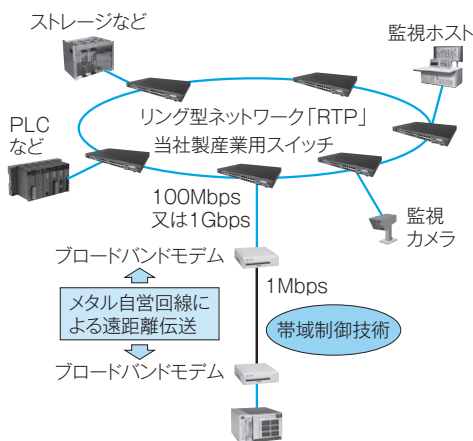


ロバストスイッチ関連技術

小野一史 Kazushi Ono
大黒達也 Tatsuya Okuro
立石 靖 Yasushi Tateishi

キーワード ロバストスイッチ, 産業用スイッチ, 精密時刻同期, 帯域制御

概要



スイッチ製品のシステム適用例

インフラを支えている産業システムを人間に例えると、ネットワークは神経系である。健康な人間が体内の神経系を意識することがないように、通常はネットワークを意識することさえないが、ひとたび障害が発生すると、その影響はシステム全体に及ぶことがあり、ネットワーク機器の信頼性に対する要求はますます厳しく高度なものになってきている。

当社では、このような背景から産業用ネットワークに提供するため、「止まることがない」・「情報が欠落することがない」・「情報が遅れることがない」スイッチ製品を「ロバストスイッチ」という概念で提唱し、産業用スイッチングハブを開発・製造している。

1 まえがき

産業用ネットワークに求められる責務は、制御情報・画像情報・音声情報などを遅滞なく正確に伝えることである。これらの責務に対し、当社では以下に示す3項目の実現が必要と考える

- (1) 停止することなく動作を維持 ネットワーク機器及び回線は24時間停止や性能低下を起こすことなく通信を維持
- (2) 欠落のない情報通信 産業用システムでは、厳しい環境要因（ノイズ・温度などによる外乱）に影響を受けることなく正しい情報のみ通信
- (3) 遅延のない伝送 ネットワークを構成する通信回線は、伝送距離・通信帯域・運用形態などの通信条件が大きく変化しても、欠落・遅延なく通信が可能

当社では、産業用ネットワークの一端を担う産業

用スイッチングハブを開発・製造しており、産業用スイッチングハブを通し、先に挙げた3項目を産業用スイッチングハブ ^{メイスウェイ} MEISWAY SW600（以下、SW600）で実現した。本稿では、当社のスイッチングハブを紹介する。

2 同時性の確保

当社の産業用スイッチングハブは、前項で定義した産業用ネットワークに求められる責務に加え、「同時性確保」という概念を新たに取り入れる。

産業用システムでは、「同じ時間帯に同じ事象を捉える」、「制御対象機器を同じ時間精度で動作させる」という要求は高い。例えば電力系統保護システムは、点在する変電所など拠点の電流情報をマイクロ秒精度で同時取得することで成立している。また、FA機器で工作機械ラインを効率よく運用する

ためには、時刻制御が必要不可欠である。

従来、これらの情報制御は専用機器によって取得・制御されてきた。これらを「精密時刻同期 (PTP)」という技術をネットワーク機器に実装することで、特殊な関連装置を大規模に取り入れることなく実現できる。

3 ロバストスイッチ

当社では、インフラストラクチャを支えることができる耐環境性及び堅ろう性に優れたネットワークシステムに適用できる産業用スイッチングハブ製品として、前述した3つの条件を備えた製品群を2015年以降、「ロバスト (堅ろうな) スイッチ」というコンセプトの下、製品を開発してきた。第1表にロバストスイッチの概要を示す。

一般的なLAN製品とは異なる産業用途向け製品として提供することで、基幹インフラストラクチャのネットワークに必須な高い信頼性を維持し続けることを目標としている。以下にロバストスイッチを実現するための重要な技術要素を紹介する。

