

<研究発表>

監視制御システムの広域ネットワーク技術

高倉 正佳

株式会社明電舎 環境・社会事業部 営業技術部

(〒103-8515 東京都中央区日本橋箱崎町 36 番 2 号 E-mail: takakura-mas@mb.meidensha.co.jp)

概要

水処理プラントなどの監視制御システムの制御LANは、従来のベンダ独自仕様から、イーサネットへ急速に移行してきており、遠方監視制御システムなどの広域ネットワークにおいてもイーサネット技術が利用されるようになってきている。しかしながら、イーサネットを基本としたネットワーク形態は原則スター形であるため、伝送路の断線等の障害時には迂回経路がないシステムとなる。本稿では、遠方監視制御システムの信頼性向上を実現するためにイーサネットをループ形に接続した広域ネットワーク技術を紹介する。

キーワード: イーサネット、ループ、スイッチングハブ、冗長化、RTP

1. はじめに

従来の監視制御システムにおける通信プロトコルはベンダ独自のものが多かったが、近年はイーサネットへ急速に移行している。イーサネットは高速化・高機能化が進み、これまでテレコンなどで構築されてきた遠方監視制御システムなどの広域ネットワークにおいてもイーサネット技術が利用されるようになってきている。また、近年では、維持管理コストの縮減や市町村統合といった背景から、中央監視での集中監視制御による無人化、省人化が進められており、遠方監視制御システムは高信頼性が求められる。本稿では、遠方監視制御システムの信頼性向上を実現するためにイーサネットをループ形に接続した広域ネットワーク技術を紹介する。

2. 現状の監視制御システム

イーサネットは1990年代から国際標準化、オープン化が進んできた。当初は伝送路のトラフィックが増えると回線上のデータ衝突が頻発し、データ通信が保証できないという理由から、信頼性が求められる監視制御システムでは採用されるケースは少なかった。現在ではスイッチングハブ(SW-HUB)などの通信機器の高速化・高機能化が進み、信頼性が格段に高くなったため、各種プラントシステムにおいてもイーサネットを基本にしたシステムは広く普及してきている。Fig.1 にイーサネット技術を利用した基本システム構成を示す。イーサネットのネットワーク形態はスター形あるいは

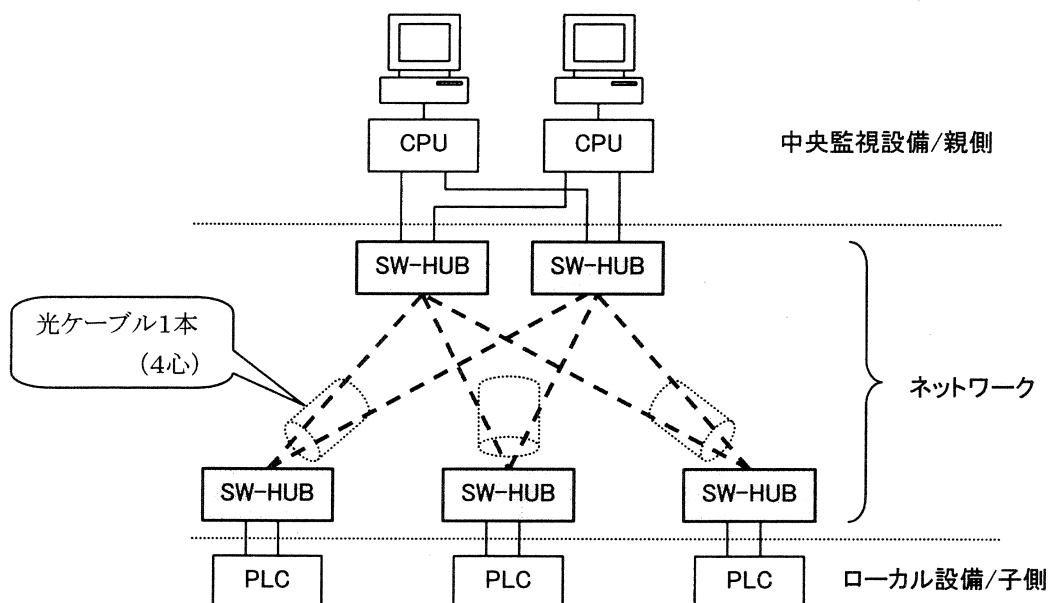


Fig.1 イーサネットの基本システム構成(スター形)

バス形であるため、ローカル設備や子側機場との接続は、図のような1対1の接続となる。監視制御システムの場合、信頼性の向上のため中央監視の装置を二重化しているケースが多いが、伝送路に関しては図のように一経路となり、迂回経路がなく、伝送路の障害時には制御が不能となってしまふ。

