体的には、管理データ送信部 1 0 5 は、例えば周期的に、収集データテーブル 1 3 3 から隣接ノード N p , N c の通信状態の情報を取得し、状態データテーブル 1 3 4 から自装置のノード状態の情報を取得する。管理データ送信部 1 0 5 は、自装置のノード状態の情報と隣接ノード N p , N c の通信状態の情報とから、図 2 に示される管理データを収容したパケットを生成する。すなわち、管理データには、自装置のノード状態の情報と隣接ノード N p , N c の通信状態の情報とが含まれる。

30

【 0 0 8 7 】

管理データ送信部 1 0 5 は、管理データを収容したパケットを、無線通信モジュール 1 5 を介して送信する。このとき、管理データ送信部 1 0 5 は、通信経路テーブル 1 3 1 を参照することにより、パケットを最適な通信経路に沿って隣接ノード N p , N c に送信する。

【 0 0 8 8 】

また、管理データ送信部 1 0 5 は、送信量制御部 1 0 9 により管理データの送信量が制御される。管理データ送信部 1 0 5 は、隣接ノード N p , N c の通信状態の情報に基づいて、通信状態が良好な隣接ノード N p , N c に関する管理データを優先して送信する。このため、管理データ送信部 1 0 5 は、サーバ 4 が、より安定な通信経路を探索するために有用な管理データを送信することができる。

40

【 0 0 8 9 】

通信状態収集部 1 0 6 は、第 1 収集部の一例であり、各隣接ノード N p , N c の通信状態の情報を収集する。より具体的には、通信状態収集部 1 0 6 は、各隣接ノード N p , N c から、一例として R S S I、送信エラー率、及び応答時間を通知するパケットを、無線通信モジュール 1 5 を介して受信する。R S S I、送信エラー率、及び応答時間は、各隣接ノード N p , N c の通信状態に関する第 1 データの一例である。なお、通信状態収集部 1 0 6 が収集する通信状態の情報は、R S S I、送信エラー率、及び応答時間に限定されない。

50

【 0 0 9 0 】

また、通信状態収集部 1 0 6 は、例えば周期的に状態データテーブル 1 3 4 から自装置の通信状態の情報を読み出してパケットに収容し、無線通信モジュール 1 5 を介して各隣接ノード N_p , N_c に送信する。

【 0 0 9 1 】

このように、通信状態収集部 1 0 6 は、各隣接ノード N_p , N_c と通信状態の情報を交換する。なお、通信状態の情報の交換には、例えば経路探索に用いられる H E L L O メッセージの送受信処理が利用されてもよい。

【 0 0 9 2 】

ノード状態収集部 1 0 7 は、第 2 収集部の一例であり、隣接ノード N_p , N_c のノード状態の情報を収集する。より具体的には、ノード状態収集部 1 0 7 は、一例として、負荷状態、移動状態、及び経路冗長度を通知するパケットを、無線通信モジュール 1 5 を介して受信する。なお、隣接ノード N_p , N_c の負荷状態、移動状態、及び経路冗長度は、第 3 データの一例であり、隣接ノード N_p , N_c の経路冗長度は通信経路の状態の一例である。また、ノード状態収集部 1 0 7 が収集するノード状態の情報は、負荷状態、移動状態、及び経路冗長度に限定されず、また、負荷状態、移動状態、及び経路冗長度の少なくとも 1 つであってもよい。

10

【 0 0 9 3 】

また、ノード状態収集部 1 0 7 は、例えば周期的に状態データテーブル 1 3 4 から自装置のノード状態の情報を読み出してパケットに収容し、無線通信モジュール 1 5 を介して各隣接ノード N_p , N_c に送信する。

20

【 0 0 9 4 】

このように、ノード状態収集部 1 0 7 は、各隣接ノード N_p , N_c とノード状態の情報を交換する。

【 0 0 9 5 】

通信状態収集部 1 0 6 及びノード状態収集部 1 0 7 は、収集した情報を収集データテーブル 1 3 3 に登録する。通信状態収集部 1 0 6 及びノード状態収集部 1 0 7 は、周期的に隣接ノード N_p , N_c から情報を収集して収集データテーブル 1 3 3 を更新する。

【 0 0 9 6 】

図 8 は、収集データテーブル 1 3 3 の一例を示す図である。収集データテーブル 1 3 3 には、隣接ノード ID、通信状態、及びノード状態が登録されている。

30

【 0 0 9 7 】

隣接ノード ID は、隣接ノード N_p , N_c の識別子であり、例えば M A C アドレスが挙げられる。例えば無線通信モジュール 1 5 は、隣接ノード N_p , N_c を検出したとき、その隣接ノード ID を検出し、通信状態収集部 1 0 6 及びノード状態収集部 1 0 7 に通知する。通信状態収集部 1 0 6 及びノード状態収集部 1 0 7 は、通知された隣接ノード ID ごとに情報を収集する。

【 0 0 9 8 】

通信状態には、R S S I、送信エラー率、及び応答時間が含まれており、ノード状態には、経路冗長度、移動状態、及び負荷状態が含まれている。通信状態の情報は、管理データ送信部 1 0 5 により管理データの一部として親ノード N_p に送信されるが、その送信量は送信量制御部 1 0 9 により制御される。

40

【 0 0 9 9 】

再び図 6 を参照すると、経路冗長度判定部 1 0 8 は、判定部の一例であり、各隣接ノード N_p , N_c の通信状態及びノード状態の情報に基づき、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能な隣接ノード N_p , N_c の数、つまり経路冗長度を判定する。ここで、経路冗長度判定部 1 0 8 は、各隣接ノード N_p , N_c の通信状態の情報のみに基づいて経路冗長度を判定してもよいが、上記のように各隣接ノード N_p , N_c の通信状態及びノード状態の情報に基づき判定を行うことにより、経路冗長度を高精度に判定することができる。なお、経路冗長度の判定処理の詳細は後述する。

