

(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2016-15672
(P2016-15672A)

(43) 公開日 平成28年1月28日(2016.1.28)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO4L 12/70 (2013.01) HO4L 12/70 100Z 5K030
 HO4L 12/717 (2013.01) HO4L 12/717

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2014-137549 (P2014-137549)
 (22) 出願日 平成26年7月3日(2014.7.3)

(71) 出願人 000005083
 日立金属株式会社
 東京都港区芝浦一丁目2番1号
 (74) 代理人 110001689
 青稜特許業務法人
 (72) 発明者 堤 聡
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 若山 浩二
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 桑田 斉
 東京都港区芝浦一丁目2番1号 日立金属株式会社内
 Fターム(参考) 5K030 JA10 KA04 KA05 LE10

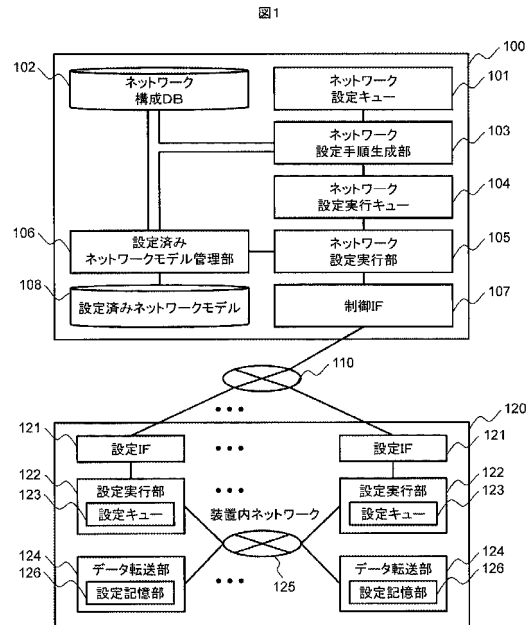
(54) 【発明の名称】 ネットワーク制御装置、及びネットワーク設定システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 通信装置のネットワーク設定過程で既存のネットワークに障害を生じさせず、かつ、設定実行時間を短縮可能な設定手順を生成し、高速な設定実行を可能とする。

【解決手段】 ネットワーク設定制御装置は、入力装置、出力装置、記憶装置、および処理装置を備え、少なくとも一つの通信装置120とネットワークを介して接続される制御装置100で構成される。制御装置100は、ネットワーク設定データに基づいて、通信装置120にネットワーク設定を行う。また、処理装置は、ネットワーク設定の設定手順をネットワーク設定データと既存のネットワーク構成に基づいて生成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力装置、出力装置、記憶装置、および処理装置を備え、少なくとも一つの通信装置とネットワークを介して接続され、前記入力装置から入力され、あるいは前記記憶装置に記憶されたネットワーク設定データに基づいて、前記通信装置にネットワーク設定を行う制御装置であって、

前記処理装置は、前記ネットワーク設定の設定手順を生成するネットワーク設定手順生成部を有し、

該ネットワーク設定手順生成部は、

前記入力装置から入力され、あるいは前記記憶装置に記憶されているネットワーク構成データから前記通信装置の接続関係を検出する機能と、

前記検出した接続関係と、前記ネットワーク設定データに基づき、前記通信装置単位の設定順序を決め、新規ネットワーク設定の設定手順を生成する機能を有することを特徴とするネットワーク制御装置。

【請求項 2】

前記ネットワーク設定手順生成部は、

前記ネットワーク設定データに含まれる設定同士の包含関係を検出する機能を有し、

前記検出した包含関係に基づき、前記通信装置内の設定順序を生成することを特徴とする請求項 1 のネットワーク制御装置。

【請求項 3】

前記ネットワーク設定手順生成部は、

前記生成された新規ネットワーク設定の設定手順のうち、前記入力装置から入力され、あるいは前記記憶装置に記憶されている設定済みのネットワーク設定と、競合を生じない前記設定手順を選択する請求項 2 のネットワーク制御装置。

【請求項 4】

前記ネットワーク設定データに含まれる設定の、前記通信装置内の保存先を検出し、前記新規ネットワーク設定に含まれる複数の設定を同時に、前記通信装置内の異なる保存先に設定するように設定手順を生成することを特徴とする請求項 3 のネットワーク制御装置。

【請求項 5】

前記生成された設定手順に設定順序を表すシーケンス番号を付与し、かつ、前記通信装置単位で、設定完了の応答を要求する命令を追加することを特徴とする請求項 4 のネットワーク制御装置。

【請求項 6】

ネットワーク設定実行部を有し、前記生成された設定手順に従い、前記通信装置に設定を実行し、前記設定完了の応答を要求する命令を送信した場合は応答を待つことを特徴とする請求項 5 のネットワーク制御装置。

【請求項 7】

前記通信装置単位の設定順序は、データの送信側を上流、受信側を下流と定義した場合、下流側から順番に設定する請求項 1 のネットワーク制御装置。

【請求項 8】

制御装置と通信装置がネットワークを介して接続されたネットワーク設定システムであって、

前記制御装置は、

入力装置、出力装置、記憶装置、および処理装置を備え、前記入力装置から入力され、あるいは前記記憶装置に記憶されたネットワーク設定データに基づいて、前記通信装置にネットワーク設定を行う制御装置であって、

前記処理装置は、前記ネットワーク設定の設定手順を生成するネットワーク設定手順生成部を有し、

該ネットワーク設定手順生成部は、

10	10
20	20
30	30
40	40
50	50

前記入力装置から入力され、あるいは前記記憶装置に記憶されているネットワーク構成データから前記通信装置の接続関係を検出する機能と、

前記検出した接続関係と、前記ネットワーク設定データに基づき、前記通信装置単位の設定順序を生成する機能と、

前記通信装置単位の設定順序に基づいて新規ネットワーク設定の設定手順を生成する制御装置であり、

前記通信装置は、

設定実行部、設定記憶部を有し、前記設定実行部は、前記制御装置から受信した設定を、前記設定順序に従って、前記設定記憶部に格納することを特徴とするネットワーク設定システム。

10

【請求項 9】

前記制御装置が 2 つ以上ある場合は、設定手順を生成した前記制御装置の前記ネットワーク設定実行部が、他の前記制御装置に、設定処理を分割することを特徴とする請求項 7 のネットワーク設定システム。

【請求項 10】

前記ネットワーク設定手順生成部は、

前記ネットワーク設定データに含まれる設定同士の包含関係を検出する機能を有し、

前記検出した包含関係に基づき、前記通信装置内の設定順序を生成する請求項 8 のネットワーク設定システム。

【請求項 11】

20

前記ネットワーク設定手順生成部は、

前記生成された新規ネットワーク設定の設定手順のうち、前記入力装置から入力され、あるいは前記記憶装置に記憶されている設定済みのネットワーク設定と、競合を生じない前記設定手順を選択する請求項 10 のネットワーク設定システム。

【請求項 12】

前記ネットワーク設定データに含まれる設定の、前記通信装置の保存先を検出し、前記新規ネットワーク設定に含まれる複数の設定が同時に、前記通信装置内の異なる保存先に設定できるように設定手順を生成することを特徴とする請求項 11 のネットワーク設定システム。

【請求項 13】

30

前記生成された設定手順に設定順序を表すシーケンス番号を付与し、かつ、前記通信装置単位で、設定完了の応答を要求する命令を追加することを請求項 12 のネットワーク設定システム。

【請求項 14】

ネットワーク設定実行部を有し、前記生成された設定手順に従い、前記通信装置に設定を実行し、前記設定完了の応答を要求する命令を送信した場合は応答を待つ請求項 13 のネットワーク設定システム。

【請求項 15】

前記通信装置単位の設定順序は、データの送信側を上流、受信側を下流と定義した場合、下流側から順番に設定する請求項 8 のネットワーク設定システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータ・ネットワーク分野に関する。具体的には、プログラマブルネットワークを実現する、ネットワーク設定制御装置、及びネットワーク設定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

ネットワーク設定を自動化するため、下記特許文献 1 に記載の技術がある。この公報には、「設定順序生成部が、VPN 端末装置及び集合仮想ルータに対して反映される順序を

50

規定する設定順序情報を生成する」、「設定順序情報に規定される順序に従って、VPN 端末装置に設定すべき設定情報、及び、集合仮想ルータに設定すべき設定情報を、VPN 端末装置及び集合仮想ルータに対して反映する」という記載がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-44601号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

SDN (Software Defined Networking) に代表されるプログラマブルネットワークでは、プログラマビリティを活かした動的なネットワーク構築・最適化が可能である。この技術では、自動化された高速なネットワーク構成変更が重要となる。

【0005】

特許文献1では、ネットワーク設定を自動化するために、ネットワークの設定手順を、上位の装置である集合仮想ルータから、VPN 端末装置の固定的な順、もしくは、設定情報が生成された順序で決定している。しかしながら、設定過程において既存のネットワークに障害を生じさせないための設定順序の生成方法については記載がない。よって、特許文献1とは異なるネットワーク構成では、設定過程でネットワークに障害を生じる可能性がある。そのため、ネットワーク設定過程で、ネットワークサービスを中断する必要があるなど、高速なネットワーク構成変更ができない問題があった。また、設定実行時間を短縮する方法について記載がなく、設定情報が多い場合、ネットワークサービスの中断時間が伸びるという問題があった。

【0006】

そこで、本発明では、設定過程で既存のネットワークに障害を生じさせず、かつ、設定実行時間を短縮可能な設定手順を生成し、高速な設定実行を可能とする、ネットワーク設定制御装置、及びネットワーク設定システ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】

【0007】

上記課題を解決するために、代表的な本発明のネットワーク設定制御装置は、入力装置、出力装置、記憶装置、および処理装置を備え、少なくとも一つの通信装置とネットワークを介して接続される制御装置で構成される。制御装置は、ネットワーク設定データに基づいて、通信装置にネットワーク設定を行う。また、処理装置は、ネットワーク設定の設定手順を生成する。このネットワーク設定の設定手順は、ネットワーク設定データと既存のネットワーク構成に基づいて定められる。

【0008】

ネットワーク設定の設定手順は、好ましくは通信装置単位の設定順序と通信装置内の設定順序に分けられる。好ましくは、通信装置内の設定順序は、ネットワーク設定データに含まれる設定（たとえばマッチ条件）同士の包含関係に基づいて定められる。

【0009】

また、好ましくは、複数生成された新規ネットワーク設定の設定手順のうち、設定済みのネットワーク設定データと、競合を生じない設定手順を選択する。さらに好ましくは、ネットワーク設定データに含まれる設定の、通信装置の保存先を検出し、新規ネットワーク設定に含まれる複数の設定が、同時に異なる保存先に行えるように設定手順を生成する。また、好ましくは、通信装置単位の設定順序は、データの送信側を上流、受信側を下流と定義した場合、下流側から順番に設定する。

【0010】

本発明の他の側面は、上述の制御装置とネットワークを介して接続された一つ以上の通信装置を包含するシステム、あるいは、これを用いた方法である。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、高速なネットワーク構成変更が可能になる。

上記以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 実施例 1 のネットワーク設定システムの構成例を示すブロック図。

【 図 2 】 実施例 1 のネットワーク設定システムを適用して構成したネットワークの例を示すブロック図。

【 図 3 】 実施例 1 のネットワーク設定データの例を示す表図。

【 図 4 A 】 実施例 1 のネットワーク設定データの例を示す表図。

10

【 図 4 B 】 実施例 1 のネットワーク設定データの例を示す表図（つづき）。

【 図 5 A 】 実施例 1 のネットワーク構成データの例を示す表図。

【 図 5 B 】 実施例 1 のネットワーク構成データの例を示す表図（つづき）。

【 図 6 】 実施例 1 のネットワーク構築を説明するフローチャート。

【 図 7 】 実施例 1 の装置単位の設定手順決定のフローチャート。

【 図 8 】 実施例 1 の初期化された装置設定隣接リストを示す表図。

【 図 9 】 実施例 1 の装置単位の設定手順決定が終了した状態の、装置設定隣接リストを示す表図。

【 図 1 0 】 実施例 1 の装置内の設定手順決定のフローチャート。

【 図 1 1 】 実施例 1 の初期化されたフローエントリ隣接リストを示す表図。

20

【 図 1 2 】 実施例 1 のTableプロパティが異なる場合に、変数Eのフローエントリを、変数Fのフローエントリより先に実行すべきか判断するフローチャート。

【 図 1 3 】 実施例 1 のフローエントリのアクション優先度テーブルを示す表図。

【 図 1 4 】 実施例 1 のTableプロパティが同じ場合に、変数Eのフローエントリを、変数Fのフローエントリより先に実行すべきか判断するフローチャート。

【 図 1 5 】 実施例 1 のマッチ条件の包含関係を決定するフローチャート。

【 図 1 6 】 実施例 1 の変数Eが変数Fに等しい関係か確認するフローチャート。

【 図 1 7 】 実施例 1 の変数Eと変数Fが排他関係か確認するフローチャート。

【 図 1 8 】 実施例 1 の変数Eが変数Fに包含される関係か確認するフローチャート。

【 図 1 9 】 実施例 1 の変数Eが変数Fを包含する関係か確認するフローチャート。

30

【 図 2 0 】 実施例 1 の装置内の設定手順決定ステップが終了した状態の、フローエントリ隣接リストの例を示す表図。

【 図 2 1 】 実施例 1 のネットワークの既存設定との競合を回避するフローチャート。

【 図 2 2 】 実施例 1 のパス単位設定手順決定のフローチャート。

【 図 2 3 】 実施例 1 の装置内設定手順候補生成のフローチャート。

【 図 2 4 】 実施例 1 の部分グラフ単位で順列を生成するフローチャート。

【 図 2 5 】 実施例 1 の部分グラフを抽出するフローチャート。

【 図 2 6 】 実施例 1 の順列を生成するフローチャート。

【 図 2 7 】 実施例 1 の競合検出のフローチャート。

【 図 2 8 】 実施例 1 のループ検出のフローチャート。

40

【 図 2 9 】 実施例 1 の設定先依存設定手順決定のフローチャート。

【 図 3 0 】 実施例 1 の装置内設定先依存設定手順決定のフローチャート。

【 図 3 1 】 実施例 1 の装置内設定先依存設定手順決定後の、フローエントリ隣接リストの例を示す表図。

【 図 3 2 】 実施例 1 のシーケンス番号付与のフローチャート。

【 図 3 3 】 実施例 1 の装置内シーケンス番号を付与するフローチャート。

【 図 3 4 】 実施例 1 の制御装置における設定実行のフローチャート。

【 図 3 5 】 実施例 1 の装置設定の並列実行のフローチャート。

【 図 3 6 】 実施例 1 の装置設定の実行のフローチャート。

【 図 3 7 】 実施例 1 のフローエントリ設定の並列実行のフローチャート。

50

【図 3 8】実施例 1 の通信装置における設定要求受信のフローチャート。

【図 3 9】実施例 1 の通信装置における設定実行のフローチャート。

【図 4 0】実施例 1 の設定実行部における設定実行のフローチャート。

【図 4 1】実施例 1 のネットワーク構成変更の流れの例を示すタイムライン図。

【図 4 2】実施例 2 のネットワーク設定システムの構成例を示すブロック図。

【図 4 3】実施例 2 の制御装置における設定実行のフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施例を添付図面に基づき説明する。各図における同一符号は同一物または相当物を示す。説明の都合上、符号に添え字を追加して区別することがある。

10

【0014】

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

【0015】

本明細書等における「第 1」、「第 2」、「第 3」などの表記は、構成要素を識別するために付するものであり、必ずしも、数または順序を限定するものではない。

【0016】

図面等において示す各構成の位置、大きさ、形状、範囲などは、発明の理解を容易にするため、実際の位置、大きさ、形状、範囲などを表していない場合がある。このため、本発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、形状、範囲などに限定されない。

20

【0017】

本明細書で引用した刊行物、特許および特許出願は、そのまま本明細書の説明の一部を構成する。

【実施例 1】

【0018】

図 1 は、本発明の実施形態におけるネットワーク設定システムの構成例を示すブロック図である。

【0019】

本実施形態のプログラマブルネットワークは、制御装置 100 及び 1 台以上の通信装置 120 を備え、コンフィギュレーションネットワーク 110 を介して互いに接続される。管理装置 120 及び通信装置 120 の台数は、本実施形態の台数に限定されない。

