(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
2014 年 5 月 8 日(08.05.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/068665 A1

(51) 国際特許分類:
H04W 40/12 (2009.01) *H04W 84/18* (2009.01)
H04W 40/02 (2009.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/078014

(22) 国際出願日: 2012 年 10 月 30 日(30.10.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中野　亮(NAKANO, Ryo); 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所　横浜研究所内 Kanagawa (JP). 原田　諭(HARADA, Satoru); 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所　横浜研究所内 Kanagawa (JP). 五十嵐　悠一(IGARASHI, Yuichi); 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所　横浜研究所内 Kanagawa (JP). 松浦　芳樹(MATSUURA, Yoshiki); 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所　横浜研究所内 Kanagawa (JP). 佐藤　弘起(SATOH, Hiroki); 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所　横浜研究所内 Kanagawa (JP).

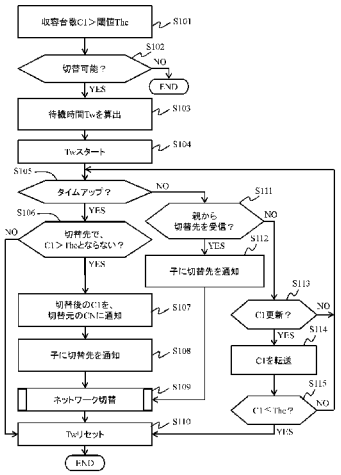
(74) 代理人: 特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所(WILLFORT INTERNATIONAL); 〒1010052 東京都千代田区神田小川町三丁目３番地　神田小川町トーセイビルＩＩ　７階 Tokyo (JP).

(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, BN, 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

[続葉有]

(54) **Title**: COMMUNICATION SYSTEM AND METHOD FOR CHANGING OVER NETWORK TO WHICH TERMINALS ARE TO BELONG

(54) 発明の名称 : 通信システムおよび端末の所属先ネットワーク切替方法



S101 Capacity C1 > threshold Thc
S102 Is changeover possible?
S103 Calculate wait time Tw
S104 Tw start
S105 Time up?
S106 C1 ≤ Thc in changeover destination?
S107 Notify changeover source CN of C1 as after changeover
S108, S112 Notify slave of changeover destination
S109 Network changeover
S110 Tw reset
S111 Is changeover destination received from master?
S113 C1 update?
S114 Transfer C1

(57) **Abstract**: The objective of the invention is to level out numbers of terminals the communications of which come under the charge of aggregation apparatuses. Communication networks each having a given plural number of terminals included in a plurality of terminals are configured for the respective ones of a plurality of aggregation apparatuses. Each of the plurality of terminals comprises: a detection unit (S101) that detects whether a given preset requirement has been fulfilled in a changeover source communication network to which the local terminal currently belongs; a changeover determination unit (S102 to S109) that, when it is detected that the given requirement has been fulfilled, determines, on the basis of a communication quality in a case where the local terminal belongs to a changeover destination communication network, a changeover of the belonging of the local terminal; and a changeover execution unit (S109) that changes over, in accordance with the determination, the belonging of the local terminal from the changeover source communication network to the changeover destination communication network.

(57) 要約: 集約装置配下で通信を担当する端末の数を平準化すること。　複数の集約装置ごとに、複数の端末のうち所定の複数の端末を有する通信ネットワークがそれぞれ構成されている。複数の端末はそれぞれ、自端末の所属する切替元の通信ネットワークにおいて、予め設定される所定の条件が成立したか検知する検知部（Ｓ１０１）と、所定の条件の成立を検知した場合、切替先の通信ネットワークに自端末が所属した場合の通信品質に基づいて、所属先の切替を決定する切替決定部（Ｓ１０２～Ｓ１０９）と、決定に従って自端末の所属先を切替元の通信ネットワークから切替先の通信ネットワークに切り替える切替実行部（Ｓ１０９）と、を備える。

WO 2014/068665 A1

(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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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).

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 ：

通信システムおよび端末の所属先ネットワーク切替方法

技術分野

[0001] 本発明は、通信システムおよび端末の所属先ネットワーク切替方法に関する。

背景技術

[0002] AMI(Advanced Metering Infrastructure)またはセンサネットワーク等の分野では、ある集約装置の配下に複数の端末を収容し、これら複数の端末からデータを収集する形態を持つ通信ネットワークが構築される。

[0003] しかし、現実的には、１台の集約装置に収容可能な端末台数には上限がある。集約装置の収容端末台数が上限値に達した場合、新たな端末は、その集約装置の配下のネットワークに新規参入することができない。

[0004] 端末の新規参入を実現するためには、集約装置の配下に存在する既存の端末の何れかを他の集約装置配下の通信ネットワークに切り替えさせる必要がある。従って、ネットワーク切替が完了するまでの間、無駄な待ち時間が発生する。

[0005] さらに、例えば、第１のネットワークを構成する第１の集約装置が故障した場合、故障した第１の集約装置に収容されていた端末が、一斉に、隣接する第２の集約装置配下の第２のネットワークへ新規参入する可能性もある。

[0006] しかしもしも、第２の集約装置の収容端末台数が上限値に達していた場合、まず最初に、第２のネットワークに所属している既存端末の多くを、隣接する第３のネットワークに移して、第２の集約装置の収容端末台数を上限値以下にする必要がある。その後に、故障した第１ネットワークに属する端末を、第２ネットワークに新規参入させる。このため、ネットワーク切替が行われる端末の数が膨大となり、全端末の切替が完了するまでに長い時間を要する。従って、端末との通信が長期に亘って中断し、AMIまたはセンサネット

ワークのようなシステムの信頼性および使い勝手が低下する。

[0007] 第２の集約装置の収容端末台数が上限値に達していない場合であっても、集約装置間で端末集約台数に偏りが生じていては、不具合を生じるおそれがある。すなわち、収容端末台数の多い集約装置の負荷（通信負荷など）が増大し、高負荷の集約装置の配下のネットワークにおいてスループットが低下するおそれがある。

[0008] CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)のみで端末間の送信機会の競合を回避する通信システムでは、収容端末台数が多いネットワークであるほど、端末間で競合が頻繁に発生するため、大幅なスループットの低下を招く恐れがある。

[0009] 従って、これらの問題点を鑑みると、複数の集約装置が存在する通信システムにおいては、各集約装置配下の収容端末台数が上限値に達するよりも前に、端末のネットワーク切替を行い、普段から集約装置間の収容端末台数を平準化しておく事が望ましい。

[0010] 例えばアクセスポイントに新規接続する端末が現れた際に、最も接続台数が少ないアクセスポイントに接続させる事で、各アクセスポイントの接続台数を平準化する技術が知られている（特許文献１）。この従来技術では、管理装置が、各アクセスポイントの接続台数を管理しており、端末からの通信確立要求を受信したアクセスポイントのうち、最も接続台数が少ないアクセスポイントに対してのみ端末の接続受入を許可する。

[0011] マルチホップネットワークにおいて各端末に接続される子端末数を平準化するために、子端末数が閾値を超えた時点で、子端末数が少ない端末から順に親端末を変更させる技術も存在する（特許文献２）。本技術を応用して、上位の管理装置で全端末の子端末数を管理し、集約装置配下の収容端末台数が閾値を超えた時点で子端末数が少ない端末にネットワーク切替を要求する事で、収容台数の平準化を実現する事も出来る。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特開２００４－７０７８号公報

特許文献2：特開２０１２－７０３６９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 特許文献１では、集約装置またはアクセスポイントの配下に存在する端末台数のみを基準に収容台数を平準化しており、通信品質が全く考慮されていない。従って、端末が、劣悪な通信品質を持つネットワークへの切替を余儀なくされる可能性がある。

[0014] 特に、AMIまたはセンサネットワークなどのシステムにおいては、端末からのデータ収集率の高いことが求められるため、集約装置配下の収容台数のみに基づく平準化制御は、システムの目的に適していない。

[0015] また、特許文献１では、端末のアクセスポイントへの新規接続時のみに平準化処理を行うようになっており、アクセスポイントの故障、アクセスポイントの新規設置などの突発的な環境変化に対応することができない。

[0016] さらに、特許文献１も、特許文献２を集約装置配下の収容台数の平準化に応用した場合も、集中管理のための管理装置を必要とするが、管理装置が各端末の情報をリアルタイムで把握するには、各端末から頻繁に制御パケットを管理装置に対して送信する必要がある。従って、狭帯域な通信環境下でマルチホップネットワークが構築された場合、本来必要なデータの収集に影響が出るおそれがある。また、部分停電などによって管理装置が稼動不能になった際の耐故障性の問題も挙げられる。

[0017] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、その目的は、通信品質を考慮して端末の所属先ネットワークを切り替えることができるようにした、通信システムおよび端末の所属先ネットワーク切替方法を提供することにある。本発明の他の目的は、複数の端末がそれぞれが自律的に、通信品質を考慮したネットワーク切替を実現できるようにした、通信システムおよび端末の所属先ネットワーク切替方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0018] 上記課題を解決すべく、本発明に係る通信システムは、複数の端末と通信する複数の集約装置を備える通信システムであって、複数の集約装置ごとに、複数の端末のうち所定の複数の端末を有する通信ネットワークがそれぞれ構成されており、複数の端末はそれぞれ、複数の通信ネットワークのうち自端末の所属する切替元の通信ネットワークにおいて、予め設定される所定の条件が成立したか検知する検知部と、所定の条件の成立を検知した場合、複数の通信ネットワークのうち切替先の通信ネットワークに自端末が所属した場合の通信品質に基づいて、所属先の切替を決定する切替決定部と、決定に従って自端末の所属先を切替元の通信ネットワークから切替先の通信ネットワークに切り替える切替実行部と、を備える。

[0019] 通信品質は、自端末が切替先の通信ネットワークに所属した場合における、複数の集約装置のうち切替先の通信ネットワークを担当する集約装置と自端末との間の論理的な距離を示すEnd-to-Endのパスコストであってもよい。切替決定部は、通信品質に基づいて定まる所定の待機時間が経過した後に、自端末の所属先の切替を決定してもよい。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、通信品質を考慮して、端末の所属先ネットワークを切り替えることができるため、端末からのデータ収集率を維持しながら、通信ネットワークを担当する複数の集約装置間の負荷を平準化することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]１つの集約装置を備える通信システムの構成図である。

[図2]複数の集約装置を備える通信システムの構成図である。

[図3]端末のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図4]集約装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図5]パケットのフォーマットである。

[図6]端末が保持するネットワーク管理テーブルである。

[図7]端末が保持する親子関係テーブルである。

[図8]端末が実行するネットワーク切替処理の全体フローチャートである。

[図9]端末がパケットを送信する処理のフローチャートである。

[図10]端末がパケットを転送する処理のフローチャートである。

[図11]ネットワーク切替を実行する処理のフローチャートである。

[図12]第２実施例に係り、管理装置が複数の集約装置を管理する通信システムの構成図である。

[図13]パケットのフォーマットである。

[図14]端末が保持するネットワーク管理テーブルである。

[図15]端末が管理装置に自端末の情報を通知するために使用するパケットのフォーマットである。

[図16]管理装置が端末にネットワーク切替を要求するためのパケットのフォーマットである。

[図17]管理装置が保持するネットワーク管理テーブルである。

[図18]管理装置が保持する端末管理テーブルである。

[図19]管理装置が端末にネットワークの切替を要求する処理を示すフローチャートである。

[図20]管理装置からネットワーク切替要求を受信した場合の端末での処理を示すフローチャートである。

[図21]親端末から通信チャネルの切替を要求された場合の、子端末での処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、図面に基づいて、本発明の実施の形態を説明する。本実施形態では、以下に詳述する通り、集約装置の収容する端末の台数が閾値を超えた場合に、端末から切替先候補のネットワークを構成する集約装置までのEnd-to-Endのパスコストが低い端末から順に、ネットワーク切替を実施させる。端末から集約装置までの論理的距離を示すパスコストの値が低いほど、通信品質は良好である。「集約装置が端末を収容する」とは、集約装置に端末が接続されて通信すること、または、集約装置が端末との通信を担当することを意味し、「ネットワークが端末を収容する」と言い換えることもできる。

[0023] 本実施形態では、端末自身による自律分散制御方式と、管理装置による集中制御方式とを説明する。自律分散制御の場合は、端末間で定期的に授受されるHelloパケットなどの制御パケットに、ネットワークIDおよび収容端末台数などの所定の情報を格納する。これにより、各端末は、各集約装置配下の収容端末台数（以下、収容台数とも呼ぶ）を随時把握できる。

[0024] 各端末は、収容台数が閾値に達した事を検知すると、ネットワーク切替処理を行うまでの待機時間Ｔｗのカウントを開始する。待機時間Ｔｗは、自端末から切替先候補となる集約装置までのパスコストを基に計算される。切替先の集約装置までのパスコストが低い端末であるほど、待機時間Ｔｗが短くなるように設定する。

[0025] 待機時間Ｔｗが経過した端末は、自端末と、自端末の配下に繋がる全端末（子端末、孫端末，．．．）とがネットワークを切り替えても、切替先ネットワークでの収容台数が閾値に満たないことを確認する。自端末およびその配下の全端末が所属先のネットワークを切り替えても、収容台数の閾値に満たないことを確認できた場合、端末は、ネットワーク切替処理を実行する。

[0026] ここで、親端末にとってパスコストが低い通信経路であれば、子端末にとってもパスコストが低い通信経路であることは自明である。従って、端末は、ネットワーク切替処理を行う前に、自端末に繋がる配下の全ての端末に対して、切替先のネットワークで使用する通信チャネルを通知し、自端末配下の全端末と一緒にネットワーク切替を行うことができるようにする。

[0027] パスコストは、上述のように集約装置と端末との通信経路上における論理的距離の指標であるため、ネットワークトポロジ上の上位階層に位置する端末ほど、そのパスコストは小さくなりやすい。従って、パスコストに基づいてネットワーク切替を行う端末は、その配下に一つ以上の子端末を有する場合が多いと考えられる。この場合、親端末と子端末は、一緒に所属先ネットワークを切替先のネットワークに切り替える。

[0028] 切替対象の端末は、切替処理を行う前に、これまで所属していた集約装置配下の収容端末台数を、自端末と自端末配下の端末が離脱した後の収容台数

に更新して、近隣端末にフラッディングで通知する。その通知を受信した端末は、集約装置配下の収容台数が閾値を下回ったことを確認すると、待機時間Ｔｗをリセットし、平準化のためのネットワーク切替処理を中止する。

[0029] このように本実施形態では、各端末がネットワーク切替を行うまでの待機時間Ｔｗを自端末と切替先の集約装置との間のパスコストを基に自律的に算出して、平準化制御を実行する。従って、全体を管理するための管理装置を必要とせずに、通信品質が良好な端末から順にネットワーク切替を実施させることができる。ネットワーク切替後の通信品質が良いため、集約装置が各端末からデータを収集するデータ収集率を低下させずに、集約装置間の通信負荷を平準化することができる。

[0030] 端末自身による自律分散制御に代えて、管理装置による集中制御を行う場合、管理装置は、各集約装置の収容台数と、各端末の切替先候補となる集約装置までのパスコストとを管理する。

[0031] 管理装置は、集約装置配下の収容台数が閾値を超えたことを検知すると、当該集約装置に収容された端末のうち、切替先候補の集約装置とのパスコストが低い端末から順に、ネットワーク切替要求を送信する。ある端末がネットワーク切替を行う場合は、その端末の配下に繋がる全ての端末も一緒にネットワーク切替を行う。パスコストの低い端末とその配下の全端末とがネットワーク切替を行う事で、切替先の集約装置の収容台数が閾値を超過すると予測できる場合、そのパスコストの低い端末にネットワーク切替を要求しない。

[0032] 管理装置からネットワーク切替要求を受信した切替対象の端末は、管理装置へネットワーク切替要求に対する応答を送信する。そして、切替対象の端末は、自端末に繋がる配下の全ての端末に対して、切替先ネットワークで使用する通信チャネル等を通知し、その後にネットワーク切替を実施する。管理装置は、収容端末台数が閾値を下回ると、端末数を平準化するための処理を終了する。

実施例 1

[0033] 図１～図１１を用いて第１実施例を説明する。第１実施例では、端末間の自律分散制御によって、集約装置毎の収容台数の平準化を実現する場合を説明する。本実施例は、いわゆるスマートメータ等のように、電力消費量または／および発電量を遠隔検針するためのAMIシステムとして構築してもよいし、電力量以外を測定するセンサからのデータを収集するためのセンサネットワークシステムとして構築してもよい。

[0034] 例えば、狭帯域の環境でマルチホップネットワークが構築される場合などでは、帯域が狭いため、端末が頻繁に管理装置へ各種情報を通知する事が困難である。このように、管理装置による集中制御が不向きな場合は、本実施例のような複数の端末間の自律分散制御による平準化制御が特に有効である。

[0035] 図１～図５を用いて、通信システム構成及びパケット構成について説明する。図６と図７を用いて、各端末が保持するネットワーク管理テーブルの構成と、親子関係テーブルの構成を説明する。図８を用いて、平準化のための各端末でのネットワーク切替制御について説明する。図９と図１０を用いて、端末がパケットを送信する際の送信手順と、端末がパケットを転送する際の転送手順とについて説明する。最後に、図１１を用いて、端末のネットワーク切替手順について説明する。

[0036] 図１を参照して、１台の集約装置を含む通信システムの構成を説明する。図１において、通信システム１０は、１つの集約装置４００と、階層構成された複数の端末３００と、１つのデータ収集サーバ１０１から構成されている。

[0037] 端末の符号”３００－ｍｎ”において、ｍは階層を、ｎは同一階層での追番である。階層とは、集約装置４００までのホップ数を指す。例えば、”３００－１１”は、第１階層の第１番目の端末３００であることを示し、”３００－３４”は第３階層の４番目の端末３００であることを示す。階層の位置などを特に区別しない場合は、端末３００と呼ぶことがある。

[0038] 集約装置４００の直下には、第１階層に位置する端末３００－１１と端末

３００－１２とが接続されている。端末３００－１１の下位には、第２階層に位置する端末３００－２１と端末３００－２２が接続されている。端末３００－２１の下位には、端末３００－３１と、端末３００－３２とが接続されている。端末３００－２２の下位には、第３階層に位置する端末３００－３３が接続されている。端末３００－１２の下位には、第２階層に位置する端末３００－２３と端末３００－２４が接続されている。端末３００－２３の下位には何も接続されていない。端末３００－２４の下位には、第３階層に位置する端末３００－３４と端末３００－３５が接続されている。