50

【 0 1 0 0 】

送信量制御部 1 0 9 は、制御部の一例であり、管理データ送信部 1 0 5 の管理データの送信量を経路冗長度に応じて制御する。このため、子ノード N c は、管理データの送信量を隣接ノード N p , N c ごとの通信経路の安定性に応じて抑えることができるので、例えば通信経路の切断のリスクが高いほど、多くの管理データを送信することができる。

【 0 1 0 1 】

したがって、サーバ 4 は、管理データからアドホックネットワーク N W の構成を解析し、例えば通信経路の障害の復旧及び回避の予測を行うことができる。よって、子ノード N c は、管理データの送信量を、データの有用性が損なわれることなく低減することができる。

10

【 0 1 0 2 】

より具体的には、送信量制御部 1 0 9 は、経路冗長度が所定の閾値 T H 以上である場合、管理データ送信部 1 0 5 の管理データの送信量を、経路冗長度が所定の閾値 T H より小さい場合より減らす。このため、子ノード N c は、管理データの送信量を隣接ノード N p , N c ごとの通信経路の安定性に応じて抑えることができるので、通信経路の切断のリスクが高いほど、多くの管理データを送信することができる。

【 0 1 0 3 】

また、送信量制御部 1 0 9 は、図 2 を参照して述べたように、管理データのうち、各隣接ノード N p , N c の通信状態の情報の送信量を経路冗長度に応じて制御するため、管理データの送信量を効果的に低減することができる。ここで、管理データには、各隣接ノード N p , N c の経路冗長度が含まれているため、管理データの有用性が高められる。

20

【 0 1 0 4 】

また、送信量制御部 1 0 9 は、通信状態の情報が管理データ送信部 1 0 5 の送信対象となる隣接ノード N p , N c の最大数を、経路冗長度判定部 1 0 8 が判定した経路冗長度に応じて決定することにより、管理データの送信量を制御する。このため、送信量制御部 1 0 9 は、ノード単位で管理データの送信量を制御することができる。

【 0 1 0 5 】

図 9 は、親ノード N p の一例を示す構成図である。図 9 において、図 6 と共通する構成には同一の符号を付し、その説明は省略する。

【 0 1 0 6 】

親ノード N p は、C P U 1 0、R O M 1 1、R A M 1 2、フラッシュメモリ 1 3、通信ポート 1 6、及び無線通信モジュール 1 4 , 1 5 を有する。C P U 1 0 は、互いに信号の入出力ができるように、R O M 1 1、R A M 1 2、フラッシュメモリ 1 3、通信ポート 1 6、及び無線通信モジュール 1 4 , 1 5 と、バス 1 9 を介して接続されている。

30

【 0 1 0 7 】

通信ポート 1 6 は、例えば U S B コントローラであり、ゲートウェイ 3 との通信を処理する。なお、通信ポート 1 6 は、例えば F P G A や A S I C などのハードウェアから構成される回路である。

【 0 1 0 8 】

C P U 1 0 は、R O M 1 1 からプログラムを読み込むと、機能として、動作制御部 1 0 0、通信経路探索部 1 0 1、パケット転送処理部 1 0 2 a、通信状態検出部 1 0 3、ノード状態検出部 1 0 4、管理データ送信部 1 0 5 a、通信状態収集部 1 0 6、ノード状態収集部 1 0 7、経路冗長度判定部 1 0 8、及び送信量制御部 1 0 9 とが形成される。

40

【 0 1 0 9 】

動作制御部 1 0 0 は、親ノード N p の全体の動作を制御する。動作制御部 1 0 0 は、所定のシーケンスに従い、通信経路探索部 1 0 1、パケット転送処理部 1 0 2 a、通信状態検出部 1 0 3、ノード状態検出部 1 0 4、管理データ送信部 1 0 5 a、通信状態収集部 1 0 6、ノード状態収集部 1 0 7、経路冗長度判定部 1 0 8、及び送信量制御部 1 0 9 に各種の処理の実行を指示する。

【 0 1 1 0 】

50

管理データ送信部 105 a は、状態データテーブル 134 のノード状態の情報と収集データテーブル 133 の通信状態の情報から管理データを収容するパケットを生成し、通信ポート 16 を介しゲートウェイ 3 に送信する。また、管理データ送信部 105 a は、子ノード N c の管理データ送信部 105 と同様に、送信量制御部 109 により親ノード N p の管理データの送信量が制御される。

【0111】

パケット転送処理部 102 a は、子ノード N c のパケット転送処理部 102 とは異なり、検出データまたは管理データを収容したパケットを隣接ノード N p , N c から受信した場合、そのパケットをパケットバッファ 132 に一時的に格納した後、通信ポート 16 に出力する。これにより、検出データ及び管理データがゲートウェイ 3 経由でサーバ 4 に中継される。

10

【0112】

このように、親ノード N p は、各子ノード N c から管理データを収集し、自装置の管理データとともにゲートウェイ 3 経由でサーバ 4 に送信する。このため、サーバ 4 は、アドホックネットワーク NW の全体的な構成を解析することができる。これに対し、各子ノード N c は、処理能力がサーバ 4 より劣るため、隣接ノード N p , N c の通信状態から近傍の通信経路の切断リスクを判断することができても、アドホックネットワーク NW の全体的な構成を解析することができない。

