

制御ネットワークにおける構成管理方式

長島 勝, 伊東輝顕, 山本英司, 宮内直人
三菱電機(株) 情報技術総合研究所

製造業における生産システムでは、大量生産から多品種少量生産、更に変種変量生産へと製造形態が変化しており、それらへの対応が可能な生産ライン構築の要求がある。しかし、従来の生産設備では、独自のアドレス体系を採用しているネットワークがあり、生産システム内で相互通信不能な機器の組み合わせが存在する。そのため、各機器に個別に接続して製造プログラムを再設定するなど人手を介する必要がある。システム・インテグレーションの観点からは、システムの構築・運用・管理が複雑になるという課題があった。本研究では、ネットワーク経由で、制御ネットワーク上の機器の一元管理を実現するために、システムにおける配置を特定できるアドレス情報を各機器に割り当て、システム内の中継機器およびゲートウェイ機器に、すべての機器のアドレス情報を共有して持たせることで、アドレス解決する構成管理方式を提案する。

Configuration Management for the Control Network

Masaru Nagashima, Teruaki Ito, Eiji Yamamoto, Naoto Miyauchi
Mitsubishi Electric Corp., Information Technology R & D Center

In a field of product manufacturing system, there is demand of wanting to make a flexible production line of a factory. But, in current system, there are various networks with unique address format. Therefore, such a system, this expansion causes the system configurations and operations to complicate from the system integration point of view. We suggested a configuration management to manage various equipments, on hierarchical system with heterogeneous networks, using a network. This technique assigns address information that indicates a position, and makes all equipments with routing function have address information for all equipments. In this paper, we explain the outline of this technique.

1. はじめに

近年、製造メーカーは、変種変量生産が可能な生産拠点を、世界各地に低コストかつ短時間で立ち上げ、運用できる技術を必要としている。更に、変種変量生産が可能な FMS(Flexible Manufacturing System)化された生産ラインでは、生産品ごとに詳細な加工や組立の指示を、生産に遅れを生じることなく迅速に伝達する必要がある。しかし、従来の生産設備のように、生産品に合わせて、人手を介して生産ラインを変更していたのでは、人為的なミスによる遅れや誤りを生じる可能性が高い。そのため、多く

の指示情報をリアルタイムに伝達するためには、ネットワークが必須となる。

これらの要求に対応するために、機器ベンダに対し、単に機器単体の性能や信頼性だけでなく、システム構築および運用が容易となる組み合わせやすい製品の提供が求められている。

本論文では、こうした生産設備で利用される制御ネットワークにおける構成管理手法を提案する。以下、2章では本研究の目的を、3章では制御ネットワーク用の構成管理における課題を、4章ではその解決策として構成管理手法を述べる。

2. 目的

産業オートメーションシステムの基本構造として、ISO/TC184/SC5/WG1 で提案された CIM (Computer Integrated Manufacturing)[1]がある。これは、製造業における開発と生産および販売といった業務を、情報システムを用いて統括的に制御および管理することにより、生産活動の最適化を図るシステムモデルである。

近年の情報通信技術の進展は、単なる情報交換を促進しただけでなく、CIMの要素である生産管理から製造ライン制御と製品出荷、倉庫管理および各々の製造ライン間の物流など物の流れにも大きな影響を与え、こうした活動を大幅にスピードアップさせている。例えば、生産される製品寿命が短い加工組立ラインでは、次々と生産品目が変化し、その度に、生産設備内の各装置も製造プログラムの変更などにより対応することが求められている。

図1に示すように、本研究では、このCIMモデルにおけるレベル3以下の制御ネットワークに着目し、この領域で用いられる機器に対する、変種変量生産の要求に柔軟に対応できる構成管理手法を提案する。

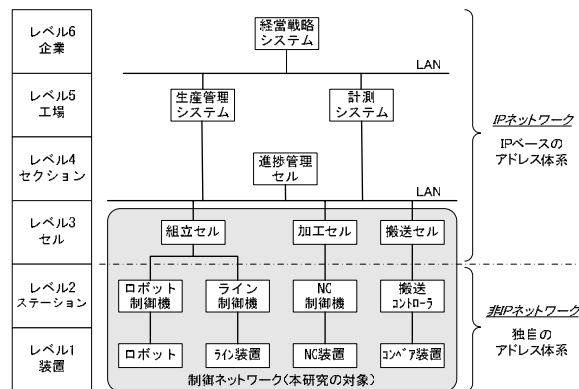


図1 CIMモデルにおける技術適用箇所

本研究では、制御ネットワーク内のすべての機器に対して、ネットワーク経由で、設定と管理および監視ができることを目的とする。これは、上位層のシステムからだけでなく、制御ネットワーク内に接続された端末や表示器など、任意の場所および様々な機器からも扱えるこ