30

【0020】

制御装置 100 は、ネットワーク設定キュー 101、ネットワーク構成 DB 102、ネットワーク設定手順生成部 103、ネットワーク設定実行キュー 104、ネットワーク設定実行部 105、設定済みネットワークモデル管理部 106、制御 IF 107、設定済みネットワークモデル 108 から構成される。また、制御装置 100 には情報を出力する出力装置と、情報を入力する入力装置を有する。これらは、本実施形態では制御 IF 107 に含まれるものとする。

【0021】

40

制御装置 100 は、汎用の PC サーバなどを利用して実現できる。その場合、ネットワーク設定キュー 101、ネットワーク構成 DB 102、ネットワーク設定実行キュー 104、設定済みネットワークモデル 108 は、半導体メモリ DRAM (Dynamic Random Access Memory)、SRAM (Static Random Access Memory) などに格納される。ネットワーク設定手順生成部 103、ネットワーク設定実行部 105、設定済みネットワークモデル管理部 106 は CPU (Central Processing Unit) などの演算器によって実行されるプログラムとして実現される。また、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェア回路として実現することもできる。

【0022】

50

ネットワーク設定キュー 101には、オペレータによって作成されたネットワーク設定データが格納される。ネットワーク設定データの詳細については図3、図4で後述する。

【0023】

ネットワーク構成DB 102には、オペレータによって作成されたネットワーク構成データが格納される。ネットワーク構成データの詳細については図5で例を説明する。

【0024】

ネットワーク設定手順生成部 103は、ネットワーク設定キュー 101から読み出したネットワーク設定データ、ネットワーク構成DB 102から読み出したネットワーク構成データ、設定済みネットワークモデル 108をもとに、ネットワーク設定グラフを生成する。ネットワーク設定グラフとは、ネットワーク設定データの設定手順である。設定手順生成ステップ及びネットワーク設定グラフについては後述する。

10

【0025】

ネットワーク設定実行キュー 104には、ネットワーク設定手順生成部により生成されたネットワーク設定グラフとネットワーク設定データが格納される。

【0026】

ネットワーク設定実行部 105は、ネットワーク設定データに記載された設定開始時刻になると、ネットワーク設定実行キューから、ネットワーク設定グラフとネットワーク設定データを読み出す。ネットワーク設定実行部 105は、ネットワーク設定グラフをもとにネットワーク設定データを制御IF 107経由で通信装置 120に設定するとともに、設定済みネットワーク管理部 106に同じネットワーク設定データを通知する。ネットワーク設定実行部の詳細は後述する。

20

【0027】

設定済みネットワークモデル管理部 106は、設定済みネットワークモデル 108を作成・管理する。設定済みネットワークモデル管理部 106は、ネットワーク設定実行部 105からネットワーク設定データの通知を受けると、設定済みネットワークモデル 108に設定を反映させる。設定済みネットワークモデル 108は、ネットワーク構成データをもとにネットワークに存在する通信装置 120をモデル化し、ネットワーク設定データから読み出した実通信装置 120に設定済みの設定内容を、モデル内に保存したデータセットである。

【0028】

30

制御IF 107は、制御装置 100をコンフィギュレーションネットワーク 110と接続する。制御IF 107は、Ethernet（登録商標）やInfiniband（登録商標）など、制御装置と通信装置が相互に通信できればよい。制御IF 107は、コンフィギュレーションネットワーク 110と接続できれば良く、その数は問わない。ただし、制御IF 107の数を増やすことで、ネットワーク帯域のボトルネックの問題を改善できる。

【0029】

設定済みネットワークモデル 108は、現在運用中であるすべての通信装置 120の設定情報、及び、通信装置間の接続関係を保持する。設定済みネットワークモデル 108の詳細は後述する。

40

【0030】

本実施例では、ネットワークの要求・応答回数を削減する効果がある。このため、ネットワーク遅延が大きいほど本実施例の効果も大きくなる。このため、本実施形態では、コンフィギュレーションネットワーク 110の例として、高遅延のWAN（Wide Area Network）を想定したが、IEEE 802.11（登録商標）/a/b/gなどの無線LAN（Local Area Network）や、Ethernet（登録商標）などによるLANなど、他の通信手段によって置き換えられてもよい。他の通信手段の利用によって通信速度、及び配置の自由度等の改善が可能となる。

【0031】

なお、本実施例では、ネットワーク設定手順生成部 103とネットワーク設定実行部 1

50

05を同じ制御装置に備えているが、それぞれ別の制御装置として構成し、LANなどのネットワーク経由で、必要なデータをやり取りしてもよい。また、ネットワーク設定キュー101、ネットワーク構成DB102、ネットワーク設定実行キュー104、設定済みネットワークモデル108等を格納する記憶装置を、制御装置外に配置することもできる。

【0032】

通信装置120は、1個以上の設定IF121、1個以上の設定実行部122、1個以上のデータ転送部124、及び設定実行部122とデータ転送部124を接続する装置内ネットワーク125から構成される。通信装置120は、OpenFlow（登録商標）スイッチなどと同様に、データ転送処理を設定データで変更できる。

10

【0033】

設定IF121は、通信装置120とコンフィギュレーションネットワーク110を接続する。設定IF121は、Ethernet（登録商標）やInfiniband（登録商標）など、制御装置と通信装置が相互に通信できればよい。本実施例では、通信装置120の設定を並列に実行することで、設定変更時間を短縮する効果がある。そのため、本実施形態では、通信装置120は2個以上の設定IF121を備える例を想定する。設定IF121は、一つの物理的IFを複数の論理的IFとして提供してもよい。物理的な設定IF121の数を増やすことで、ネットワーク帯域のボトルネックを改善できる効果がある。なお、ネットワーク帯域のボトルネックが問題にならないシステムでは、設定IF121は一つでもよい。

20

【0034】

設定実行部122は、制御装置100からの設定要求を受け、データ転送部124に設定を実行する。制御装置100からの設定要求は、設定キュー123に一度格納される。設定実行部122は、CPUなどの演算器によって実行されるプログラムとして、あるいは、FPGAなどにより実装される論理回路などとして実現される。設定キュー123は、半導体メモリDRAM、SRAMなどの利用が考えられる。設定の実行ステップについては後述する。

【0035】

データ転送部124は、設定記憶部126に格納される設定データに基づいて通信装置120のデータ転送を行う。データ転送部124は、CPUなどの演算器によって実行されるプログラムとして、あるいは、FPGA、ASICなどのハードウェア回路として実現される。

30

【0036】

装置内ネットワーク125は、設定実行部122とデータ転送部124間を接続する。本実施形態の装置内ネットワーク125は、電気バックプレーンを用いたLANを想定するが、その他、光バックプレーンや無線など、本実施形態に限定されない。

【0037】

設定記憶部126は、半導体メモリDRAM、SRAM、TCAM（Ternary Content Addressable Memory）などの利用が考えられる。本実施形態では、設定記憶部126は、OpenFlow（登録商標）のフローテーブルと同様に、2つ以上の設定記憶領域を備えることを想定する。

40

【0038】

図2は、実施例1のネットワーク設定システムを適用して構成したネットワークの例である。ネットワーク200は、ノードA201、ノードB202、ノードC203、制御装置100、コンフィギュレーションネットワーク110、通信装置X120（1）～通信装置Z120（3）から構成される。ノードA201、ノードB202、ノードC203は、端末や制御装置100が管理していない通信装置を想定している。

【0039】

本実施形態では、制御装置100と通信装置120間のプロトコルとしてOpenFlow（登録商標）を利用すること想定している。

50

【 0 0 4 0 】

通信装置 X 1 2 0 (1) ~ 通信装置 Z (3) は、それぞれ、設定実行部 1 2 2 である M C (Management Card) 2 枚、データ転送部 1 2 4 である L C (Line Card) 8 枚を備える。L C は、データ転送用ポート 2 1 0 を 4 ポート備え、M C は設定 I F 1 2 1 を備える。

【 0 0 4 1 】

以降、L C n (n は自然数) の m (m は自然数) 番目のポートを、Port m / n と表現する。本実施形態では、ノード A が通信装置 X 1 2 0 (1) の Port 1 / 1 と、通信装置 X 1 2 0 (1) の Port 1 / 2 が通信装置 Z 1 2 0 (3) の Port 1 / 1 と、通信装置 X 1 2 0 (1) の Port 2 / 2 が通信装置 Z 1 2 0 (3) の Port 2 / 1 と、通信装置 X 1 2 0 (1) の Port 5 / 1 と通信装置 Y 1 2 0 (2) の Port 5 / 1 と、通信装置 Z 1 2 0 (3) の Port 1 / 8 と通信装置 Y 1 2 0 (2) の Port 1 / 7 と、通信装置 Z 1 2 0 (3) の Port 2 / 8 と通信装置 Y 1 2 0 (2) の Port 2 / 7 と、ノード B が通信装置 1 2 0 Y (2) の Port 1 / 8 と、ノード C が通信装置 Y 1 2 0 (2) の Port 2 / 8 とが、それぞれ接続されている。

10

【 0 0 4 2 】

図 3 は、図 1 のネットワーク設定キュー 1 0 1 に格納される、オペレータによって作成されたネットワーク設定データの例である。本実施形態では、ネットワーク設定データ 3 0 0 を X M L (eXtensible Markup Language) 形式で記述しているが、等価のデータを含んでいれば X M L 形式以外の形式で記述されてもよい。

【 0 0 4 3 】

ネットワーク設定データ 3 0 0 は、追加もしくは削除するネットワーク全体の設定を定義する。

20

【 0 0 4 4 】

行 3 0 1 の設定タグは、ネットワーク設定データが記載されたファイルであることを示しており、設定の有効期限が開始日時プロパティと終了日時プロパティで指定される。

【 0 0 4 5 】

行 3 0 2 の装置タグは、設定対象の通信装置 1 2 0 を name プロパティで特定する。

【 0 0 4 6 】

行 3 0 3 のフローエントリタグは、対象となる通信装置 1 2 0 の設定記憶部 1 2 6 に格納する設定内容を指定する。行 3 0 3 の ID プロパティには、フローエントリを特定するユニークな値を指定する。Table プロパティには複数ある設定記憶部 (テーブル) 1 2 6 を特定する値を指定する。Priority タグはフローエントリ間の優先度を指定する。Devices プロパティは、データ転送部 1 2 4 である L C を特定する値を指定する。これらにより、設定データに含まれる設定 (例えばフローエントリ) の、通信装置内の保存先 (例えばフローテーブル) が指定される。典型的な例では、設定には、処理されるフレームの条件 (マッチング条件) と、条件にあてはまるフレームの処理内容が含まれる。

30

【 0 0 4 7 】

行 3 0 4 のマッチ条件タグは、データ転送処理対象のフレームの条件を指定する。行 3 0 4 の例では、入力ポートが Port 1 / 1 かつ V L A N が 1 0 0 のフレームが対象となる。

40

【 0 0 4 8 】

行 3 0 5 のアクションタグは、マッチング条件に該当したフレームの処理内容を指定する。行 3 0 5 の例では、出力先 Normal が指定されており、Open Flow (登録商標) の規定では、通信装置の実装依存の動作となる。本実施形態では、出力先が Normal の場合、L 2 スイッチと同じ、F D B (Forwarding DataBase) に基づく転送動作を想定する。

【 0 0 4 9 】

行 3 0 6 は、ノード A 2 0 1 のフローエントリを示している。ノード A は、端末や制御装置 1 0 0 が管理していない通信装置のため、行 3 0 6 の Type プロパティに Dummy を指定し、行 3 0 7 で出力先が Port 1 / 1 となる仮のフローエントリを指定している。以降、既出のタグについては説明を省略する。

50

【 0 0 5 0 】

図 4 A , 図 4 B は、同じくネットワーク設定キュー 1 0 1 に格納されるネットワーク設定データの例である。ネットワーク設定データ 4 0 0 は、フローエントリタグ 4 0 1、4 0 2 を含む。

【 0 0 5 1 】

図 5 A , 図 5 B は、図 1 のネットワーク構成 DB 1 0 2 に格納されるネットワーク構成データの例である。ネットワーク設定データと同様に XML 形式で記述しているが、等価のデータを含んでいれば XML 形式以外の形式で記述されてもよい。

【 0 0 5 2 】

ネットワーク構成データ 5 0 0 は、ネットワークの物理的な構成情報を定義する。 10

【 0 0 5 3 】

行 5 0 1 の構成タグは、ネットワーク構成データが記載されたファイルであることを示している。

【 0 0 5 4 】

行 5 0 2 の装置タグは、ネットワークに存在する装置を name プロパティで指定する。

【 0 0 5 5 】

行 5 0 3 のポートタグは、装置が備えるポートを name プロパティで指定する。

【 0 0 5 6 】

行 5 0 4 の接続タグは、装置間の接続関係を指定する。

【 0 0 5 7 】

行 5 0 5 の From タグは接続元、行 5 0 6 の To タグは接続先を表す。 20

【 0 0 5 8 】

続いて、本実施形態におけるプログラマブルネットワークの動作の概略について説明する。まず、ネットワーク 2 0 0 (図 2 参照) にネットワーク設定データ 4 0 0 (図 4 参照) を追加する動作を例として、ネットワーク構築のステップを説明する。

【 0 0 5 9 】

図 6 は、本実施形態におけるネットワーク構築を説明するフローチャート 6 0 0 である。図 1 のネットワーク設定手順生成部 1 0 3 で実行される。

【 0 0 6 0 】

ネットワーク構築は、開始状態 6 0 1 から始まり、ステップ 6 0 2 に進む。 30

【 0 0 6 1 】

ステップ 6 0 2 では、まず、オペレータが物理的なネットワーク構成からネットワーク構成データ 5 0 0 (図 5 参照) を作成し、ネットワーク構成 DB 1 0 2 に格納する。次に、オペレータがネットワーク構成をもとにユーザの要求仕様を満たす論理的なネットワーク設定であるネットワーク設定データ 4 0 0 (図 4 参照) を作成し、ネットワーク設定キュー 1 0 1 に格納する。ネットワーク設定データがネットワーク設定キュー 1 0 1 に格納されるとステップ 6 0 3 に進む。

【 0 0 6 2 】

ステップ 6 0 3 では、制御装置 1 0 0 のネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が装置単位の設定手順を決定し、ステップ 6 0 4 に進む。 40

【 0 0 6 3 】

ステップ 6 0 4 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 がネットワーク設定データ、ネットワーク構成データをもとに装置内の設定手順を作成し、ステップ 6 0 5 に進む。

【 0 0 6 4 】

ステップ 6 0 5 では、設定済みネットワークモデルをもとに、ネットワーク 2 0 0 に設定済みのネットワーク設定と、ステップ 6 0 4 までで作成された設定手順が競合しないように設定手順を作成し、ステップ 6 0 6 に進む。

【 0 0 6 5 】

ステップ 6 0 6 は、装置内の設定先に依存して (基づいて) 定められる設定手順の決定処理である。ステップ 6 0 6 では、ネットワーク設定データ 4 0 0 に記載された設定記憶 50