[0039] 各端末３００から収集されるデータは、集約装置４００を介してデータ収集サーバ１０１に送信され、データ収集サーバ１０１に蓄積される。本実施例では、図１に示すように、根となる集約装置４００から枝分かれする形で端末３００が接続される、ツリー構造のトポロジを例に挙げて説明する。

[0040] 図２を参照して、複数の集約装置４００を含む、本実施例にかかる通信システムの構成を説明する。図２の例では、２台の集約装置４００－１，４００－２によって通信システムが構成されている。これに限らず、３台以上の集約装置４００を含む通信システムであってもよい。

[0041] 図２において、通信システム２０は、集約装置４００－１と集約装置４００－２、階層構成された複数の端末３００、少なくとも１つのデータ収集サーバ１０１とを含んで構成されている。端末３００から収集されるデータは、集約装置４００を介してデータ収集サーバ１０１に送信される。

[0042] 図２において、集約装置４００－ｏと、端末３００－ｍｎ－ｏのｏは、ネットワークの追番である。以下、集約装置４００－１によって形成されるネットワークを第１ネットワークＣＮ１と、集約装置４００－２によって形成されるネットワークを第２ネットワークＣＮ２と、区別する。

[0043] 端末３００－１１－１、端末３００－２１－１などの符号の末尾に”１”を有する装置は、集約装置４００－１によって形成される第１ネットワークＣＮ１に所属している事を示している。図２では、第１ネットワークＣＮ１を形成する集約装置４００－１に、端末３００－１１－１，３００－２１－

１，３００－２２－１，３００－３１－１，３００－３２－１，３００－３３－１の合計６台の端末３００が収容されている。第２ネットワークＣＮ２を形成する集約装置４００－２には、端末３００－１１－２，３００－２１－２，３００－３１－２，３００－３２－２の合計４台の端末３００が収容されている。

[0044] 各ネットワークＣＮ１，ＣＮ２はそれぞれ異なる通信チャネルを利用する事で、互いに分離されているものとする。一方のネットワークに所属する端末３００のうち、他方のネットワークに所属する端末３００または集約装置４００が送信するパケットの到達範囲に位置する端末は、他方のネットワークで利用されている通信チャネルに切り替える事で、他方のネットワークへ参加できる。

[0045] 図２の例では、第１ネットワークＣＮ１に所属する端末３００のうち、端末３００－２２－１と端末３００－３３－１とは、第２ネットワークＣＮ２のパケット到達範囲に入っている。従って、それら端末３００－２２－１，３００－３３－１は、第１通信ネットワークＣＮ１から第２ネットワークＣＮ２へ切替可能である。第２ネットワークＣＮ２に所属している端末３００－３１－２は、第１通信ネットワークＣＮ１のパケット到達範囲に入っているため、第１ネットワークＣＮ１への切替が可能である。

[0046] 図３を参照して、端末３００のハードウェア構成を説明する。端末３００は、集約装置４００または他の端末３００との通信機能を有する組込み機器である。端末３００は、無線通信装置と呼ぶこともできる。端末３００は、組み込み先の装置（例えば電力計など）からデータを取得し、そのデータをパケットに格納して集約装置に向けて送信する。

[0047] 図３において、端末３００は、例えば、マイクロコンピュータ（図中マイコン）３０１と、クロック生成回路３０８と、電源回路３０９と、送受信回路３１０とを含む。

[0048] マイコン３０１は、例えばＲＯＭ（Read Only Memory）３０２と、ＲＡＭ（Random Access Memory）３０７とを含んで構成されている。マイコン３０

１は、クロック生成回路３０８と、電源回路３０９と、送受信回路３１０とに接続されている。

[0049] ＲＯＭ３０２は、読み出し専用の半導体メモリなどから構成される記憶装置である。ＲＯＭ３０２は、例えば、中央制御部３０３と、通信処理部３０４と、経路管理部３０５と、ネットワーク切替制御部３０６を備えている。ＲＯＭ３０２は、ＲＡＭ３０７と接続されている。中央制御部３０３は、ＲＯＭ３０２の内のプログラムの実行を制御する。中央制御部３０３は、通信処理部３０４と、経路管理部３０５とに接続されている。

[0050] 通信処理部３０４は、他の装置（集約装置、端末）との送受信処理を担当する。具体的には、通信処理部３０４は、例えば送信する場合に送信先を指定するなどの、パケット組立て処理を行う。通信処理部３０４は、受信する際の自端末宛のパケットか否かの判断等を始めとしたパケット解析処理を行なう。通信処理部３０４は、中央制御部３０３と、ネットワーク切替制御部３０６とに接続されている。経路管理部３０５は、ネットワーク内の端末間の通信における経路を管理する。経路管理部３０５は、中央制御部３０３と接続されている。

[0051] ＲＡＭ３０７は、書き換え可能な半導体メモリ素子などの記憶装置である。ＲＡＭ３０７は、通信における送受信バッファなどに利用する。ＲＡＭ３０７は、ＲＯＭ３０２と接続されている。クロック生成回路３０８は、マイコン３０１および送受信回路３１０で利用するクロックを生成する。クロック生成回路３０８は、電源回路３０９と、マイコン３０１と、送受信回路３１０と接続されている。

[0052] 電源回路３０９は、クロック生成回路３０８と、マイコン３０１と、送受信回路３１０とに接続されており、それら回路に必要な電源を供給する。送受信回路３１０は、信号の送信および受信を行なう。送受信回路３１０は、クロック生成回路３０８と、電源回路３０９と、マイコン３０１とに接続されている。無線通信を行なう場合、ＲＦ周辺回路が送受信回路３１０に該当する。ネットワーク切替制御部３０６は、後述の処理に従って、ネットワー

ク切替を実施するか否かを決定する。なお、端末３００は、組み込み機器として構成されている必要はなく、それ自体で独立した装置として構成されても良い。

[0053] 図４を参照して、集約装置のハードウェア構成を説明する。集約装置４００は、端末３００およびデータ収集サーバ１０１と通信を行ない、端末３００からのデータ収集等を行なう。図４において、集約装置４００は、例えば、マイコン４０１と、クロック生成回路４０８と、電源回路４０９と、送受信回路４１０とを含んで構成されている。マイコン４０１は、ＲＯＭ４０２と、ＲＡＭ４０７とを含む。マイコン４０１は、クロック生成回路４０８と、電源回路４０９と、送受信回路４１０と接続されている。ＲＯＭ４０２は、中央制御部４０３と、通信処理部４０４と、経路管理部４０５を含む。

[0054] 集約装置４００のハードウェア構成は、ネットワーク切替制御部３０６を搭載していない点を除いて、端末３００と同様である。集約装置４００は、Ｅｔｈｅｒｎｅｔ（登録商標）、ＷｉＦｉ（登録商標）、光回線、電話網等の、外部ネットワークを利用するための機能が必要である場合、外部ネットワーク接続回路を搭載しても良い。

[0055] 図５を参照して、パケットの構成を説明する。図５において、パケット５００は、ヘッダ５０１と、ペイロード５０２とを備える。ヘッダ５０１は、例えば、宛先アドレス５０３、最終宛先アドレス５０４、送信元アドレス５０５、発信元アドレス５０６、パケットＩＤ５０７、所属先のネットワークＩＤ５０８、利用通信チャネル５０９、集約装置アドレス５１０、所属先のネットワークが収容する端末の台数５１１、送信元端末の階層数５１２、送信元端末の配下の端末数５１３、パスコスト５１４を含んで構成される。

[0056] ヘッダ５０１の構成は上記に限らない。例えば、パケット長、ＴＴＬ（Time To Live）などのフィールドが必要であれば、それらを適宜ヘッダ５０１に追加しても良い。つまり、宛先アドレス５０３～パスコスト５１４と同等のフィールドを含むものであればどのようなヘッダ構成でもよく、図５に示すヘッダ構成に限定されない。ヘッダの構成は、ＭＡＣヘッダとＩＰヘッダと

から構成されるヘッダであっても良い。

[0057] 宛先アドレス５０３は、リンク間通信における宛先のアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。このフィールドに記載するアドレスまたはＩＤ等の端末の識別子は、通信システムで採用している方式に準拠させる。ＩＰアドレスでもＭＡＣアドレスでもよく、または、独自のＩＤで識別しているのであれば、そのＩＤを用いても良い。フラッディングを行なう場合は、宛先アドレス５０３にフラッディングを表すアドレスまたはＩＤを記載する。例えば、ＭＡＣアドレスで記載する場合は、”ＦＦ：ＦＦ：ＦＦ：ＦＦ：ＦＦ：ＦＦ”に該当する。

[0058] 最終宛先アドレス５０４は、パケットの最終的な宛先のアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。例えば、端末３００が収集したデータを集約装置４００に送信する場合、最終宛先アドレス５０４に集約装置４００のアドレスまたはＩＤを記載する。

[0059] 送信元アドレス５０５は、パケットを中継した端末３００のアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。発信元となる端末３００が送信する際は、送信元アドレス５０５に発信元端末のアドレスまたはＩＤを記載する。

[0060] 発信元アドレス５０６は、パケットの発信元端末のアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。

[0061] パケットＩＤ５０７は、パケットの識別に用いるためのＩＤを記載するフィールドである。パケットＩＤ５０７は、発信元端末によって記載される。例えば、ＩＰヘッダに用いられるシーケンス番号などがパケットＩＤとして使用される。発信元アドレス５０６、及びパケットＩＤ５０７が同じパケットを重複して受信した場合は、当該パケットを破棄するものとする。

[0062] 所属ネットワークＩＤ５０８は、送信元アドレス５０５に記載された端末３００が所属するネットワークを識別するためのＩＤを記載するフィールドである。ネットワークを識別するための識別子も、特定の形式に限定されるものではなく、通信システムで採用している方式に準拠させる。例えば、図２で述べたように、第１ネットワークＣＮ１、第２ネットワークＣＮ２とネ

ットワークを識別しているのであれば、当該フィールド５０８に“１”または”２”を記載する（”０”または”１”でもよい）。本フィールド５０８を参照する事で、送信元端末が所属しているネットワークを識別する事が出来る。

[0063] 利用通信チャネル５０９は、送信元アドレス５０５に記載された端末３００が所属するネットワークで利用されている通信チャネルを記載するためのフィールドである。端末３００は、自端末の所属先ネットワークのＩＤと異なる所属ネットワークＩＤ５０８が記載されたパケットを、他のネットワークに所属する端末３００または集約装置４００から受信する場合がある。このとき端末３００は、本フィールド５０９に記載された通信チャネルを参照する事で、他のネットワークで利用されている通信チャネルを把握できる。

[0064] 集約装置アドレス５１０は、送信元アドレス５０５に記載された端末が所属するネットワークを形成する集約装置４００のアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。本フィールド５１０を参照する事で、通信チャネル同様、他のネットワークを形成する集約装置４００のアドレスまたはＩＤを把握する事もでき、ネットワーク切替後も、適切な集約装置４００にデータ等を送信する事ができる。

[0065] 所属するネットワークに収容された端末の台数５１１は、集約装置アドレス５１０に記載された集約装置配下の収容端末台数を記載するフィールドである。収容台数に関する情報を、端末間で授受されるパケット５００に格納する事で、集約装置配下の収容台数情報を端末間で共有したり、適宜更新したりする事ができる。各端末３００は、本フィールド５１１を参照することで、所属するネットワークの収容台数が閾値を超えているか否かを判断できる。収容台数に関する情報の信頼性を向上するため、必要に応じて、集約装置４００から定期的に収容台数情報を端末３００に対して通知する構成でもよい。この場合、ネットワーク内の各端末の記憶する収容台数は、定期的に、集約装置４００から通知された収容台数によって更新される。

[0066] 送信元端末の階層数５１２は、送信元アドレス５０５に記載された端末の

階層数を記載する。具体的には、図２の端末３００－２１－１がパケットを中継する場合は、送信元端末の階層数５１２のフィールドに”２”という値を記載してパケットを転送する。パケットを受信した端末は、送信元端末の階層数５１２を利用して、発信元端末の階層数または送信元端末の階層数を把握する。具体的には、通信処理部３０４が受信パケットを解析し、送信元端末の階層数のフィールド５１２を確認する。

[0067] 端末３００は、ネットワークトポロジの変化によって自端末の位置する階層数が変化した場合、近隣の端末から受信したパケットのフィールド５１２を参照する事で、階層数を更新する。通信システムにおいて階層数に上限値Rank_Maxが設けられている場合、フィールド５１２を参照し、階層数がRank_Maxに設定されている端末を親端末候補から除外する事もできる。階層数に上限が設けられていない場合、または、階層数に基づく制御が行われない場合は、本フィールド５１２を省略してもよい。

[0068] 送信元端末配下の端末数５１３は、送信元アドレス５０５に記載された端末の配下に繋がる子端末以下の合計台数を記載するフィールドである。子端末には、その子端末の配下である孫端末以下も含む。各端末は、子端末からパケットを受信すると本フィールド５１３を参照して、子端末配下の端末数を後述の親子関係テーブル７００に記録する。

[0069] 端末３００は、自端末に繋がる子端末数と、各子端末配下の端末数とを加算することで、自端末の配下に繋がる全ての子端末（孫端末などを含む）の合計台数を算出できる。収容台数を平準化すべく端末３００の所属するネットワークを切り替える場合、その端末３００の配下に繋がる端末も一緒に切替を行う。従って、端末３００は、自端末の配下に何台の端末が繋がっているのかを常に把握する必要がある。

[0070] なお、端末３００は、新たな子端末が自端末に繋がった場合、または、今まで繋がっていた子端末の接続先が他の親端末へ切り替わった場合などは、収容台数を更新し、本フィールド５１３に更新後の収容台数を記載する。端末３００は、自端末の接続先である親端末の配下に繋がる他の端末の数を管

理する必要はない。

[0071] パスコスト５１４は、送信元アドレス５０５に記載された端末３００から、集約装置アドレス５１０に記載された集約装置４００までのEnd-to-Endのパスコストを記載するフィールドである。

[0072] パスコストは、端末３００から集約装置４００までのEnd-to-Endの通信品質を示す指標である。パスコストは、例えば「負の値ではなく、かつ、通信品質が良好であるほどパスコストが低い」という関係を満たせばよく、算出方法は特に問わない。例えば、受信電波強度等から算出されるリンク品質、および／または、端末の階層数などに基づいて、パスコストを算出することができる。

[0073] 端末３００は、自端末にとっての親端末からパケットを受信した場合、本フィールド５１４を参照することで、親端末から集約装置４００までのパスコストを確認できる。そして、端末３００は、親端末から集約装置４００までのパスコストと、自端末と親端末との間のリンク品質などとに基づいて、自端末から集約装置４００までのパスコストを算出することができる。

[0074] 一方、端末３００は、自端末の所属するネットワークと異なる他のネットワークに所属する端末からパケットを受信した場合、例えば本フィールド５１４に記載されたパスコストが最も低い端末を、他のネットワークに切り替えた際の接続先となる親端末の候補として記憶する。

[0075] 端末３００が、他のネットワークからのパケットを受信する方法を説明する。例えば、「所定の情報」が、所属するネットワークの収容する端末の台数５１１と、送信元端末の階層数５１２と、送信元端末の配下の端末数５１３と、パスコスト５１４とを含む場合を例に挙げる。所定の情報は、所定の制御パケットに格納されて端末間で伝達されるものとする。この場合、ネットワーク切替を行う可能性のある全ての端末３００が、制御パケットを送受信するための制御チャネルを備えていれば、各端末３００は、他のネットワークを形成する集約装置までのパスコストおよび収容台数などを把握できる。他の方法として、各端末３００が、通信チャネルの切替によって自端末の

所属するネットワークからのパケット受信と、他のネットワークからのパケット受信とを適宜切り替えることで、他のネットワークを形成する集約装置までのパスコストおよび収容台数などを把握できる。

[0076] このようにして、端末３００は、自端末と他ネットワークでの親端末候補との間のリンク品質などに基づいて、切替先ネットワークを形成する集約装置４００と自端末との間のパスコストを算出する。端末３００は、算出したパスコストを、収容台数平準化のためのネットワーク切替制御に用いるために、後述するネットワーク管理テーブル６００に記録する。

[0077] ペイロード５０２は、アプリケーションデータ５１５を格納する。アプリケーションデータ５１５とは、端末３００が収集したデータなどである。

[0078] 図６を参照して、端末３００が保持するネットワーク管理テーブル６００の構成について説明する。各端末３００は、図６に示すネットワーク管理テーブル６００を用いて、自端末が所属するネットワークについての情報と、切替先候補となり得る他のネットワークについての情報とを管理する。

[0079] 端末３００は、自端末の所属するネットワークと異なる他のネットワークに所属する、端末３００または集約装置４００からパケット５００を受信した場合、受信パケットのヘッダ５０１の各フィールドを参照し、他のネットワークに関する情報をネットワーク管理テーブル６００に記録したり、更新したりする。

[0080] ネットワーク管理テーブル６００は、例えば、ネットワークＩＤ６０１と、通信チャネル６０２と、集約装置アドレス６０３と、収容台数６０４と、パスコスト６０５と、所属フラグ６０６を対応づけて管理する。

[0081] ネットワークＩＤ６０１は、各ネットワークを識別するためのＩＤを記載するフィールドである。図２の例では、第１ネットワークＣＮ１の場合は“１”、第２ネットワークＣＮ２の場合は”２”のように記載する。

[0082] 通信チャネル６０２は、ネットワークＩＤ６０１で特定されるネットワークで利用されている通信チャネルを記載するフィールドである。

[0083] 集約装置アドレス６０３は、ネットワークＩＤ６０１で特定されるネット

ワークを形成する集約装置４００のアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。

[0084] 収容台数６０４は、集約装置アドレス６０３で特定される集約装置の配下の収容端末台数を記載するフィールドである。端末３００は、他の端末からパケットを受信すると、所属ネットワークの収容台数５１１のフィールドを参照することで、他の端末の属するネットワークにおける収容台数を確認し、収容台数６０４の値を更新する。

[0085] パスコスト６０５は、自端末から集約装置アドレス６０３で特定される集約装置４００までのパスコストを記載するフィールドである。端末３００は、自端末が所属するネットワークを形成する集約装置４００までのパスコストについては、上述の通り、親端末から集約装置までのパスコストと、自端末と親端末間のリンク品質などを基に算出して、フィールド６０５に記載する。

