

監視制御システムとスイッチングハブ機能

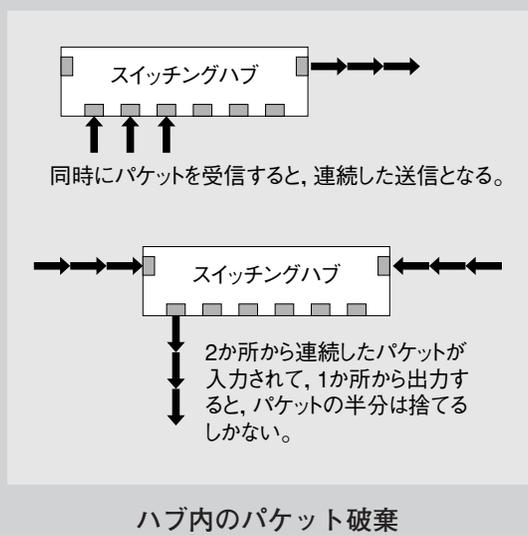
🔊 監視制御システム、通信機器、スイッチングハブ、迂回制御

* 立石 靖 Yasushi Tateishi

概要

メイスウェイ
MEISWAY SW/TWシリーズは、電力・プラント・交通・産業などの高信頼性・耐環境性が要求される市場に最適な産業用スイッチングハブである。

監視制御のように多数の機器が接続されて情報が集中するネットワークでは、複雑な問題を発生させる可能性がある。例えば各装置が同時に送信するだけで、パケットは集中し一部は破棄されることがある。通常、上位プロトコルにより再送信されるが、監視制御では時間的な余裕が限られている。そのためネットワーク設計ではスイッチングハブの機能を使用し、各種問題を回避あるいは軽減することを検討しなければならない。



1. ま え が き

監視制御システムは、遠方あるいは広範囲に存在する機器を集中的に接続し、状況把握と制御を行うシステムである。システムにおいて通信機能は主要機能であり、長期間にわたり安定動作が求められる。

通信路にEthernetを適用すると、部品と通信プロトコルが共通化され、コストダウンができ拡張性も高くなる。しかし、到達性を保証していた従来ネットワークと違いEthernetは通信パケットが到達しない場合があることを前提としている。このためシステム設計で考慮すべき問題が多く存在する。その問題の解決は、プロトコル設計と通信機器（ハブ）が持つ各種機能を利用することで回避あるいは軽減することができる。

本稿では、当社の産業用L2スイッチングハブ

*製品開発部

メイスウェイ
MEISWAY SW900・SW200, L3スイッチングハブ MEISWAY TW700・TW900・TW200の機能について紹介する。

2. ロードマップ

第1図にスイッチングハブ製品のロードマップを示す。また第2図に示すSW900と第3図に示すSW200は、全ポートをギガビット対応とし、スイッチング性能の強化が行われた。またSW200は8ポートの小形ハブであり、DINレール実装に対応しDC24V電源で動作する。L3スイッチは、TW700に加えてTW900・TW200を開発中である。第1表に製品仕様を示す。

3. Ethernet適用の問題点

監視制御システムにEthernetを適用したとき、他の伝送と異なるのは、伝送帯域の設計が難しい

	2002	2003	2004	2005	2010	2012
L3 スイッチングハブ				TW700 		TW900  TW200 
L2 スイッチングハブ	SW700  SW2000 	SW4000  SW500 	SW800 		SW900  SW200 	

第1図 スwitchングハブの製品ロードマップ

高信頼性・耐環境性に加えて、通信速度の高速化とL3スイッチ製品化を進めている。



第2図 L2スイッチングハブ MEISWAY SW900

24ポート・ギガビットインタフェースを搭載。ループ構成による回線の冗長化機能により柔軟なギガビット・ネットワークが構成可能である。



第3図 L2スイッチングハブ MEISWAY SW200

DC24V電源で動作、DINレール対応である。

ところにある。他の伝送は設計したタイミングと伝送量で送信し、通信異常を考慮して相手へ確実に伝文を伝える設計であった。しかしながら、

Ethernetでは送信パケットが相手に到達できない場合があることを前提とする伝送方式である。そのため送信元から受信先まで、どこでもパケットが失われる可能性がある。

技術の進歩による伝送速度の高速化とハブのスイッチ機能は、伝送性能を飛躍的に向上させた。しかし、次の(1)から(4)に示す状況下では、瞬間的な通信負荷によってハブ内のバッファが不足し、パケットの破棄が発生する可能性がある。