とが重要である。

また、こうした生産システムでは、生産設備を一旦構築してしまうと、機器の追加や削除などによるネットワークポロジの変化はあまり行われたい。それより、製造メーカは、機器の故障が発生した場合に、その部分を新しい機器と交換した後、その新しい機器が即座に以前と同様に操作できることを望んでいる。

3. 制御ネットワーク用構成管理の課題

2章で述べた目的を達成するためには、現状、以下のような課題がある。

制御ネットワークは、図2に示すように、レベル3の情報ネットワークとレベル2のコントローラネットワークおよびレベル1のフィールドネットワークというように、異種のネットワークを組み合わせ、階層的に構築されている。こうしたシステムでは、ネットワーク毎に独自のアドレス体系が使われており、IPネットワークのように機器を一意に識別できない。そのため、システム内に相互通信不能な機器の組み合わせが存在し、システム・インテグレーションの観点からは、システムの構築・運用・管理が複雑になるという課題がある。

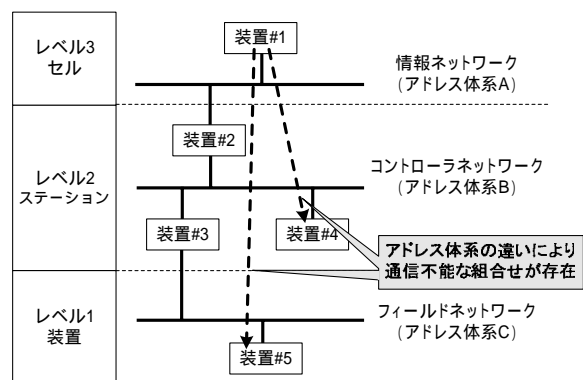


図2 統一されていないアドレス体系

また、制御ネットワークではレベル毎に役割が異なるため、制御ネットワーク向けの構成管理ツールは、実際の配置に合わせて、生産システムを階層的に管理できなければならない。しかし、現在入手可能なIPネットワーク向けの

構成管理ツールでは、実際の配置とは関係なく、セグメント毎に認識した機器を画面表示しているだけである。そのため、IP ネットワーク向けの構成管理ツールで用いている手法を、そのまま生産システム向けに適用するだけでは、不十分である。

本研究では、こうした課題を解決するため、構成情報を分類および整理するための保管場所として、ディレクトリ・ツリーを制御用に作成するとともに、アドレス体系と名前付け体系を検討した。

4. 制御ネットワーク構成管理手法

本章では、本研究で提案している制御ネットワーク向けの構成管理手法について、アドレス体系と名前付け体系および構成情報の管理方法の概要を示す。

本手法では、制御ネットワークの階層構造を表現するために、LDAP(Lightweight Directory Access Protocol) [2]を採用する。しかし、本手法に必要な機能の内、ディレクトリ更新などは、LDAP だけでは不十分である。そのため、本手法では、表 1 のように、LDAP に加え、LDAP の機能拡張方式や独自方式を混在させる。

また、LDAP は TCP/IP 上で動作するプロトコルであるが、制御ネットワーク上のほとんど機器は、TCP/IP プロトコルは実装しておらず、かつ、リソースの制約も厳しい。そのため、機器側には、LDAP をエミュレートする簡易機能を組み込む。

表 1 提案プロトコル

項目	プロトコル
情報モデル	LDAP を拡張
データベースの情報更新	独自
データベースへのアクセス制御 構成管理ツールの画面表示 機器間の通信	独自 LDAP

本手法では、制御ネットワークの構成を管理するために、各機器の保有する構成情報の内、アドレス情報を、通信プロファイルなど他の構

成情報とは切り離して管理する。本稿では、このアドレス情報の管理に着目して、説明する。

4.1. アドレス体系

本手法では、IP ネットワークのように、システムとして共通のアドレス体系を規定する。そして、そのアドレス体系を使用して、制御ネットワーク内のすべての機器に、一意に識別番号を割り当てる。こうすることで、それぞれのネットワークで使用されている独自のアドレス体系を隠蔽して、各機器を特定できる。