部 1 2 6 の情報をもとに、異なる設定記憶部 1 2 6 に同時に設定できる設定手順を作成し、ステップ 6 0 7 に進む。

【 0 0 6 6 】

ステップ 6 0 7 では、ステップ 6 0 6 までで作成された設定手順に通信装置 1 2 0 ごとにシーケンス番号を付与し、ステップ 6 0 8 に進む。

【 0 0 6 7 】

ステップ 6 0 8 では、制御装置 1 0 0 が設定処理を開始し、ステップ 6 0 9 に進む。

【 0 0 6 8 】

ステップ 6 0 9 では通信装置 1 2 0 が設定処理を実行し、ステップ 6 1 0 に進み、終了する。

10

【 0 0 6 9 】

以上説明したように、本実施例の制御装置は、入力装置、出力装置、記憶装置 1 0 2 , 1 0 8、および処理装置を備え、少なくとも一つの通信装置 1 2 0 とネットワーク 1 1 0 を介して接続される。制御装置は入力装置から入力され、あるいは記憶装置に記憶されたネットワーク設定データ 3 0 0 に基づいて、通信装置にネットワーク設定を行う。処理装置は、ネットワーク設定の設定手順を生成するネットワーク設定手順生成部 1 0 3 を有し、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 は、入力装置から入力され、あるいは記憶装置に記憶されているネットワーク構成データ 5 0 0 から通信装置の接続関係を検出する機能を有する。処理装置は、検出した接続関係と、ネットワーク設定データに基づき、通信装置単位の設定順序を生成する機能を有し、通信装置単位の設定順序に基づいて新規ネットワーク設定の設定手順を生成する。本実施例では、ネットワークの設定手順は、既存のネットワーク構成とネットワーク設定データに基づいて、動的に生成される。これにより、既存のネットワーク構成に影響を与えない設定順序を生成することができる。

20

【 0 0 7 0 】

以降、フローチャート 6 0 0 の各ステップの詳細な説明をする。

【 0 0 7 1 】

図 7 は、図 6 の装置単位の設定手順決定ステップ 6 0 3 の詳細を説明するフローチャート 7 0 0 である。まず、開始状態 7 0 1 から始まり、ステップ 7 0 2 に進む。

【 0 0 7 2 】

ステップ 7 0 2 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 がネットワーク設定キュー 1 0 1 からネットワーク設定データ 4 0 0 を読み出し、ステップ 7 0 3 に進む。

30

【 0 0 7 3 】

ステップ 7 0 3 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 がネットワーク構成 DB 1 0 2 からネットワーク構成データ 5 0 0 を読み出し、ステップ 7 0 4 に進む。

【 0 0 7 4 】

ステップ 7 0 4 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、ネットワーク設定データ 4 0 0 をもとに装置をグラフノードとする装置設定隣接リストを初期化し、ステップ 7 0 5 に進む。

【 0 0 7 5 】

図 8 は、図 7 の装置設定隣接リスト初期化ステップ 7 0 4 で初期化された、装置設定隣接リスト 8 0 0 である。図 8 に示すグラフノード 8 0 1 を識別する「通信装置 X」「通信装置 Y」「通信装置 Z」等は、図 4 のネットワーク設定データ 4 0 0 で記述された「装置 name」である。すなわち、装置設定隣接リスト 8 0 0 は、ネットワーク設定データ 4 0 0 の装置タグに定義された装置をグラフノード 8 0 1、装置間の接続状態をエッジ 8 0 2 としたグラフである。初期化されたグラフは接続状態がないグラフとなる。

40

【 0 0 7 6 】

フローチャート 7 0 0 に戻り、ステップ 7 0 5 からステップ 7 1 1 は、図 8 の装置設定隣接リスト 8 0 0 のグラフノード 8 0 1 に対する繰り返し処理である。すなわちここでは、変数 U は図 8 の [0] [1] [2] [3] [4] [5] であって、各グラフノード（装置）に対して繰り返される。

50

【 0 0 7 7 】

ステップ 7 0 6 からステップ 7 1 0 は、変数 U のグラフノードに対応する、ネットワーク設定データ 4 0 0 から取得したフローエントリに対する繰り返し処理である。例えば、図 8 で U が [0] のグラフノード（通信装置 X）に対応するフローエントリは、ネットワーク設定データ 4 0 0 から " a " , " b " , " c " , " d " とわかる。よって、変数 E は図 1 1 の [0] [1] [2] [3] であって、各フローエントリに対して繰り返される。

【 0 0 7 8 】

ステップ 7 0 7 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、ネットワーク構成データ 5 0 0 から取得した変数 U のグラフノードに対応するポート情報と、変数 E のフローエントリのマッチ条件に記載された入力ポートである inport の値（変数 P に格納）を照合し、ステップ 7 0 8 に進む。すなわちステップ 7 0 7 では、ネットワークを構成するグラフノード（装置）のポートのうち、ネットワーク構成データ 5 0 0 が入力ポートとして指定しているポートを抽出している。

10

【 0 0 7 9 】

ステップ 7 0 8 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、変数 P のポートが接続されている装置（変数 V に格納）を、ネットワーク構成データ 5 0 0 の接続タグのエントリから検索し、ステップ 7 0 9 に進む。これにより、ネットワーク構成データ 5 0 0 が入力ポートとして指定しているポートに接続される他の装置 V が抽出される。

【 0 0 8 0 】

ステップ 7 0 9 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、送信元を後に設定するという、設定手順決定ポリシー 7 1 3 に基づいて、装置設定隣接リスト 8 0 0 の変数 U の接続先として、変数 V を追加し、ステップ 7 1 0 に進む。

20

【 0 0 8 1 】

ステップ 7 1 0 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 7 1 1 に進み、終わっていないければステップ 7 0 6 に戻る。

【 0 0 8 2 】

ステップ 7 1 1 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 7 1 2 に進み、終わっていないければステップ 7 0 5 に戻る。ステップ 7 1 2 は終了状態である。

【 0 0 8 3 】

図 9 は、図 7 の装置単位の設定手順決定ステップ 7 0 0 が終了した状態の、装置設定隣接リスト 9 0 0 である。エッジ 9 0 1 の右側に書かれているグラフノードは、エッジ 9 0 1 の左側のグラフノードの接続元のグラフノード一覧を表している。

30

【 0 0 8 4 】

装置単位の設定手順は、装置設定隣接リスト 9 0 0 に基づいて実行される。例えば、通信装置 X を開始位置とした場合、次は通信装置 Y もしくは通信装置 Z もしくは A となる。

【 0 0 8 5 】

このように、装置単位の設定手順決定ステップ 7 0 0 により、ネットワーク設定データ 4 0 0 とネットワーク構成データ 5 0 0 から、ネットワーク下流から設定する手順が生成される。ネットワーク下流から設定することで、予期しないパケットの流入を防ぐことができ、設定途中に起き得るネットワーク障害の回避が図れる。ここで、データの送信側を上流と称し、受信側を下流と称している。さらに好ましくは、装置設定隣接リスト 9 0 0 において、接続関係のない装置間を認識することで、安全に複数の装置を並列に設定するため、設定実行時間の短縮が図れる。

40

【 0 0 8 6 】

また、自動的に装置単位の設定手順の組み合わせを図 9 の例では 1 2 通りに絞り込むことができ、設定手順の決定時間を短縮できる。装置単位の設定手順決定ステップ 6 0 3 を使用しない場合、装置数を n とした場合、設定手順の候補は n の階乗通り存在するため、ネットワーク設定データ 4 0 0 では 7 2 0 通りの候補から選択する必要がある。

【 0 0 8 7 】

図 1 0 は、図 6 の装置内の設定手順決定ステップ 6 0 4 の詳細を説明するフローチャー

50

ト 1 0 0 0 である。まず、開始状態 1 0 0 1 から始まり、ステップ 1 0 0 2 に進む。

【 0 0 8 8 】

ステップ 1 0 0 2 からステップ 1 0 1 3 までは、装置設定隣接リスト 9 0 0 のグラフノード 8 0 1 (変数 U に格納) の繰り返しである。

【 0 0 8 9 】

ステップ 1 0 0 3 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、ネットワーク設定データ 4 0 0 をもとに変数 U の装置のフローエントリをグラフノードとするフローエントリ隣接リストを初期化し、ステップ 1 0 0 4 に進む。

【 0 0 9 0 】

図 1 1 は、図 1 0 のフローエントリ隣接リスト初期化ステップ 1 0 0 3 で初期化された、フローエントリ隣接リスト 1 1 0 0 である。図中に示すグラフノード 1 1 0 1 を識別する「a」、「b」、「c」、「d」は、図 4 のネットワーク設定データ 4 0 0 で示したフローエントリ ID である。フローエントリ隣接リスト 1 1 0 0 は、ネットワーク設定データ 4 0 0 のフローエントリタグに定義されたフローエントリをグラフノード 1 1 0 1、フローエントリの設定手順をエッジ 1 1 0 2 で表現したグラフである。初期化されたグラフは設定の順序関係がないグラフである。

10

【 0 0 9 1 】

図 1 0 のフローチャート 1 0 0 0 に戻り、ステップ 1 0 0 4 からステップ 1 0 1 2 までは、変数 U の装置のフローエントリに対する (変数 E に格納) 繰り返しである。ステップ 1 0 0 5 からステップ 1 0 1 1 までは、変数 E を除く、変数 U の装置のフローエントリに対する繰り返しである。変数 E を除くのは、同一の装置相互の関係は考慮しなくてよいからである。

20

【 0 0 9 2 】

ステップ 1 0 0 6 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、変数 E のフローエントリの Table プロパティと、変数 F のフローエントリの Table プロパティが一致しているか確認し、Y e s の場合はステップ 1 0 0 7 に、N o の場合はステップ 1 0 0 8 に進む。Table プロパティが一致している場合は、フローエントリの設定相互の干渉を考慮する必要があるのである。

【 0 0 9 3 】

ステップ 1 0 0 7 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、後述するフローチャート 1 2 0 0 を実行し、Table プロパティが同じ場合に、変数 F のフローエントリを、変数 E のフローエントリの後に実行するか決定し、ステップ 1 0 0 9 に進む。

30

【 0 0 9 4 】

ステップ 1 0 0 8 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、後述するフローチャート 1 4 0 0 を実行し、Table プロパティが異なる場合に、変数 F のフローエントリを、変数 E のフローエントリの後に実行するか決定し、ステップ 1 0 0 9 に進む。

【 0 0 9 5 】

ステップ 1 0 0 9 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 がステップ 1 0 0 7 またはステップ 1 0 0 8 の結果を確認し、Y e s の場合はステップ 1 0 1 0 に、N o の場合はステップ 1 0 1 1 に進む。

40

【 0 0 9 6 】

ステップ 1 0 1 0 では、ネットワーク設定手順生成部 1 0 3 が、フローエントリ隣接リストに変数 F のフローエントリを変数 E のフローエントリの後手順として登録し、ステップ 1 0 1 1 に進む。

【 0 0 9 7 】

ステップ 1 0 1 1 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 1 0 1 2 に進み、終わっていなければステップ 1 0 0 5 に戻る。

【 0 0 9 8 】

ステップ 1 0 1 2 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 1 0 1 3 に進み、終わっていなければステップ 1 0 0 4 に戻る。

50

【0099】

ステップ1013では、繰り返し処理が終わっていればステップ1014に進み、終わってなければステップ1002に戻る。ステップ1014は終了状態である。

【0100】

図12は、図10の決定ステップ1008で、Tableプロパティが異なる場合に、変数Eのフローエントリを、変数Fのフローエントリより先に実行すべきか判断するフローチャート1200である。まず、開始状態1201から始まり、ステップ1202に進む。

【0101】

ステップ1202では、ネットワーク設定手順生成部103が、フローエントリを追加するか削除するか判断し、Yesの場合はステップ1203に、Noの場合は、ステップ1205に進む。フローエントリを追加するか削除するかの判断は、オペレータが指定する方法や、ネットワーク設定データ400の有効期限をもとに、ネットワーク設定手順生成部103が、終了時刻前であれば追加、終了時刻後であれば削除すると判断する方法などが考えられる。

10

【0102】

ステップ1203では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数E、変数Fのフローエントリのアクション優先度をそれぞれ、後述するネットワーク設定手順生成部103が備えるアクション優先度テーブル1300から検索し、ステップ1204に進む。

【0103】

図13は、フローエントリのアクション優先度テーブルである。このテーブルは図12の検索ステップ1203、1205で用いる。アクション優先度テーブルは、フローエントリに含まれるアクションの実行優先度が記載されている。優先度は、OpenFlow（登録商標）に規定された値を固定値としてネットワーク設定手順生成部103に格納する方法や、オペレータが任意の値を設定する方法などが考えられる。

20

【0104】

図12のフローチャート1200に戻って、ステップ1204では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Eのアクション優先度が、変数Fのアクション優先度より高いか確認し、Yesの場合はステップ1207に進み、Noの場合は、ステップ1210に進む。

【0105】

ステップ1205では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数E、変数Fのフローエントリのアクション優先度をそれぞれ、後述するネットワーク設定手順生成部103が備えるアクション優先度テーブル1300から検索し、ステップ1206に進む。

30

【0106】

ステップ1206では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Eのアクション優先度が、変数Fのアクション優先度より低い確認し、Yesの場合はステップ1207に進み、Noの場合は、ステップ1210に進む。

【0107】

ステップ1207では、ネットワーク設定手順生成部103が後述するフローチャート1500を実行し、変数E、変数Fそれぞれのフローエントリのマッチ条件の包含関係を決定し、ステップ1208に進む。

40

【0108】

ステップ1208では、ネットワーク設定手順生成部103が、ステップ1207の結果が「変数Eと変数Fは排他関係」であるかを確認し、Yesであればステップ1209に、Noであればステップ1210に進む。

【0109】

ステップ1209は呼び出し元にYesを返し、ステップ1210は呼び出し元にNoを返す。

【0110】

このように、フローチャート1200において、アクション優先度に基づき設定手順を

50

決定することで、データ転送部 124 がポートからパケットを出力するアクション (output) を実行する前に、残りの実行されるべきアクションすべてが実行されることを保証でき、設定途中のネットワーク障害の回避を図れる。また、強制される実行の順序がないことを検出できるため、並列化により設定実行時間の短縮化が実現できる。

【0111】

図 14 は、図 10 の決定ステップ 1007 で、Table プロパティが同じ場合に、変数 E のフローエントリを、変数 F のフローエントリより先に実行すべきか判断するフローチャート 1400 である。まず、開始状態 1401 から始まり、ステップ 1402 に進む。ステップ 1402 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、フローエントリを追加するか削除するか判断し、Yes の場合はステップ 1403 に、No の場合は、ステップ 1405 に進む。フローエントリを追加するか削除するかの判断は、ステップ 1202 の場合と同様でよい。

10

【0112】

ステップ 1403 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が後述するフローチャート 1500 を実行し、変数 E、変数 F それぞれのフローエントリのマッチ条件の包含関係を決定し、ステップ 1404 に進む。ステップ 1404 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、ステップ 1403 の結果が、「変数 E が変数 F に包含される関係」で、かつ、変数 E のフローエントリの Priority が変数 F のフローエントリの Priority より大きいかを確認し、Yes であればステップ 1407 に、No であればステップ 1408 に進む。

20

【0113】

ステップ 1405 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が後述するフローチャート 1500 を実行し、変数 E、変数 F それぞれのフローエントリのマッチ条件の包含関係を決定し、ステップ 1406 に進む。ステップ 1406 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、ステップ 1405 の結果が、「変数 E が変数 F を包含する関係」で、かつ、変数 E のフローエントリの Priority が変数 F のフローエントリの Priority 未満かを確認し、Yes であればステップ 1407 に、No であればステップ 1408 に進む。ステップ 1407 は呼び出し元に Yes を返し、ステップ 1408 は呼び出し元に No を返す。

【0114】

図 15 は、図 12 の決定ステップ 1207 で、マッチ条件の包含関係を決定するフローチャート 1500 である。マッチ条件の包含関係を決定ステップは引数として、2 つのフローエントリ E とフローエントリ F を取る。まず、開始状態 1501 から始まり、ステップ 1502 に進む。ステップ 1502 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、後述する「変数 E が変数 F に等しい関係」を確認するフローチャート 1600 を実行し、ステップ 1503 に進む。ステップ 1503 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、ステップ 1502 の結果を確認し、Yes の場合はステップ 1504 に、No の場合は 1503 に進む。

30

【0115】

ステップ 1505 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が「変数 E と変数 F が排他関係」を確認するステップ 1700 を実行し、ステップ 1506 に進む。ステップ 1506 では、ネットワーク設定手順生成部 103 がステップ 1505 の結果を確認し、Yes の場合はステップ 1507 に、No の場合はステップ 1508 に進む。