[0086] 所属ネットワーク以外の他のネットワークを形成する他の集約装置４００までのパスコストの算出方法を説明する。端末３００は、他のネットワークに切り替えた場合に、親端末候補と接続されるものとする。親端末候補は、親端末候補から他の集約装置までのパスコストを保持している。端末３００は、親端末候補から他の集約装置までのパスコストと、自端末と親端末候補の間のリンク品質などを基に自端末から当該集約装置までのパスコストを算出して、フィールド６０５に記載する。

[0087] 所属フラグ６０６は、自端末が現在所属しているネットワークを識別するためのフラグフィールドである。端末３００は、自端末が所属しているネットワークの所属フラグ６０６を“１”に設定し、それ以外の他のネットワークの所属フラグ６０６については“０”を設定する。

[0088] ネットワーク管理テーブル６００の構成は図６に示すものに限られない。各端末がネットワーク管理テーブル６００で保持すべき情報が存在する場合は、適宜フィールドを追加して良い。ネットワーク管理テーブル６００に登録されているネットワークであっても、当該ネットワークに所属する端末ま

たは集約装置から長期に亘ってパケットを受信できない場合、そのネットワークが利用不可になったものと判断し、ネットワーク管理テーブル６００から情報を削除しても構わない。

[0089] 図７を用いて、端末３００が保持する親子関係テーブル７００の構成を説明する。各端末は、図７の親子関係テーブル７００を用いて、自端末に繋がる親端末および子端末についての情報と、他のネットワークに切り替えた際に繋がる親端末候補についての情報とを管理する。

[0090] 親子関係テーブル７００は、例えば、親子識別フィールド７０１と、端末アドレス７０２と、所属ネットワークＩＤ７０３と、配下の端末数７０４と、階層数７０５とを対応づけて管理する。

[0091] 端末３００は、新たな子端末が自端末に接続した場合、子端末の情報を親子関係テーブル７００に追記する。端末３００は、これまで接続していた子端末が自端末以外の親端末に接続先を切り替えた場合、子端末の情報を親子関係テーブル７００から削除する。

端末３００は、他の端末からパケットを受信すると、受信パケットのヘッダ５０１の各フィールドを参照して、他の端末に関する情報を親子関係テーブル７００に記録したり、更新したりする。

[0092] 親子識別フィールド７０１は、対象の端末が親端末または子端末のどちらであるかを識別するためのフィールドである。図７の例では、親端末を“Ｐ”と、子端末を“Ｃ”と識別している。フィールド７０１の記載形式は親端末と子端末を区別できればよく、図７に示す記載形式に限られない。

[0093] 端末アドレス７０２は、対象の端末を識別するためのアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。

[0094] 所属ネットワークＩＤ７０３は、端末アドレス７０２で特定される端末が所属するネットワークのＩＤを記載するフィールドである。

[0095] 配下の端末数７０４は、端末アドレス７０２で特定される端末の配下に繋がる子端末（孫端末以下の子孫も含む）の合計台数を記載するフィールドである。前述の通り、端末３００は、自端末に繋がる子端末数と、各子端末に

おけるフィールド７０４の値とを加算することで、自端末の配下に繋がる全ての子端末の合計台数を算出できる。図７のテーブル７００では、親端末および親端末候補についても、それらの配下に繋がる端末の台数を管理しているが、それら端末台数は必ずしも管理する必要はない。

[0096] 階層数７０５は、所属ネットワークＩＤ７０３で特定されるネットワークにおいて、端末アドレス７０２で特定される端末が位置する階層数を記載するフィールドである。

[0097] 親子関係テーブル７００は、図７に示す構成に限定されない。図７に示すフィールド以外に、各端末が親子関係テーブル７００で保持すべき情報が存在する場合は、適宜フィールドを追加しても良い。

[0098] なお、図７の例では、各ネットワークにおける親端末、もしくは親端末候補を１台だけ記載している。これに限らず、所属先のネットワークであるか他のネットワークであるかを問わずに、第２の親端末候補、第３の親端末候補、などのように複数の親端末候補に関する情報を親子関係テーブル７００に記載してもよい。

[0099] 親子識別フィールド７０１に複数の親端末および複数の親端末候補を登録する場合、実際の親端末と親端末候補との優先順位を識別できるように記載する。例えば、優先順位を記載するためのフィールドをテーブル７００に追加したり、または、”Ｐ１”、”Ｐ２”、”Ｐ３”のような優先順位を識別名に含む形式で親子識別フィールド７０１に記載すればよい。

[0100] なお、端末３００が、親端末候補から長期に亘ってパケットを受信できない場合、その親端末候補に接続できる状態ではないと判断して、当該親端末候補に関する情報を親子関係テーブル７００から削除してもよい。

[0101] 図８のフローチャートを参照して、端末３００が、集約装置配下の収容台数が閾値を超過した事を検知してから、ネットワーク切替を行うまでの手順を説明する。端末３００の所属するネットワークを形成する集約装置４００の収容台数が閾値を超えた場合、端末３００は、ネットワーク切替が必要であると判断し、図８の処理に従って自端末がネットワーク切替を行うか否か

を決定する。

[0102] ステップＳ１０１において、端末３００は、自端末が所属するネットワークを形成する集約装置４００の収容台数Ｃ１が、所定の閾値Ｔｈｃを超過した事を検知する。ステップＳ１０１は、「検知部」の例である。端末３００は、近隣の端末または集約装置４００から受信したパケットの、所属ネットワーク内の収容台数５１１のフィールドを通信処理部３０４で解析することで、収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えているか確認する。

[0103] 収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えている場合、処理はステップＳ１０２へ進む。なお、各ネットワークごとの収容台数の閾値Ｔｈｃは、パラメータとして自動または手動で設定可能である。閾値Ｔｈｃは、例えば、通信システムの規模、システム要件、通信環境などに応じて設定可能である。

[0104] 各集約装置での収容台数Ｃ１に偏りが発生したときに、できるだけ早い段階で収容台数の平準化制御を実施する場合は、閾値Ｔｈｃを低く設定すればよい。ある程度の偏りを許容できる通信システムである場合は、閾値Ｔｈｃを高く設定すればよい。このように、通信システムの要件などに応じて閾値を適宜設定できる。

[0105] ステップＳ１０２において、端末３００は、ネットワーク管理テーブル６００を参照して、切替先ネットワークが存在するか確認する。具体的には、端末３００は、ネットワーク管理テーブル６００の所属フラグ６０６が“０”に設定されているネットワークが存在するか確認する。端末３００は、所属フラグ６０６が“０”に設定されたネットワークのうち、例えばパスコスト６０５のフィールドに記載された値が最も低いネットワークを、切替先ネットワークとして選択する。

[0106] 端末３００は、切替先候補となるネットワークがネットワーク管理テーブル６００上に存在したとしても、その切替先候補となるネットワークの収容台数（即ち、収容台数６０４に記載された値）が閾値を超過している場合は、切替不可と判断する。切替可能なネットワークが存在する場合（Ｓ１０２：ＹＥＳ）、ステップＳ１０３に進む。切替可能なネットワークが存在しな

い場合（Ｓ１０２：ＮＯ）、本処理を終了する。

[0107] ステップＳ１０３において、端末３００は、ネットワーク切替処理を行うまでの待機時間Ｔｗを算出する。端末３００は、切替先ネットワークを形成する集約装置と自端末との間のEnd-to-Endのパスコストに基づいて、待機時間Ｔｗを算出することができる。

[0108] 本実施例では、パスコストが低い端末である程、待機時間Ｔｗが短くなるように設定している。従って、パスコストの低い端末ほど早くネットワーク切替処理を実行することができる。これにより、ネットワーク切替後の通信品質が良好な端末、即ちネットワーク切替後も高いデータ収集率を提供可能な端末から先に、ネットワーク切替を実施する事ができる。

[0109] パスコストが低いほど待機時間Ｔｗが短くなる、という性質を満たすなら、待機時間Ｔｗの算出方法は特に問わない。例えば、パスコストＰ＿ｃｏｓｔに、任意の単位時間Ｔを乗算することで待機時間Ｔｗを算出してもよい（Ｔｗ＝Ｐ＿ｃｏｓｔ×Ｔ）。

[0110] ところで、所属ネットワークの収容台数に関する情報は、端末間でのパケット授受によって共有される。従って、ステップＳ１０１において収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えたことを検知するタイミングは、端末間で多少ばらつくと考えられる。ある端末は比較的早くに検知でき、他の端末はそれよりも遅く検知する。

[0111] そこで本実施例では、単位時間Ｔの値を比較的長く設定する。これにより、検知タイミングのばらつきによる影響を抑制し、パスコストが低い端末から順番にネットワーク切替を開始できるようにしている。換言すれば本実施例では、単位時間Ｔを、各端末３００が所属ネットワークの収容台数Ｃ１の最新値を取得する場合のタイムラグよりも十分に長くなるように設定すれば良い。

[0112] ステップＳ１０３で待機時間Ｔｗを算出した後、処理はステップＳ１０４に進む。ステップＳ１０４において、端末３００は、ステップＳ１０３で算出した待機時間Ｔｗを開始すべく、タイマをスタートさせる。

[0113] ステップＳ１０５において、端末３００は、待機時間Ｔｗが経過したか判定する。待機時間Ｔｗが経過した場合（Ｓ１０５：ＹＥＳ）、ステップＳ１０６に進む。待機時間Ｔｗが残っている場合（Ｓ１０５：ＮＯ）、ステップＳ１１１に進む。

[0114] ステップＳ１０６において、端末３００は、自端末と自端末配下の子端末とが一緒にネットワークを切り替えた場合に、切替先ネットワークの収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超過しないか確認する。

[0115] 端末３００は、親子関係テーブル７００から得られる自端末配下の子端末の合計台数Ｎと、ネットワーク管理テーブル６００に記録された切替先ネットワークの収容台数Ｃ１との合計にさらに１を足して、ネットワーク切替後の収容台数を算出する。端末３００は、算出された収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃ未満であるかを確認する（Ｓ１０６）。なお、本実施例では、各ネットワークの収容台数の閾値Ｔｈｃを等しく設定するかのように説明しているが、閾値Ｔｈｃはネットワーク毎に異なる値に設定することができる。

[0116] ネットワーク切替を行う場合、自端末を含めた（Ｎ＋１）台の端末が切替先ネットワークに収容される。従って、切替先ネットワークにおいて、切替後の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超える場合は、端末３００は、自端末および子端末のネットワーク切替を断念せざるを得ない（Ｓ１０６：ＮＯ）。

[0117] これに対し、切替先ネットワークにおいて、ネットワーク切替後の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えない場合（Ｓ１０６：ＹＥＳ）、端末３００は、自端末および配下の子端末のネットワーク切替が可能であると判断して、ステップＳ１０７に進む。

[0118] ステップＳ１０７において、端末３００は、自端末および自端末配下の全ての子端末がネットワーク切替を行った後における切替元ネットワーク（即ち、これまで自端末が所属していたネットワーク）の収容台数Ｃ１を、切替元ネットワークに所属する他の端末に対してフラッディングで通知する。

[0119] つまり、端末３００は、ネットワーク管理テーブル６００に記録された切替元ネットワークの収容台数Ｃ１oldから、ステップＳ１０６で算出した（Ｎ

＋１）を引いた値を、ネットワーク切替後の収容台数Ｃ１newとして、他の端末に通知する。

[0120] ここでの説明では、理解のために、ネットワーク切替前における切替元ネットワークの収容台数をＣ１oldと、ネットワーク切替後における切替元ネットワークの収容台数をＣ１newと表示して区別する。

[0121] 新たな収容台数Ｃ１newを通知する端末３００は、パケット５００の宛先アドレス５０３と最終宛先アドレス５０４とに、フラッディングを表すアドレスまたはＩＤ（ＭＡＣアドレスで表記する場合は”ＦＦ:ＦＦ:ＦＦ:ＦＦ:ＦＦ:ＦＦ”）を格納する。

[0122] さらに、新たな収容台数Ｃ１newを通知する端末３００は、送信元アドレス５０５と発信元アドレス５０６とに、自端末のアドレスまたはＩＤを、パケットＩＤ５０７に固有のパケットＩＤを、所属ネットワークＩＤ５０８に切替元ネットワークのＩＤを、利用通信チャネル５０９に切替元ネットワークで利用されている通信チャネルを、集約装置アドレス５１０に切替元ネットワークを形成する集約装置のアドレスまたはＩＤを、所属ネットワーク内の収容台数５１１にネットワーク切替後の切替元ネットワークの収容台数Ｃ１newを、送信元端末の階層数５１２に切替元ネットワークにおける自端末の階層数を、送信元端末配下の端末数５１３に自端末配下に繋がる子端末の合計台数を、パスコスト５１４に自端末と切替元ネットワークを形成する集約装置４００との間のパスコストを、それぞれ記載したパケットを生成し、そのパケットをフラッディングにて近隣の端末に送信する（Ｓ１０７）。パケットの組み立ておよび送信については、図９で後述する。

[0123] ステップＳ１０７の処理を実施する事で、切替元ネットワークに残る各端末は、他の端末がネットワークを切り替えた後の収容台数Ｃ１newを早期に把握できる。

[0124] さらに、後述のステップＳ１１５では、所属ネットワークの収容台数Ｃ１newが閾値Ｔｈｃ以下になった事を検知した時点で、ネットワーク切替処理を中止できる。従って、ネットワーク切替処理の実行を決定した時点で、ネッ

トワーク切替を実行する端末から他の端末に向けて最新の収容台数Ｃ１を通知することで、必要以上のネットワーク切替が行われるのを抑制することができる。

[0125] 端末３００は、ステップＳ１０７での通知を終えると、ステップＳ１０８に進む。ステップＳ１０８において、端末３００は、自端末に繋がる子端末に対して、切替先の通信チャネル等を通知する。

[0126] 端末３００は、以下のようにしてパケット５００を生成し、生成したパケットを、自端末の配下の全ての子端末に向けてユニキャストまたはマルチキャストで送信する。切替先の通信チャネルを通知するためのパケットの作成方法を説明する。宛先アドレス５０３と最終宛先アドレス５０４には、子端末のアドレスまたはＩＤを記載する。送信元アドレス５０５と発信元アドレス５０６には、自端末のアドレスまたはＩＤを記載する。パケットＩＤ５０７には、固有のパケットＩＤを記載する。所属ネットワークＩＤ５０８には、切替先ネットワークのＩＤを記載する。利用通信チャネル５０９には、切替先ネットワークで利用されている通信チャネルを記載する。集約装置アドレス５１０には、切替先ネットワークを形成する集約装置のアドレスまたはＩＤを記載する。所属ネットワーク内の収容台数５１１には、ステップＳ１０６で算出した、切替後の切替先ネットワークの収容台数を記載する。送信元端末の階層数５１２には、切替先ネットワークにおける自端末の階層数（親子管理テーブル７００に記載された切替先ネットワークにおける親端末候補の情報から算出）を記載する。送信元端末配下の端末数５１３には、自端末配下に繋がる端末の合計台数を記載する。パスコスト５１４には、自端末と切替先ネットワークを形成する集約装置との間のパスコストを記載する。本処理におけるパケットの組み立ておよび送信は、図９で述べる手順に従うものとする。

[0127] 切替先ネットワークで使用する通信チャネル等を通知するためのパケットは、後述するステップＳ１１２において、子端末以下の端末（孫端末など）にも転送され、切替対象の端末群の隅々まで行き渡る。

[0128] ステップＳ１０８の処理を実行することで、端末３００が、自端末配下に繋がる一連の端末群に対して、ネットワーク切替を行う旨と、切替先ネットワークの情報及び利用通信チャネルを通知することができる。

[0129] ステップＳ１０９において、端末３００は、切替先ネットワークへの切替を行う。ネットワーク切替処理の一例は、図１１にて後述する。本処理を終えると、ステップＳ１１０へ進む。

[0130] ステップＳ１１０において、端末３００は、ステップＳ１０４でスタートさせた待機時間Ｔｗをリセットする。例えば、端末３００は、待機時間Ｔｗの経過を計測するためのタイマを停止させた後に、リセットする。ステップＳ１１０を終えた後、図８に示すフローチャートは終了する。

[0131] 待機時間Ｔｗがタイムアップする前に（Ｓ１０５：ＹＥＳ）、端末３００は、ステップＳ１１１を実行する。ステップＳ１１１において、端末３００は、自端末が繋がる親端末から通信チャネル切替通知（Ｓ１０８）を受信したか確認する。具体的には、端末３００は、親端末のステップＳ１０８で生成されたパケットを受信したか、もしくは、親端末が後述のステップＳ１１２で転送したパケットを受信したか、を確認する。

[0132] 端末３００は、受信パケットを通信処理部３０４で解析することで、通信チャネルの切替通知を受領したかを確認する。端末３００は、送信元アドレス５０５のフィールドに親端末のアドレスまたはＩＤが記載されており、かつ所属ネットワークＩＤ５０８と利用通信チャネル５０９および集約装置アドレス５１０に、自端末の所属するネットワークとは異なる情報が記載されている場合に、その受信パケットは親端末からの通信チャネル切替通知であると判断する。

[0133] 端末３００は、親端末から通信チャネル切替通知を受信したと判定した場合（Ｓ１１１：ＹＥＳ）、ステップＳ１１２に進み、受信していないと判定した場合（Ｓ１１１：ＮＯ）はステップＳ１１３に進む。

[0134] ステップＳ１１２において、端末３００は、ステップＳ１１１で親端末から受信したパケットを、自端末に繋がる子端末へ転送する。端末３００は、

ステップＳ１１１で受信したパケットのヘッダ５０１とペイロード５０２の中身をコピーし、さらにヘッダ５０１の一部フィールドを書き換えて、転送用パケットを作成し、その転送用パケットを各子端末にユニキャストまたはマルチキャストで送信する。

[0135] ヘッダフィールドの書き換え方法を説明する。宛先アドレス５０３と最終宛先アドレス５０４には、子端末のアドレスまたはＩＤを記載する。送信元アドレス５０５には、自端末のアドレスまたはＩＤを記載する。送信元端末の階層数５１２には、ステップＳ１１１で受信したパケットに記載された階層数から再計算される自端末の階層数（即ち、切替先ネットワークにおける自端末の階層数）を記載する。送信元端末配下の端末数５１３には、自端末配下に繋がる端末の合計台数を記載する。パスコスト５１４は、ステップＳ１１１で受信したパケットに記載されるパスコストから再計算されるパスコスト（即ち、切替先ネットワークを形成する集約装置までのパスコスト）に書き換える。