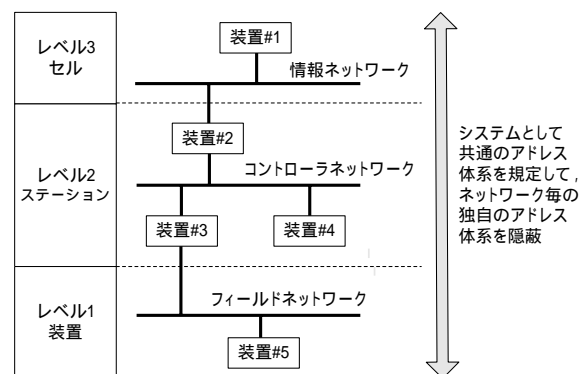


図 3 アドレス体系の定義

4.2. 名前付け体系

本手法では、各機器の名前情報を収集し、その名前情報の集合からシステム構成を作成する。そのため、本手法では、個々の名前情報だけからも、各機器の位置を特定しやすい名前付け体系を用いる。

4.2.1. 基本アーキテクチャ

本手法では、LDAP の情報モデルをベースとして、図 4 のように、制御ネットワークの階層構造を、ディレクトリ・ツリーを用いて、論理的に表現する。

本手法では、制御ネットワークを構成する、パソコンとロボット、ライン装置、コンベア装置および各種制御機などの機器と、情報ネットワークとコントロールネットワークおよびフィールドネットワークなどのネットワークを一つのノードと捉える。図 4 の下図では、各ノ

ードを DEV#1 や ANET#1 のように矩形で表す。これら各ノードが、LDAP ディレクトリのオブジェクトに相当する。

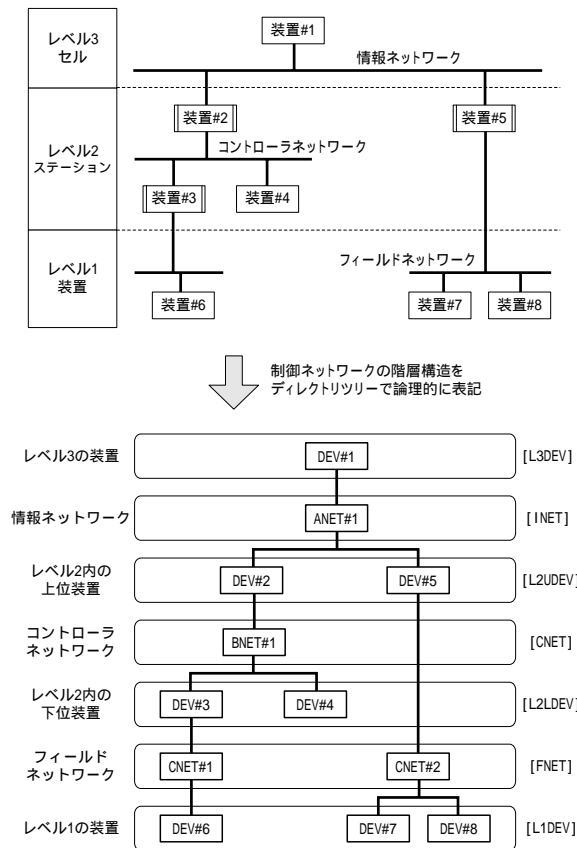


図 4 基本アーキテクチャ

また、3章で述べたように、制御ネットワークでは、各レベルのネットワークを区別できる必要がある。そのため、各ノードを、レベル毎に装置とネットワークに分割してグループ化する。そして、各グループを、表 2 のように、それぞれオブジェクトクラスとして定義して、システム内で一意のグループ名を付与する。

表 2 オブジェクトクラスの定義

オブジェクトクラス	グループ名
レベル 3 の機器	L3DEV
情報ネットワーク	INET
レベル 2 の機器(上位)	L2UDEV
コントローラネットワーク	CNET
レベル 2 の機器(下位)	L2LDEV
フィールドネットワーク	FNET
レベル 1 の機器	L1DEV

4.2.2. 名前情報

各機器の名前情報は、LDAP と同様に、レベルの下位から開始し、上位に向かって、通信の際に経由する順番に、「グループ名 = 機器の名称」を並べて文字列表記する。また、この名前情報の基準は、制御ネットワークの最上位であるレベル 3 の機器とする。

図 4 の例では、レベル 1 の装置#6 の名前情報は、「L1DEV=DEV#6, FNET=CNET#1, L2LDEV=DEV#3, CNET=BNET#1, L2UDEV=DEV#2, INET=ANET#1, L3DEV=DEV#1」となる。