40

【0116】

ステップ 1508 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が「変数 E が変数 F に包含される関係」を確認するフローチャート 1800 を実行し、ステップ 1509 に進む。ステップ 1509 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、ステップ 1508 の結果を確認し、Yes の場合はステップ 1510 に、No の場合はステップ 1511 に進む。ステップ 1511 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が「変数 E が変数 F を包含する関係」を確認するフローチャート 1900 を実行し、ステップ 1512 に進む。ステップ 1512 では、ネットワーク設定手順生成部 103 がステップ 1511 の結果を確認し、Yes の場合はステップ 1513 に、No の場合はステップ 1514 に進む。

50

【0117】

ステップ1504、ステップ1507、ステップ1510、ステップ1513、ステップ1514は、呼び出し元にそれぞれ、「変数Eが変数Fに等しい関係」、「変数Eと変数Fが排他関係」、「変数Eが変数Fに包含される関係」、「変数Eが変数Fを包含する関係」、「変数Eと変数Fが両立の関係」を返す。

【0118】

図16は、図15の確認ステップ1502で、変数Eが変数Fに等しい関係か確認するフローチャート1600である。まず、開始状態1601から始まり、ステップ1602に進む。ステップ1602では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Eのフローエントリのマッチ条件数と変数Fのフローエントリのマッチ条件数が等しく、かつ、変数Eのフローエントリのマッチ条件項目と、変数Fのフローエントリのマッチ条件項目が等しいか確認し、Yesの場合はステップ1603に、Noの場合はステップ1604に進む。

10

【0119】

ステップ1603からステップ1606は、変数Eのフローエントリのマッチ条件に対する繰り返し(変数Mに格納)である。ステップ1604は、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Fのマッチ条件から、変数Mの項目に対応するマッチ条件を取得し(変数Nに格納)、ステップ1605に進む。ステップ1605では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Mと変数Nが同値であるか確認し、Yesの場合はステップ1606に、Noの場合はステップ1604に進む。ステップ1606は繰り返し処理が終わっていればステップ1607に進み、終わっていなければステップ1603に戻る。ステップ1607は呼び出し元にYesを返し、ステップ1604は呼び出し元にNoを返す。

20

【0120】

ステップ1600で得られる結果は、変数Eのマッチ条件が変数Fのマッチ条件と完全に同一であることを意味する。

【0121】

図17は、図15の確認ステップ1505で、変数Eと変数Fが排他関係か確認するフローチャート1700である。まず、開始状態1701から始まり、ステップ1702に進む。ステップ1702からステップ1706は、変数Eのフローエントリのマッチ条件すべてに対する繰り返し(変数Mに格納)である。ステップ1703では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Fのマッチ条件から、変数Mの項目に対応するマッチ条件を取得し(変数Nに格納)、ステップ1704に進む。ステップ1704では、変数Nに値が存在するか確認し、Yesの場合はステップ1705に、Noの場合はステップ1706に進む。

30

【0122】

ステップ1705では、ネットワーク設定手順生成部が、変数MのDon't Careビット除くすべてのビットと変数Nのビットが等しい(変数NのDon't Careビットは常に等しいと判断)、もしくは、変数NのDon't Careビット除くすべてのビットと変数Mのビットが等しい(変数MのDon't Careビットは常に等しいと判断)か確認し、Yesの場合はステップ1706、Noの場合は、ステップ1708に進む。ステップ1706は繰り返し処理が終わっていれば1707に進み、終わっていなければステップ1702に戻る。ステップ1707は呼び出しもとにNoを返し、ステップ1708は呼び出しもとにYesを返す。

40

【0123】

ステップ1700で得られる結果は、変数Eのマッチ条件と変数Fのマッチ条件が、同時には成立しないことを意味する。

【0124】

図18は、図15の確認ステップ1508で、変数Eが変数Fに包含される関係か確認するフローチャート1800である。まず、開始状態1801から始まり、ステップ1802に進む。ステップ1802では、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Eのフ

50

ローエントリのマッチ条件数が変数 F のフローエントリのマッチ条件数以上、かつ、変数 F のフローエントリのマッチ条件項目がすべて変数 E のフローエントリのマッチ条件項目に含まれるか確認し、Yes の場合はステップ 1803 に、No の場合はステップ 1809 に進む。ステップ 1803 からステップ 1807 は、変数 E のフローエントリのマッチ条件すべてに対する繰り返し処理（変数 M に格納）である。

【0125】

ステップ 1804 では、ネットワーク設定手順生成部 103 が、変数 F のマッチ条件から、変数 M の項目に対応するマッチ条件を取得し（変数 N に格納）、ステップ 1805 に進む。ステップ 1805 では、変数 N に値が存在するか確認し、Yes の場合はステップ 1806 に、No の場合はステップ 1807 に進む。

10

【0126】

ステップ 1806 では、変数 M の Don't Care ビット除くすべてのビットと変数 N のビットが等しいか（変数 N の Don't Care ビットは常に等しいと判断）確認し、Yes の場合はステップ 1807 に、No の場合は、ステップ 1809 に進む。ステップ 1807 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 1808 に進み、終わってなければステップ 1803 に戻る。ステップ 1808 は呼び出しもとに Yes を返し、ステップ 1809 は呼び出しもとに No を返す。

【0127】

ステップ 1800 で得られる結果は、変数 E のマッチ条件に一致する場合は変数 F にも一致する（逆は必ずしも真ではない）ことを意味する。

20

【0128】

図 19 は、図 15 の確認ステップ 1511 で、変数 E が変数 F を包含する関係か確認するフローチャート 1900 である。フローチャート 1900 の実行結果は、フローチャート 1800 において、変数 E と変数 F を入れ替えて実行した結果と同様である。

【0129】

また、変数 E と変数 F が両立の関係は、変数 E のマッチ条件と変数 F のマッチ条件が同時に成立する可能性があることを意味する。

【0130】

図 20 は、初期化されたフローエントリ隣接リスト 1100（図 11）の初期値から出発し、装置内の設定手順決定ステップ 1000 が終了した状態の、通信装置 X 120（1）のフローエントリ隣接リスト 2000 の例である。エッジ 2001 の右側に書かれているグラフノードは、エッジ 2001 の左側のグラフノードより後に設定される。

30

【0131】

図 10 ~ 図 20 で説明したように、ネットワーク設定手順生成部 130 は、ネットワーク設定データに含まれる設定同士の包含関係を検出する機能を有し、検出した包含関係に基づき、通信装置内の設定順序を生成する。このように、フローチャート 1400 において、フローエントリのマッチ条件の包含関係に基づき設定手順を決定することで、マッチ条件が包含されるフローエントリを先に設定する手順が生成され、設定途中のネットワーク障害の回避が図れる。

【0132】

40

すなわち、設定手順が固定的な従来の技術では、包含するマッチ条件のフローエントリが先に設定されることがあり、包含されるマッチ条件に一致するパケットが通信装置 120 に入力された場合、包含するマッチ条件をもつフローエントリのアクションが実行されてしまう問題があるのに対して、本実施形態では包含関係を確認して設定手順を生成するため、問題を解決できる。

【0133】

また、包含関係のない排他的なフローエントリ関係を識別することで、強制される実行順序がないことを検出できるため、並列化により設定実行時間の短縮化が図れる。

【0134】

このように、装置内の設定手順決定のフローチャート 1000 により、ネットワーク設

50

定データ400から、ネットワーク障害を回避しつつ、設定実行の並列化により設定実行時間の短縮が図れる、装置内の設定手順が生成される。

【0135】

図21は、図6の競合回避ステップ605において、ネットワーク200の既存設定との競合を回避するフローチャート2100である。本実施例では、ネットワーク設定変更中に既存設定に影響を与える設定、例えば、既存の通信を遮断する設定やループを形成してしまう設定などを、既存設定と競合する設定と定義している。

【0136】

まず、開始状態2101から始まり、ステップ2102に進む。ステップ2102では、後述するパス単位の設定手順決定のフローチャート2200で、ネットワーク設定手順生成部103が、設定手順候補リストを作成し、ステップ2103に進む。

10

【0137】

ステップ2103からステップ2110は、ステップ2102で作成されたフローエントリの設定手順候補リストすべてに対する繰り返し(変数Iに格納)処理である。

【0138】

ステップ2104からステップ2108は、変数Iに格納されたフローエントリリストに対する繰り返し(変数Eに格納)処理である。ステップ2105では、ネットワーク設定手順生成部103が、設定済みネットワーク管理部106から取得した設定済みネットワークモデル108に、ネットワーク設定手順生成部103が、変数Eのフローエントリを適用し、ステップ2106に進む。

20

【0139】

ステップ2106では、ネットワーク設定手順生成部103が、後述する競合検出ステップ2700を実行し、ステップ2107に進む。ステップ2107では、ステップ2106の結果から競合がないか確認し、Yesの場合はステップ2108に、Noの場合はステップ2110に進む。

【0140】

ステップ2108では、繰り返し処理が終わっていればステップ2109に進み、終わっていないければステップ2104に戻る。ステップ2109では、設定手順候補リストのうち、現在変数Iに格納されている通信経路と同じパスの設定手順候補リストをスキップし(変数Iを更新)、ステップ2110に進む。ステップ2110では繰り返し処理が終わっていればステップ2111に進み、終わっていないければステップ2103に戻る。

30

【0141】

図22は、図21のパス単位設定手順決定2102のフローチャート2200である。まず、開始状態2201から始まり、ステップ2202に進む。ステップ2202からステップ2204は、フローチャート700の実行により作成された装置設定隣接リスト900に対する繰り返し処理(変数Iに格納)である。ステップ2203では、後述する再帰的なステップである装置内設定手順候補生成のフローチャート2300を実行し、ステップ2204に進む。ステップ2204では、繰り返し処理が終わっていればステップ2205に進み、終わっていないければステップ2202に戻る。

【0142】

40

図23は、図22の装置内設定手順候補生成ステップ2203のフローチャート2300である。装置内設定手順候補生成は再帰的な処理であり、引数として装置A、及び設定手順候補リストを格納する2次元配列のE m a t r i xを取る。

【0143】

まず、開始状態2301から始まり、ステップ2302に進む。ステップ2302では、装置内の設定手順決定のフローチャート1000で作成した装置Aに対応するフローエントリ隣接リストを変数Uに格納し、ステップ2303に進む。ステップ2303からステップ2307は、装置Aのフローエントリ隣接リストに対する繰り返し処理(変数eに格納)である。

【0144】

50

ステップ 2304 では、引数として `E m a t r i x` と変数 `e` を渡し、マッチ条件の包含関係を決定するフローチャート 1500 を実行し、ステップ 2305 に進む。ステップ 2305 ではステップ 2304 の結果が排他関係にあることを確認し、`Y e s` の場合は、ステップ 2306 に、`N o` の場合はステップ 2307 に進む。ステップ 2306 では、変数 `U` から変数 `e` の要素を取り除き、ステップ 2307 に進む。ステップ 2307 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2308 に進み、終わっていなければステップ 2303 に戻る。

【0145】

ステップ 2308 では、後述する部分グラフ単位で順列を生成するフローチャート 2400 を実行し、ステップ 2309 に進む。ステップ 2309 では、順列ごとに `E m a t r i x` をコピーした `E m a t r i x _ n e w [i]` (`i` は 0 から始まる順列の数 - 1 の添え字) に、生成した順列を追加し、ステップ 2310 に進む。ステップ 2310 からステップ 2312 は、装置設定隣接リスト 900 から取得した、装置 A に接続されているノードに対する繰り返し処理 (変数 `I` に格納) である。ステップ 2311 では、再び装置内設定手順候補生成ステップ (引数は、変数 `I` , 及び `E m a t r i x _ n e w []` 全体) を実行し、ステップ 2312 に進む。ステップ 2313 は終了状態である。

10

【0146】

図 24 は、図 23 の部分グラフ単位で順列を生成するステップ 2308 のフローチャート 2400 である。ここでの部分グラフとは、フローエントリ隣接リスト 900 において、設定手順が強制されるエッジで結合されたグラフノードの集合を意味する (単独のグラフノードはグラフノード一つの集合と見なす)。部分グラフ単位で順列を生成ステップは、引数としてフローエントリ隣接リスト `A` を取る。まず、開始状態 2401 から始まり、ステップ 2402 に進む。ステップ 2402 では、配列変数 `W`、及び配列変数 `T` を空集合に初期化するとともに、ステップ 2403 に進む。ステップ 2403 からステップ 2407 は、フローエントリ隣接リストのグラフノードに対する繰り返し処理 (変数 `I` に格納) である。

20

【0147】

ステップ 2404 では、後述する部分グラフの抽出のフローチャート 2500 を実行し、ステップ 2405 に進む。ステップ 2405 では、配列変数 `T` が空か確認し、`Y e s` であればステップ 2407 に、`N o` であればステップ 2406 に進む。ステップ 2406 では、配列変数 `W` に配列変数 `T` を追加し、ステップ 2407 に進む。

30

【0148】

ステップ 2407 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2408 に進み、終わっていなければステップ 2408 に進む。ステップ 2408 では、後述する順列生成のフローチャート 2600 を実行し、ステップ 2409 に進む。ステップ 2409 は終了状態である。

【0149】

図 25 は、図 24 の部分グラフを抽出するステップ 2404 のフローチャート 2500 である。部分グラフを抽出するステップは、再帰的な処理で、引数としてグラフノード `N` 及び結果格納用の配列 `T` を取る。まず、開始状態 2501 から始まり、ステップ 2502 に進む。ステップ 2502 では、グラフノード `N` が訪問状態か確認し、`Y e s` の場合はステップ 2508 に、`N o` の場合はステップ 2503 に進む。ステップ 2503 では配列 `T` にグラフノード `N` を追加し、ステップ 2504 に進む。ステップ 2504 では、グラフノード `N` を訪問状態に変更し、ステップ 2505 に進む。ステップ 2505 からステップ 2507 はグラフノード `N` の隣接グラフノードすべてに対する繰り返し処理 (変数 `I` に格納) である。

40

【0150】

ステップ 2506 は、再び部分グラフ抽出ステップを引数として、変数 `I` 及び配列 `T` を渡して実行し、ステップ 2507 に進む。ステップ 2507 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2508 に進み、終わっていなければステップ 2508 に進む。ステッ

50

ブ 2 5 0 8 は終了状態である。

【 0 1 5 1 】

図 2 6 は、図 2 4 の順列を生成するステップ 2 4 0 8 のフローチャート 2 6 0 0 である。順列の生成ステップは、再帰的な処理で、引数として、部分グラフの配列 A , 及び結果を格納する配列 P を取る。まず、開始状態 2 6 0 1 から始まり、ステップ 2 6 0 2 に進む。ステップ 2 6 0 2 では、配列 P を配列 A のサイズ分だけ、配列 P [i] (i は添え字で要素 i 番目を意味) を複製し、ステップ 2 6 0 3 に進む。ステップ 2 6 0 3 からステップ 2 6 0 6 は、配列 A の要素に対する繰り返し処理 (変数 I に格納) である。

【 0 1 5 2 】

ステップ 2 6 0 4 では、配列 P [i] に変数 I を追加し、ステップ 2 6 0 5 に進む。ステップ 2 6 0 5 では、再び順列の生成ステップを、引数として A - { I }、及び配列 P [i] を渡して実行し、ステップ 2 6 0 6 に進む。ステップ 2 6 0 6 では繰り返し処理が終わっていればステップ 2 6 0 7 に進み、終わっていなければステップ 2 6 0 3 に戻る。ステップ 2 6 0 7 は終了状態である。

【 0 1 5 3 】

図 2 7 は、図 2 1 の競合検出ステップ 2 1 0 6 のフローチャート 2 7 0 0 である。競合検出のステップは、引数として、フローエントリ E を取る。まず、開始状態 2 7 0 1 から始まり、ステップ 2 7 0 2 に進む。ステップ 2 7 0 2 では、フローエントリ E のアクションが output が確認し、 Y e s の場合はステップ 2 7 0 3 に、 N o の場合はステップ 2 7 0 4 に進む。

【 0 1 5 4 】

ステップ 2 7 0 3 では、後述するループ検出のフローチャート 2 8 0 0 を実行し、ステップ 2 7 0 8 に進む。ステップ 2 7 0 4 からステップ 2 7 0 7 は、フローエントリ E が設定される通信装置に既に設定されているフローエントリに対する繰り返し処理 (変数 F に格納) である。フローエントリ E の設定先は、フローエントリ E の ID プロパティをもとにネットワーク設定データ 4 0 0 を検索し取得する。設定先に既に設定されているフローエントリは、設定済みネットワークモデル 1 0 8 から取得する。