- (1) 遅い通信路がある。
- (2) 通信経路上にパケットが集中する部分がある。
- (3) ブロードキャスト・マルチキャストによるパケットの拡散が多い。
- (4) 片方向通信でMAC学習ができずフラディングされるパケットが多い。

4. スwitchングハブの機能

4.1 インタフェース

通信は高速になるほど応答性が良くなり、低速な部分がシステム全体の伝送効率を低下させる問題を改善する。しかし、必ずしも高速とすれば良いわけではない。概要図に示すように、ハブの入力と出力のバランスが崩れた状態ではパケットが破棄される。そこで入力側を1Gbpsから100Mbpsに変更すると時間あたりの伝送量が抑えられ、高速側に与える負荷は1/10となる。高速側には空き時間ができるので、他の瞬間的な伝送負荷に対する余裕ができる。

監視制御をはじめ数多くのシステムでは、上位に向かって情報が集中する構成が多く、下位側をより低速にすると問題が解決できる場合がある。ただし上位側から下位側への通信は、送信側でパケット間隔を広くするなどの工夫が必要となる。

豊富なインタフェースは、設計上の適用範囲を広げる。SW900・SW200は固定設定のほか、オートネゴシエーションでは10Mbpsや100Mbpsに限定させることができる。

SW/TWシリーズのインタフェースは、ツイストペア線の場合、10BASE-T・100BASE-TX・



第1表 SW900・SW200・TW700・TW900・TW200の製品仕様

TW900・TW200はSW900・SW200と同じインタフェースを持ち、従来TW700より性能が強化されたL3スイッチングハブである。

項目	仕様	備考	項目	仕様	備考	
スイッチエンジン仕様	24ポート 10/100/1000Mbps対応 CPU・周辺内蔵		ネットワーク機能	ネットワーク管理 (SNMP・MIB)	SNMPv1 (RFC1157準拠), MIBII (RFC1213準拠) Bridge MIB (一部対応) SNMP-trap (遅延送信可能)	
ポート構成	10/100/1000BASE-T/×24ポート SW200・TW200は8ポート (2ポートはSFPスロットとのコンポポート)	使用コネクタ: RJ-45 シールド付きUTP対応 伝送状態表示LED内蔵タイプ Auto MDI/MDIX対応 (禁止設定可)		ネットワーク運用 (telnet・http)	telnetによるネットワークログイン httpによるファームウェアリモート書き換え	
	SFPスロット×2	100BASE-FX×2ポート		使用コネクタ: LCタイプ マルチモードファイバ(MMF)対応 シングルモードファイバ(SMF)対応	VLAN	IEEE802.1Q準拠 ポート/タグベースVLAN 最大グループ数: 256
		1000BASE-LX×2ポート 又は 1000BASE-BX×2ポート		使用コネクタ: LCタイプ SMF対応 SMF長距離対応 (TW700・SW900はBX未対応)	マルチキャスト対応	IGMPスヌーピング (IGMPv1及びIGMPv2)に 対応 PIM-SM対応 (L3のみ)
	設定用シリアルポート×1ポート	EIA/TIA-232-E準拠Dsub9極			フロー制御	IEEE802.3x: 全二重, バックプレッシャ: 半二重
ネットワーク機能	L2スイッチ機能	—		ストーム抑止機能	設定により, ブロードキャスト及びマルチキャスト, 宛先不明ユニキャストの破棄が可能	
	障害発生時の迂回機能 (標準) ループ又はメッシュ構成	スパニングツリープロトコル (IEEE802.1D) 高速スパニングツリープロトコル (IEEE802.1W)		アクセスリスト (L3のみ)	アクセスリストによるパケットフィルタリング MACアドレスフィルタリング (上記ACLを含む)	
	障害発生時の迂回機能 (独自仕様) 改良形スパニングツリープロトコル (RTP) 光ポートによるループ構成	障害発生時の迂回処理時間: 1秒以内 ・構成ノードが全てRTP対応機種であること		ポートミラーリング	任意ポートのトラフィックモニタリングが可能	
	経路制御 (L3のみ)	Static, RIP, OSPF, PIM-SM		立ち上げ自己診断機能	立ち上がり時+運用時共に実行	
	パケット優先制御	IEEE802.1P準拠 TW700のみポート単位に4レベル, 他のハブは8レベルの送信キュー		障害情報フリーズ機能	情報はフラッシュメモリに保存	
			RAS機能	設定値の保存・書き込み機能	http及びコンソール経由 (zmodem) による	
				ファームウェアのリモート書き換え	http及びコンソール経由 (zmodem) による	

