

# 通信ネットワークのトポロジーとその安全性

機械制御技術部 生産システムチーム 宮澤 以鋼

産業用通信ネットワークの普及により、生産システムの安全性はコントローラ依存からネットワーク依存にシフトしつつある。本稿では、産業用通信ネットワークのトポロジーを中心に考察し、その安全性を高める手法として何が考えられるかについて私見を述べる。

キーワード：生産システム、通信、ネットワーク、ネットワークトポロジー、安全性

## 1 はじめに

生産システムの安全性は、一般にそのコントローラの安全性とシステムを構成するセーフティコンポーネントの安全性によって決定される。しかし、近年においては、通信ネットワークが普及し、ネットワークがシステムに与える安全性への影響は増大している。さらに、コントローラレベルだけでなく、フィールドにおいてもネットワークが普通に使用されるようになったため、生産システムの安全性はネットワークの安全性に大きく依存するようになってきた。本稿では、このような背景において、産業用通信ネットワークのトポロジーを中心に考察し、ネットワークの安全性を高める手法について述べる。

## 2 ネットワークトポロジー

ネットワークトポロジーとは、ネットワークによるコンピュータの接続形態のことである。ネットワークは基本的にノード（コンピュータやコントローラ等の端末）と線（通信ケーブル）との接続である。

もっとも単純なトポロジーは1本の専用線による2台の端末同士の接続である。専用線型ネットワークのノードの1つを集線装置とし、他のノードはすべてこの集線装置との直接接続によるトポロジーはスター型と呼ばれる。さらに、1本のオープンな通信ケーブルにすべての端末を接続する形態をバス型という。また、この通信ケーブルの両端を連結してクローズにしたものをリング型という。

専用線型、スター型、バス型、リング型はネットワークの基本トポロジーであるが、応用上はこれらの組み合わせが用いられ、また、ネットワークの物理層やデータリンク層のプロトコルもトポロジーの制約を受ける。

## 3 産業用ネットワーク

### 3.1 各種ネットワークトポロジーの長短

産業用ネットワークのトポロジーはほとんどバス型である。その理由はネットワークトポロジーの性質に依存して

いると考えられる。

特殊用途に限っては専用線型のネットワークも用いられるが、専用線型は目的を限定して使用するため、一般に拡張性を考えない。そのため、通信プロトコルも自由に決められ、通信のセキュリティが確保しやすい反面、複数ノードによる相互接続はコスト高になる。生産システムなどにおいては、ネットワークに多くのノードが含まれるので、専用線による相互接続は製品のコスト高に直結し、一般に採用されない。従来のリモート I/O など一種の専用線による接続で、現在はむしろ省配線のためにフィールドネットワークに置き換えられつつある。

スター型ネットワークは拡張性に優れているが、集線装置を使用するため、やはりコスト高になりがちで産業用としての例は多くない。また、リング型ネットワークはプロトコルの制約から、実時間性の要求される生産システムに適しておらず、実用例はあまり見られない。

### 3.2 産業用ネットワークのトポロジー

上述の理由により、近年の産業用ネットワークの多くはバス型を採用している。ここでフィールドネットワークとコントロールネットワークの二つの異なる層からそれぞれの実例を見ながらその特長について紹介する。

図1は日本発のフィールドネットワーク CC-Link の基本構成図である<sup>1)</sup>。CC-Link はコモンメモリ方式を採用しており、制御装置である PLC (Programmable Controller あるいは Programmable Logic Controller) はマスタ局となるリンクユニットを通してコモンメモリへ、各リモート局はそれぞれ割り当てられた特定の領域へアクセスできる。リンクユニットのマスタ局はリモート局1から最終局(最大で64局)まで順々に通信を行う。

同様に日本で開発された FL-net はイーサネットをベースにしているため、バス型のネットワークである。さらにイーサネットの UDP (User Datagram Protocol) を用いて、データ共有機能としてコモンメモリが実装できる。図2はデータ共有機能の例である<sup>2)</sup>。

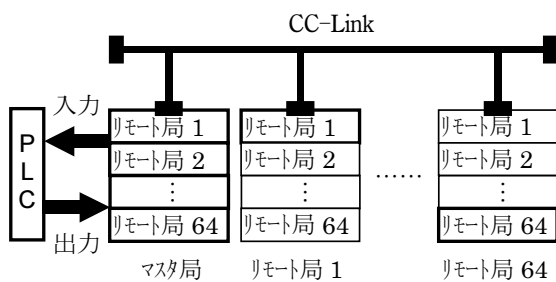


図1 CC-Linkの基本構成



図2 FL-netのデータ共有機能の例

### 3. 3 バス型ネットワークの特徴と信頼性

産業用ネットワークにおいては、高信頼性と低コストが同時に求められるのが現状である。ネットワークのコストの相当部分が通信ケーブルによって占められているため、1本の通信ケーブルで連結できるバス型がもっとも経済的である。

高信頼性の一つとしては、ネットワークにある一つのノードの不良による全体への影響が波及しないことが挙げられる。イーサネットに代表されるようなバス型ネットワークはノードが通信ケーブルにぶら下がる形で接続されているため、物理層におけるネットワークへの脱着が自由に行えると同時に、データリンク層以上においてもそれぞれのプロトコルによってネットワークからの離脱あるいはネットワークへの復列が自動で行われる。生産システムでいえば、1台の装置が故障しても全システムを停止させずに復旧させることが可能ということである。

FL-netは物理層にイーサネットをそのまま使用しているため、イーサネットと同様にノードのネットワークへの脱着が容易に行える。また、LAN (Local Area Network) におけるイーサネットの普及はネットワークのコストの低下をもたらしている。

CC-Linkは物理層にRS-485を使用しており、脱着可能な端子を使用すれば基本的に自由に脱着可能である。コスト面では、協会によってネットワークがオープン化されているため、開発などのコストは限定的である。

## 4 ネットワークの安全性

### 4. 1 従来のネットワークの安全性

高信頼性のネットワークはそのまま安全性も高いとはいえない。近年においてはシステムのコンポーネントだけでなく、システムそのものへの安全性への要求が高まっている。安全なシステムとはすなわち簡単に故障しないことと故障しても安全に止められることである。この何れの条件においてもシステムとしてのネットワークは最後まで機能していなければならないことを意味する。

これを実現する手法としてはネットワークの二重化が行われているが、多くの事例では二重化は必ずしも機能しないことが報告されている。特に外部による物理的被害を受けた事例では、同じ経路を使用する通信ケーブルの二重化は同時に機能不全に陥る比率が高い。また、ネットワークは広範に敷かれるため、一般の機械装置よりもむしろ被害をより受けやすいことも明らかになりつつある。

### 4. 2 異なるトポロジー導入の必要性

より安全なシステムを構築するためには既存のネットワークのトポロジーだけでは明らかに高コストになりがちである。ワイヤによるトポロジーは自ずと限界があり、システムのすべての故障や被害を想定できない限り想定外の状況では大きな損失を被ることになる。

より柔軟で低コストで対応できるネットワークは従来のネットワークと別に無線による新しいトポロジーの構築である。無線はワイヤによる制限がないため、電波の届く範囲内で考えられるネットワークのトポロジーの構成が可能である。しかも、故障時においては、自律的にグループ化する技術を導入すれば、一部だけの復活も可能である。無線技術の応用についてはこれからの課題としたい。

## 文 献

- 1) CLPA: “CC-Link仕様書 (概要, プロトコル編)”, CC-Link 協会, BTP-05026-D (2001).
- 2) JIS B 3521: “FA コントロールネットワーク標準—プロトコル仕様”, 日本規格協会 (2004).