このように、本手法では、名前情報に最上位機器までの経路を含むため、名前情報から制御ネットワーク内の各機器の配置を特定できる。そのため、故障により新規の機器に交換した場合でも、機器の名称さえ指定すれば、前の機器と同一環境で動作させることが可能になる。

4.3. アドレス情報の管理

本節では、4.1 節および 4.2 節で定義した識別番号と名前情報から構成されるアドレス情報の管理方法について説明する。

IP ネットワーク向けの構成管理ツールは、通常、定期的に機器の存在を確認して、その時点でのシステム構成に合わせて、画面表示を更新する方式を採用している。しかし、この方式では、構成管理ツールの新規立上げ時に、システム全体を把握するまでにかかなりの時間を要してしまう。また、制御ネットワーク向けの構成管理ツールは、制御ネットワークの任意の場所から使用できることを想定しており、それぞれの場所から同様の処理を行ってしまうと、制御ネットワークの帯域を圧迫することになりかねない。

そこで、本手法は、制御ネットワーク上のすべての中継機器およびゲートウェイ機器に、アドレス情報データベースとして、制御ネットワーク上のすべての機器のアドレス情報を共有して持たせる。以降、このアドレス情報データベースを共有する装置を「情報共有機器」と表

す。図5の例では、装置#2と装置#3および装置#5が情報共有機器に該当し、それぞれ、装置#1~#8のすべてのアドレス情報を保有する。

そして、これらの情報共有機器は、保有するアドレス情報に変化があった場合に交換し合っており、定常状態では同一のアドレス情報データベースを持つようにする。

このように、本手法では、同一のアドレス情報データベースを複数の機器に分散させることで、構成管理ツールを任意の場所から扱うことができる。また、構成管理ツール毎に行われるシステム全体を把握するために必要な通信の削減と立上げ時間の短縮を図る。

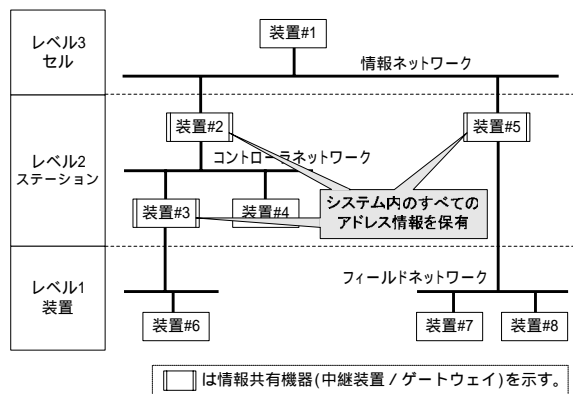


図5 アドレス情報の管理

4.4. アドレス情報の共有

LDAPは、一旦格納された情報に対する検索系のアクセスがほとんどであり、サーバ間での情報更新という機能はない。また、LDAPの元になったITU-T X.500[3]にはサーバ間の情報更新手順が規定されているが、X.500では、システム内にマスタとなるデータベースを保有する機器があり、その機器が唯一情報を更新できる形態であり、本手法とは想定が異なる。そのため、本手法では独自方式を採用する。

4.3節で述べたように、本手法では、すべての情報共有機器が保有するアドレス情報データベースが同一であることが前提である。例えば、同期を取るために、定期的に行われる情報交換の手法がある。しかし、2章で述べたように、生産設備の構築後、ネットワークトポロジの変

化がほとんど発生しないため、定期的に行われる情報交換が、制御ネットワークの帯域を浪費し、生産システムにおいて重要である工程情報やコントローラ間の制御情報などの通信を邪魔してしまう恐れがある。

そこで、本手法では、図6のように、情報共有機器は、自身の保有するアドレス情報に変更があった場合には、主導的に、隣接する情報共有機器に対して、そのアドレス情報を渡して、アドレス情報データベースの同期をとる。