[0136] ステップＳ１１２におけるパケットの組み立ておよび送信は、後述する図１０の手順に従うものとする。ステップＳ１１２を終えた後、ステップＳ１０９へ進む。端末３００に繋がる子端末が一つも存在しない場合、ステップＳ１１２では何も処理を行わずに、ステップＳ１０９へ進む。

[0137] 待機時間Ｔｗがタイムアップする前において、端末３００が親端末から通信チャネル切替通知を受信していない場合（Ｓ１１１：ＮＯ）、ステップＳ１１３に進む。

[0138] ステップＳ１１３において、端末３００は、自端末が所属するネットワークの収容台数Ｃ１が更新されたか確認する。端末３００は、ネットワーク切替を行う他端末がステップＳ１０７でフラッディングした更新情報（Ｃ１new）を受信したか判定する。収容台数の更新情報は、ネットワーク切替を行う端末から直接受信する場合と、ネットワーク切替を行う端末から他の端末（中継端末）を経由して受信する場合とがある。

[0139] 端末３００は、収容台数に関する更新情報が記載されたパケットを受信し

た場合（Ｓ１１３：ＹＥＳ）、ネットワーク管理テーブル６００の収容台数情報を更新して、ステップＳ１１４に進む。端末３００が更新情報を受信していない場合（Ｓ１１３：ＮＯ）、ステップＳ１０５に戻る。

[0140] ステップＳ１１４において、端末３００は、ステップＳ１１３で受信したパケットをフラッディングにて近隣端末に転送する。端末３００は、ステップＳ１１３で受信したパケットのヘッダ５０１とペイロード５０２の中身をコピーし、さらにヘッダ５０１の一部フィールドを書き換えることで、転送用パケットを生成する。端末３００は、転送用パケットを近隣端末に対してフラッディングで送信する。

[0141] ヘッダフィールドの書き換え方法を説明する。送信元アドレス５０５には、自端末のアドレスまたはＩＤを記載する。送信元端末の階層数５１２には、自端末の階層数を記載する。送信元端末配下の端末数５１３には、自端末配下に繋がる端末の合計台数を記載する。パスコスト５１４は、所属ネットワークを形成する集約装置から自端末までのパスコストに書き換える。

[0142] ステップＳ１１４におけるパケットの組み立ておよび送信は、後述する図１０の手順に従う。ただし、発信元アドレス５０６及びパケットＩＤ５０７が同じパケットを重複して受信した場合は、前述の通りそのパケットを破棄する。従って、ステップＳ１１３で受信したパケットが重複パケットである場合、ステップＳ１１４では転送処理を実施しない。ステップＳ１１４を終えた後、ステップＳ１１５へ進む。

[0143] ステップＳ１１５において、端末３００は、ステップＳ１１３で所属ネットワークの収容台数を更新した結果、収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃ以下になったかを確認する。収容台数Ｃ１が、閾値Ｔｈｃ以下になった場合（Ｓ１１５：ＹＥＳ）、ステップＳ１１０へ進み、閾値Ｔｈｃをいまだに超過している場合（Ｓ１１５：ＮＯ）、ステップＳ１０５に戻る。

[0144] 図８において、ステップＳ１０２～Ｓ１０８は、「切替決定部」の例である。ステップＳ１０９（図１１のフローチャート）は、「切替実行部」の例である。

[0145] このように、所属ネットワークを形成する集約装置配下の収容端末台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超過した場合、その集約装置の配下にある各端末３００は、図８のフローチャートに従ってネットワーク切替制御をそれぞれ実施する。各端末３００でのネットワーク切替は、切替先ネットワークでの通信品質（パスコスト）から定まる所定の待機時間Ｔｗが経過したときに実行される。従って、切替先ネットワークで利用できる通信品質が良好な端末から順に、ネットワーク切替を実施できる。この結果、端末３００からのデータ収集率を高く維持しながら、各集約装置４００の収容端末台数を平準化できる。

[0146] さらに、端末３００は、切替先ネットワークを形成する集約装置４００との間のパスコストを基に自律的に算出した待機時間Ｔｗに従って、ネットワーク切替を行うタイミングを制御する。従って、各端末の情報を管理する管理装置が存在しなくとも、端末間の自律分散制御によって、平準化制御を実現することができる。

[0147] 図９は、発信元となる端末がネットワークにパケットを送信する手順を示すフローチャートである。端末３００は、自端末が発信元となってパケットを送信する場合は、図９の処理の流れに従う。

[0148] ステップＳ１２１において、端末３００は、送信したいアプリケーションデータをペイロードに格納する。例えば、端末３００は、収集したデータを送信したい場合、データの中身をペイロード５０２のアプリデータフィールド５１５に記載する。

[0149] ステップＳ１２２において、端末３００は、ヘッダ５０１の各フィールド５０３～５１４に必要な情報を記載し、そのヘッダ５０１をペイロード５０２に取り付けることで、パケット５００を組み立てる。図５に記載するヘッダフィールド５０３～５１４以外に、例えばＴＴＬ（Time To Live）などのフィールドを設ける場合、端末３００は、ステップＳ１２３に進む前に、必要な情報をヘッダ５０１に記載する。なお、ここまでのパケット組み立てに関する処理は、図３に示す通信処理部３０４で行うものとする。

[0150] ステップＳ１２３において、ステップＳ１２２までに組み立てたパケット

を送信する処理である。この送信処理は、図３の送受信回路３１０で行い、送信の後に図９のフローチャートを終了する。

[0151] 図１０は、端末３００がパケットを転送する場合の送信手順を示したフローチャートである。端末３００は、発信元端末または他の中継端末から受信したパケットを転送する場合、図１０の処理に従う。

[0152] ステップＳ１３１において、端末３００は、転送対象の受信パケットのアプリケーションデータを、転送用パケットのペイロード５０２のアプリデータフィールド５１５にコピーする。転送用パケットとは、端末３００から他の端末または集約装置に向けて転送されるパケットである。

[0153] ステップＳ１３２において、端末３００は、転送対象の受信パケットのヘッダをコピーし、そのコピーデータを用いて、転送用パケットのヘッダフィールドのうち書き換えが必要なフィールドを上書きし、転送用パケットを組み立てる。

[0154] ＴＴＬなどのフィールドをヘッダに設けている場合、端末３００は、ステップＳ１３３に進む前に、必要な情報をヘッダにコピー、もしくは上書きする。例えば、ＴＴＬのフィールドが設けられている場合、端末３００は、ステップＳ１３２において、ＴＴＬの値をデクリメントして更新する。ここまでのパケット組み立てに関する処理は、図３の通信処理部３０４で行うものとする。

[0155] ステップＳ１３３において、端末３００は、ステップＳ１３２までに組み立てたパケットをネットワークに送信する。この送信処理は、図３の送受信回路３１０で行う。送信処理の終了後、図１０のフローチャートは終了する。

[0156] 図１１を参照して、端末がネットワーク切替を行う場合の処理を説明する。図８のステップＳ１０９におけるネットワーク切替処理が、図１１の処理に該当する。

[0157] ステップＳ１４１において、端末３００は、自端末が利用する通信チャネルを、切替先ネットワークで利用されている通信チャネルに切り替える。端

末３００は、ネットワーク管理テーブル６００における通信チャネル６０２のフィールドから、所望の切替先ネットワークで利用されている通信チャネルを参照し、その通信チャネルへ切り替える。本処理の後に、ステップＳ１４２に進む。

[0158] ステップＳ１４２において、端末３００は、切替先ネットワークで自端末が繋がる親端末を経由して、切替先ネットワークを形成する集約装置に対し、端末の登録を要求するパケットを送信する。

[0159] 切替先のネットワークに新規参入しようとする端末３００は、親端末に対して自端末が子端末として繋がった旨を通知し、かつ、切替先ネットワークに自端末が参入した旨を集約装置に通知する。さらに、切替先の通信ネットワークに新規参入しようとする端末３００が、端末の登録を要求することで、自端末が切替先ネットワークに参加した後の最新の収容台数を、切替先ネットワーク内の各端末に早期に通知できる。

[0160] 切替先ネットワークで端末３００が繋がる親端末とは、親子管理テーブル７００の所属ネットワークＩＤ７０３が切替先ネットワークのＩＤであり、かつ、親子識別フィールド７０１に親である旨が記載されている端末を指す。切替先ネットワークにおける親端末候補が複数ある場合、最も優先順位の高い候補が親端末となる。

[0161] なお、ステップＳ１４２で送信する端末登録要求パケットは、特定のフォーマットに限定されるものではない。切替対象の端末３００が、図５のパケットフォーマットに従って、端末登録要求パケットを作成する場合の例を説明する。

[0162] 宛先アドレス５０３には、切替先ネットワークで繋がる親端末のアドレスまたはＩＤを記載する。最終宛先アドレス５０４には、切替先ネットワークを形成する集約装置のアドレスまたはＩＤを記載する。送信元アドレス５０５と発信元アドレス５０６には、端末３００のアドレスまたはＩＤを記載する。パケットＩＤ５０７には、固有のパケットＩＤを記載する。所属ネットワークＩＤ５０８には、切替先ネットワークのＩＤを記載する。利用通信チ

ャネル５０９には、切替先ネットワークで利用されている通信チャネルを記載する。集約装置アドレス５１０には、切替先ネットワークを形成する集約装置のアドレスまたはＩＤを記載する。所属ネットワーク内の収容台数５１１には、切替後の切替先ネットワークの収容台数を記載する。切替先ネットワークでの収容台数は、図８のステップＳ１０６と同様に算出される。送信元端末の階層数５１２には、切替先ネットワークにおける端末３００の階層数を記載する。切替先ネットワークにおける端末３００の階層数は、親子管理テーブル７００に記載された切替先ネットワークにおける親端末の情報７０５から算出できる。送信元端末配下の端末数５１３には、端末３００の配下に繋がる端末の合計台数を記載する。上述の通り、ある端末３００が通信ネットワークを切り替える場合、その端末３００の配下に繋がる全ての子端末（孫端末などを含む）も一緒にネットワークを切り替える。パスコスト５１４には、端末３００と切替先ネットワークを形成する集約装置４００との間のパスコストを記載する。

[0163] 端末登録要求パケットを受信した集約装置４００は、そのパケット内の発信元アドレス５０６および所属ネットワークＩＤ５０８を参照することで、自装置４００が形成するネットワークに新たな端末３００が参入したことを検知する。ステップＳ１４２の処理を終えた後、ステップＳ１４３へ進む。

[0164] ステップＳ１４３において、端末３００は、ステップＳ１４２で送信した端末登録要求パケットに対する応答を、切替先ネットワークの集約装置４００から受信する。集約装置４００が送信する端末登録要求応答パケットも、特定のフォーマットに限定されるものではない。本応答パケットを受信した後に、ステップＳ１４４に進む。

[0165] ここで、ステップＳ１４２で端末登録要求パケットを送信してから一定時間が経過しても、集約装置４００から応答パケットを受信できない場合、ステップＳ１４２に戻って、端末登録要求パケットを再送信してもよい。他の対応策を述べると、集約装置４００からの応答がない場合、端末３００は、他の親端末候補に切り替えて、端末登録要求パケットを再送信してもよい。

さらに他の方法として、端末３００は、ネットワーク切替を断念して、切替元ネットワークで利用していた通信チャネルに再切替を行い、自端末が切替元ネットワークに再参入した旨を通知してもよい。この場合、ネットワーク切替に失敗した端末３００は、切替元ネットワークの収容台数に関する更新情報を近隣端末に対して再通知し、かつ、配下の子端末に通信チャネルの切替を通知する。

[0166] ステップＳ１４４において、端末３００は、ネットワーク管理テーブル６００をネットワーク切替後の情報に更新する。端末３００は、切替元ネットワークの所属フラグ６０６を“１”から“０”に変更し、切替先ネットワークの所属フラグ６０６を“０”から“１”に変更する。本処理を終えた後に、ステップＳ１４５へ進む。

[0167] ステップＳ１４５において、端末３００は、親子管理テーブル７００をネットワーク切替後の情報に更新する。自端末と共に子端末もネットワーク切替を行う事を想定しているため、具体的には子端末の所属ネットワークＩＤ７０３を切替先ネットワークのＩＤに書き換え、切替元と切替先ネットワークの親端末における配下の端末数７０４をネットワーク切替後の情報に更新し、子端末の階層数７０５を切替先ネットワークにおける自端末の階層数に１加算した値に書き換える。本処理を終了した後に、図１１のフローチャートの処理を終了する。

[0168] ただし、端末３００は、ステップＳ１４５の処理を、必ずしも図１１における自端末のネットワーク切替処理のタイミングで実施する必要は無い。端末３００は、子端末のネットワーク切替が成功したことを確認したタイミングで、親子管理テーブル７００の情報を更新してもよい。端末３００は、子端末が送信した端末登録要求パケット、もしくは当該パケットに対する集約装置からの応答パケットを、中継することで、子端末の切替が成功したことを検知できる。

[0169] 本実施例は、上述の通り構成されるため、以下の効果を奏する。本実施例では、集約装置配下の収容台数Ｃ１に関する情報を端末間で自律的に共有し

、各端末がパスコストから算出した待機時間Ｔｗを基にネットワーク切替のタイミングを自律的に制御する。従って、本実施例では、各端末の情報を管理する管理装置が存在しなくとも、端末間の自律分散制御にて、収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えたことをトリガに、平準化のための処理を開始できる。この結果、切替先ネットワークで利用可能な通信品質が良好な端末から順に、ネットワーク切替を実施することができ、さらに、収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃ以下になったことを検知した時点で、ネットワーク切替処理を自律的に終了できる。

[0170] 従って、本実施例によれば、通信帯域が狭い等の制限がある場合でも、各集約装置間の収容台数を平準化することができる。通信帯域が狭い場合、各端末が頻繁に管理装置に各種情報を送信することは難しく、管理装置による集中制御は不向きである。このような場合でも、本実施例では、管理装置無しで、各集約装置における収容台数を平準化することができる。なお、本実施例では、図２に示すツリー構造のネットワークトポロジを例に挙げて説明したが、これに限らず、本発明は、ツリー構造以外の他のトポロジにも適用することができる。例えば、ツリー構造、メッシュ構造、スター構造などのトポロジが、組み合わさった構成でもよい。

実施例 2

[0171] 図１２～図２１を用いて第２実施例を説明する。本実施例は、第１実施例の変形例に該当する。従って、第１実施例との相違を中心に説明する。

[0172] 第１の実施例では、端末間の自律分散制御によって、集約装置毎の収容台数の平準化を実現する。これに対し、本実施例では、通信システム内に存在する各端末の情報を管理するための管理装置８００を設け、管理装置８００による集中制御によって、集約装置毎の収容台数を平準化する。

[0173] 図１２と図１３を用いて、通信システム構成及びパケット構成を説明する。図１４を用いて、各端末が保持するネットワーク管理テーブル構成を説明する。図１５と図１６を用いて、各端末の情報を管理装置に通知する場合のパケット構成と、管理装置が端末に対してネットワーク切替を要求するとき

に送信するパケット構成とについて説明する。図１７と図１８を用いて、管理装置が保持するネットワーク管理テーブル構成と、端末管理テーブル構成とを説明する。最後に、図１９～図２１を用いて、平準化のためのネットワーク切替制御について説明する。

[0174] 本実施例にかかる端末３００及び集約装置４００の、ハードウェア構成（図３及び図４）と、各端末が保持する親子関係テーブル７００の構成（図７）と、端末がパケットを送信する場合の手順及び転送する場合の手順（図９及び図１０）については、第１実施例と同様である。端末のネットワークを切り替える手順についても、図１４のネットワーク管理テーブル６００Ａを用いる点などを除いて、第１実施例（図１１）と同様である。

[0175] 図１２を用いて、複数の集約装置を含む通信システム３０の構成を説明する。図１２の例では、通信システム３０は、２台の集約装置４００－１，４００－２（以下、特に区別しない場合、集約装置４００と呼ぶ）を含んで構成されているが、これに限らず３台以上の集約装置を含んでもよい。本実施例の通信システム３０は、各集約装置４００に繋がる管理装置８００を備えている点などを除いて、図２に示す通信システム２０と同様に構成されている。

[0176] 管理装置８００は、後述のネットワーク管理テーブル１７００を用いて、各集約装置が形成するネットワークに関する情報を管理する。さらに、管理装置８００は、後述の端末管理テーブル１８００を用いて、通信システム内の各端末の情報を管理する。各集約装置が端末からパケットを受信して得られた情報は、管理装置８００に転送される。管理装置８００は、各端末からの情報を、ネットワーク管理テーブル１７００と端末管理テーブル１８００に反映する。

[0177] 管理装置８００は、集約装置における収容台数が閾値を超過したことを検知すると、収容台数平準化のためのネットワーク切替を実施させる端末を決定する。なお、図１２の例では、データ収集サーバ１０１と管理装置８００とを別々の装置として示すが、これに代えて、データ収集サーバ１０１と管

理装置８００を１台のコンピュータとして構成してもよい。すなわち、物理的に１台のコンピュータに、データ収集サーバとしての機能と、管理装置としての機能を設ける構成でもよい。物理的に複数のコンピュータを連携させて、あたかも１台のコンピュータであるように運用し、その１台のコンピュータ上に、データ収集サーバおよび管理装置を実装する構成でもよい。

[0178] 図１３を参照して、本実施例にかかるパケット５００Ａの構成を説明する。図１３のパケットフォーマットは、所属ネットワーク内の収容台数５１１についてのフィールドが無い点を除いて、図５のパケット５００と同様である。本実施例では、管理装置８００により集中制御を行うため、各端末でネットワーク毎の収容台数を把握する必要はない。従って、本実施例で使用するパケットは、所属ネットワーク内の収容台数５１１のフィールドを備える必要はない。

[0179] ただし、例えば通信システム上で提供されるアプリケーション要求を満たす上で、端末がネットワーク毎の収容台数を把握しておく必要がある場合などは、図５のパケットフォーマットを本実施例においても使用できる。また、第１実施例で述べた通り、図１３に記載したフィールドの他に、例えばパケット長、ＴＴＬなどの他のフィールドが必要であれば、それらをヘッダ５０１に追加しても良い。

[0180] 図１４を参照して、各端末が保持するネットワーク管理テーブル６００Ａの構成を説明する。前述の通り、本実施例では、各端末がネットワーク毎の収容台数を把握する必要がないため、図１４では、収容台数６０４のフィールドを設けていない。収容台数のフィールドを備えていない点を除いて、図１４に示すネットワーク管理テーブル６００Ａは、図６のネットワーク管理テーブル６００と同様である。ただし、パケットのヘッダ５０１に所属ネットワーク内の収容台数５１１のフィールドを設ける場合、ネットワーク管理テーブル６００Ａに収容台数６０４のフィールドを設けても良い。