【0113】

次に子ノード N c の動作について述べる。

20

【0114】

図 10 は、子ノード N c の動作の一例を示すシーケンス図である。本例において、子ノード ($\#i \sim \#k$) N c (i, j, k : 正の整数) は、互いに隣接関係にある。各子ノード N c の動作制御部 100 は、符号 S a で示される処理 S 1 ~ S 5 の周期が、符号 S b で示される処理 S 6 , S 7 の周期より短くなるように、各処理 S 1 ~ S 5 の実行を指示する。なお、本シーケンスは、通信方法及び通信プログラムの動作例を示す。

【0115】

ノード状態検出部 104 は、自装置のノード状態 (移動状態及び負荷状態) を検出して (処理 S 1)、状態データテーブル 134 に登録する。次に、通信状態検出部 103 は、自装置の通信状態 (RSSI、送信エラー率、及び応答時間) を検出して (処理 S 2)、状態データテーブル 134 に登録する。

30

【0116】

次に、通信状態収集部 106 は、各隣接ノード N c から通信状態の情報 (RSSI、送信エラー率、及び応答時間) を、HELLOメッセージなどを用いて収集して (処理 S 3)、収集データテーブル 133 に登録する。このとき、隣接関係にある子ノード ($\#i \sim \#k$) N c の間で通信状態の情報の交換が行われる。なお、収集データテーブル 133 には、最新の通信状態の情報だけが登録されているが、過去の複数回分の通信状態の情報が登録されてもよい。

【0117】

次に、ノード状態収集部 107 は、各隣接ノード N c からノード状態の情報 (経路冗長度、移動状態、及び負荷状態) を収集する (処理 S 4)、収集データテーブル 133 に登録する。このとき、隣接関係にある子ノード ($\#i \sim \#k$) N c の間でノード状態の情報の交換が行われる。なお、収集データテーブル 133 には、最新のノード状態の情報だけが登録されているが、過去の複数回分のノード状態の情報が登録されてもよい。

40

【0118】

次に、経路冗長度判定部 108 は、状態データテーブル 134 のノード状態と収集データテーブル 133 の通信状態とに基づいて経路冗長度を判定する (処理 S 5)。

【0119】

図 11 は、経路冗長度の判定処理の一例を示すフローチャートである。経路冗長度判定部 108 は、経路冗長度を 0 に初期化する (ステップ S t 1)。次に、経路冗長度判定部

50

108は、無線通信モジュール15において検出された隣接ノードIDの1つを選択する(ステップSt2)。以下のステップSt3~St8では、選択中の隣接ノードIDに該当する隣接ノードNp, Ncの各種のデータについて判定が行われる。

【0120】

経路冗長度判定部108は、負荷状態が通常を示すか否かを判定する(ステップSt3)。経路冗長度判定部108は、負荷状態が過負荷を示す場合(ステップSt3のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

【0121】

経路冗長度判定部108は、負荷状態が通常を示す場合(ステップSt3のYes)、移動状態が静止中を示すか否かを判定する(ステップSt4)。経路冗長度判定部108は、移動状態が移動中を示す場合(ステップSt4のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

10

【0122】

経路冗長度判定部108は、移動状態が静止中を示す場合(ステップSt4のYes)、経路冗長度を所定値J(正の整数、例えば1)と比較する(ステップSt5)。経路冗長度判定部108は、経路冗長度が所定値Jより小さい場合(ステップSt5のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

【0123】

経路冗長度判定部108は、経路冗長度が所定値J以上である場合(ステップSt5のYes)、RSSIを所定値Kと比較する(ステップSt6)。経路冗長度判定部108は、RSSIが所定値Kより小さい場合(ステップSt6のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

20

【0124】

経路冗長度判定部108は、RSSIが所定値K以上である場合(ステップSt6のYes)、送信エラー率を所定値Lと比較する(ステップSt7)。経路冗長度判定部108は、送信エラー率が所定値Lより大きい場合(ステップSt7のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

30

【0125】

経路冗長度判定部108は、送信エラー率が所定値L以下である場合(ステップSt7のYes)、応答時間を所定値Mと比較する(ステップSt8)。経路冗長度判定部108は、応答時間が所定値Mより大きい場合(ステップSt8のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

【0126】

経路冗長度判定部108は、応答時間が所定値M以下である場合(ステップSt8のYes)、経路冗長度に1を加算する(ステップSt9)。

【0127】

次に、経路冗長度判定部108は、全ての隣接ノードIDを選択済みであるか否かを判定する(ステップSt10)。経路冗長度判定部108は、未選択の隣接ノードIDが存在する場合(ステップSt10のNo)、他の隣接ノードIDを選択する(ステップSt2)。その後、ステップSt3以降の各処理が実行される。

40

【0128】

経路冗長度判定部108は、全ての隣接ノードIDを選択済みである場合(ステップSt10のYes)、経路冗長度を状態データテーブル134に記録する(ステップSt11)。経路冗長度は、送信量制御部109により管理データの送信量の制御に用いられる。このようにして、経路冗長度の判定処理は実行される。なお、所定値J, K, L, Mは、例えば設定テーブル130に予め登録されている。

【0129】

50

このように、経路冗長度判定部 108 は、各隣接ノード N_p , N_c の通信状態及びノード状態の情報に基づいて経路冗長度を判定する。より具体的には、経路冗長度判定部 108 は、隣接ノード N_p , N_c ごとに、通信状態及びノード状態の情報の全てのパラメータが通信品質の観点から良好である場合にのみ経路冗長度を上昇させる。このため、経路冗長度は、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能な隣接ノード N_p , N_c の数となる。