### 3. イーサネットのループ形監視制御システム

従来のベンダ独自の制御 LAN においては、ネットワークの信頼性向上として、障害時のループバック機能を有していた。現在、イーサネットを利用したシステムはオープン化の流れによりプラントシステムにおける制御 LAN においても広く普及されてきているが、信頼性という点からは、ベンダ独自の制御 LAN に劣る面があることも事実である。そこで、ネットワークの信頼性向上を実現するために、イーサネットのループ形接続を実現するスイッチングハブを適用した。Fig.2 にイーサネットのループ形システム構成を示す。

スイッチングハブをループ形に接続することで、迂回経路がある冗長化されたネットワークを構築することができる。この場合、伝送路断線などの異常時においても、各ローカル設備や子側機場には、右回りと左回りの二経路が存在するため、健全な経路においてデータ通信が行え、監視制御が可能となる。

通常、ループ形のネットワークにおけるスイッチングハブの迂回方式としては、スパニングツリープロトコル (STP) や高速スパニングツリープロトコル (RSTP) が一般的であるが、迂回時間に数秒から数分という時間が必要となる。そこで、独自に開発した改良型スパニングツリープロトコル (RTP) を実装することにより、1 秒以内での迂回処理を実現し、高信頼性な監視制御システムの構築を可能とした。Table.1 にスイッチングハブにおける迂回方式の比較表を示す。改良型スパニングツリープロトコルではネットワークをループ形に限定することによって、スパニングツリーアルゴリズムの最適化を図り、1 秒以内での迂回処理を可能としている。

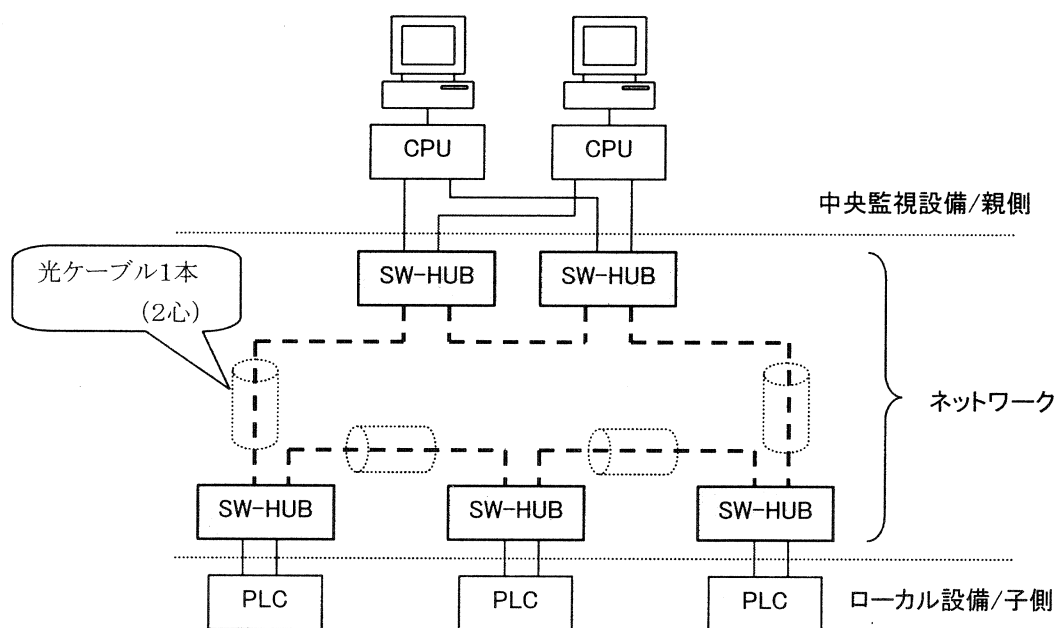


Fig.2 イーサネットのループ形システム構成

Table.1 スwitchングハブの迂回方式

迂回方式	スパニングツリー (STP)	ラピッドスパニングツリー (RSTP)	改良型スパニングツリー (RTP)
標準規格	IEEE802.1d	IEEE802.1w	独自プロトコル
迂回処理時間	十秒～数十秒 程度	数秒～十数秒 程度	1 秒以内
備考	時間は装置台数により異なる	時間は装置台数により異なる	ループ形に限定 (最大 32 ノード)