【 0 1 5 5 】

ステップ 2 7 0 5 では、引数として E と F を指定してマッチ条件の包含関係を決定するフローチャート 1 5 0 0 を実行し、ステップ 2 7 0 6 に進む。ステップ 2 7 0 6 では、ステップ 2 7 0 5 の結果が排他関係かを確認し、 Y e s の場合はステップ 2 7 0 7 に進み、 N o の場合はステップ 2 7 0 9 に進む。ステップ 2 7 0 7 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2 7 1 0 に進み、終わっていなければステップ 2 7 0 4 に戻る。

【 0 1 5 6 】

ステップ 2 7 0 8 では、ステップ 2 7 0 3 のループ検出結果を呼び出し元に返し終了する。ステップ 2 7 0 9 では競合を検出した E r r o r を呼び出し元に返し終了する。ステップ 2 7 1 0 では、競合未検出の N o を呼び出し元に返し終了する。

【 0 1 5 7 】

図 2 8 は、図 2 7 のループ検出ステップ 2 7 0 3 のフローチャート 2 8 0 0 である。ループ検出のステップは再帰的な処理であり、引数として、フローエントリ R、フローエントリ E を取る。まず、開始状態 2 8 0 1 から始まり、ステップ 2 8 0 2 に進む。ステップ 2 8 0 2 からステップ 2 8 1 2 は、フローエントリ E のアクション output の出力先に対する繰り返し処理 (変数 P に格納) である。出力先が Normal の場合、フローエントリ E の ID をもとに、ネットワーク設定データから設定先装置を特定し、設定済みネットワークモデル 1 0 8 から該当装置に設定されている同一 V L A N に属する出力ポートを得る。

【 0 1 5 8 】

ステップ 2 8 0 3 では、ネットワーク構成データ 5 0 0 から変数 P が接続されている装置 X を特定し、ステップ 2 8 0 4 に進む。ステップ 2 8 0 4 からステップ 2 8 1 1 は、装置 X に設定されてフローエントリに対する繰り返し処理 (変数 e) である。装置 X に設定されているフローエントリは、設定済みネットワークモデル 1 0 8 から取得する。ステッ

10

20

30

40

50

ブ 2 8 0 5 は、フローエントリ E とフローエントリ e が同一か確認し、Y e s の場合はステップ 2 8 1 4 に、N o の場合はステップ 2 8 0 6 に進む。

【 0 1 5 9 】

ステップ 2 8 0 6 では、引数として E と e を指定してマッチ条件の包含関係を決定するフローチャート 1 5 0 0 を実行し、ステップ 2 8 0 7 に進む。ステップ 2 8 0 7 ではステップ 2 8 0 6 の結果が排他関係か確認し、Y e s の場合はステップ 2 8 0 8 に、N o の場合はステップ 2 8 1 1 に進む。

【 0 1 6 0 】

ステップ 2 8 0 8 では、フローエントリ e のアクションに output が含まれるかを確認し、Y e s の場合はステップ 2 8 0 9 に進み、N o の場合はステップ 2 8 1 1 に進む。ステップ 2 8 0 9 では、引数にフローエントリ R とフローエントリ e を指定して再びループ検出のステップを実行し、ステップ 2 8 1 1 に進む。

【 0 1 6 1 】

ステップ 2 8 1 1 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2 8 1 2 に進み、終わっていなければステップ 2 8 0 4 に戻る。ステップ 2 8 1 2 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2 8 1 3 に進み、終わっていなければステップ 2 8 0 2 に戻る。

【 0 1 6 2 】

ステップ 2 8 1 3 では、呼び出し元に N o を返し終了する。ステップ 2 8 1 4 では、呼び出し元に Y e s を返し終了する。

【 0 1 6 3 】

図 2 1 ~ 図 2 8 で説明したように、ネットワーク設定手順生成部は、生成された新規ネットワーク設定の設定手順のうち、入力装置から入力され、あるいは記憶装置に記憶されている設定済みのネットワーク設定データと、競合を生じない設定手順を選択する。

【 0 1 6 4 】

具体的には、フローチャート 2 1 0 0 において、設定手順の候補から既存設定との競合を確認した設定手順を選択することによりネットワーク設定変更中のループ回避が可能になり、また既存の設定に影響を与える矛盾した設定内容を検出することが可能になり、信頼性の高いネットワーク構成変更が実現できる。

【 0 1 6 5 】

図 2 9 は、図 6 の設定先依存設定手順決定ステップ 6 0 6 のフローチャート 2 9 0 0 である。ここでは、ネットワーク設定データ 4 0 0 に記載された設定記憶部 1 2 6 の情報をもとに、異なる設定記憶部 1 2 6 に同時に設定できる設定手順を作成する。まず、開始状態 2 9 0 1 から始まり、ステップ 2 9 0 2 に進む。

【 0 1 6 6 】

ステップ 2 9 0 2 からステップ 2 9 0 4 は、装置設定隣接リスト 9 0 0 のグラフノードに対する繰り返し処理（変数 I に格納）である。

【 0 1 6 7 】

ステップ 2 9 0 3 では、後述する装置内設定先依存設定手順決定のフローチャート 3 0 0 0 を実行し、ステップ 2 9 0 4 に進む。

【 0 1 6 8 】

ステップ 2 9 0 4 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 2 9 0 5 に進み、終わっていなければステップ 2 9 0 2 に戻る。

【 0 1 6 9 】

ステップ 2 9 0 5 では、装置設定隣接リスト 9 0 0 と、後述するフローチャート 2 9 0 0 により生成されたフローエントリ隣接リストをネットワーク設定グラフとしてまとめ、ネットワーク設定データ 4 0 0 とともに、ネットワーク設定実行キュー 1 0 4 に保存し、ステップ 2 9 0 6 に進む。ステップ 2 9 0 6 は終了状態である。

【 0 1 7 0 】

図 3 0 は、図 2 9 の設定先に依存した装置内における設定手順を決定するステップ 2 9 0 3 のフローチャート 3 0 0 0 である。ステップ 2 9 0 3 は、再帰的な処理であり、引数

10

20

30

40

50

として通信装置 A を取る。まず、開始状態 3 0 0 1 から始まり、ステップ 3 0 0 2 に進む。

【 0 1 7 1 】

ステップ 3 0 0 2 では、ネットワーク設定データ 4 0 0 から、装置 A のフローエントリ隣接リストのグラフノードすべての設定先を取得し、ステップ 3 0 0 3 に進む。ステップ 3 0 0 3 では、ステップ 3 0 0 2 で取得したフローエントリ隣接グラフノードの設定先をもとに、グラフノードの順番を同じ設定先（格納先）が連続しないように並び替え、ステップ 3 0 0 4 に進む。

【 0 1 7 2 】

ステップ 3 0 0 4 からステップ 3 0 1 0 は通信装置 A のフローエントリ隣接リストのグラフノードに対する繰り返し処理（変数 E に格納）である。

【 0 1 7 3 】

ステップ 3 0 0 5 では、変数 E の隣接グラフノードが複数あるか確認し、Y e s の場合はステップ 3 0 0 6 に、N o の場合はステップ 3 0 0 7 に進む。

【 0 1 7 4 】

ステップ 3 0 0 6 では、ステップ 3 0 0 2 で取得した変数 E の隣接グラフノードの設定先をもとに、隣接グラフノードの順番を同じ設定先（格納先）が連続しないように並び替え、ステップ 3 0 0 7 に進む。

【 0 1 7 5 】

ステップ 3 0 0 7 からステップ 3 0 0 9 は、変数 E に含まれる output アクションの出力先通信装置に対する繰り返し処理（変数 I に格納）である。output アクションの出力先通信装置は、ネットワーク構成データ 5 0 0 から取得する。ステップ 3 0 0 8 では、引数に変数 I を指定して、装置内設定先依存設定手順決定のフローチャート 3 0 0 0 を実行し、ステップ 3 0 0 9 に進む。ステップ 3 0 0 9 では繰り返し処理が終了していればステップ 3 0 1 0 に進み、終了していなければステップ 3 0 0 7 に戻る。ステップ 3 0 1 0 では、繰り返し処理が終了していればステップ 3 0 1 1 に進み、終了していなければステップ 3 0 0 4 に戻る。ステップ 3 0 1 1 は終了状態である。

【 0 1 7 6 】

図 3 1 は、図 6 の装置内設定先依存設定手順決定ステップ 6 0 6 のフローチャート 3 0 0 0 実行後の、通信装置 X 1 2 0 (1) のフローエントリ隣接リストの例である。

【 0 1 7 7 】

このように、装置内設定先依存設定手順決定のフローチャート 3 0 0 0 に基づいて、設定先の影響を考慮した設定手順を生成することにより、設定実行の衝突を回避することができ、設定実行時間の短縮が実現される。

【 0 1 7 8 】

図 3 2 は、図 6 のシーケンス番号付与ステップ 6 0 7 のフローチャート 3 2 0 0 である。まず、開始状態 3 2 0 1 から始まり、ステップ 3 2 0 2 に進む。ステップ 3 2 0 2 からステップ 3 2 0 7 は、装置設定リスト 9 0 0 のグラフノードに対する繰り返し処理（変数 I に格納）である。ステップ 3 2 0 3 からステップ 3 2 0 6 は、変数 I のフローエントリ隣接リストのグラフノードのうち、先頭手順のグラフノードに対する繰り返し処理（変数 E に格納）である。ステップ 3 2 0 4 は、後述する装置内シーケンス番号を付与するフローチャート 3 3 0 0 を実行し、ステップ 3 2 0 5 に進む。

【 0 1 7 9 】

ステップ 3 2 0 5 では、変数 I のうち最終手順のグラフノードの次にバリア命令を追加し、ステップ 3 2 0 6 に進む。ステップ 3 2 0 6 では繰り返し処理が終わっていればステップ 3 2 0 7 に進み、終わっていなければステップ 3 2 0 3 に戻る。ステップ 3 2 0 7 では繰り返し処理が終わっていればステップ 3 2 0 8 に進み、終わっていなければステップ 3 2 0 2 に戻る。ステップ 3 2 0 8 は終了状態である。

【 0 1 8 0 】

図 3 3 は、図 3 2 の装置内シーケンス番号を付与するステップ 3 2 0 4 のフローチャー

ト 3 3 0 0 である。装置内シーケンス番号の付与は再帰的な処理であり、引数にフローエントリ E とシーケンス番号 n を取る。まず、開始状態 3 3 0 1 から始まり、ステップ 3 3 0 2 に進む。

【 0 1 8 1 】

ステップ 3 3 0 2 ではフローエントリ E にシーケンス番号 n を付与し、ステップ 3 3 0 3 に進む。ステップ 3 3 0 3 からステップ 3 3 0 5 はフローエントリ E の隣接グラフノードに対する繰り返し処理（変数 I に格納）である。ステップ 3 3 0 4 は、引数に変数 I 及び $n + 1$ を指定し、再び装置内シーケンス番号の付与のフローチャートを実行する。

【 0 1 8 2 】

ステップ 3 3 0 5 では、繰り返し処理が終わっていればステップ 3 3 0 6 に進み、終わっていないければステップ 3 3 0 3 に戻る。ステップ 3 3 0 6 は終了状態である。

10

【 0 1 8 3 】

図 3 2 ~ 図 3 3 で説明したように、本実施例では、生成された設定手順に設定順序を表すシーケンス番号を付与する。また、通信装置単位で、設定完了の応答を要求する命令を追加する。

【 0 1 8 4 】

このように、通信装置 1 2 0 ごとフローエントリにシーケンス番号を付与することで、通信装置 1 2 0 内で同じシーケンス番号を持っている設定を並列に実行できることが識別できるので並列実行により、設定実行時間の短縮化につながる。

【 0 1 8 5 】

また、通信装置 1 2 0 はシーケンス番号に基づいて独立して正しい設定手順で設定実行が可能になるため、制御装置 1 0 0 が逐次フローエントリの設定実行が終了したか確認する必要がなくなり、設定完了確認に要する時間を削減できる。例えば、ネットワーク設定データ 4 0 0 の通信装置 X 1 2 0 (1) には 4 つのフローエントリがあるため、仮に、コンフィギュレーションネットワークが高遅延な W A N、例えば 1 0 0 m s の遅延を持つネットワーク場合、従来技術では、設定完了確認に、 $1 0 0 m s \times 2$ (往復) $\times 4 = 8 0 0 m s$ 必要とするのに対して、本実施形態では、 $1 0 0 m s \times 2$ (往復) = 2 0 0 m s で済み、設定実行時間の短縮を図ることができる。

20

【 0 1 8 6 】

図 3 4 は、制御装置 1 0 0 における図 6 の設定実行ステップ 6 0 8 のフローチャートである。まず、開始状態 3 4 0 1 から始まり、ステップ 3 4 0 2 に進む。

30

【 0 1 8 7 】

ステップ 3 4 0 2 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、ネットワーク設定実行キュー 1 0 4 からネットワーク設定グラフ G とネットワーク設定データ C を読み出し、ステップ 3 4 0 3 に進む。

【 0 1 8 8 】

ステップ 3 4 0 3 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、装置設定の並列実行を行い、ステップ 3 4 0 4 に進む。ステップ 3 4 0 4 は終了状態である。

【 0 1 8 9 】

図 3 5 は、ネットワーク設定実行部 1 0 5 における、図 6 の装置設定の並列実行ステップ 6 0 9 のフローチャート 3 5 0 0 である。装置設定の並列実行は再帰的な処理であり、引数として装置設定隣接リスト(図 9 参照)のグラフノードを取る。まず、開始状態 3 5 0 1 から始まり、ステップ 3 5 0 2 に進む。

40

ステップ 3 5 0 2 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、装置設定隣接リストのグラフノードのうち、互いに隣接していないグラフノード A_n (n は自然数で、最大は互いに隣接していないグラフノードの数) を引数に、後述する装置設定の実行のフローチャート 3 6 0 0 (図 3 6 参照)を実行し、ステップ 3 5 0 3 に進む。

【 0 1 9 0 】

ステップ 3 5 0 3 は、並列に実行したステップ 3 5 0 2 それぞれ独立に実行される。ステップ 3 5 0 3 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、 A_n の隣接ノードすべてを引数

50

に、再び装置設定の並列実行を呼び出し、ステップ 3 5 0 4 に進む。ステップ 3 5 0 4 は終了状態である。

【 0 1 9 1 】

図 3 6 は、図 3 5 の装置設定の実行ステップ 3 5 0 2 のフローチャート 3 6 0 0 で、引数として装置 A を取る。まず、開始状態 3 6 0 1 から始まり、ステップ 3 6 0 2 に進む。ステップ 3 6 0 2 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、後述するフローエントリ設定の並列実行 3 7 0 0 を行いステップ 3 6 0 3 に進む。ステップ 3 6 0 3 は終了状態である。

【 0 1 9 2 】

図 3 7 は、図 3 6 のフローエントリ設定の並列実行ステップ 3 6 0 2 のフローチャート 3 7 0 0 である。フローエントリ設定の並列実行は再帰的処理であり、引数にフローエントリ隣接リストのグラフノードを取る。まず、開始状態 3 7 0 1 から始まり、ステップ 3 7 0 2 に進む。

10

【 0 1 9 3 】

ステップ 3 7 0 2 は、互いに隣接していないフローエントリのグラフノード A_n (n は自然数で、最大は互いに隣接していないグラフノードの数) 分、並列に実行される。

【 0 1 9 4 】

ステップ 3 7 0 2 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、ネットワーク設定データ C から A_n に対応する設定データ X_n を取得し、ステップ 3 7 0 3 に進む。

【 0 1 9 5 】

ステップ 3 7 0 3 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、設定データ X_n を対象の通信装置 1 2 0 に送信し、ステップ 3 7 0 4 に進む。