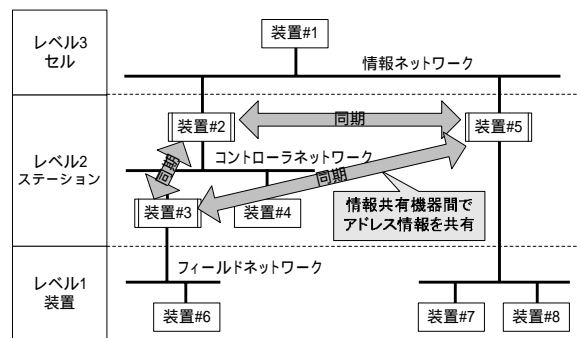


図6 アドレス情報の共有

この時、情報共有機器間では、図7のように、3フェーズの手順で、アドレス情報を受け渡す。

アドレス情報に変更があった情報共有機器は、その旨を、隣接する情報共有機器に通知する。

変更通知を受けた情報共有機器は、変更通知を行った情報共有機器に、変更のあったアドレス情報を要求する。

要求を受けた情報共有機器は、要求されたアドレス情報を応答する。

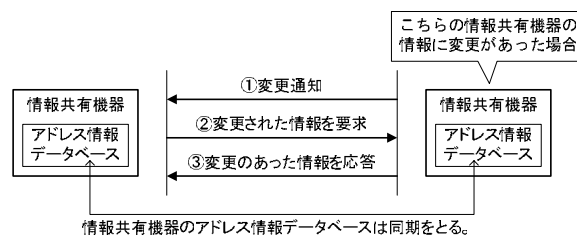


図7 情報共有機器間での情報交換

4.5. アドレス情報のアクセス制御

本手法では、アドレス情報データベースへのアクセスプロセスとして、アドレス情報の集

合が必要なケースと，一つのアドレス情報のみ必要なケースの2種類用意する．

4.5.1. 構成管理ツールによる画面表示の場合

上位層のシステムや制御ネットワーク内の端末や表示器においてシステム構成を画面表示する際には，構成管理ツールは，システム内のすべてのアドレス情報が必要になる．

しかし，LDAP には，データベースから情報を一括取得する手段が用意されていないため，個々に収集することになり手間がかかる．

そこで，本手法では，情報共有機器からアドレス情報を一括収集できる独自方式を採用する．本手法の処理概要を図8に示す．

構成管理ツールは，最も近くの情報共有機器に，アドレス情報を一括要求する．情報共有機器は，要求を受けると，保有するアドレス情報の個数を通知する．

情報共有機器は，に引き続いて，すべてのアドレス情報を送信する．

構成管理ツールは，受け取ったアドレス情報の個数を，情報共有機器へ報告する．構成管理ツールは，アドレス情報内の名前情報から，各機器の配置を特定して，システム構成図を画面表示する．

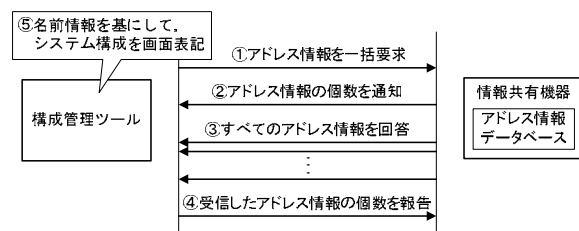


図8 構成管理ツールによる画面表示の例

4.5.2. 機器間の通信の場合

制御ネットワーク内の機器同士で通信する際，通信相手の位置が分からない場合，通信元は，図9のように，LDAP を利用して，個別に情報共有機器にアドレス情報を問い合わせる．この時，通信元の機器は LDAP クライアント，情報共有機器は LDAP サーバとして動作する．

通信元の機器は，最も近くの情報共有機器に問い合わせる．

情報共有機器は，問い合わせのあった機器のアドレス情報を返信する．

通信元の機器は，この返信されたアドレス情報を基にして通信する．

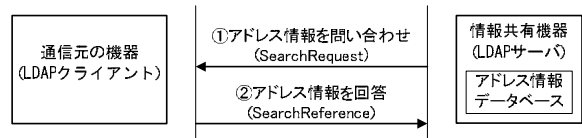


図9 機器間の通信の例

5. おわりに

本研究では，生産システムの制御ネットワークを一元的に運用・管理できる構成管理手法を検討している．本論文では，制御ネットワーク向けの構成管理を実現するために必要な，アドレス情報の定義，および，アドレス情報の管理手法について提案した．

本手法を用いることで，工程情報や制御情報など重要な情報の通信への影響を少なくし，かつ，任意の場所から構成管理ツールを扱うことができる．また，アドレス情報から，各機器の配置を特定でき，機器を交換した場合にも同一環境に容易に戻すことができる．そのため，制御ネットワークへの適用が可能である．

今後は，ループ型ネットワークや，制御ネットワークの最上位機器が複数存在する場合など，より複雑な形状について検討を進める．また，実験システムでの試作検証により本方式の効果について確認する予定である．

参考文献

- [1] 松家英雄：CIMの現状 - 製造システム，情報処理学会，Vol.33，No.3，pp.230-239 (1992)
- [2] RFC2251, "Lightweight Directory Access Protocol (v3)", 1997
- [3] ITU-T Recommendation X.500, "The Directory: Overview of concepts, models and services", 02/2001