[0181] 図１４に示すフィールド以外に、各端末がネットワーク管理テーブル６００Ａで保持すべき情報が存在する場合、適宜フィールドを追加して良い。ネ

ットワーク管理テーブル６００Ａに記載されたネットワークであっても、そのネットワークに所属する端末または集約装置から長期に亘ってパケットを受信できない場合、そのネットワークが利用不可になったものと判断して、ネットワーク管理テーブル６００Ａから削除してもよい。

[0182] 管理装置８００が、各集約装置の収容台数を平準化するためにネットワーク切替を行うべき端末を決定するためには、各端末に関する情報をできるだけリアルタイムに把握できることが望ましい。

[0183] そこで、本実施例では、各端末が自端末に関する情報を定期的に管理装置８００に通知する場合を述べる。ただし、各端末は、特定の時刻、特定の周期で、自端末に関する情報を管理装置８００に通知する必要はない。各端末は、利用可能な通信帯域または通信システムの規模などに応じて、自端末に関する情報を管理装置８００に送信するタイミングを決定することができる。各端末は、例えば通信帯域が比較的空いている時間内に自端末に関する情報を管理装置８００に送信してもよい。

[0184] 図１５を参照して、各端末が自端末情報を管理装置８００に通知する場合に用いるパケット１５００の構成を説明する。図１５において、パケット１５００は、ヘッダ１５０１と、ペイロード１５０２とを備える。

[0185] ヘッダ１５０１は、例えば、宛先アドレス１５０３、最終宛先アドレス１５０４、送信元アドレス１５０５、発信元アドレス１５０６、パケットＩＤ１５０７、所属ネットワークＩＤ１５０８、所属元パスコスト１５０９、切替先候補ネットワークＩＤ１５１０、切替先候補パスコスト１５１１、発信元端末配下の端末数１５１２を備える。ただし、図１５に示すフィールド以外に、例えばパケット長、ＴＴＬなどのフィールドが必要であれば、適宜ヘッダに追加しても良い。

[0186] 宛先アドレス１５０３、最終宛先アドレス１５０４、送信元アドレス１５０５、発信元アドレス１５０６、パケットＩＤ１５０７は、それぞれ図５の宛先アドレス５０３、最終宛先アドレス５０４、送信元アドレス５０５、発信元アドレス５０６、パケットＩＤ５０７と同様である。

[0187] 所属ネットワークＩＤ１５０８は、発信元アドレス１５０６に記載された端末が所属するネットワークのＩＤを記載するフィールドである。

[0188] 所属元パスコスト１５０９は、発信元アドレス１５０６に記載された端末から、所属ネットワークＩＤ１５０８に記載されたネットワークを形成する集約装置までのパスコストを記載するフィールドである。

[0189] 切替先候補ネットワークＩＤ１５１０は、発信元アドレス１５０６に記載された端末が切替可能なネットワークのＩＤを記載するフィールドである。発信元となる端末は、ネットワーク管理テーブル６００Ａを参照し、所属フラグ６０６に“０”が記載されたネットワークのＩＤを記載する。

[0190] 切替先候補パスコスト１５１１は、発信元アドレス１５０６に記載された端末から、切替先候補ネットワークＩＤ１５１０に記載されたネットワークを形成する集約装置までのパスコストを記載するフィールドである。発信元となる端末は、ネットワーク管理テーブル６００Ａのパスコスト６０５を参照し、切替先候補ネットワークＩＤ１５１０に記載されたネットワークのパスコストをフィールド１５１１記載する。

[0191] なお、切替先候補となるネットワークが複数存在する場合、例えば、切替先候補ネットワークＩＤ（１）、切替先候補パスコスト（１）、切替先候補ネットワークＩＤ（２）、切替先候補パスコスト（２）のようにヘッダフィールド１５１０，１５１１を拡張し、切替先候補ネットワークＩＤおよび切替先候補パスコストを複数ずつ記載しても良い。

[0192] 各端末は、管理装置８００に自端末情報を通知するに際して、通知可能なパケット数に余裕がある場合、複数の切替先ネットワークのＩＤとパスコストを１つのパケットにまとめて記載せずに、複数のパケットに分けて管理装置８００に通知しても良い。

[0193] 発信元端末配下の端末数１５１２は、発信元アドレス１５０６に記載された端末の配下に繋がる子端末以下（孫端末など）の端末の合計台数を記載するフィールドである。

[0194] 発信元の端末がヘッダ５０１に記載した情報のうち所定の情報は、中継端

末によって書き換えられることはない。所定の情報とは、最終宛先アドレス１５０４、発信元アドレス１５０６、パケットＩＤ１５０７、所属ネットワークＩＤ１５０８、所属元パスコスト１５０９、切替先候補ネットワークＩＤ１５１０、切替先候補パスコスト１５１１、発信元端末配下の端末数１５１２である。

[0195] ペイロード１５０２は、送信するアプリケーションデータ１５１３を格納する。端末に関する情報以外に管理装置８００へ定期的に通知したいアプリケーションデータがあるならば、そのアプリケーションデータをフィールド１５１３に格納する。

[0196] なお、各端末は、図１３のフォーマットのパケットと、図１５のフォーマットのパケットとを使い分けて、管理装置８００に通知するのではなく、共通のパケットを用いて自端末に関する情報を管理装置８００に通知してもよい。例えば、図１３のパケットフォーマットのヘッダ５０１に、図１５の所属ネットワークＩＤ１５０８、所属元パスコスト１５０９、切替先候補ネットワークＩＤ１５１０、切替先候補パスコスト１５１１、発信元端末配下の端末数１５１２と同等のフィールドを追加して使用してもよい。

[0197] 管理装置８００は、ある集約装置４００の収容端末台数が閾値を超えたことを検知すると、後述の図１９の処理に従って、ネットワーク切替を実施する端末を決定し、決定した端末に対してネットワーク切替要求を送信する。

[0198] この時、管理装置が端末に対してネットワーク切替を要求する際に送信するパケット構成について、図１６を参照して説明する。

[0199] 図１６において、パケット１６００は、ヘッダ１６０１と、ペイロード１６０２とを備える。ヘッダ１６０１は、宛先アドレス１６０３、最終宛先アドレス１６０４、送信元アドレス１６０５、発信元アドレス１６０６、パケットＩＤ１６０７、切替先ネットワークＩＤ１６０８を含む。ただし、図１６に示すフィールド以外に、例えばパケット長、ＴＴＬなどのフィールドが必要であれば、それらをヘッダに追加しても良い。

[0200] 宛先アドレス１６０３、最終宛先アドレス１６０４、送信元アドレス１６

０５、発信元アドレス１６０６、パケットＩＤ１６０７は、それぞれ図５の宛先アドレス５０３、最終宛先アドレス５０４、送信元アドレス５０５、発信元アドレス５０６、パケットＩＤ５０７と同様である。

[0201] 切替先ネットワークＩＤ１６０８は、端末にネットワーク切替を実施させる場合に、管理装置８００が指定した切替先ネットワークのＩＤを記載するフィールドである。

[0202] ペイロード１６０２は、送信するアプリケーションデータ１６０９を格納する。管理装置８００が端末にネットワーク切替を要求するにあたって、付随して通知したいアプリケーションデータがあれば、本フィールド１６０９に格納する。

[0203] ネットワーク切替要求に関するパケットのフォーマットについても、図１３のフォーマットと図１５のフォーマットとに分けて説明したが、これに代えて、共通フォーマットを用いてもよい。例えば、図１３のヘッダに、切替先ネットワークＩＤ１６０８と同等のフィールドを追加してもよい。その追加フィールドには、例えば通常時に“－１”を記載し、ネットワーク切替要求を行う場合にのみ、切替先となるネットワークＩＤを記載してもよい。

[0204] 図１７を参照して、管理装置８００が保持するネットワーク管理テーブル１７００の構成を説明する。管理装置８００は、ネットワーク管理テーブル１７００を用いて、各集約装置４００が形成するネットワークの情報を管理する。

[0205] 管理装置８００は、各集約装置と常時接続されているため、管理対象の情報が更新された場合、その更新内容を早期に把握することができる。管理装置８００は、ネットワークに関する情報が更新された場合、その最新情報をネットワーク管理テーブル１７００に反映させる。

[0206] 図６のパスコスト６０５および所属フラグ６０６のフィールドが設けられていない点を除けば、図１７に示すネットワーク管理テーブル１７００は、第１実施例で述べた、端末が保持するネットワーク管理テーブル６００と同様である。図１７に記載するフィールドの他に、ネットワークに関する他の

情報を管理装置８００で管理したい場合、その情報を記載するためのフィールドをテーブル１７００に追加しても良い。

[0207] 図１８を参照して、管理装置８００が保持する端末管理テーブル１８００の構成を説明する。管理装置８００は、端末管理テーブル１８００を用いて、通信システム内の全端末の情報を管理する。各集約装置を介して得られた端末情報を基に、端末管理テーブル１８００に記載される情報は、適宜更新される。集約装置における収容端末台数が閾値を超過した場合、後述の図１９の処理にて、端末管理テーブル１８００に記載された内容が参照され、ネットワーク切替を要求する端末が決定される。

[0208] 端末アドレス１８０１は、端末を識別するためのアドレスまたはＩＤを記載するフィールドである。所属ネットワークＩＤ１８０２は、端末アドレス１８０１で特定される端末が所属するネットワークのＩＤを記載するフィールドである。配下の端末数１８０３は、端末アドレス１８０１で特定される端末の配下に繋がる子端末以下（孫端末などを含む）の端末の合計台数を記載するフィールドである。

[0209] 第１ネットワークＣＮ１のパスコスト１８０４、及び第２ネットワークＣＮ２のパスコスト１８０５は、端末アドレス１８０１で特定される端末から、該当するネットワークを形成する集約装置までのパスコストを記載するフィールドである。

[0210] 図１８では、図１２の通信システム構成図に準拠して、第１ネットワークＣＮ１と第２ネットワークＣＮ２に関するフィールド１８０４，１８０５のみ記載している。これに限らず、通信システム上に存在する集約装置の数だけ、本フィールド１８０４，１８０５を設けて良い。つまり、５台の集約装置によって通信システムが構成される場合、各集約装置までのパスコストに関する５つのフィールドが設けられる。

[0211] 本実施例では、ネットワークのパスコストについてのフィールド１８０４，１８０５の初期値を、“－１”に設定している。端末アドレス１８０１で特定される端末は、パスコストに“－１”が設定されたネットワークに、切

り替えることはできない。

[0212] 図１８の例では、端末アドレス”ｆｆｆ”と”ｇｇｇ”の端末は、第２ネットワークＣＮ２へ切替不可である。

集約装置および管理装置は、端末からパケットを受信すると、所属ネットワークＩＤおよび切替先候補ネットワークＩＤのフィールドと、対応するパスコストのフィールドとを参照する。これにより、集約装置および管理装置は、その端末が所属するネットワークを形成する集約装置までのパスコスト、もしくは切替先候補のネットワークを形成する集約装置までのパスコストを、収集する。得られたパスコストの情報は、端末管理テーブル１８００の当該端末のパスコストフィールドに随時記載される。

[0213] 端末から特定のネットワークに関するパスコスト情報を受信して、端末管理テーブル１８００に負の値ではないパスコストが記載されたとしても、それ以降、当該端末から当該ネットワークのパスコストに関する情報が受信されない場合がある。この場合、パスコスト情報を更新してこない端末が、通信ネットワークに対して切替不可の状態となった可能性が考えられる。そこで、本実施例では、一定時間パスコストの値が更新されなかった場合、そのパスコストフィールドについては“－１”を記載し、ネットワーク切替が不可であるとして扱っても良い。

[0214] 図１９のフローチャートを参照して、管理装置が各集約装置の収容台数を平準化するための処理について説明する。管理装置８００は、ある集約装置配下の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えたことを検知すると、その集約装置が形成するネットワークに所属する端末３００の中からネットワーク切替を実施する端末を選択し、切替を要求する。

[0215] ステップＳ２０１において、管理装置８００は、集約装置配下の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超過したことを検知する。管理装置８００は、自分が保持するネットワーク管理テーブル１７００の収容台数６０４のフィールドを確認し、各集約装置の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えていないか確認する。管理装置８００は、ある集約装置配下の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超え

ていることを検知すると、ステップＳ２０２へ進む。なお、第１実施例で述べた通り、収容台数の閾値Ｔｈｃはパラメータとして設定可能であり、通信システムの規模または通信環境などに応じて設定可能である。

[0216] ステップＳ２０２において、管理装置８００は、ステップＳ２０１で収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えたことが検知された集約装置が形成するネットワークに所属する端末のうち、他のネットワークに切替可能な端末が存在するか確認する。

[0217] 管理装置８００は、以下の２つの条件を満たす場合に、端末は他のネットワークに切替可能であると判定する。第１の条件は、端末管理テーブル１８００において、所属ネットワークＩＤ１８０２に記載されたネットワークＩＤと、ステップＳ２０１で検知された集約装置が形成するネットワークＩＤとが同一であることである。第２の条件は、ステップＳ２０１で検知された集約装置の形成するネットワーク以外のネットワークについて、そのパスコストフィールドに非負の値が記載されていることである。

[0218] 他のネットワークに切替可能な端末が存在すると判定した場合（Ｓ２０２：ＹＥＳ）、ステップＳ２０３に進む。切替可能な端末が存在しないと判定した場合（Ｓ２０２：ＮＯ）、平準化処理の実行は不可であると判断して、本フローチャートを終了する。

[0219] ステップＳ２０３において、管理装置８００は、他のネットワークに切替可能であると判断された端末の中から、切替先候補となるネットワークを形成する集約装置までのパスコストが最も低い端末を選択する。管理装置８００は、端末管理テーブル１８００において、ステップＳ２０２で他のネットワークに切替可能であると判断された端末の各パスコストフィールド（１８０４または１８０５）を参照する。管理装置８００は、各端末の切替先ネットワークでのパスコスト値を比較し、最も低いパスコストを持つ端末を一つ選択する。Ｓ２０２で検出された端末にとって、最も低いパスコストを提供するネットワークが当該端末の切替先ネットワークとなる。ステップＳ２０３の処理後に、ステップＳ２０４に進む。

[0220] ステップＳ２０４において、管理装置８００は、ステップＳ２０３で選択された端末とその端末配下に繋がる子端末とがネットワーク切替を行った場合に、切替先ネットワークの収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超過しないか確認する。

[0221] つまり、管理装置８００は、端末管理テーブル１８００における配下の端末数１８０３のフィールドを参照し、ステップＳ２０３で選択された端末に繋がる子端末以下の各端末の合計台数Ｎを確認する。管理装置８００は、ネットワーク管理テーブル１７００において切替先ネットワークの収容台数６０４のフィールドを確認し、収容台数Ｃ１にＮ＋１を足しても閾値Ｔｈｃを超過しないか確認する。

[0222] 管理装置８００は、ステップＳ２０３で選択された端末とその子端末との合計Ｎ＋１台の端末がネットワーク切替を行った際に、切替先ネットワークでの収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えると判定した場合（Ｓ２０４：ＮＯ）、その端末のネットワーク切替を断念し、ステップＳ２０２に戻る。

[0223] 切替先のネットワークにおいて収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えると判定された端末は、次のステップＳ２０２において当該ネットワークに対して切替不可であると見なされる。これに対し、ネットワーク切替後、切替先ネットワークにおいて収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えないと判断した場合（Ｓ２０４：ＹＥＳ）、ステップＳ２０５に進む。

[0224] ステップＳ２０５において、管理装置８００は、ステップＳ２０３で選択された端末に対してネットワークの切替を要求する。切替対象として選択された端末は、複数の切替先候補のネットワークを持っている可能性がある。そこで、管理装置８００は、ネットワーク切替要求パケットの切替先ネットワークＩＤ１６０８のフィールドにおいて、切替先のネットワークＩＤを指定する。ステップＳ２０５の後に、ステップＳ２０６に進む。

[0225] ステップＳ２０６において、管理装置８００は、ステップＳ２０５で送信したネットワーク切替要求に対する応答を、切替対象の端末から受信する。図２０で後述するが、端末は、管理装置から自端末宛のネットワーク切替要

求パケットを受信した場合、応答パケットを管理装置に送信する。応答パケット受信後に、ステップＳ２０７に進む。

[0226] ステップＳ２０５でネットワーク切替要求パケットを送信してから一定時間経過しても、切替対象の端末から応答パケットを受信できない場合、管理装置８００は、ステップＳ２０５に戻って、ネットワーク切替要求を再送信してもよい。再送信してもなお応答パケットを受信できない場合、その端末に異常が発生するなどしてネットワーク切替を実施できる状態ではない恐れがある。従って、Ｓ２０３で選択した端末によるネットワーク切替を断念して、ステップＳ２０２に戻ってもよい。

[0227] ステップＳ２０７において、管理装置８００は、ステップＳ２０３で選択された端末とその配下の全ての子端末がネットワーク切替を実施したことを、切替先ネットワークを形成する集約装置を介して確認する。

[0228] 第１実施例で前述した通り、各端末は、図１１で述べたネットワーク切替処理において、切替先ネットワークを形成する集約装置に対して端末登録要求パケットを送信する。この端末登録要求パケットが切替先ネットワークの集約装置に届いたかを確認することで、切替が完了したか判定することができる。

[0229] 各端末によるネットワーク切替の実施完了を確認すると、ステップＳ２０８に進む。一定時間経過しても端末登録要求パケットが得られない端末が存在する場合、前述の通り、異常発生等の可能性も考えられる。従って、この場合は、そのままステップＳ２０８以降の処理に進み、端末登録要求パケットが得られた端末の分だけ、テーブルの更新処理などを行っても良い。

[0230] ステップＳ２０８において、管理装置８００は、自装置が保持するネットワーク管理テーブル１７００の情報を更新する。管理装置８００は、収容台数６０４のフィールドにおいて、ネットワーク切替を実施した端末の台数分だけ、切替元ネットワークの収容台数を減算する。管理装置８００は、ネットワーク切替を実施した端末の台数分だけ、切替先ネットワークの収容台数を加算する。本処理の後に、ステップＳ２０９に進む。

[0231] ステップＳ２０９において、管理装置８００は、自装置が保持する端末管理テーブル１８００の情報を更新する。管理装置８００は、ネットワーク切替を実施した端末について、その所属ネットワークＩＤ１８０２のフィールドを、切替先ネットワークのＩＤに更新する。本処理の後に、ステップＳ２１０に進む。