【0130】

再び図 10 を参照すると、経路冗長度の判定処理の後、送信量制御部 109 は、管理データ送信部 105 の管理データの送信量を経路冗長度に応じて制御する（処理 S6）。次に、管理データ送信部 105 は、送信量制御部 109 の制御に応じた送信量で管理データを親ノード N_p に送信する（処理 S7）。このようにして、子ノード N_c は動作する。

10

【0131】

図 12 は、管理データの送信量の制御処理の一例を示すフローチャートである。本処理は、上記の処理 S6 に該当する。

【0132】

送信量制御部 109 は、状態データテーブル 134 の経路冗長度を閾値 T_H （本例では 1）と比較する（ステップ S t 3 1）。送信量制御部 109 は、経路冗長度が閾値 T_H 以上である場合（ステップ S t 3 1 の Yes）、管理データのうち、通信状態の情報が管理データ送信部 105 の送信対象となる隣接ノード N_p , N_c の最大数を下限数 N_{min} （本例では 2）に決定する（ステップ S t 3 2）。これにより、2 つの隣接ノード N_p , N_c 分の通信状態の情報だけが送信対象となるため、管理データの送信量は減少する。

20

【0133】

また、送信量制御部 109 は、経路冗長度が閾値 T_H より小さい場合（ステップ S t 3 1 の No）、管理データのうち、通信状態の情報が管理データ送信部 105 の送信対象となる隣接ノード N_p , N_c の最大数（送信対象ノード数）を上限数 M_{max} （本例では 5）に決定する（ステップ S t 3 3）。これにより、5 つの隣接ノード N_p , N_c 分の通信状態の情報が送信対象となるため、管理データの送信量は増加する。

【0134】

このように、送信量制御部 109 は、管理データ送信部 105 の管理データの送信量を経路冗長度に応じて制御する。より具体的には、送信量制御部 109 は、経路冗長度が所定の閾値 T_H 以上である場合、ステップ S t 3 2 の処理において管理データの送信量を、経路冗長度が所定の閾値 T_H より小さい場合より減らす。このため、子ノード N_c は、管理データの送信量を隣接ノード N_p , N_c ごとの通信経路の安定性に応じて抑えることができるので、通信経路の切断のリスクが高いほど、多くの管理データを送信することができる。

30

【0135】

また、送信量制御部 109 は、送信対象ノード数を、経路冗長度判定部 108 が判定した経路冗長度に応じて下限数 N_{min} または上限数 N_{max} に決定することにより、管理データの送信量を制御する。このため、送信量制御部 109 は、ノード単位で管理データの送信量を制御することができる。なお、送信量制御部 109 は、経路冗長度に応じて送信量自体を決定してもよい。この場合、管理データ送信部 105 は、決定された送信量の範囲内で送信対象の通信状態の情報をノード単位で選択する。

40

【0136】

図 13 は、管理データの送信処理の一例を示すフローチャートである。管理データ送信部 105 は、収集データテーブル 133 の情報を、一例として RSSI の順でソートする（ステップ S t 2 1）。次に、管理データ送信部 105 は、収集データテーブル 133 の情報に送信の優先度を割り当てる（ステップ S t 2 2）。

【0137】

次に、管理データ送信部 105 は、優先度に従い、送信対象ノード数分の通信状態の情報を選択して送信する（ステップ S t 2 3）。以下に、図 8 の収集データテーブル 133

50

を例に挙げて送信対象の通信状態の情報の選択について説明する。

【0138】

図14は、送信対象の通信状態の情報の選択の一例を示す図である。管理データ送信部105は、収集データテーブル133の情報をRSSIの大きい順にソートする。なお、管理データ送信部105は、例えば応答時間の大きい順にソートしてもよく、さらに、RSSI、送信エラー率、及び応答時間のうち、2つ以上の情報に基づいてソートしてもよい。

【0139】

管理データ送信部105は、ソートされた情報に送信の優先度(1~6)を順次に割り当てる。このため、RSSIが大きい情報ほど、高い優先度が割り当てられる。本例の場合、隣接ノードID「XX:XX:XX:05」の情報には最も高い優先度「1」が割り当てられ、隣接ノードID「XX:XX:XX:0A」の情報には最も低い優先度「6」が割り当てられる。

10

【0140】

管理データ送信部105は、送信対象ノード数が上限数 N_{max} (=5)である場合、一点鎖線で示されるように、優先度「1」~「5」の通信状態の情報を選択して送信する。また、管理データ送信部105は、送信対象ノード数が下限数 N_{min} (=2)である場合、点線で示されるように、優先度「1」及び「2」の通信状態の情報を選択して送信する。このため、RSSIに基づき良好な通信状態の情報が優先的に親ノード N_p に送信される。

20

【0141】

このように、管理データ送信部105は、通信状態の情報に基づいて、通信状態が良好な隣接ノード N_p , N_c に関する管理データを優先して送信する。このため、管理データ送信部105は、サーバ4が、より安定な通信経路を探索するために有用な管理データを送信することができる。

【0142】

なお、上記の処理機能は、コンピュータによって実現することができる。その場合、処理装置が有すべき機能の処理内容を記述したプログラムが提供される。そのプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体(ただし、搬送波は除く)に記録しておくことができる。

30

【0143】

プログラムを流通させる場合には、例えば、そのプログラムが記録されたDVD(Digital Versatile Disc)、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)などの可搬型記録媒体の形態で販売される。また、プログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することもできる。

【0144】

プログラムを実行するコンピュータは、例えば、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、自己の記憶装置に格納する。そして、コンピュータは、自己の記憶装置からプログラムを読み取り、プログラムに従った処理を実行する。なお、コンピュータは、可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することもできる。また、コンピュータは、サーバコンピュータからプログラムが転送されるごとに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することもできる。