第1表 ロバストスイッチの概要

産業用スイッチ製品「ロバストスイッチ」に対する必要要件を示す。

実現内容	実現すべき項目	実現方法	
ハードウェアの堅ろう設計 (耐環境設計)	ノイズ環境対策	ノイズ対策部品の採用 ノイズ対策設計 (構造・電気設計)	コストによって実現
	環境対策 (温度)	インダストリアル部品の採用 高信頼性部品の採用	
	環境対策 (腐食)	耐硫化部品の採用 腐食部位の保護・密閉化	
	冗長化 (電源)	二重化・稼働中メンテナンス	
通信データの健全性確保 (パケットのロスレス化)	冗長化 (回線・通信)	ループ回線による迂回機能 迂回機能の高速化 (ロスタイムの縮小) 回線の二重化 (リダンダント構成)	スイッチ機能によって実現
	優先制御	優先度による帯域確保 (帯域制御)	
	環境対策 (温度)	低消費電力化	
制御の安定化	精密時刻同期	IEEE1588対応デバイスの採用	

3.1 ネットワーク冗長化

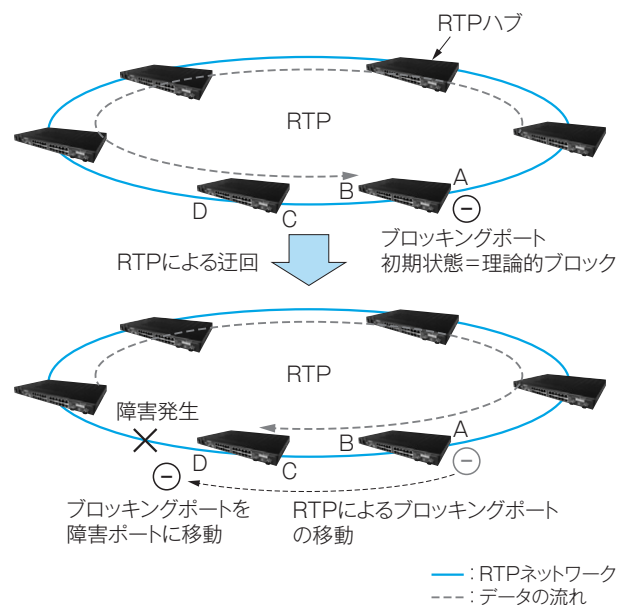
産業用ネットワーク製品では、発生し得る外乱からネットワーク接続を維持することが重要である。当社はネットワークを二重化して冗長性を確保し、通信を維持する。

第1図に当社リング型ネットワークの改良形式パニングツリープロトコル (RTP) の動作を示す。リング型ネットワークは、あらかじめブロッキングポートを設定しておくことでループを防止し、障害発生時にはブロッキングポートを障害部位に移動 (迂回) することで通信を継続する。当社スイッチングハブ製品に実装される RTP 機能は、開発当初からの迂回時間 (通信が途絶える時間) の短縮を図っており、最新版では50~200msで迂回処理を完了させる。この性能は、最大構成である32ノードでも保証された値である。

3.2 PTP機能

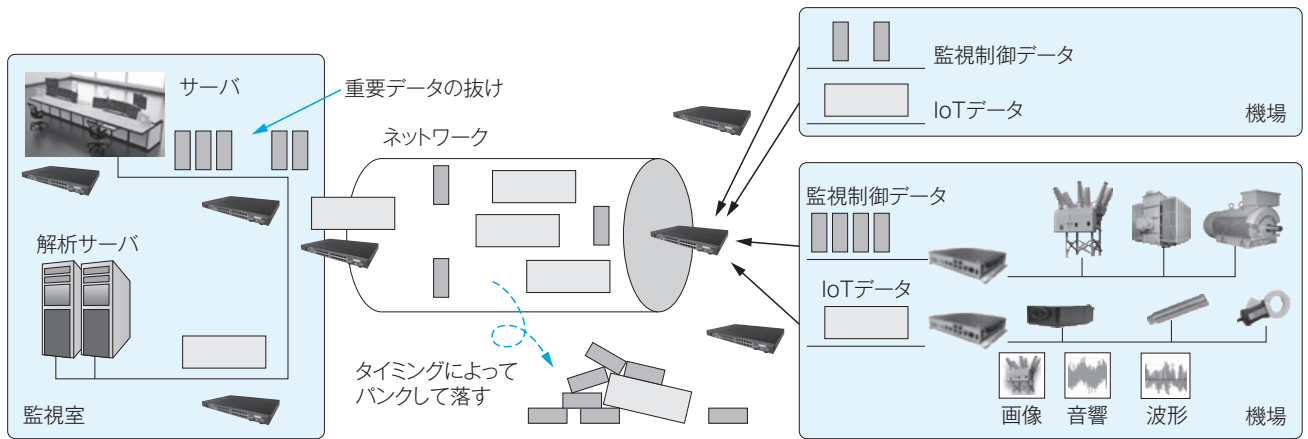
システムが安定して動作し続けるためには、各装置が各々の時刻で動作するよりも、同一の時刻情報で管理運用されるほうが望ましい。