## 4. スイッチングハブの機能

プラントの監視制御システムにおけるスイッチングハブは制御LANや遠方監視制御システムの通信装置として非常に重要な役割を担う。そのような高信頼性が要求されるネットワークを構築するために、従来の情報通信系分野で使用されているスイッチングハブには無い機能を付加した産業用スイッチングハブを適用した。以下にスイッチングハブの主な特徴を挙げる。

### 4.1 耐環境性

情報系分野などのオフィスへの設置に比較して設置環境が悪く、停止が許されないため、冷却ファンを使用せず、0~55℃の広い動作温度範囲に対応している。また、電力機器の近傍に設置される場合もあるため、ノイズ耐性の強化、高耐圧化を図っている。

### 4.2 高信頼性

シンプルな構成で部品点数を少なくし、低故障率を実現している。更に、電源部に使用する電解コンデンサに長寿命品を使用することで、機器の長寿命化を図っている。

また、装置の停止、回線障害に対応するため、共通部である装置電源の二重化を可能としている。

### 4.3 RAS機能の充実

SNMPによるネットワーク管理機能、ポートモニタリング機能、障害情報ログ機能などを実装し、ネットワーク監視、障害切り分けの容易化を図っている。また、自己診断機能として装置異常・回線異常時には警報接点を外部出力することができる。

### 4.4 インテリジェント機能

ポートベース及びタグベースの packets 優先制御をサポートし、リアルタイム性を要求されるデータに対して優先制御動作を行う。また、VLAN機能をサポートし、閉じたネットワークを構築することが可能となる。

### 4.5 長距離伝送機能

遠方監視制御システムのような広域ネットワークにおいても対応可能なように、長距離対応のシングルモード光ファイバの光送受信機を採用し、最大40kmの伝送を可能としている。長距離化の実現により、光伝送路の途中の中継装置などが不要となり、伝送路の高信頼性を実現している。

### 4.6 迂回機能

ネットワークの信頼性を向上させる目的で、伝送路の障害発生時の高速迂回機能を実装している。スパニングツリープロトコルでの一般的な迂回機能の場合、障害検出と

経路の再構築に相当な時間を要することとなり、制御LANや遠方監視制御システムなどの信頼性が要求されるネットワークには適応できない場合がある。そこで、ネットワークをループ形に限定した改良型スパニングツリープロトコルにより、1秒以内という高速な迂回処理を実現した。

Fig.3 に伝送路障害時の迂回処理の模式図を示す。

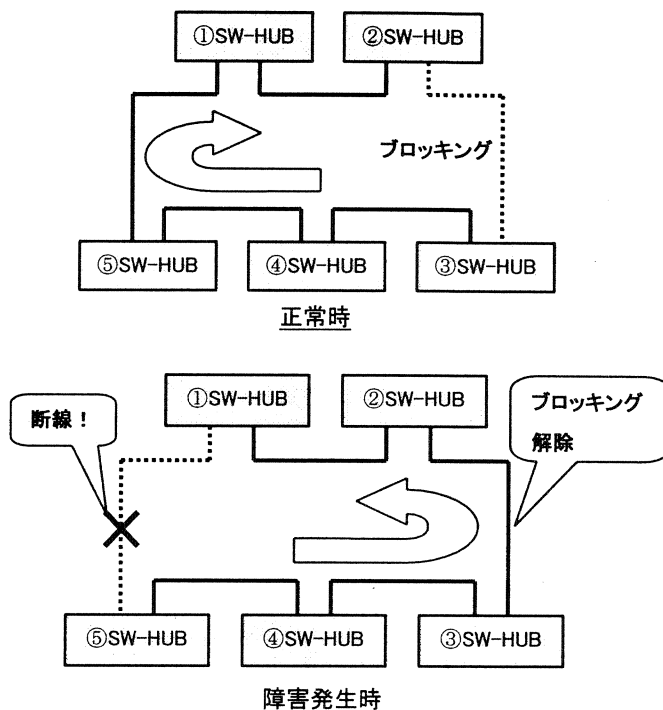


Fig.3 伝送路障害時の迂回処理

#### (1) 正常時

イーサネットのループ形ネットワークは、データが無限に循環することを防ぐために、スパニングツリープロトコルにて特定のスイッチングハブ間の伝送を遮断する。模式図では、②と③のノード間がブロッキングされており、データ通信は右回りの経路で行われていることになる。