1000BASE-T (全ポートギガ対応は, SW900・SW200・TW900・TW200) である。

光ファイバーは, 100BASE-FX (MMF・SMF)・1000BASE-LX・1000BASE-BXである。

4.2 アクセス制御

重要な監視制御システムは外部通信が不要であるため, 物理的に閉じたシステムとし不正な侵入を防いでいる。しかし国内外のシステムにおいて, 完全に閉じたシステムにできず侵入されて障害が発生する事例が見られる。今後は, 状況に応じた対策が必要になると考えられる。

L3スイッチが持つアクセス制御は, MACアドレス・IPアドレス・ポート番号などの条件を設定し, パケットの通過・破棄を行う機能である。決められたパケットのみを伝送し, 不正な通信を排除することができる。

上記はセキュリティ対策が目的であるが通信負

荷問題の対策にも使用できる。不要パケットの破棄は通信負荷の軽減につながる。アクセス制御は, L3スイッチに実装されている。

4.3 優先度制御

現在のEthernetでは瞬間的にパケットが集中するとパケットが破棄されることがある。破棄は受信タイミングに依存しており, 監視制御で重要なパケットが破棄されると影響が大きい。

優先度制御は, ハブ内で指定したパケットを優先して送信する機能である。結果的に優先度が低いパケットが先に破棄されて, システムにおける影響を小さくすることができる。一般の情報システムでは映像や音声は, リアルタイム性が要求されるので優先度を高くすることが多い。監視制御では支障が少ないため低い設定とする。

4.4 長期間の安定運用と障害調査

ハブの主な用途である監視制御システムでは,

第2表 SW900・SW200の環境仕様

電解コンデンサに長寿命部品を適用。またファンレスのため保守部品は不要である。

動作周囲温度	0~55℃(ファンレス)
保存周囲温度	-20~70℃
耐振動	5.9m/s ² (0.6G) 1000min ⁻¹
耐環境処理	搭載プリント板のコーティングを実施
絶縁耐圧	AC2000V 1分間
絶縁抵抗(電源1次-FG)	DC500V 5MΩ以上
対応規格	B-402規格
電源インパルス	方形波インパルスノイズ1μs, 50ns 2.0kV 周期55Hz
静電気ノイズ	接触6kV 気中8kV
寿命	ファンレス, 10年間の無保守稼働が可能

24時間連続運転が必須条件であり、寿命を考慮した設計が行われている。ファンを使用せず空冷とし、電解コンデンサなどの部品選定も寿命を考慮している。以前は筐体を大きくして冷却したが、最近では部品の消費電力が低減できたため、小形化と長寿命が実現できた。また、現場ではガス・粉じんも故障の原因となるため、基板にコーティングを行うなどの対策を行うことで長寿命化を実現している。

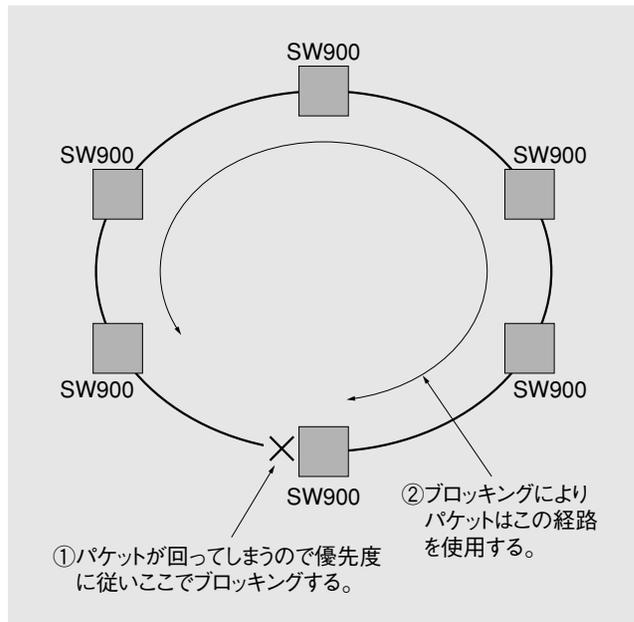
当社製ハブ製品は、SNMP (Simple Network Management Protocol) などの監視機構及びログ機能を活用することで、障害発生時の履歴調査ができ、長期間の運用をサポートしている。第2表にSW900・SW200の環境仕様の一部を示す。