40

【0145】

上述した実施形態は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

【0146】

なお、以上の説明に関して更に以下の付記を開示する。

50

(付記 1) アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集する第 1 収集部と、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信する送信部と、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、

前記送信部の前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有することを特徴とする通信装置。

(付記 2) 前記制御部は、前記ノードの数が所定の閾値以上である場合、前記送信部の前記第 2 データの送信量を、前記ノードの数が前記所定の閾値より少ない場合より減らすことを特徴とする付記 1 に記載の通信装置。

10

(付記 3) 前記送信部は、前記第 1 データに基づいて、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信状態が良好なノードに関する前記第 2 データを優先して送信することを特徴とする付記 1 または 2 に記載の通信装置。

(付記 4) 前記第 2 データには、前記第 1 データが含まれ、

前記制御部は、前記 1 以上の隣接ノードのうち、前記第 1 データが前記送信部の送信対象となるノードの最大数を、前記判定部が判定した前記ノードの数に応じて決定することにより、前記第 1 データの送信量を制御することを特徴とする付記 1 乃至 3 の何れかに記載の通信装置。

(付記 5) 前記通信装置の負荷状態及び移動状態の少なくとも一方を検出する検出部を有し、

20

前記第 2 データには、前記第 1 データと、前記検出部が検出した負荷状態及び移動状態の少なくとも一方の情報とが含まれ、

前記制御部は、前記第 2 データのうち、前記第 1 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御することを特徴とする付記 1 乃至 3 の何れかに記載の通信装置。

(付記 6) 前記第 2 データには、前記ノードの数がさらに含まれることを特徴とする付記 5 に記載の通信装置。

(付記 7) 前記 1 以上の隣接ノードの負荷状態、移動状態、及び通信経路の状態の少なくとも 1 つに関する第 3 データを収集する第 2 収集部を有し、

前記判定部は、前記第 1 データ及び前記第 3 データに基づき、前記ノードの数を判定することを特徴とする付記 1 乃至 6 の何れかに記載の通信装置。

30

(付記 8) 第 1 通信装置と、複数の第 2 通信装置とを有し、

前記複数の第 2 通信装置は、それぞれ、

アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集する第 1 収集部と、

前記第 1 通信装置に対し、前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信する送信部と、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する判定部と、

前記送信部の前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する制御部とを有することを特徴とする通信システム。

40

(付記 9) 前記制御部は、前記ノードの数が所定の閾値以上である場合、前記送信部の前記第 2 データの送信量を、前記ノードの数が前記所定の閾値より少ない場合より減らすことを特徴とする付記 8 に記載の通信システム。

(付記 10) 前記送信部は、前記第 1 データに基づいて、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信状態が良好なノードに関する前記第 2 データを優先して送信することを特徴とする付記 8 または 9 に記載の通信システム。

(付記 11) 前記第 2 データには、前記第 1 データが含まれ、

前記制御部は、前記 1 以上の隣接ノードのうち、前記第 1 データが前記送信部の送信対象となるノードの最大数を、前記判定部が判定した前記ノードの数に応じて決定することにより、前記第 1 データの送信量を制御することを特徴とする付記 8 乃至 10 の何れかに

50

記載の通信システム。

(付記 1 2) 前記複数の第 2 通信装置のうち、自装置の負荷状態及び移動状態の少なくとも一方を検出する検出部を有し、

前記第 2 データには、前記第 1 データと、前記検出部が検出した負荷状態及び移動状態の少なくとも一方の情報とが含まれ、

前記制御部は、前記第 2 データのうち、前記第 1 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御することを特徴とする付記 8 乃至 1 1 の何れかに記載の通信システム。

(付記 1 3) 前記第 2 データには、前記ノードの数がさらに含まれることを特徴とする付記 1 2 に記載の通信システム。

(付記 1 4) 前記 1 以上の隣接ノードの負荷状態、移動状態、及び通信経路の状態の少なくとも 1 つに関する第 3 データを収集する第 2 収集部を有し、

前記判定部は、前記第 1 データ及び前記第 3 データに基づき、前記ノードの数を判定することを特徴とする付記 8 乃至 1 3 の何れかに記載の通信システム。

(付記 1 5) アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集する工程と、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信する工程と、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定する工程と、

前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する工程とを、コンピュータが実行することを特徴とする通信方法。

(付記 1 6) 前記第 2 データの送信量を制御する工程において、前記ノードの数が所定の閾値以上である場合、前記第 2 データの送信量を、前記ノードの数が前記所定の閾値より少ない場合より減らすことを特徴とする付記 1 5 に記載の通信方法。

(付記 1 7) 前記第 2 データを送信する工程において、前記第 1 データに基づいて、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信状態が良好なノードに関する前記第 2 データを優先して送信することを特徴とする付記 1 5 または 1 6 に記載の通信方法。

(付記 1 8) 前記第 2 データには、前記第 1 データが含まれ、

前記第 2 データの送信量を制御する工程において、前記 1 以上の隣接ノードのうち、前記第 1 データの送信対象となるノードの最大数を、前記判定した前記ノードの数に応じて決定することにより、前記第 1 データの送信量を制御することを特徴とする付記 1 5 乃至 1 7 の何れかに記載の通信方法。

(付記 1 9) アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集し、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信し、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定し、

前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する、処理をコンピュータに実行させることを特徴とする通信プログラム。