20

【 0 1 9 6 】

ステップ 3 7 0 4 では、ネットワーク設定実行部 1 0 5 が、 A_n に送信済みフラグを設定し、ステップ 3 7 0 5 に進む。

【 0 1 9 7 】

ステップ 3 7 0 5 では、 X_n がバリア命令か確認し、Yes の場合はステップ 3 7 0 6 に進み、No の場合はステップ 3 7 0 7 に進む。

【 0 1 9 8 】

ステップ 3 7 0 6 では、バリア命令を送信した通信装置 1 2 0 からバリア応答が戻ってくるのを待ち、戻ってきたらステップ 3 7 0 7 に進む。

30

【 0 1 9 9 】

ステップ 3 7 0 7 では、 A_n の隣接ノードで送信済みフラグが設定されていないグラフノードを引数に、フローエントリ設定の並列実行を呼び出し、ステップ 3 7 0 8 に進む。ステップ 3 7 0 8 は終了状態である。

【 0 2 0 0 】

以上の実施例では、ネットワーク設定データに含まれる設定の、通信装置の保存先を検出する。そして、新規ネットワーク設定に含まれる複数の設定が同時に通信装置に設定できるように設定手順を生成する。このために、ネットワーク設定実行部 1 0 5 がネットワーク設定グラフに基づき設定を実行する。これにより、装置単位及び装置内のフローエントリ単位で、ネットワークに障害を起こさない手順で設定を並列実行できるため、安全に制御装置の設定実行時間の短縮を図れる。また、本実施例のネットワーク設定実行部は、生成された設定手順に従い、通信装置に設定を実行し、設定完了の応答を要求する命令を送信した場合は応答を待つように構成することができる。

40

【 0 2 0 1 】

図 3 8 は、通信装置 1 2 0 における、図 6 の設定処理ステップ 6 0 9 の一部である、設定要求受信のフローチャート 3 8 0 0 である。まず、開始状態 3 8 0 1 から始まり、ステップ 3 8 0 2 に進む。

【 0 2 0 2 】

ステップ 3 8 0 2 では、設定実行部 1 2 2 が、制御装置 1 0 0 からの設定要求を受信し

50

、ステップ 3803 に進む。

【0203】

ステップ 3803 では、設定実行部 122 が設定キュー 123 に、設定要求を格納し、ステップ 3804 に進む。ステップ 3804 は終了状態である。

【0204】

図 39 は、通信装置 120 における、図 6 の設定処理ステップ 609 の一部である、設定実行のフローチャート 3900 である。まず、開始状態 3901 から始まり、ステップ 3902 に進む。

【0205】

ステップ 3902 では、 n 個ある (n は自然数) 設定実行部 (図 1 の 122) の設定実行 4000 が並列に実行され、ステップ 3903 に進む。ステップ 3903 は終了状態である。

10

【0206】

図 40 は、図 6 の設定処理ステップ 609 の一部である、設定実行部 122 における設定実行のフローチャートである。まず、開始状態 4001 から始まり、ステップ 4002 に進む。

【0207】

ステップ 4002 では、設定実行部 122 が、実行シーケンス番号 n を 1 に初期化し、ステップ 4003 に進む。

【0208】

ステップ 4003 では、設定実行部 122 が、設定キューからシーケンス番号 n の設定を取得し、ステップ 4004 に進む。

20

【0209】

ステップ 4004 では、設定実行部 122 が、受信した設定を設定記憶部に保存し、ステップ 4005 に進む。

【0210】

ステップ 4005 では、設定実行部 122 が、実行シーケンス番号 n に 1 を加え、ステップ 4006 に進む。

【0211】

ステップ 4006 では、設定実行部 122 が、設定キューが空か確認し、Yes の場合は、ステップ 4007 に進み、No の場合はステップ 4003 に進む。ステップ 4007 は終了状態である。

30

【0212】

図 41 は、本発明の実施形態における、ネットワーク構成変更のタイムラインを示している。

【0213】

図 41 のネットワーク設計開始時刻 4110 は、オペレータが要求仕様に基づきネットワークを構成する装置それぞれの設定内容を検討し、ネットワーク設定データ 300、およびネットワーク構成データ 500 の作成に着手 (図 6 のステップ 602) した時刻である。オペレータは設計作業を終えると、ネットワーク設定データ 300 をネットワーク設定キュー 101 に、ネットワーク構成データ 500 をネットワーク構成 DB 102 に格納する。

40

【0214】

設定手順生成開始時刻 4120 は、ネットワーク設定手順生成部 103 がネットワーク設定キュー 101 からネットワーク設定データ 300 を読み出し、図 6 のステップ 603 を開始した時刻である。

【0215】

ネットワーク設計終了時刻 4130 は、ネットワーク設定手順生成部 103 により生成されたネットワーク設定グラフとネットワーク設定データが、ネットワーク設定実行キュー 104 に格納された時刻である。

50

【0216】

以上でネットワークの設定準備4131が終わり、システムは予定されたネットワーク構成変更開始時刻4140まで待機する。ネットワークの設定準備4131の間は、ネットワークは運用可能である。

【0217】

ネットワーク構成変更開始時刻4140は、ネットワーク設定データに記載された設定開始時刻であり、ネットワーク設定実行部105が、図34のフローチャート3400に示す設定を開始した時刻である。

【0218】

ネットワーク検証開始時刻4150は、フローチャート3400に示す設定が終わった後、ネットワークが正しく設定されたか検証を開始する時刻である。サービスイン4160は、検証後実際にネットワークの運用を開始できる時刻である。

【0219】

本発明は、ネットワーク設計時に設定手順を生成し、図41の設定実行時間4170を短縮することで、高速なネットワーク構成変更を可能とする。設定実行時間は、構成中のネットワークが利用できない時間であり、設定実行時間4170を短縮することで、ネットワーク資源の利用効率を向上させることができる。

【実施例2】

【0220】

本実施例は、実施例1における制御装置の設定実行時間を短縮するものである。図1を参照し、実施例1から変更がある構成についてのみ、以下に示す。

【0221】

図42は、実施例2におけるネットワーク設定システムの構成例を示すブロック図である。本実施例では、制御装置100を複数備える。本実施例では、複数の制御装置100は、互いに通信できるようにコンフィギュレーションネットワーク110に接続しているが、互いに通信できれば、コンフィギュレーションネットワーク110以外のネットワークを追加して接続してもよい。

【0222】

図43は、変更後の制御装置における設定実行のフローチャート4300である。ステップ3401からステップ3402(図34参照)は、実施例1と同様である。

【0223】

ステップ4301では、ネットワーク設定実行部105が、読み出したネットワーク設定グラフに分割済み設定フラグが設定されているか確認し、Yesの場合はステップ4305に、Noの場合はステップ4302に進む。

【0224】

ステップ4302では、ネットワーク設定実行部105がネットワーク設定グラフGを分割しステップ4303に進む。本実施例では、装置設定リストのルートノード、すなわち、ネットワークの最下流に位置する通信装置の集合を制御装置数で分割している。制御装置数で割り切れない場合は余りを任意の制御装置に割り当ててもよい。分割は、均等分割の他、制御装置の負荷や、制御装置が管理する通信装置の数に基づいてもよい。

【0225】

ステップ4303では、ネットワーク設定実行部105が、分割されたネットワーク設定グラフG[i](iは添え字)それぞれに、分割済みのフラグを設定し、ステップ4304に進む。

【0226】

ステップ4304では、自身を含む制御装置のネットワーク設定実行キューに分割したネットワーク設定グラフG[i]を格納し、ステップ4305に進む。

【0227】

ステップ4305では、分割後のネットワーク設定グラフGを引数に指定して、装置設定の並列実行ステップを実行し、ステップ4306に進む。ステップ4306は終了状態

10

20

30

40

50

である。

【0228】

このように変更することにより、ネットワーク設定を複数の制御装置100で並列に実行可能になり、制御装置の負荷が下がるため、設定実行時間の短縮が図れる。

【0229】

本実施例中、ソフトウェアで構成した機能と同等の機能は、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェアでも実現できる。そのような態様も本願発明の範囲に含まれる。

【0230】

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

10

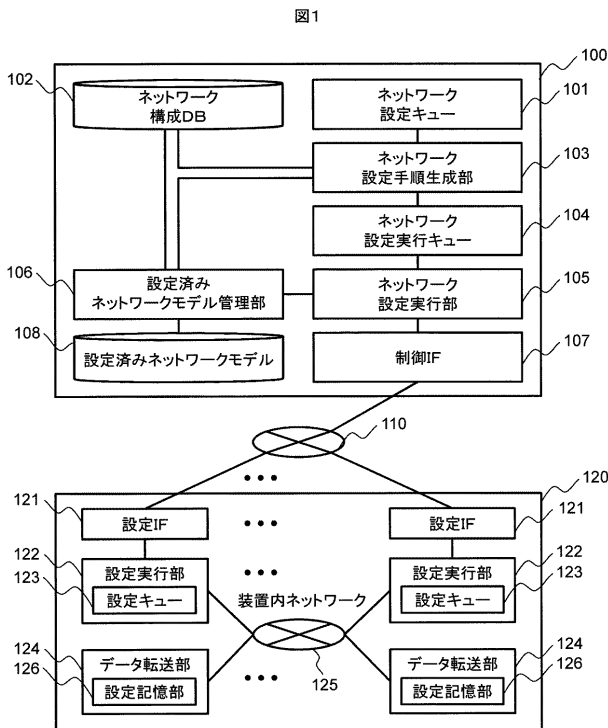
【符号の説明】

【0231】

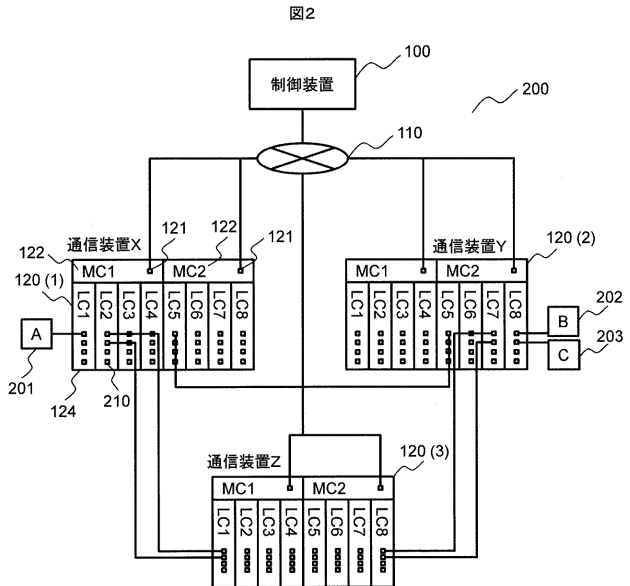
102...ネットワーク構成データ、103...ネットワーク設定手順生成部、105...ネットワーク設定実行部、108...設定済みネットワークモデル、110...コンフィギュレーションネットワーク、120...通信装置、122...設定実行部、123...設定キュー、126...設定記憶部、300...ネットワーク設定データ、603...装置単位の設定手順決定ステップ、604...装置内設定手順決定ステップ、605...既存設定との競合回避ステップ、606...装置内設定先依存設定手順決定ステップ、607...シーケンス番号付与ステップ、608...制御装置における設定処理ステップ、609...通信装置における設定処理ステップ。

20

【図1】



【図2】



【 図 3 】

図3

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<設定 開始日時="2014/1/1 8:00" 終了日時="2014/9/30 10:00">
  <装置 name="通信装置X">
    <フローエントリ ID="o" Table="0" Priority="10" Devices="LC1">
      <マッチ条件>inport=Port1/1 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Normal</アクション>
    </フローエントリ>
  </装置>
  <装置 name="A">
    <フローエントリ Type="Dummy">
      <アクション>output Port1/1</アクション>
    </フローエントリ>
  </装置>
</設定>

```

【 図 4 A 】

図4A

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<設定 開始日時="2014/9/30 10:00" 終了日時="2014/12/31 10:00">
  <装置 name="通信装置X">
    <フローエントリ ID="a" Table="0" Priority="10" Devices="LC1">
      <マッチ条件>inport=Port1/1 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port2/1</アクション>
    </フローエントリ>
    <フローエントリ ID="b" Table="0" Priority="100" Devices="LC1">
      <マッチ条件>inport=Port1/1 VLAN=100 ETH_SA="X"</マッチ条件>
      <アクション>output Port2/2</アクション>
    </フローエントリ>
    <フローエントリ ID="c" Table="0" Priority="10" Devices="LC2">
      <マッチ条件>inport=Port2/1 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port1/1</アクション>
    </フローエントリ>
    <フローエントリ ID="d" Table="0" Priority="10" Devices="LC2">
      <マッチ条件>inport=Port2/2 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port1/1</アクション>
    </フローエントリ>
  </装置>
  <装置 name="通信装置Y">
    <フローエントリ ID="e" Table="0" Priority="10" Devices="LC1">
      <マッチ条件>inport=Port1/1 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port8/1</アクション>
    </フローエントリ>
    <フローエントリ ID="f" Table="0" Priority="10" Devices="LC1">
      <マッチ条件>inport=Port1/2 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port8/2</アクション>
    </フローエントリ>
    <フローエントリ ID="g" Table="0" Priority="10" Devices="LC8">
      <マッチ条件>inport=Port8/1 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port1/1</アクション>
    </フローエントリ>
    <フローエントリ ID="h" Table="0" Priority="10" Devices="LC8">
      <マッチ条件>inport=Port8/2 VLAN=100</マッチ条件>
      <アクション>output Port1/2</アクション>
    </フローエントリ>
  </装置>
</設定>
(続く)

```

【 図 4 B 】

図4B

```

<装置 name="通信装置Z">
  <フローエントリ ID="i" Table="0" Priority="10" Devices="LC8">
    <マッチ条件>inport=Port8/1 VLAN=100</マッチ条件>
    <アクション>output Port7/1</アクション>
  </フローエントリ>
  <フローエントリ ID="j" Table="0" Priority="10" Devices="LC8">
    <マッチ条件>inport=Port8/2 VLAN=100</マッチ条件>
    <アクション>output Port7/2</アクション>
  </フローエントリ>
  <フローエントリ ID="k" Table="0" Priority="10" Devices="LC7">
    <マッチ条件>inport=Port7/1 VLAN=100</マッチ条件>
    <アクション>output Port8/1</アクション>
  </フローエントリ>
  <フローエントリ ID="l" Table="0" Priority="10" Devices="LC7">
    <マッチ条件>inport=Port7/2 VLAN=100</マッチ条件>
    <アクション>output Port8/2</アクション>
  </フローエントリ>
</装置>
<装置 name="A">
  <フローエントリ Type="Dummy">
    <アクション>output Port1/1</アクション>
  </フローエントリ>
</装置>
<装置 name="B">
  <フローエントリ Type="Dummy">
    <アクション>output Port1/1</アクション>
  </フローエントリ>
</装置>
<装置 name="C">
  <フローエントリ Type="Dummy">
    <アクション>output Port1/1</アクション>
  </フローエントリ>
</装置>
</設定>