4.5 ネットワークの障害迂回機能

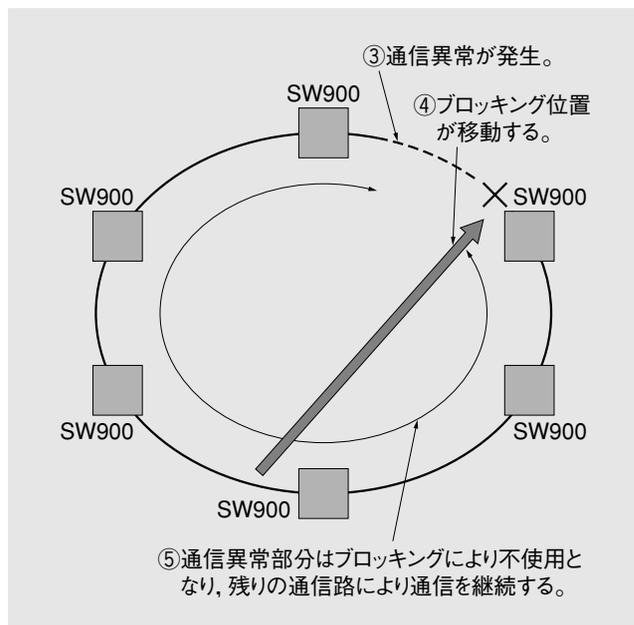
経年劣化や外的な要因により、ハブ本体や通信路が故障する場合がある。このとき自動的に故障部分を迂回して通信できれば、故障の影響を受けず監視制御を継続できる。

Ethernetは通常スター形で構成され、冗長性を持たせるときはメッシュあるいはリング形とする。このとき迂回制御が必要である。迂回するケーブルを同じ場所へ敷設すると、同じ原因で障害が発生する可能性がある。またメッシュ形は冗長性が高いが、ケーブル敷設が大量となる。ケーブル敷設と回線の冗長性を考慮するリング形を適用することが多い。

迂回プロトコルはSTP (Spanning Tree Protocol) (IEEE802.1D) とRSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) (IEEE802.1w) が標準規格である。し



第4図 通信が正常であるときのRTP動作
ネットワークをループ形に接続するとパケットが永久に回り続けてしまうため、どこか1か所をブロックする必要がある。



第5図 通信が異常であるときのRTP動作
ループ上の通信路あるいはハブが故障したとき、通信異常の部分にブロックが移動する。故障区間が1か所までなら通信を継続できる。

かし迂回完了まで長い時間を必要とするため、監視制御へ適用することが難しい。

当社独自の方法であるRTPは、迂回完了を短時間で実現するプロトコルである(リング形のみ対応)。

第4図は通信路が正常時の動作であり、優先度に従い1か所閉鎖され、パケットはバス形の経路で流れる。第5図は通信路が異常時の動作であり、

短時間で通信異常の位置へ閉鎖位置が移動し、残った正常な区間で通信を継続することができる。

迂回完了にかかる時間は、実力値0.5秒である。リング形とRTPを使用すると監視制御へ障害迂回機能を適用できる。

4.6 VLAN機能

通常、ハブは全ポートの間で通信する1つのネットワークである。物理的には、同一のハード上で複数個のネットワークに分割する機能がVLANである。

L2スイッチでは複数のVLANを構成することができるが、VLAN間の通信はできない。L3スイッチのIPルーティング機能は、VLAN間通信ができる。

4.7 IPルーティング機能

ネットワークの分割は、接続する台数が増えたとき、上位下位の管理上の区分け、あるいは別の場所・異なる組織を管理するときに行われる。分割すると通常のL2スイッチではネットワーク間を通信できないため、L3スイッチによるルーティングが必要である。

分割は管理上だけではなく、ブロードキャストの影響範囲を限定及び障害の範囲を限定する効果がある。

L3スイッチのルーティングプロトコルは、Static・RIP・OSPF・PIM-SMに対応する。ルーティングは、ハードウェアによる処理であり高速

である。

PIM-SMは、マルチキャストのルーティングプロトコルである。映像や音声などのマルチキャストパケットを聴衆する装置へ効率良く配信し、他の装置やネットワークに対して通信による影響を改善する。ルーティングは、障害迂回機能であるRTPと組み合わせて使用することができる。

5. む す び

監視制御システムのネットワークにEthernetが適用されてから約15年が経過した。しかし各種問題に対し完全な解決には至っていない。

処理能力・障害迂回機能の高速化・故障部位の判定機能・帯域制御について更なる機能向上を行い、監視制御の信頼性向上と長期安定運用に貢献していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



立石 靖 Yasushi Tateishi
スイッチングハブの開発に従事