(付記 2 0) アドホックネットワーク内の 1 以上の隣接ノードの各々との通信状態に関する第 1 データを収集し、

前記アドホックネットワークの管理に用いられる第 2 データを送信し、

前記第 1 データに基づき、前記 1 以上の隣接ノードのうち、通信品質が所定の基準を満たす通信経路を提供可能なノードの数を判定し、

前記第 2 データの送信量を前記ノードの数に応じて制御する、プロセッサを有することを特徴とする通信装置。

【符号の説明】

【 0 1 4 7 】

1 0 C P U

1 0 3 通信状態検出部

1 0 4 ノード状態検出部

10

20

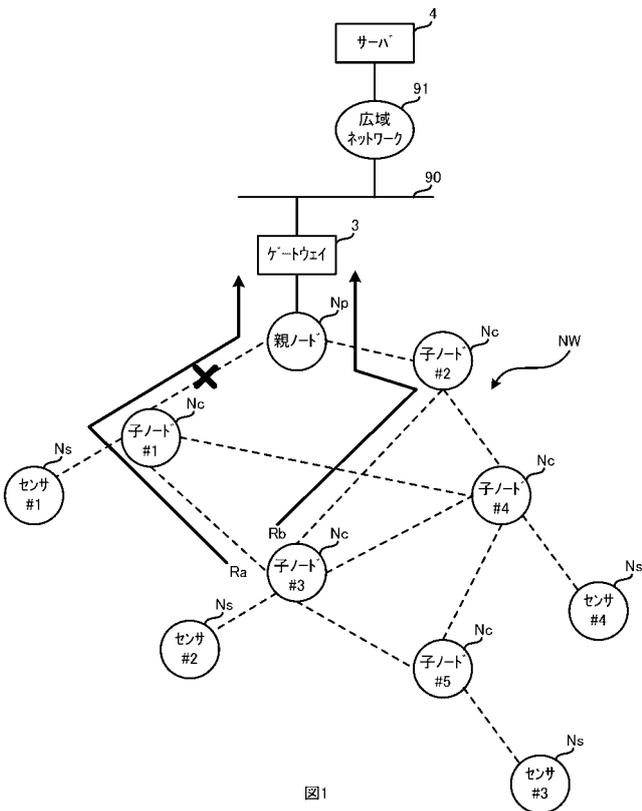
30

40

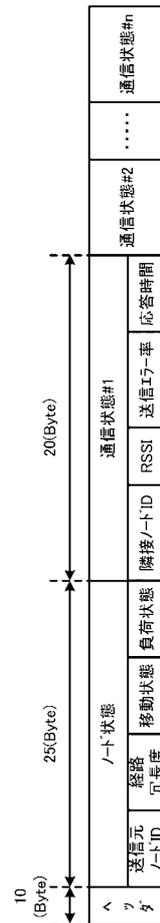
50

- 1 0 5 管理データ送信部
- 1 0 6 通信状態収集部
- 1 0 7 ノード状態収集部
- 1 0 8 経路冗長度判定部
- 1 0 9 送信量制御部
- N W アドホックネットワーク
- N p 親ノード
- N c 子ノード
- N s センサ