```

【 図 5 A 】

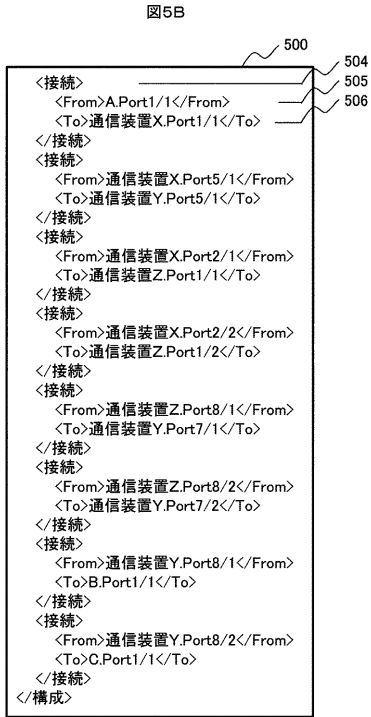
図5A

```

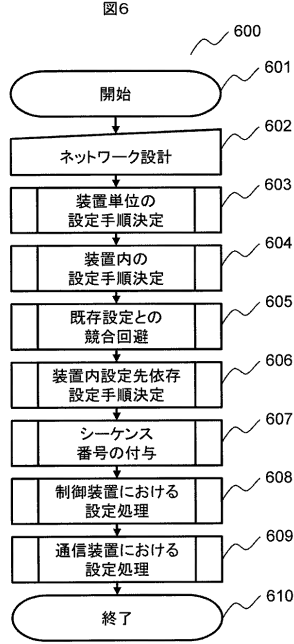
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<構成>
  <装置 name="通信装置X">
    <ポート name="Port1/1"/>
    <ポート name="Port2/1"/>
    <ポート name="Port2/2"/>
    <ポート name="Port5/1"/>
  </装置>
  <装置 name="通信装置Y">
    <ポート name="Port5/1"/>
    <ポート name="Port7/1"/>
    <ポート name="Port7/2"/>
    <ポート name="Port8/1"/>
    <ポート name="Port8/2"/>
  </装置>
  <装置 name="通信装置Z">
    <ポート name="Port1/1"/>
    <ポート name="Port1/2"/>
    <ポート name="Port8/1"/>
    <ポート name="Port8/2"/>
  </装置>
  <装置 name="A">
    <ポート name="Port1/1"/>
  </装置>
  <装置 name="B">
    <ポート name="Port1/1"/>
  </装置>
  <装置 name="C">
    <ポート name="Port1/1"/>
  </装置>
</構成>
(続く)

```

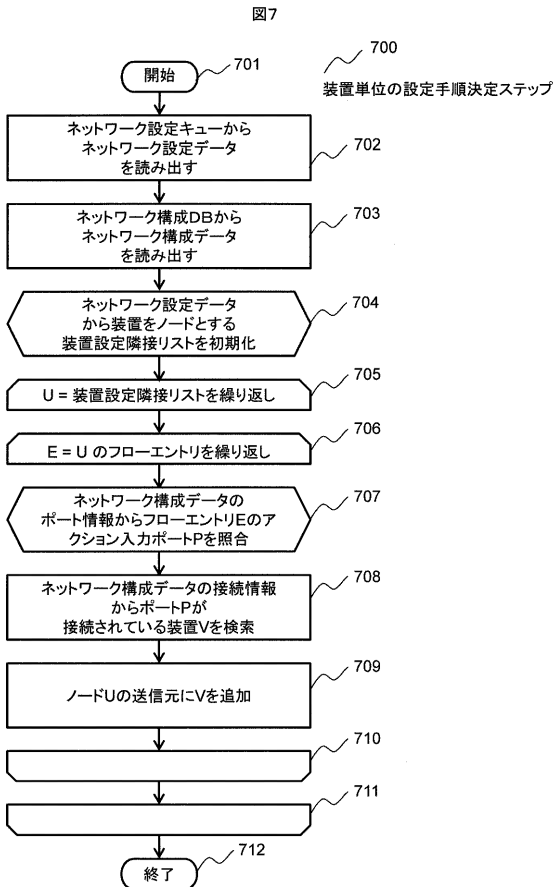
【 図 5 B 】



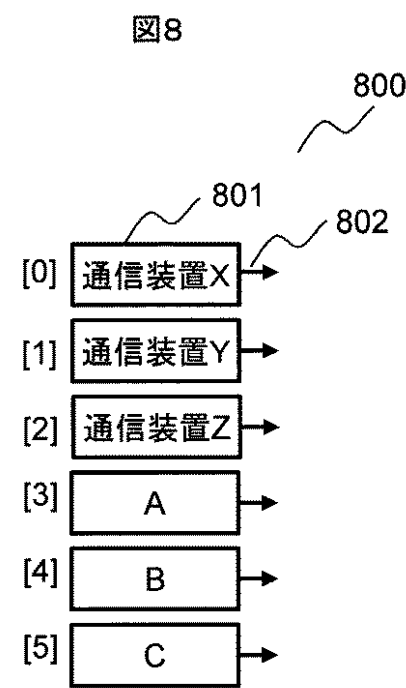
【 図 6 】



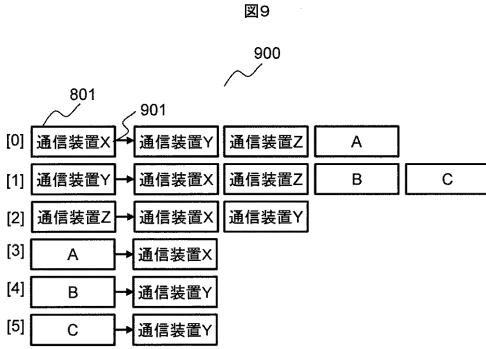
【 図 7 】



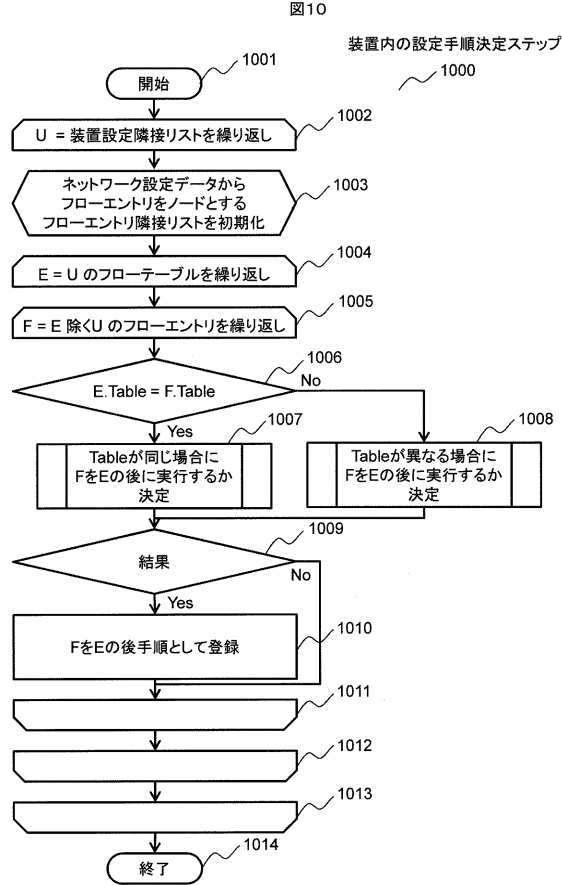
【 図 8 】



【 図 9 】



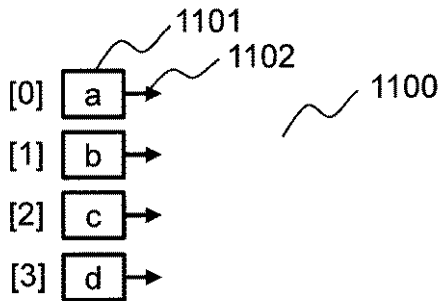
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】

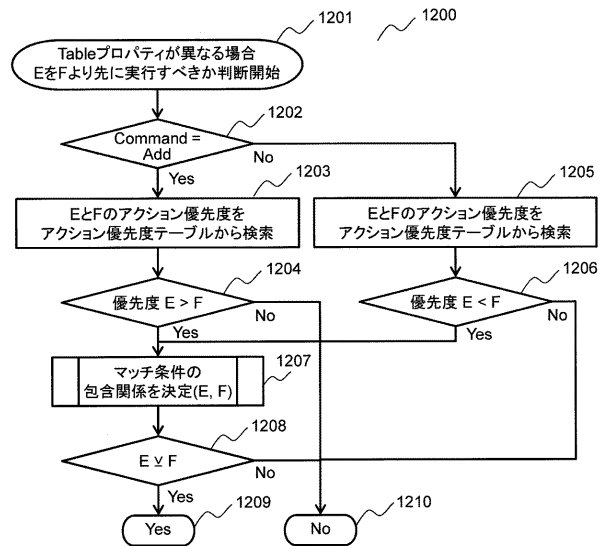
図11

U = “通信装置X”のフローエントリ隣接リスト



【 図 1 2 】

図12

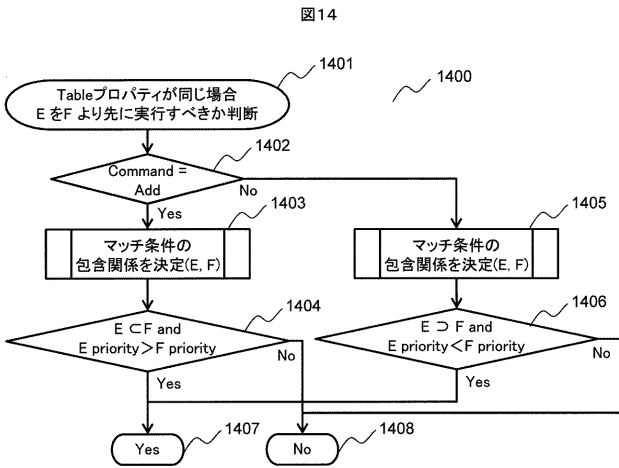


【 図 1 3 】

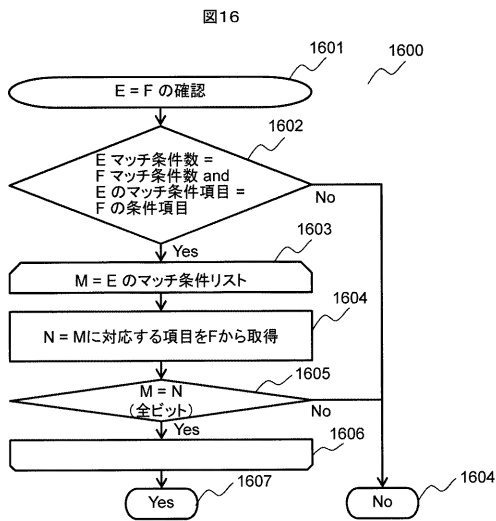
図13

優先度	アクション
1	Copy TTL inwards
2	Pop
3	Push
4	Copy TTL outwards
5	Decrement TTL
6	Set
7	Qos
8	Group
9	Output