[0232] なお、ネットワーク切替を行った端末に接続される親端末（切替先ネットワークでの親端末）は、配下の端末数が変化する。ネットワーク内の各端末は、定期的に、集約装置を介して管理装置８００に端末情報を通知するため、管理装置８００は、配下の端末数の変化を検知して端末管理テーブル１８００に反映することができる。配下の端末数が変化する親端末は、配下の端末数が変化した時点で、管理装置８００に通知してもよい。

[0233] ステップＳ２１０において、管理装置８００は、ステップＳ２０１で閾値超過を検知された集約装置の収容台数Ｃ１が、閾値Ｔｈｃ以下になったかを確認する。管理装置８００は、ステップＳ２０８でネットワーク管理テーブル１７００の情報を更新した後の、収容台数６０４の値が閾値Ｔｈｃ以下であるか確認する。収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃ以下の場合（Ｓ２１０：ＹＥＳ）、収容台数の平準化が完了したため、図１９のフローチャートを終了する。収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超過している場合（Ｓ２１０：ＮＯ）、管理装置８００は引き続き平準化処理を継続するため、ステップＳ２０２に戻る。

[0234] このように、本実施例では、管理装置８００が、集約装置配下の収容台数Ｃ１が閾値Ｔｈｃを超えたことを検知して、図１９のフローチャートに従ってネットワーク切替を行う端末を決定する。従って、本実施例においても、第１実施例と同様に、切替先ネットワークで利用できる通信品質が良好な端末から順に、ネットワーク切替を実施することができ、端末からのデータ収集率を高い値に維持しながら、各集約装置の収容台数を平準化することができる。また、本実施例では、第１実施例で述べた待機時間Ｔｗの管理が不要となるため、第１実施例の場合に比べて、平準化に要する時間を短縮できる

。

[0235] 図２０を参照して、端末３００が管理装置８００からネットワーク切替要求を受信した場合の処理を説明する。管理装置８００からネットワーク切替要求を受信した端末は、図２０のフローチャートに従って、ネットワーク切替までの処理を実施する。

[0236] ステップＳ２２１において、端末３００は、管理装置から自端末宛に送信されたネットワーク切替要求を受信する。本処理の後に、ステップＳ２２２に進む。

[0237] ステップＳ２２２において、端末３００は、ステップＳ２２１で受信したネットワーク切替要求パケットに対する応答パケットを、管理装置に送信する。管理装置８００は、図１９のステップＳ２０６において応答パケットを受信することで、ネットワーク切替要求パケットが所望の端末に到達したことを確認できる。ステップＳ２２２の後に、ステップＳ２２３に進む。

[0238] ステップＳ２２３において、端末３００は、管理装置から切替先として指定されたネットワークで利用されている通信チャネルを、配下の各子端末に通知する。各集約装置の収容台数を平準化するために、端末３００は、自端末配下に繋がる子端末以下の全ての端末も一緒に、ネットワーク切替を実施する。そのため、端末３００は、切替先ネットワークに関する情報を子端末に通知する必要がある。ステップＳ２２３の処理は、送信するパケットが図１３のフォーマットに従う（即ち、収容台数に関する情報を含まない）点を除いて、図８のステップＳ１０８と同様である。ステップＳ２２３の後に、ステップＳ２２４に進む。

[0239] ステップＳ２２４において、端末３００は、管理装置８００から切替先として指定されたネットワークに切り替える。具体的な処理は、図１１で述べた流れと同様である。ステップＳ２２４の後に、図２０のフローチャートを終了する。

[0240] なお、図１１のステップＳ１４３において、集約装置からの応答パケットを受信できなかった場合、端末３００は、ネットワーク切替不可である旨を

示すパケットを管理装置８００に送信してもよい。管理装置８００がそのパケットをステップＳ２０５の後に受信した場合、ネットワーク切替不可であることを知らせてきた端末によるネットワーク切替を断念して、ステップＳ２０２に戻る。

[0241] 図２１を参照して、親端末から通信チャネルの切替通知を受信した子端末での処理を説明する。子端末は、自端末が繋がる親端末から通信チャネル切替通知を受信した場合、図２１のフローチャートに従って、ネットワーク切替までの処理を実施する。

[0242] ステップＳ２３１において、子端末は、通信チャネルの切替通知を受信する。通信チャネルの切替通知を受信する場合には、複数ある。その一つは、親端末が図２０のステップＳ２２３で生成したパケットを受信する場合である。他の一つは、後述するステップＳ２３２において、親端末が転送したパケットを受信する場合である。ステップＳ２３１の後に、ステップＳ２３２に進む。

[0243] ステップＳ２３２において、子端末は、ステップＳ２３１で受信したパケット（通信チャネルの切替通知を示すパケット）を、自端末に繋がる子端末へ転送する。本処理は、送信するパケットが図１３のフォーマットに従う（即ち、収容台数に関する情報を含まない）点を除いて、図８のステップＳ１１２と同様である。ステップＳ２３２の後に、ステップＳ２３３に進む。

[0244] ステップＳ２３３において、子端末は、親端末から通知を受けた切替先にネットワークを切り替える。子端末は、図１１で述べた流れに従って、ネットワークを切り替える。ステップＳ２３３の後に、図２１のフローチャートを終了する。

[0245] なお、図１９のステップＳ２０５では、ステップＳ２０３で選択された端末のみにネットワーク切替要求を送信している。これに代えて、管理装置８００が全端末のトポロジ情報を把握している場合、切替対象の端末のみならず、その端末の配下に繋がる全ての子端末に対してネットワーク切替要求を送信しても良い。

[0246] なお、本発明は、上述した実施例に限定されない。当業者であれば、本発明の範囲内で、種々の追加や変更等を行うことができる。

[0247] 例えば、本発明は以下のように表現することもできる。

「表現１．複数の端末と通信するための複数の集約装置を備える通信システムの端末であって、

前記複数の集約装置ごとに、前記複数の端末のうち所定の複数の端末を有する通信ネットワークがそれぞれ構成されており、

前記複数の通信ネットワークのうち自端末の所属する切替元の通信ネットワークにおいて、予め設定される所定の条件が成立したか検知する検知部と、

前記所定の条件の成立を検知した場合、前記複数の通信ネットワークのうち切替先の通信ネットワークに自端末が所属した場合の通信品質に基づいて、所属先の切替を決定する切替決定部と、

前記決定に従って自端末の所属先を前記切替元の通信ネットワークから前記切替先の通信ネットワークに切り替える切替実行部と、

を備える通信システムの端末。

表現２．

複数の端末と通信する複数の集約装置を備える通信システムを管理するための管理装置であって、

前記複数の集約装置ごとに、前記複数の端末のうち所定の複数の端末を有する通信ネットワークがそれぞれ構成されており、

前記複数の集約装置が収容する端末の数を示す収容台数と、前記複数の端末と前記複数の集約装置との間の通信経路の品質を管理する管理テーブルと、

前記複数の集約装置のうち前記収容台数が所定の閾値を超える切替元の集約装置が検知された場合、前記テーブルに記載された前記通信経路の品質に基づいて、前記切替元の集約装置の形成する切替元の通信ネットワークに所属する端末の中から切替対象の端末を選択し、選択した前記切替対象の端末

に対して、前記切替元の集約装置とは別の集約装置の形成する切替先の通信ネットワークに切り替えるように要求する、

通信システムの管理装置。」

符号の説明

[0248] ２０，３０：通信システム、１０１：データ収集サーバ、３００：端末、４００：集約装置、８００：管理装置

請求の範囲

[請求項1] 複数の端末と通信する複数の集約装置を備える通信システムであって、

前記複数の集約装置ごとに、前記複数の端末のうち所定の複数の端末を有する通信ネットワークがそれぞれ構成されており、

前記複数の端末はそれぞれ、

前記複数の通信ネットワークのうち自端末の所属する切替元の通信ネットワークにおいて、予め設定される所定の条件が成立したか検知する検知部と、

前記所定の条件の成立を検知した場合、前記複数の通信ネットワークのうち切替先の通信ネットワークに自端末が所属した場合の通信品質に基づいて、所属先の切替を決定する切替決定部と、

前記決定に従って自端末の所属先を前記切替元の通信ネットワークから前記切替先の通信ネットワークに切り替える切替実行部と、

を備える通信システム。

[請求項2] 前記通信品質は、自端末が前記切替先の通信ネットワークに所属した場合における、前記複数の集約装置のうち前記切替先の通信ネットワークを担当する集約装置と自端末との間の論理的な距離であり、

前記切替決定部は、前記通信品質に基づいて定まる所定の待機時間が経過した後に、自端末の所属先の切替を決定する、

請求項１に記載の通信システム。

[請求項3] 前記所定の待機時間は、予め設定される所定の単位時間に前記論理的な距離を乗算することで算出される、

請求項２に記載の通信システム。

[請求項4] 前記切替決定部は、前記切替を決定した場合、自端末の配下にある全ての子端末に対して、前記切替先の通信ネットワークに所属先を切り替えることを通知する、

請求項３に記載の通信システム。

[請求項5] 前記切替決定部は、自端末およびその配下にある前記全ての子端末の端末数と、前記切替先の通信ネットワークに所属している端末の数との合計値が、前記切替先の通信ネットワークに設定される閾値以下となることを確認した場合に、前記決定を確定する、
請求項４に記載の通信システム。

[請求項6] 前記切替決定部は、前記切替元の通信ネットワークに所属する端末の数が、自端末およびその配下にある前記全ての子端末の数だけ減少することを、前記切替元の通信ネットワークに所属する他の端末に通知する、
請求項５に記載の通信システム。

[請求項7] 前記所定の条件とは、前記切替元の通信ネットワークに所属している端末の数が前記切替元の通信ネットワークに設定される閾値を超過した場合である、
請求項１～６のいずれかに記載の通信システム。

[請求項8] 前記切替元の通信ネットワークに所属する他の端末との間で、前記通信品質に関する情報および前記切替元の通信ネットワークに所属している端末の数に関する情報を含む所定の情報を通信するための通信部を備える、
請求項７に記載の通信システム。

[請求項9] 前記通信部は、前記所定の情報をパケットのヘッダに格納する、
請求項８に記載の通信システム。

[請求項10] 前記通信部は、前記切替先の通信ネットワークに所属先が切り替わる前に、前記切替先の通信ネットワークに所属する端末からのパケットを受信した場合、そのパケットの送信元である前記端末に関する情報を、前記切替先の通信ネットワークに所属先を切り替える場合の親端末の候補として保持する、
請求項９に記載の通信システム。

[請求項11] 複数の端末が所属先の通信ネットワークを切り替えるための、端末

の所属先ネットワーク切替方法であって、

前記複数の端末はそれぞれ、

前記複数の通信ネットワークのうち自端末の所属する切替元の通信ネットワークにおいて、予め設定される所定の条件が成立したか検知する検知ステップと、

前記所定の条件の成立を検知した場合、前記複数の通信ネットワークのうち切替先の通信ネットワークに自端末が所属した場合の通信品質に基づいて、所属先の切替を決定する切替決定ステップと、

前記決定に従って自端末の所属先を前記切替元の通信ネットワークから前記切替先の通信ネットワークに切り替える切替実行ステップと、

を備える端末の所属先ネットワーク切替方法。

[請求項12] 前記通信品質は、前記切替先の通信ネットワークに所属する複数の端末と通信する切替先の集約装置と自端末との間の論理的な距離であり、

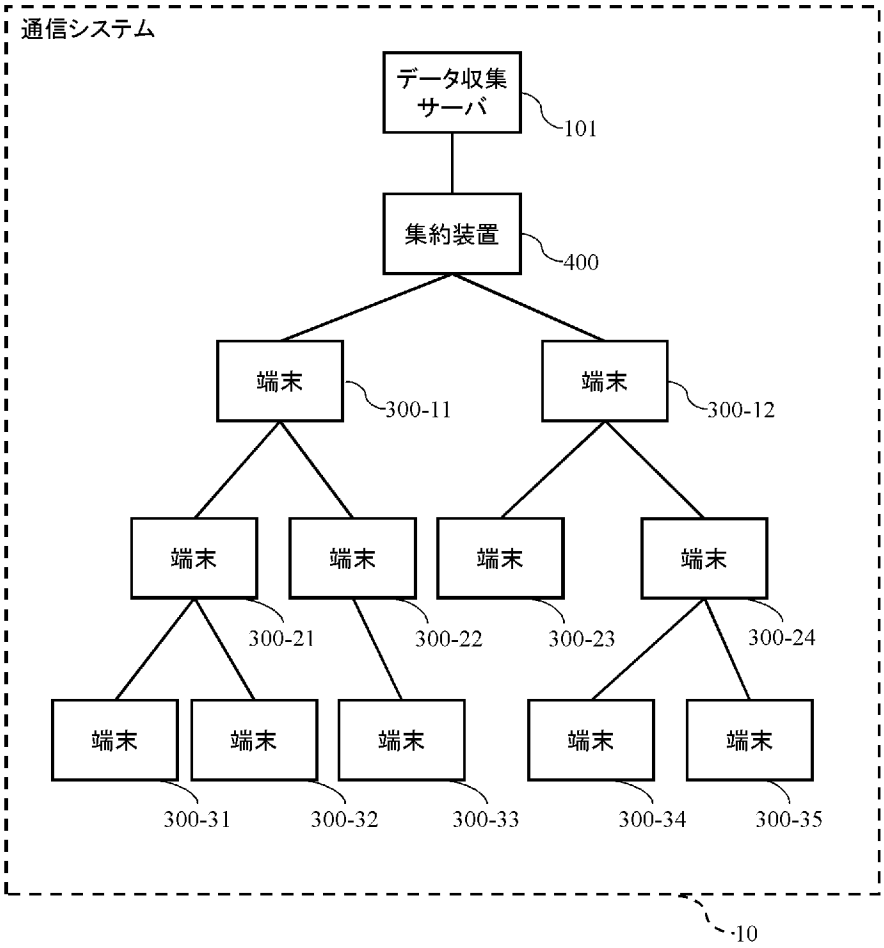
前記切替決定ステップは、前記通信品質に基づいて定まる所定の待機時間が経過した後に、自端末の所属先の切替を決定する、

請求項１１に記載の端末の所属先ネットワーク切替方法。

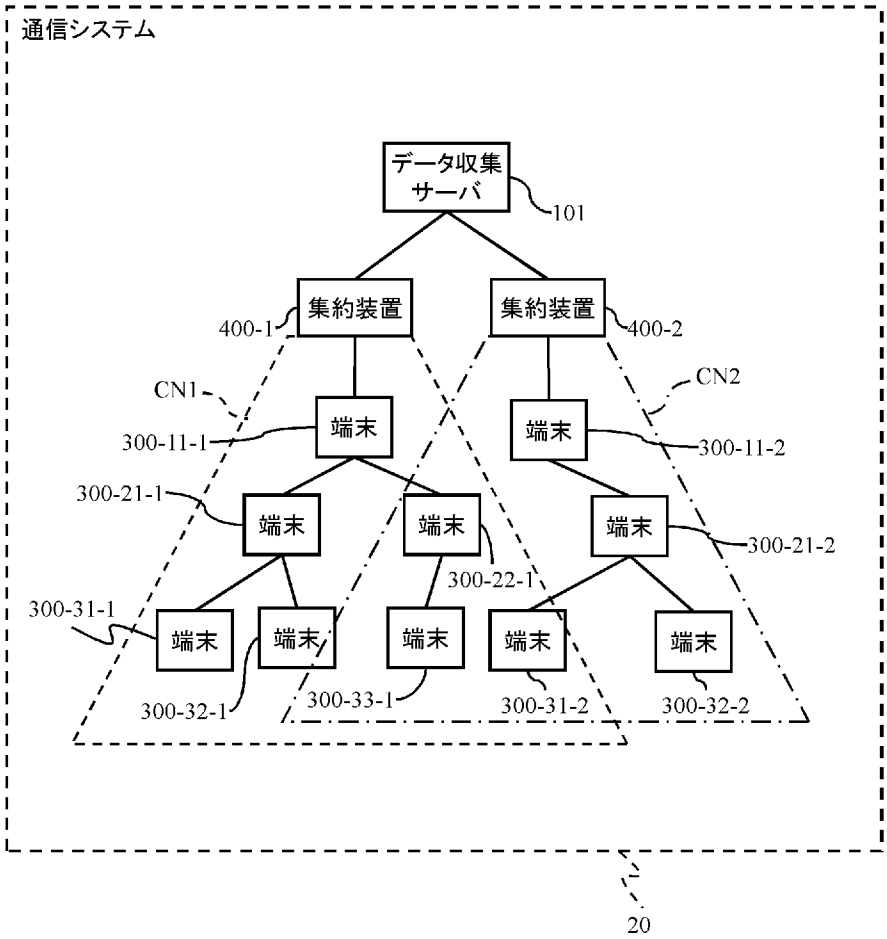
[請求項13] 前記所定の待機時間は、予め設定される所定の単位時間に前記論理的な距離を乗算することで算出される、

請求項１２に記載の端末の所属先ネットワーク切替方法。

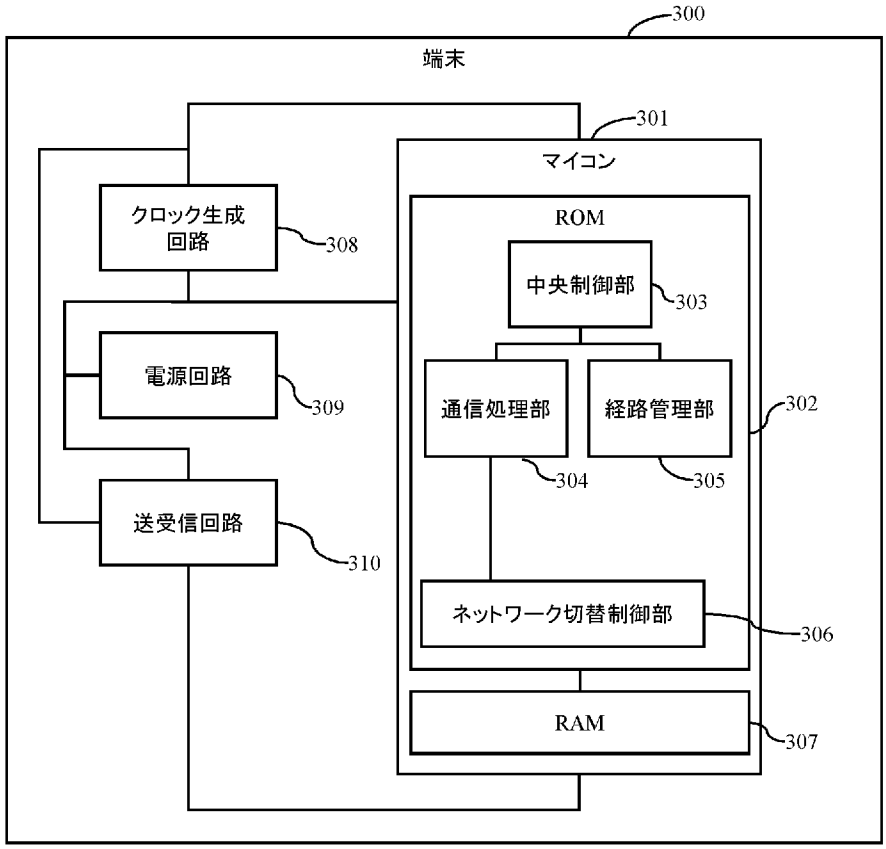
[図1]