#### (2) 障害発生時の迂回

通常のスパニングツリープロトコルでは、断線検出をノード間の制御情報の送受信にて検出しているが、改良型スパニングツリーでは、ハードウェアによる断線検出機構を併用して検出している。したがって、障害検出時間を短時間に行うことが可能となる。模式図の①と⑤のノード間の光ケーブルに断線が発生した場合、①と⑤のスイッチングハブにより断線を瞬時に検知し、各ノードへ経路情報の再構築を通知する。経路情報の変更に伴い、正常時のブロッキング区間を解除し、断線発生区間をブロッキングすることで迂回経路が再構築される。模式図では、②と③のノード間のブロッキングを解除し、①と⑤のノード間をブロッキングすることで、データ通信は左回りの経路に変更される。改良型スパニングツリーではネットワークをループ形に限定することで、経路情報の通知、ブロッキング解除といった経路再構築までの時間を大幅に短縮している。

## 5. 下水道広域ネットワークへの適用例

Fig.4 に、適用例として下水処理場からポンプ所の遠方監視を行った広域ネットワークのシステム構成を示す。下水処理場と各ポンプ所間を自営光ケーブルにて接続し、ギガビットイーサネットの高速光ネットワークを構築した。ネットワークは制御系ネットワークと映像・音声系ネットワークの2つを構築し、制御系ネットワークにおいては、処理場側の通信装置を二重化することで信頼性を高めている。また、重要度の高い制御データ通信に影響が及ぼさないように、2つのネットワークを完全に分離した。24 時間稼動で停止が許されない下水処理設備の運用において、十分な信頼性を得たシステムを構築することができた。

## 6. まとめ

水処理プラントなどの遠方監視制御システムの信頼性向上を実現するためにイーサネットをループ形に接続した広域ネットワーク技術を報告した。一般的なイーサネットを利用したネットワークに対し、「ループ形ネットワークによる迂回経路の確保」、「伝送路異常時の高速迂回処理」という2つの機能を付加することで、信頼性の高いネットワークを構築することができた。

今後、監視制御システムにおけるイーサネットの適用は広がると考えられる。ネットワーク構築にあたり、より高信頼性、より高機能なシステムを目指していく所存である。

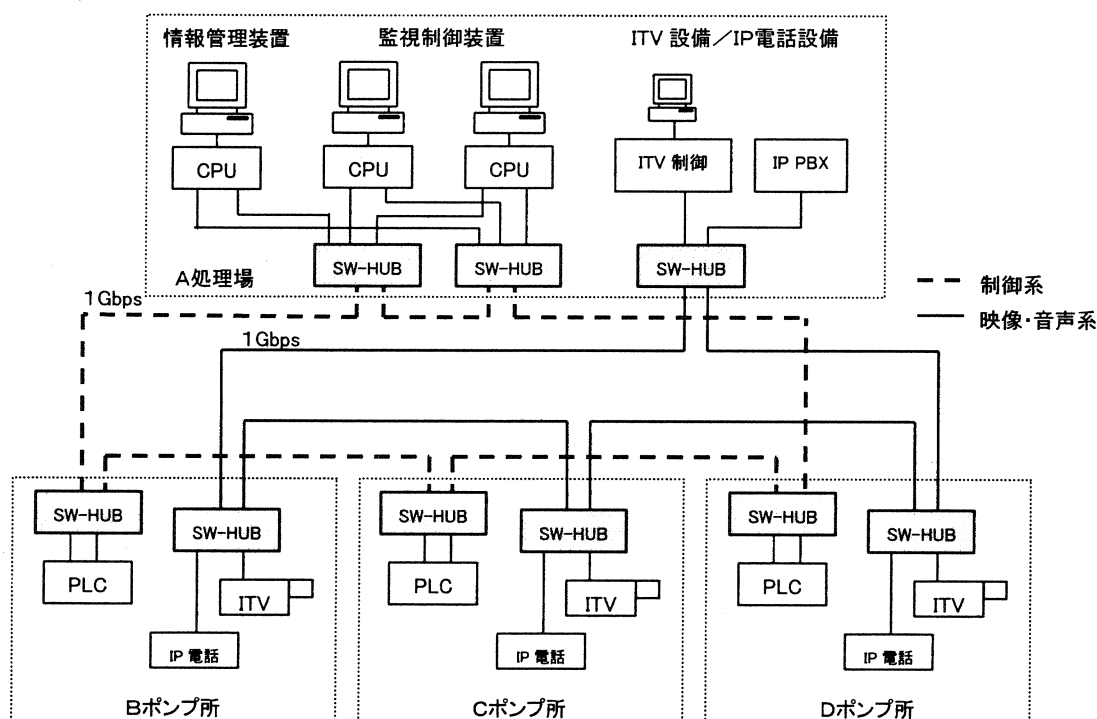


Fig.4 遠方監視制御の広域ネットワーク