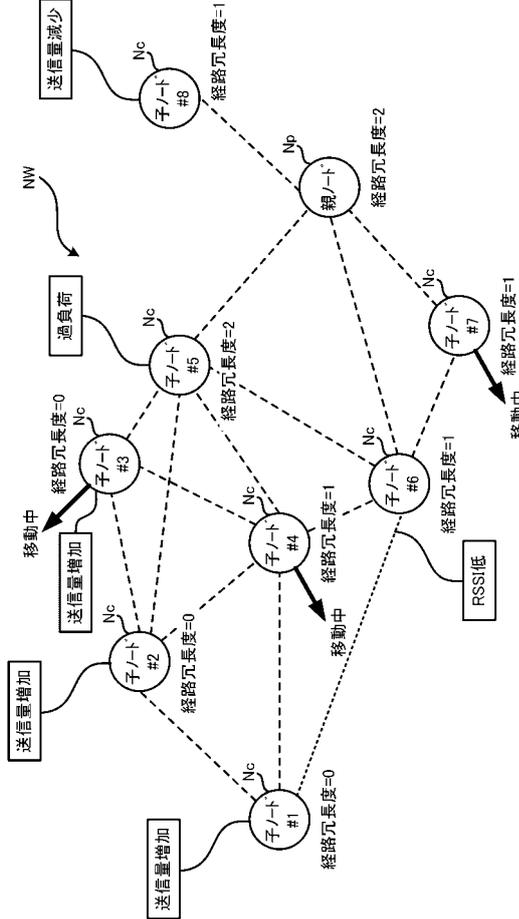
【 図 1 】



【 図 2 】



【図3】



【図5】

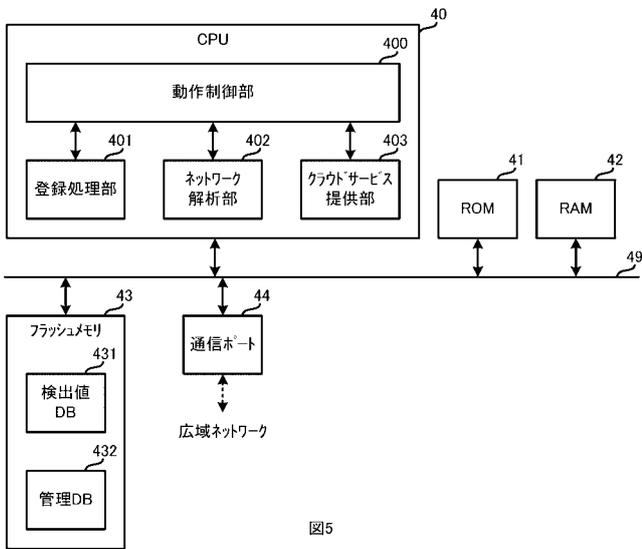


図5

【図4】

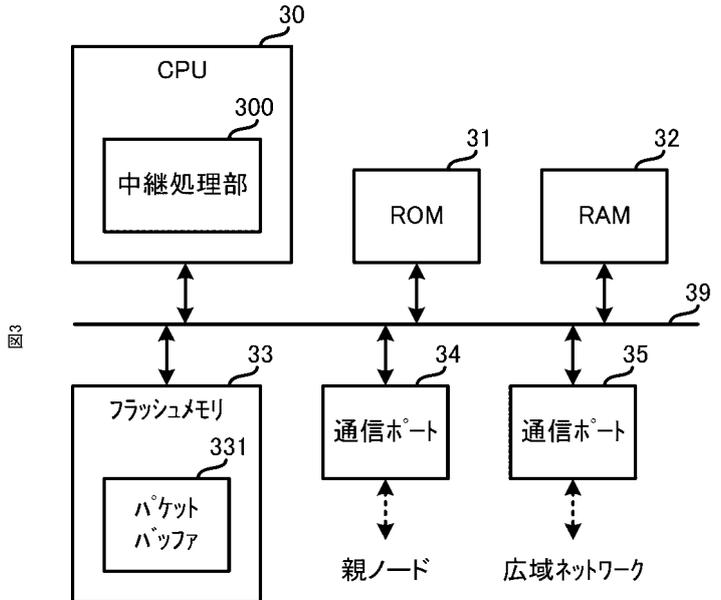


図3

図4

【図6】

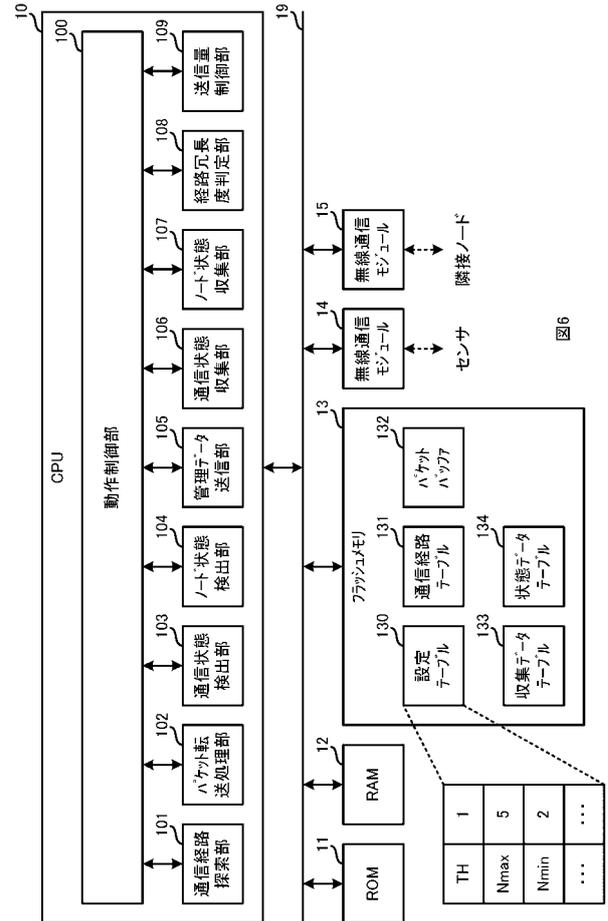


図6

【 図 7 】

通信状態			ノード状態		
RSSI(dBm)	送信エラー率(%)	応答時間(msec)	経路冗長度	移動状態	負荷状態
-65	2	5	1	静止中	通常

図7

【 図 8 】

隣接ノードID	通信状態			ノード状態		
	RSSI(dBm)	送信エラー率(%)	応答時間(msec)	経路冗長度	移動状態	負荷状態
XX:XX:XX:03	-65	2	5	1	静止中	異常
XX:XX:XX:05	-50	0	10	0	静止中	通常
XX:XX:XX:08	-80	13	10	1	移動中	通常
XX:XX:XX:0A	-90	45	25	1	静止中	通常
XX:XX:XX:10	-70	5	5	2	移動中	通常
XX:XX:XX:28	-85	12	15	1	移動中	通常