通信システム
データ収集サーバ
101
集約装置
400
端末
300-11
端末
300-12
端末
端末
端末
端末
300-21
300-22
300-23
300-24
端末
端末
端末
端末
端末
300-31
300-32
300-33
300-34
300-35
10

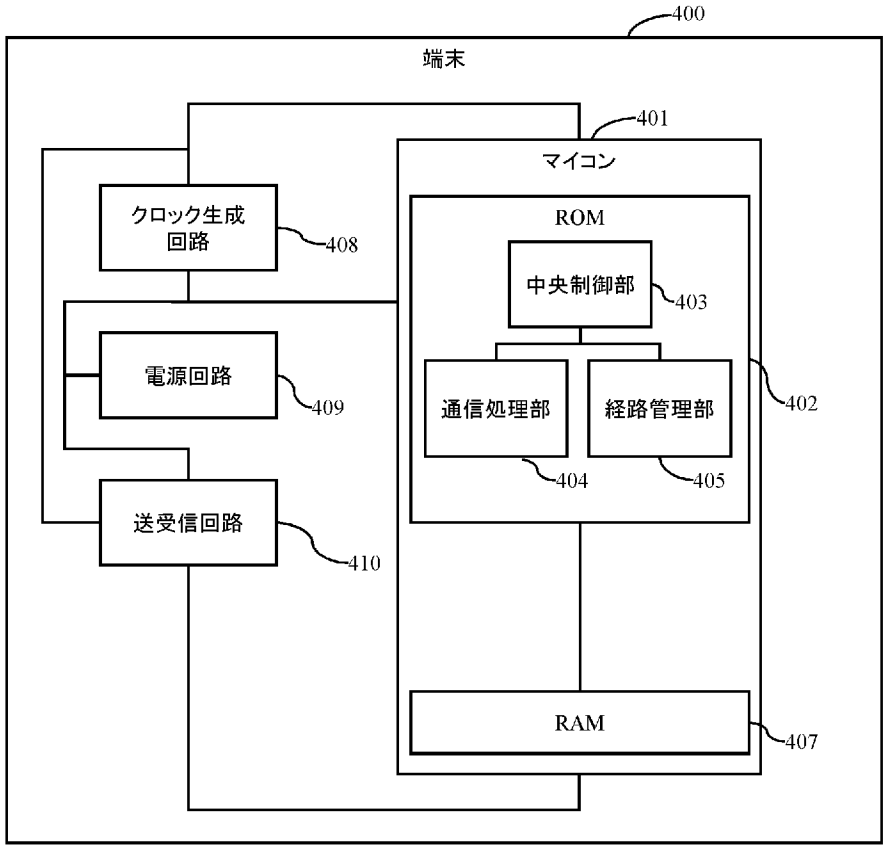
[図2]


通信システム
データ収集サーバ
101
集約装置
集約装置
400-1
400-2
CN1
CN2
端末
端末
300-11-1
300-11-2
300-21-1
端末
端末
端末
300-21-2
300-22-1
300-31-1
端末
端末
端末
端末
端末
300-32-1
300-33-1
300-31-2
300-32-2
20

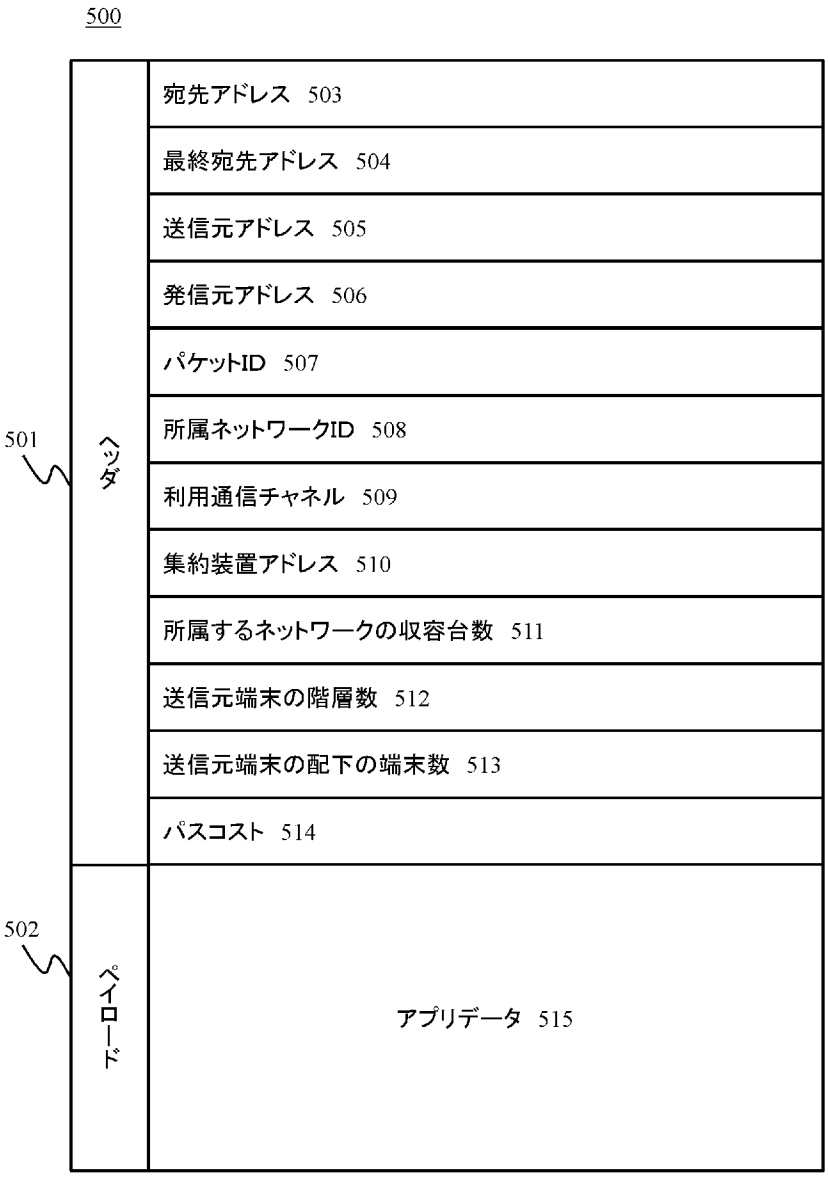
[図3]


300
端末
301
マイコン
ROM
中央制御部
303
クロック生成
回路
308
電源回路
309
通信処理部
経路管理部
302
304
305
送受信回路
310
ネットワーク切替制御部
306
RAM
307

[図4]


400
端末
401
マイコン
クロック生成
回路
408
ROM
中央制御部
403
電源回路
409
通信処理部
経路管理部
402
404
405
送受信回路
410
RAM
407

[図5]


500
501
ヘッダ
宛先アドレス 503
最終宛先アドレス 504
送信元アドレス 505
発信元アドレス 506
パケットID 507
所属ネットワークID 508
利用通信チャネル 509
集約装置アドレス 510
所属するネットワークの収容台数 511
送信元端末の階層数 512
送信元端末の配下の端末数 513
パスコスト 514
502
ペイロード
アプリデータ 515

[図6]

600

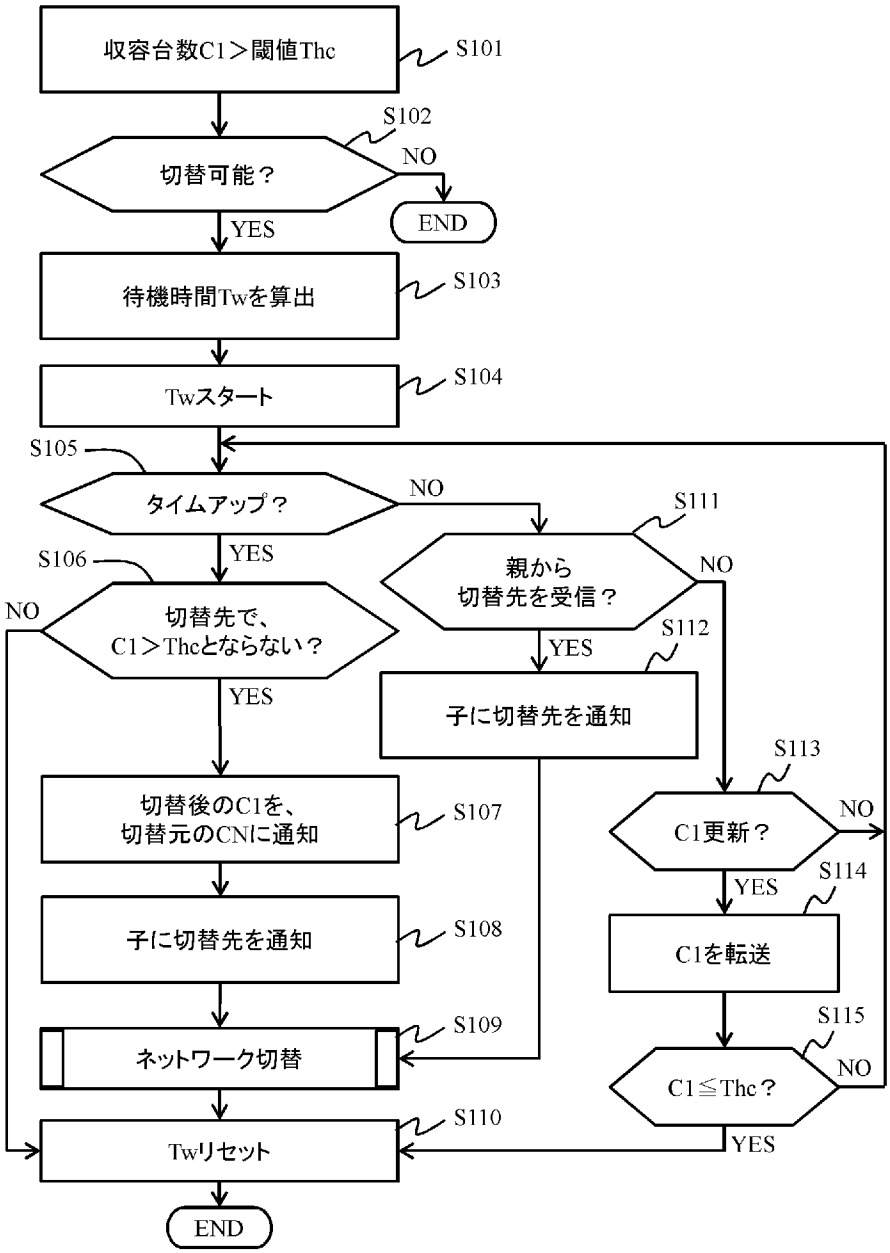
601 ネットワークID	602 通信チャネル	603 集約装置アドレス	604 収容台数	605 パスコスト	606 所属フラグ
1	1	xxx	250	1.5	1
2	2	yyy	100	2.1	0

[図7]

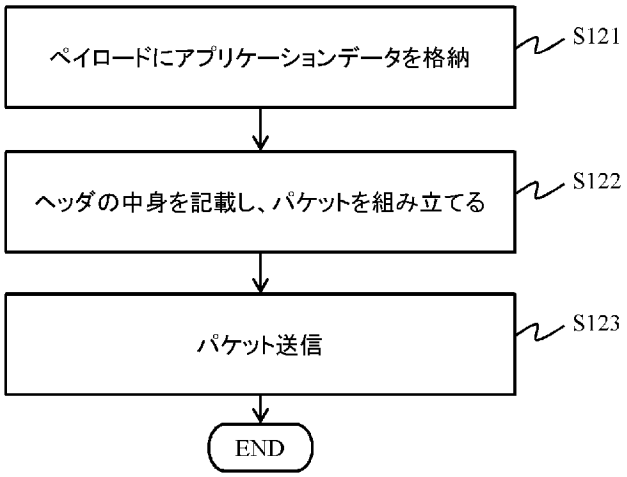
700

701 親子識別フィールド	702 端末アドレス	703 所属ネットワークID	704 配下の端末数	705 階層数
P	aaa	1	11	3
P	bbb	2	9	3
C	ccc	1	3	5
C	ddd	1	5	5

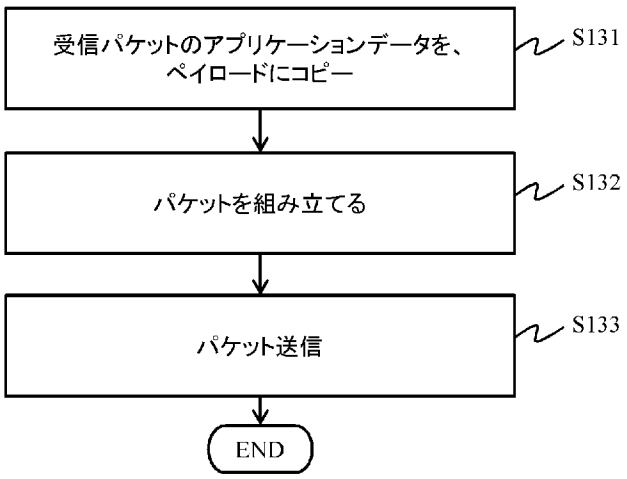
[図8]


収容台数C1＞閾値Thc
S101
S102
切替可能？
NO
END
YES
待機時間Twを算出
S103
Twスタート
S104
S105
タイムアップ？
NO
S111
YES
S106
親から
切替先を受信？
NO
NO
切替先で、
C1＞Thcとならない？
S112
YES
YES
子に切替先を通知
S113
切替後のC1を、
切替元のCNに通知
S107
C1更新？
NO
S114
YES
子に切替先を通知
S108
C1を転送
S115
S109
ネットワーク切替
C1≦Thc？
NO
S110
Twリセット
YES
END

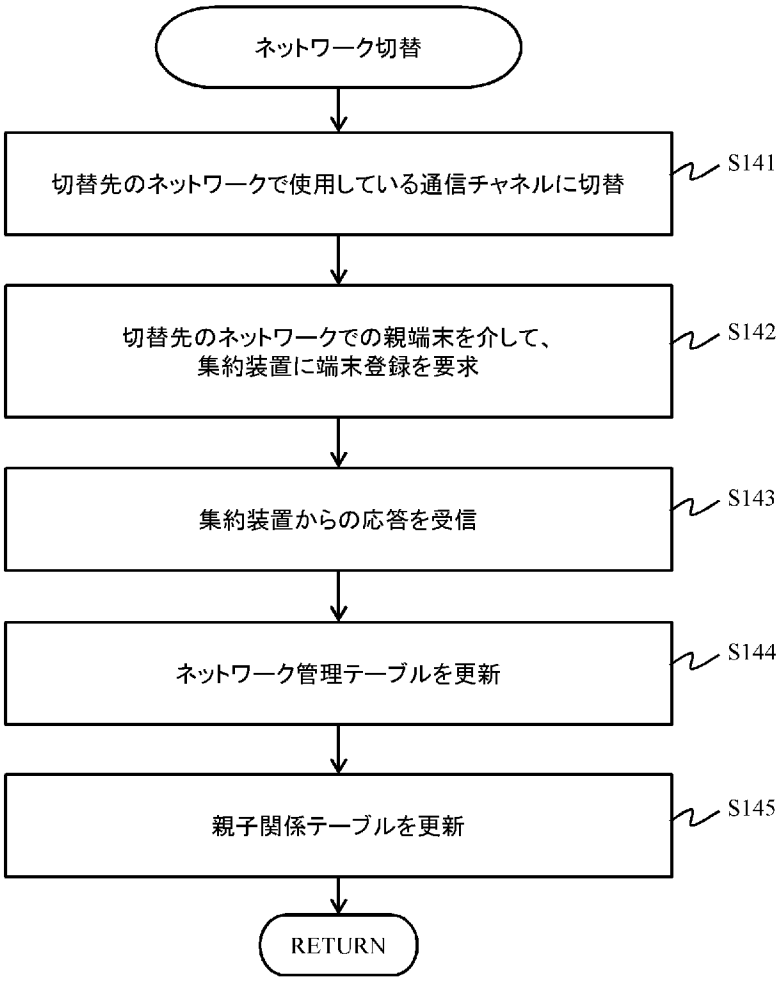
[図9]