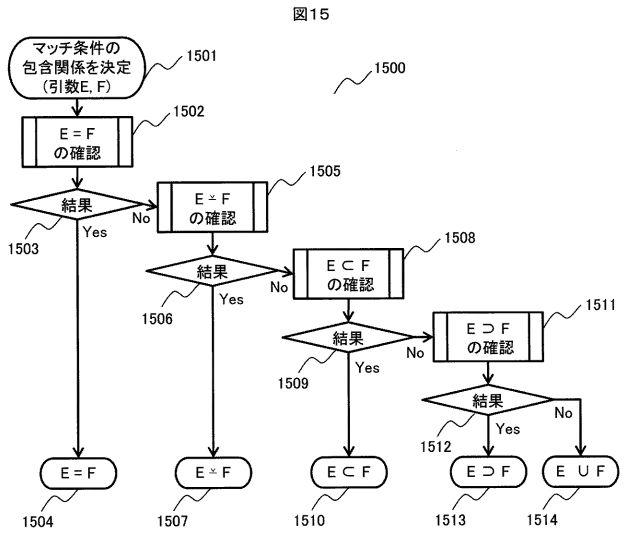
【 図 1 4 】



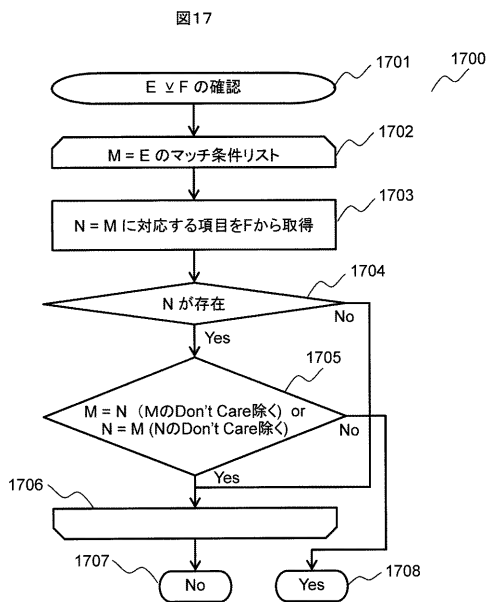
【 図 1 6 】



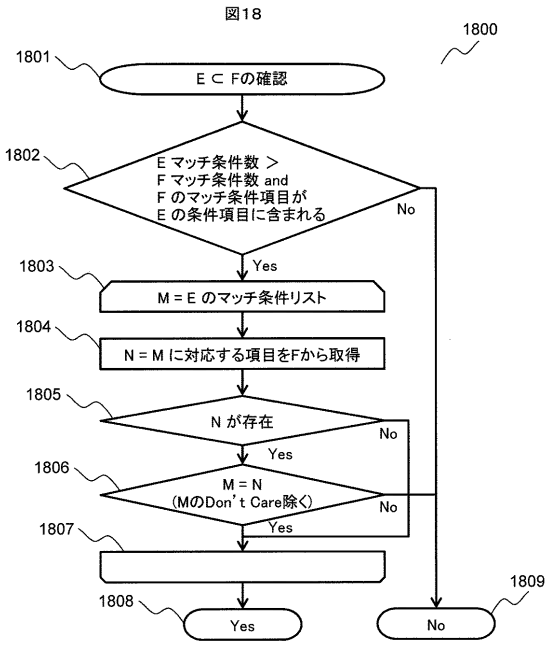
【 図 1 5 】



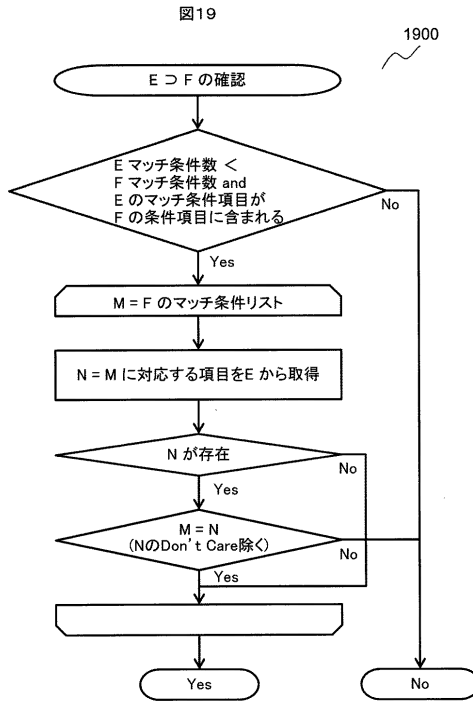
【 図 1 7 】



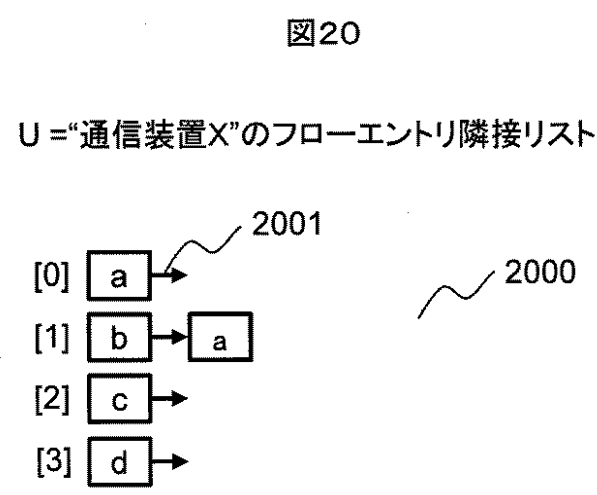
【 図 1 8 】



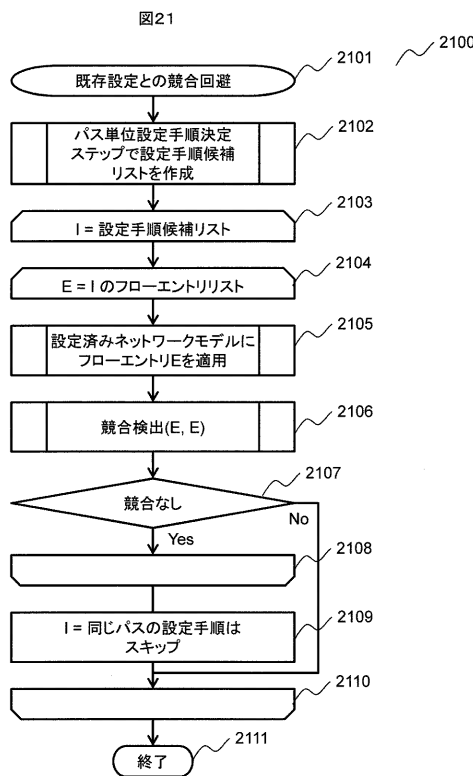
【 図 1 9 】



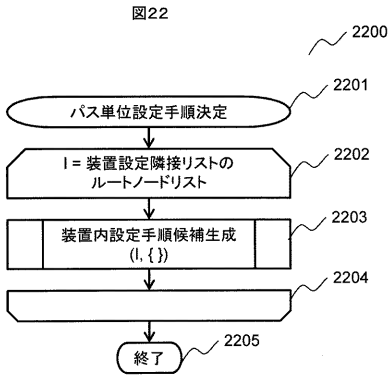
【 図 2 0 】



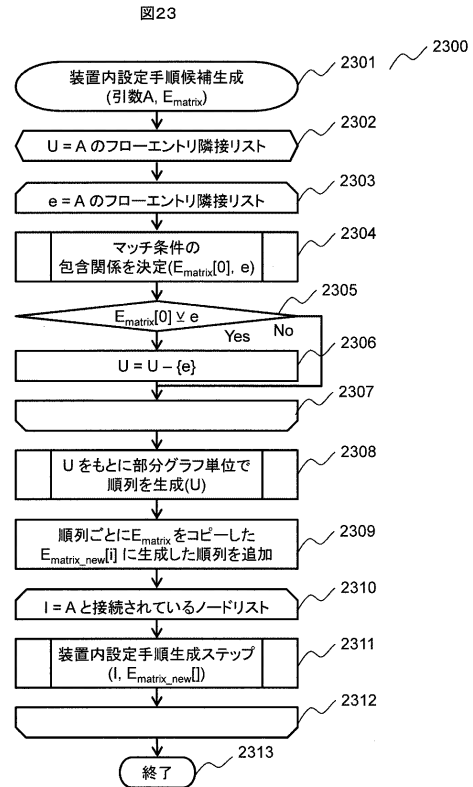
【 図 2 1 】



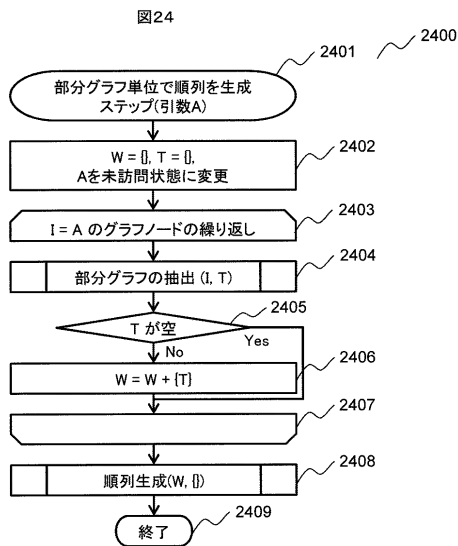
【 図 2 2 】



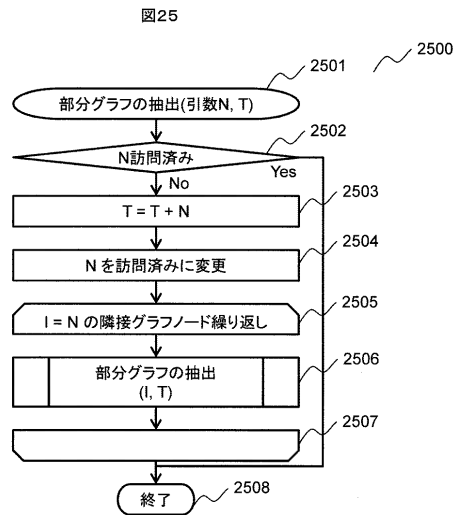
【 図 2 3 】



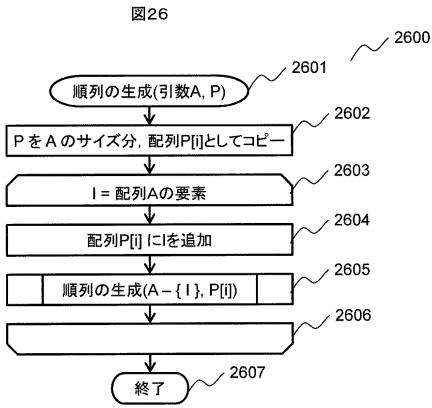
【 図 2 4 】



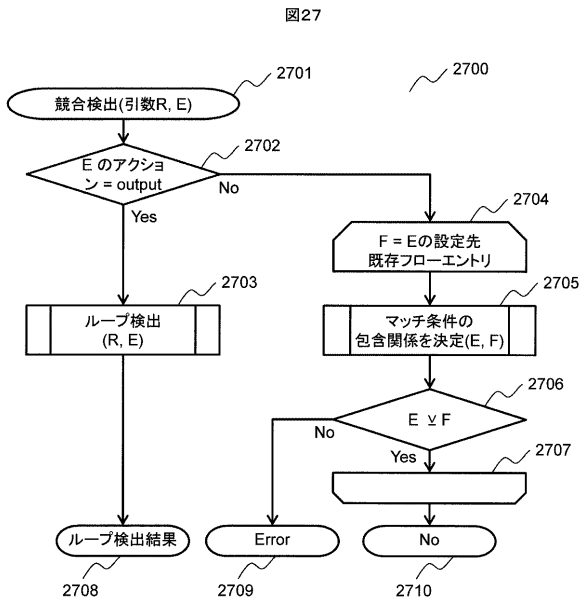
【 図 2 5 】



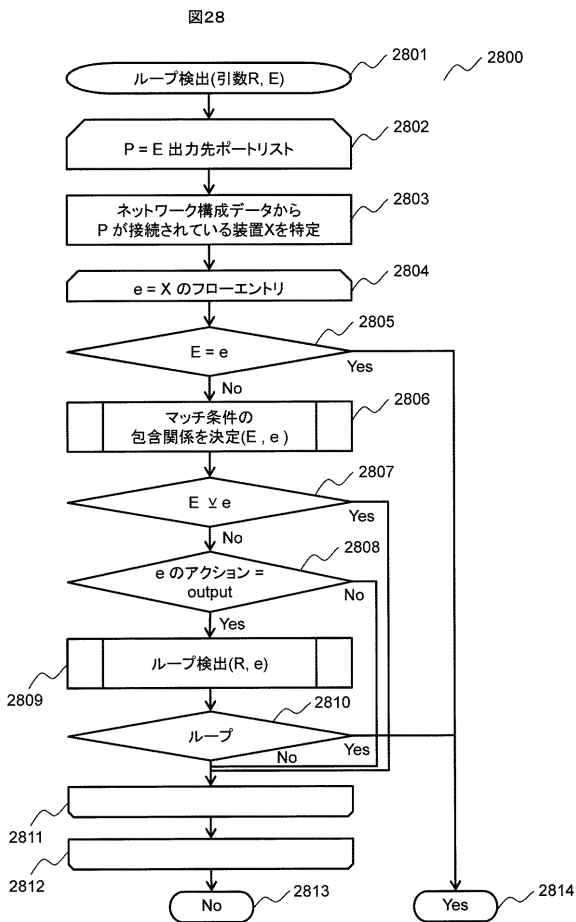
【 図 2 6 】



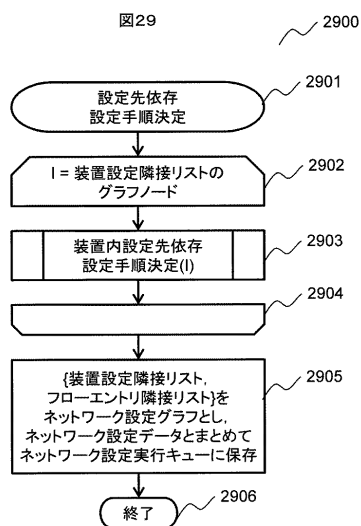
【 図 2 7 】



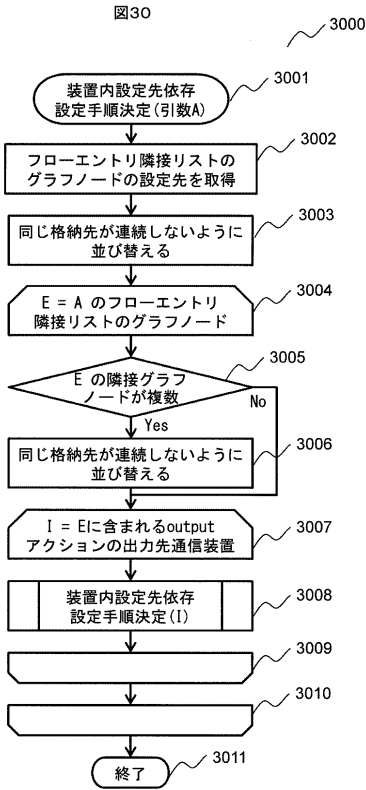
【 図 2 8 】



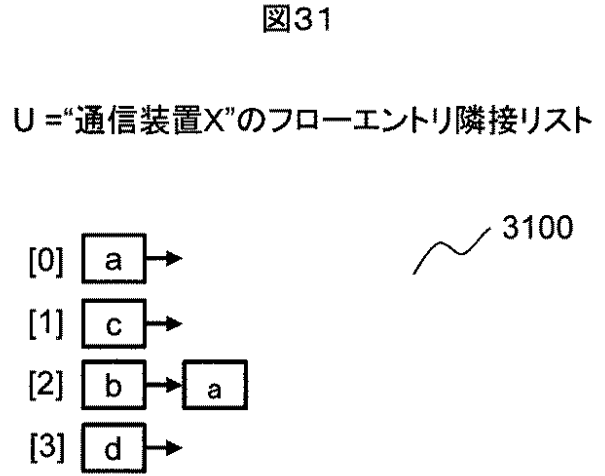
【 図 2 9 】



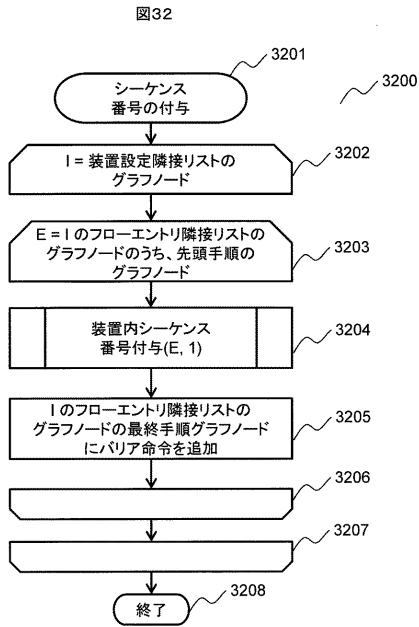
【図30】



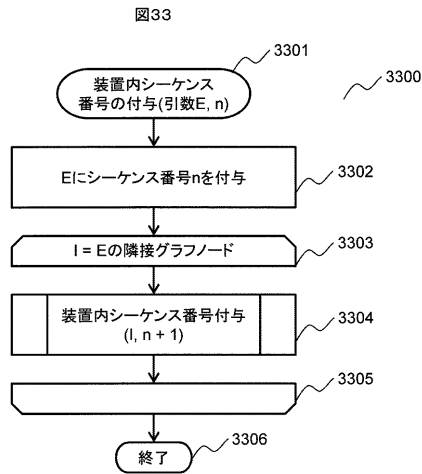
【図31】



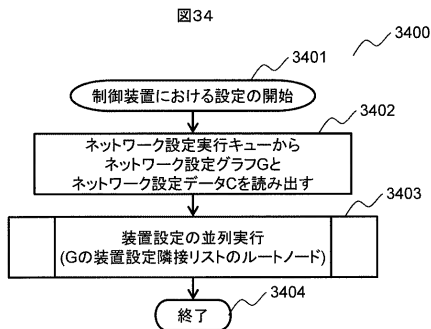
【図32】



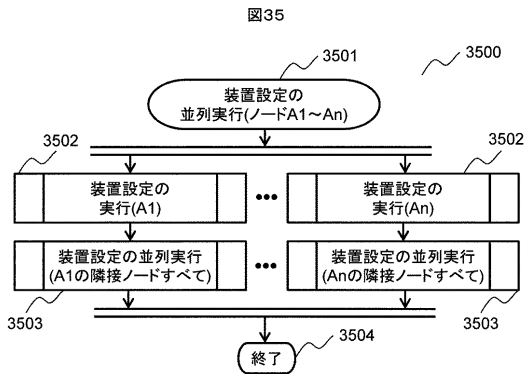
【図33】



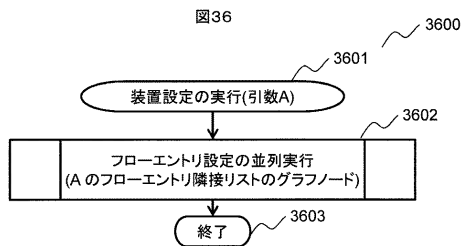
【図34】



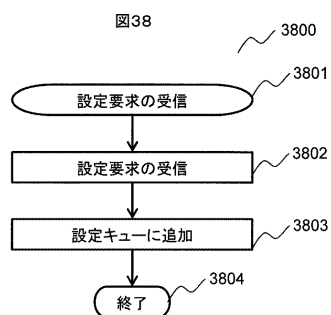
【 図 3 5 】



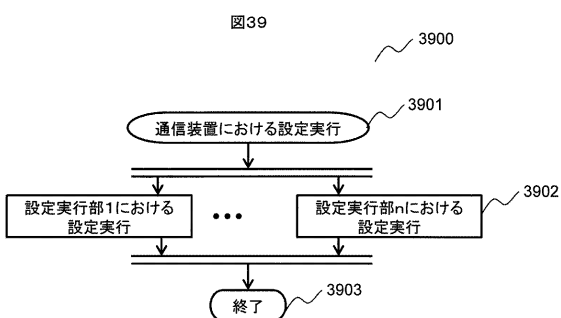
【 図 3 6 】



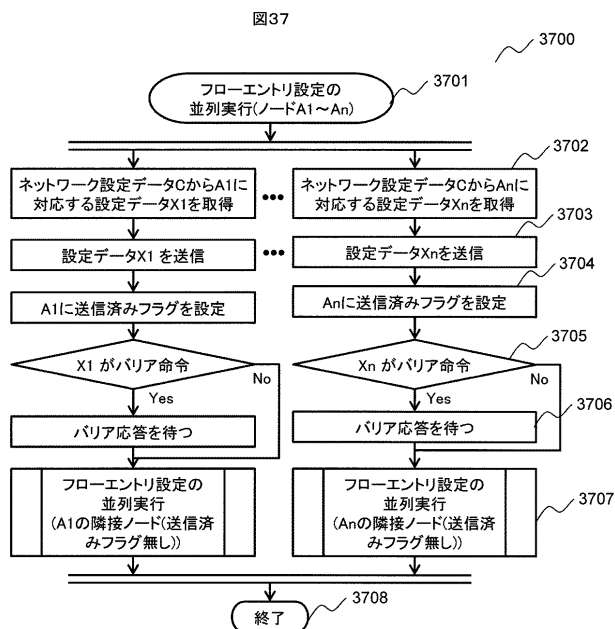
【 図 3 8 】



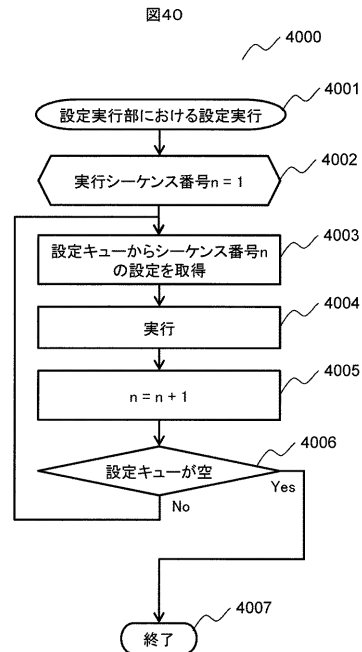
【 図 3 9 】



【 図 3 7 】



【 図 4 0 】



【 図 4 1 】