図8

【 図 9 】

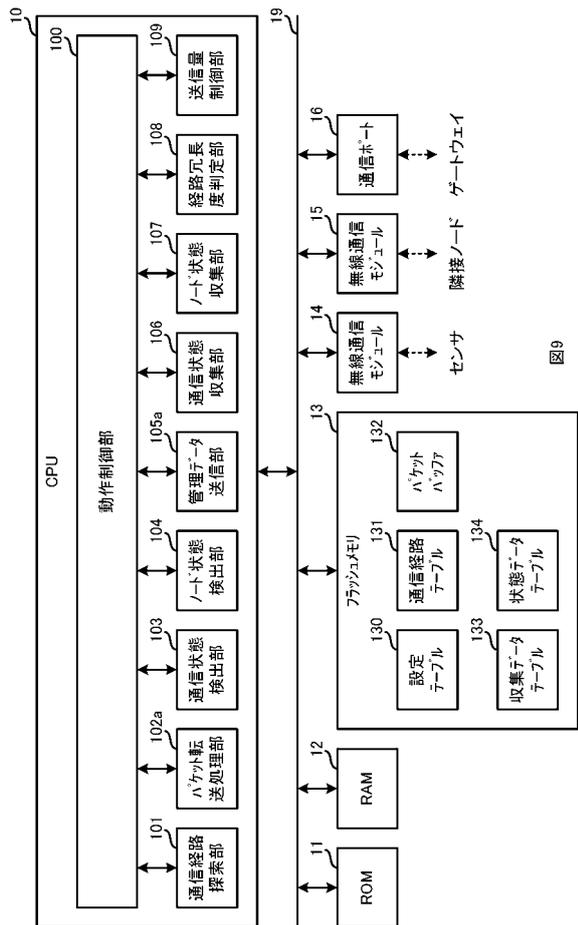


図9

【 図 10 】

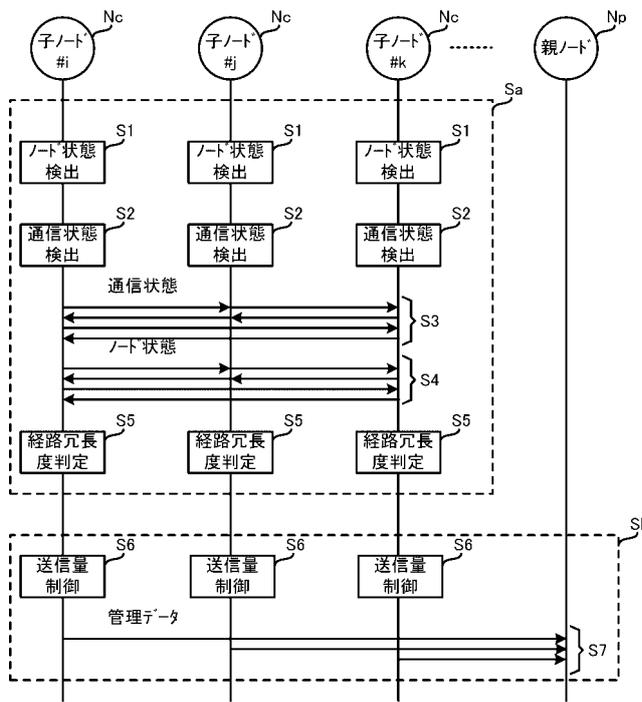


図10

【 図 1 1 】

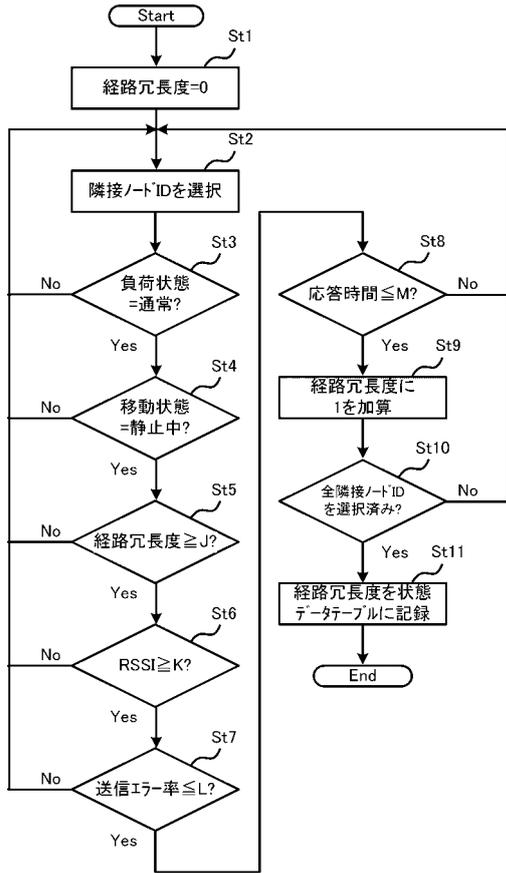


図11

【 図 1 3 】

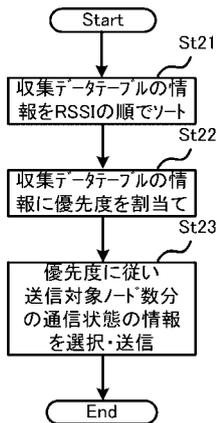


図13

【 図 1 2 】

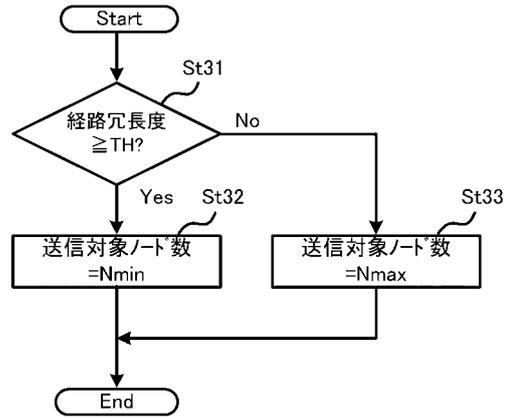


図12

【 図 1 4 】

優先度	隣接ノードID	通信状態			応答時間 (msec)	ノード状態	
		RSSI (dBm)	送信エラー率 (%)	経路冗長度		移動状態	負荷状態
1	XXXXXXXX05	-50	0	10	0	静止中	通常
2	XXXXXX03	-65	2	5	1	静止中	異常
3	XX:XX:XX:10	-70	5	5	2	移動中	通常
4	XX:XX:XX:08	-80	13	10	1	移動中	通常
5	XX:XX:XX:28	-85	12	15	1	移動中	通常
6	XX:XX:XX:0A	-90	45	25	1	静止中	通常

図14

フロントページの続き

Fターム(参考) 5K030 GA13 HA08 HB13 HD03 JL01 JT09 KX29 LC02 MB05 MB06
5K067 BB27 EE25 LL01 LL11