ペイロードにアプリケーションデータを格納
S121
ヘッダの中身を記載し、パケットを組み立てる
S122
パケット送信
S123
END

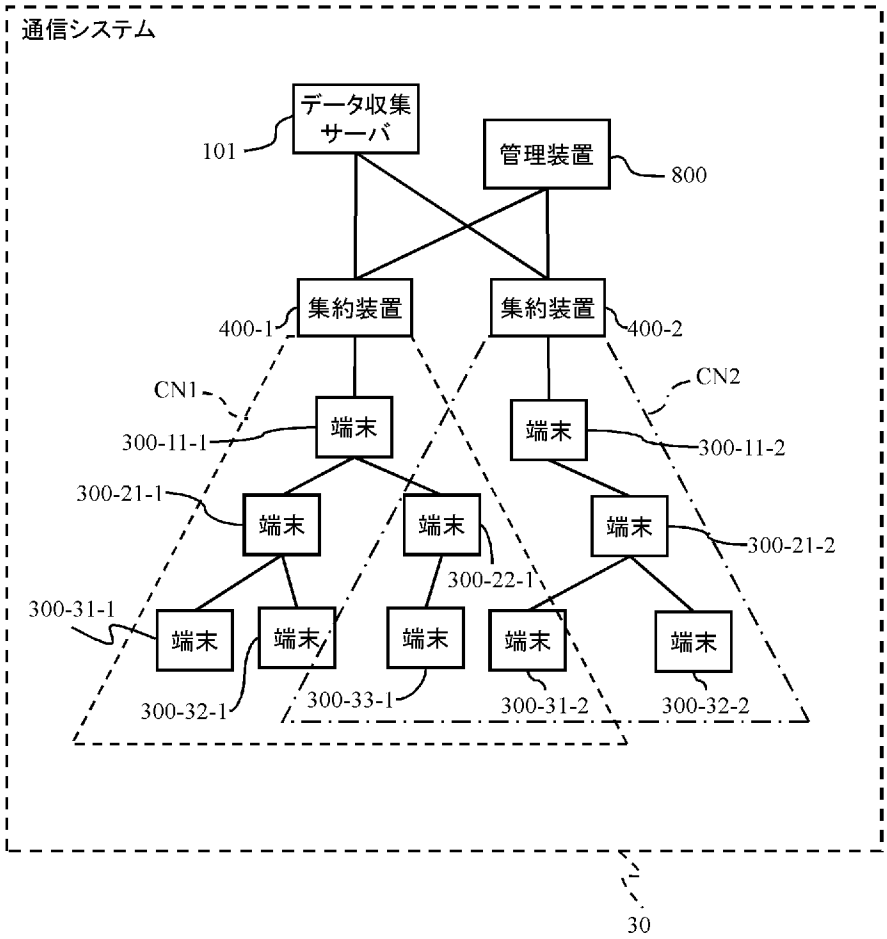
[図10]


受信パケットのアプリケーションデータを、
ペイロードにコピー
S131
パケットを組み立てる
S132
パケット送信
S133
END

[図11]


ネットワーク切替
切替先のネットワークで使用している通信チャネルに切替
S141
切替先のネットワークでの親端末を介して、
集約装置に端末登録を要求
S142
集約装置からの応答を受信
S143
ネットワーク管理テーブルを更新
S144
親子関係テーブルを更新
S145
RETURN

[図12]


通信システム
データ収集サーバ
101
管理装置
800
集約装置
400-1
集約装置
400-2
CN1
CN2
端末
300-11-1
端末
300-11-2
300-21-1
端末
端末
端末
300-21-2
300-22-1
300-31-1
端末
端末
端末
端末
端末
300-32-1
300-33-1
300-31-2
300-32-2
30

[図13]

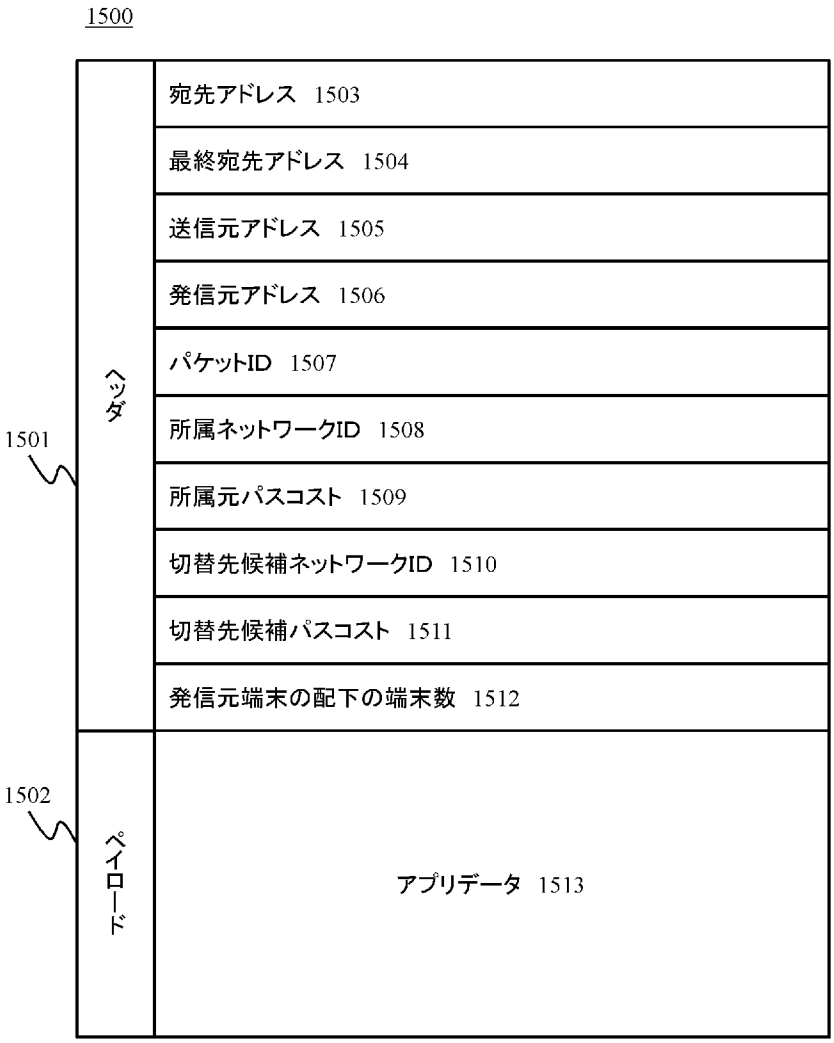

500A
501
ヘッダ
502
ペイロード
宛先アドレス 503
最終宛先アドレス 504
送信元アドレス 505
発信元アドレス 506
パケットID 507
所属ネットワークID 508
利用通信チャネル 509
集約装置アドレス 510
送信元端末の階層数 512
送信元端末の配下の端末数 513
パスコスト 514
アプリデータ 515

[図14]

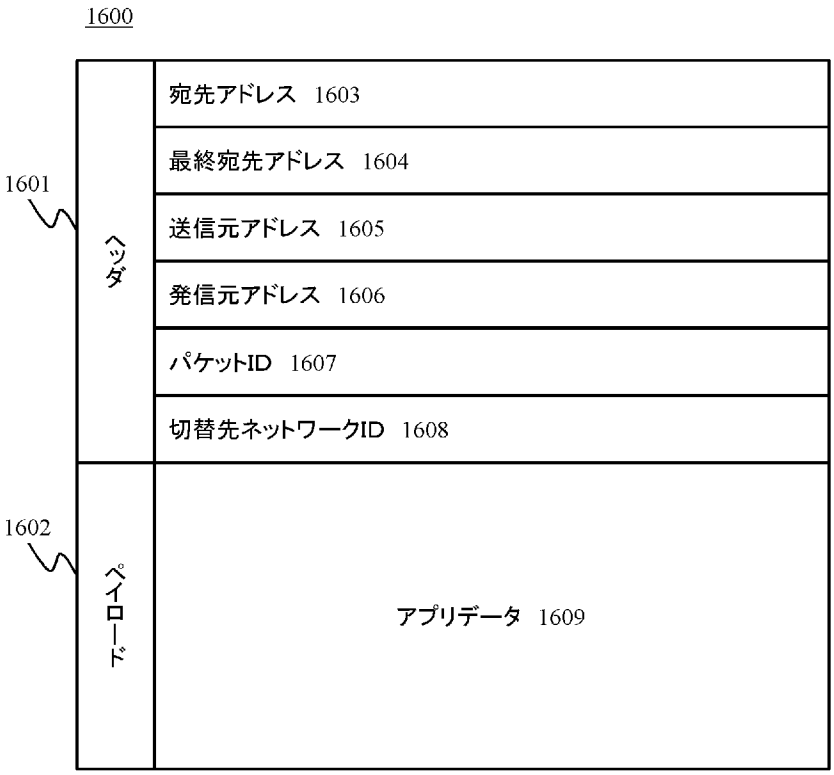
600A

601 ネットワークID	602 通信チャネル	603 集約装置アドレス	605 パスコスト	606 所属フラグ
1	1	xxx	1.5	1
2	2	yyy	2.1	0

[図15]


1500
1501
1502
ヘッダ
ペイロード
宛先アドレス 1503
最終宛先アドレス 1504
送信元アドレス 1505
発信元アドレス 1506
パケットID 1507
所属ネットワークID 1508
所属元パスコスト 1509
切替先候補ネットワークID 1510
切替先候補パスコスト 1511
発信元端末の配下の端末数 1512
アプリデータ 1513

[図16]


1600
1601
ヘッダ
宛先アドレス 1603
最終宛先アドレス 1604
送信元アドレス 1605
発信元アドレス 1606
パケットID 1607
切替先ネットワークID 1608
1602
ペイロード
アプリデータ 1609

[図17]

1700

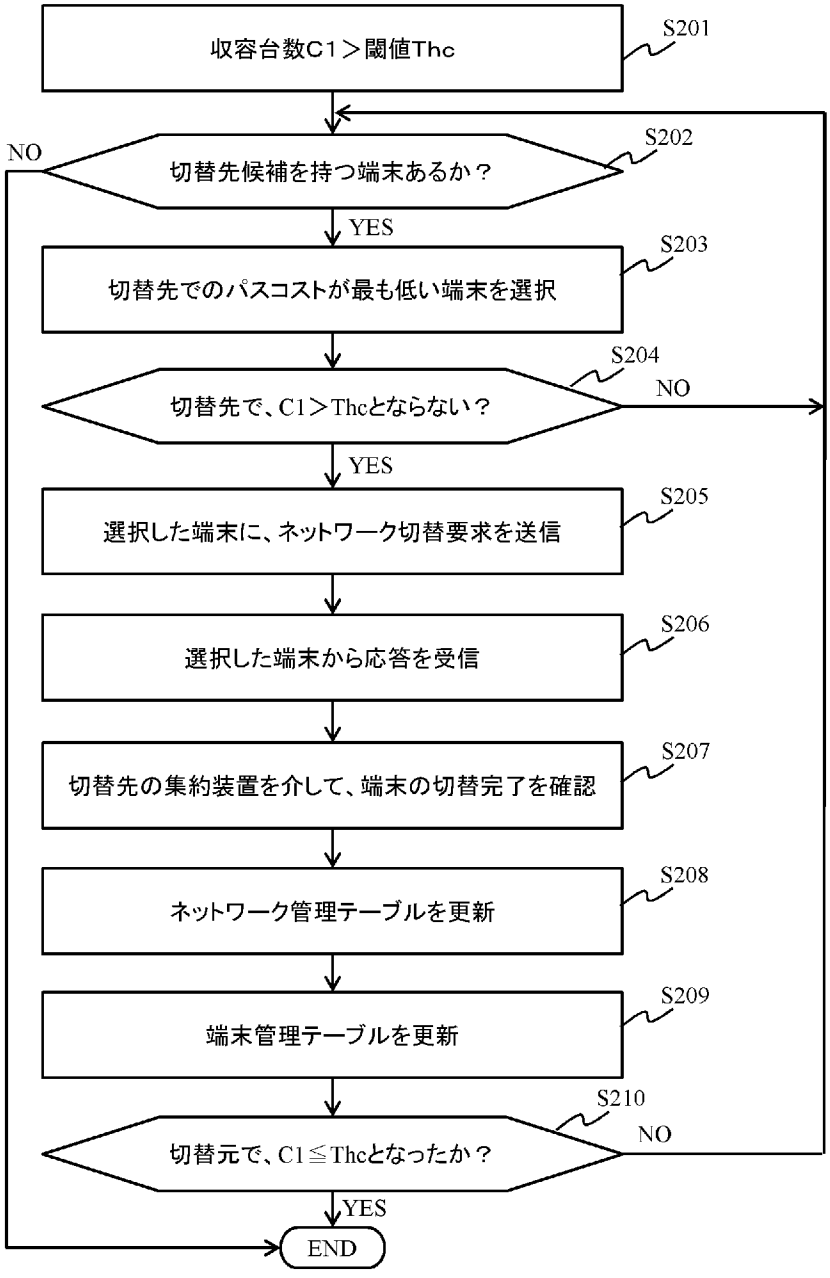
601 ネットワークID	602 通信チャネル	603 集約装置アドレス	604 収容台数
1	1	xxx	250
2	2	yyy	100

[図18]

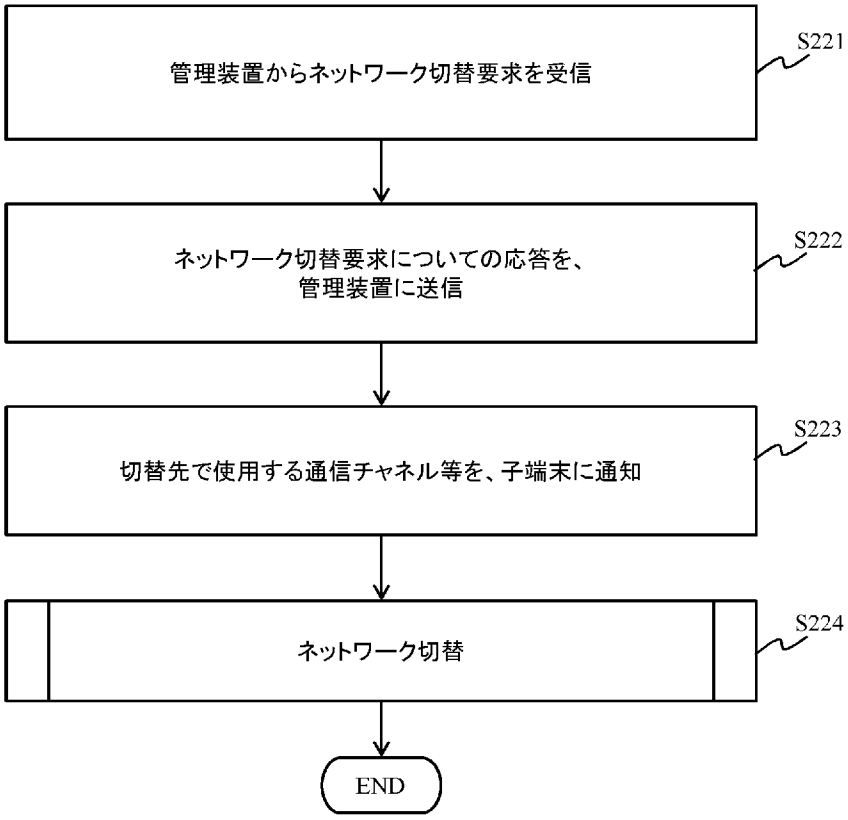
1800

1801 端末アドレス	1802 所属ネットワークID	1803 配下の端末数	1804 ネットワーク1のパスコスト	1805 ネットワーク2のパスコスト
aaa	1	11	1.2	1.7
bbb	2	9	2.3	1.5
ccc	1	3	2.1	4.2
ddd	1	5	1.7	2.5
eee	2	6	3.5	2.2
fff	1	3	3.0	-1
ggg	1	2	2.8	-1

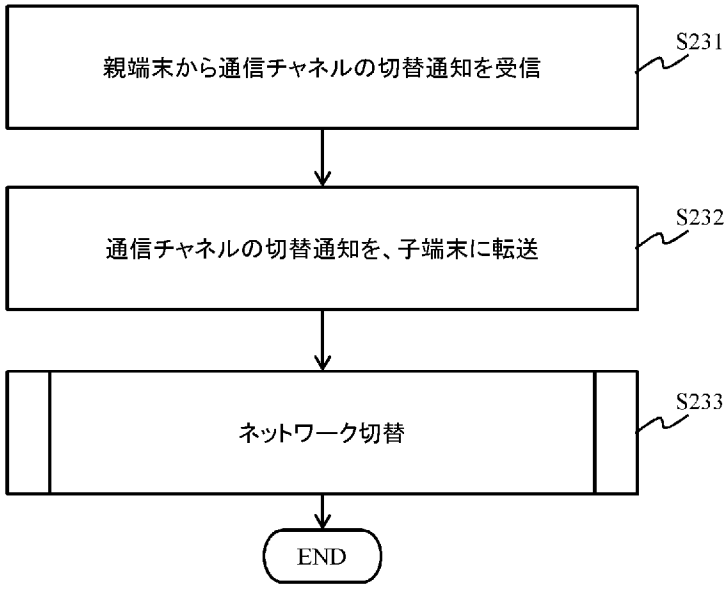
[図19]


収容台数C1＞閾値Thc
S201
切替先候補を持つ端末あるか？
S202
NO
YES
切替先でのパスコストが最も低い端末を選択
S203
切替先で、C1＞Thcとならない？
S204
NO
YES
選択した端末に、ネットワーク切替要求を送信
S205
選択した端末から応答を受信
S206
切替先の集約装置を介して、端末の切替完了を確認
S207
ネットワーク管理テーブルを更新
S208
端末管理テーブルを更新
S209
切替元で、C1≦Thcとなったか？
S210
NO
YES
END

[図20]


管理装置からネットワーク切替要求を受信
S221
ネットワーク切替要求についての応答を、
管理装置に送信
S222
切替先で使用する通信チャネル等を、子端末に通知
S223
ネットワーク切替
S224
END

[図21]


親端末から通信チャネルの切替通知を受信
S231
通信チャネルの切替通知を、子端末に転送
S232
ネットワーク切替
S233
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/078014

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04W40/12(2009.01)i, *H04W40/02*(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)
H04W40/12, H04W40/02, H04W84/18

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
Y A	JP 2012-23631 A (Osaka Gas Co., Ltd., Oki Electric Industry Co., Ltd.), 02 February 2012 (02.02.2012), paragraphs [0047] to [0053] (Family: none)	1-2,7-12 3-6,13
Y A	JP 2011-223394 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0039] to [0044] (Family: none)	1-2,7-12 3-6,13
Y A	JP 2010-87667 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 15 April 2010 (15.04.2010), paragraphs [0025] to [0026] (Family: none)	9-10 3-6,13

☐ 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	Date of mailing of the international search report
22 November, 2012 (22.11.12)	04 December, 2012 (04.12.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０７８０１４

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, H04W40/02(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.　H04W40/12, H04W40/02, H04W84/18

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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
Y A	JP 2012-23631 A (大阪瓦斯株式会社, 沖電気工業株式会社) 2012.02.02, 段落【００４７】～【００５３】（ファミリーなし）	1-2,7-12 3-6,13
Y A	JP 2011-223394 A (沖電気工業株式会社) 2011.11.04, 段落【００３９】～【００４４】（ファミリーなし）	1-2,7-12 3-6,13
Y A	JP 2010-87667 A (沖電気工業株式会社) 2010.04.15, 段落【００２５】～【００２６】（ファミリーなし）	9-10 3-6,13

☐　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。

＊　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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２２．１１．２０１２	国際調査報告の発送日 ０４．１２．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　５Ｊ　９６５３ 鈴木　重幸 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３４