例えば、通信障害に対するログトレースでは、時刻情報が同期していれば、容易に前後関係を明らか



第1図 RTPの動作

RTPによるループ構成ネットワークと、デフォルトのブロッキングポートAから、障害発生ポートDへブロッキングポートが移動した様子を示す。



第2図 帯域の超過によってパケットが破棄される状態

ネットワークでは、帯域が瞬間的にあふれて重要データを破棄する可能性がある。そこで時刻同期機能を使用してネットワークを時分割することで帯域が完全に分離され、重要データ破棄を防止することができる。

にすることができる。また、スケジュール管理の厳密なシステムでは、各機器の時刻が同期することで安定して運用できる。当社で実装するPTP機能の概要は、以下のとおりである。

- (1) 基準時計又は末端の時計として動作
- (2) 同期精度± 200ns以内 (PTP対応Hub経由時)
- (3) 電源投入後60s以内に同期完了
- (4) 決められた周期でパルス信号を出力
- (5) 指定精度が維持できないときは異常を通知
- (6) 現在の同期状態を通知

3.3 帯域制御機能

産業用ネットワークに流れるデータの多様化に伴い、それらデータ種別ごとの優先付けを行う。従来は主に制御データを管理していたが、今後は画像・音声に加えIoT (Internet of Things) 関連の多種にわたるリアルタイムデータが流れることになる。

これらに対しては、「時刻同期させて予約された帯域を確保し、重要なデータを保証」するための帯域制御機能の実装が不可欠となる。従来の帯域制御技術はスイッチエンジン・デバイスに依存していたが、ここでは前項の精密時刻同期も適用し、時分割多重のイメージで帯域を確保する方式「IEEE802.1 TSN」の採用を検討している。第2図に帯域の超過によってパケットが破棄される状態を示す。

第2表 SW600の伝送仕様

10/100/1000BASE-Tを16ポート、光ポート (100BASE-FX又は1000BASE-LX) を最大6ポート搭載する。

項目	伝送仕様	
スイッチングモード	ストアアンドフォワード	
スイッチ容量	13.7Gbps 2.66Gbps (全二重/全ポート 100Mbpsの場合)	
伝送方法	全二重/半二重	
ポート構成	10/100/1000 BASE-T	16ポート (4ポートは光ポートとのコンボポート)
	光ポート 最大 6ポート	100 BASE- FX 使用コネクタ：SC 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
	1000 BASE- LX	使用コネクタ：LC SMF対応 10km及び長距離 (40km) 対応
異常出力端子	1接点	
MACアドレス容量	8000個	
フロー制御	IEEE802.3x (全二重), バックプレッシャ (半二重)	
VLAN	IEEE802.1Q準拠タグ及びポート ベースVLAN	
エラーパケット フィルタリング機能	ショートパケット・ロングパケット・ FCSエラーパケット・シンボルエラー パケット	
ネットワーク管理	SNMPv1 (RFC1157準拠)・MIB II	
ネットワーク運用	telnet・http・ICMP・IP	
ストーム抑止	設定によってブロードキャスト・マル チキャスト・宛先未学習パケットの破 棄が可能	
シリアルコンソール	EIA/TIA-232-E準拠 丸型コネクタ による	
設定保存・書き込み・ ファームウェア更新	Web (http) 又はシリアルポート経由 による	



第3図 SW600

電力用規格B-402に準拠したギガビット・レイヤ2スイッチで、SW500の後継機として交換できる。

第3表 SW600の環境仕様

装置天面の通風孔レス化及び-20～55℃の使用温度範囲を実現している。SW500に比べ消費電力を約30%削減し、約30%軽量化した。

項目	環境仕様
形式	UT226/**A (*はタイプによる)
電源コネクタ	3Pインレット形 (AC) / 3P端子台 (DC)
電源電圧範囲	AC85～242V 47～63Hz/DC80～143V
消費電力 (動作時)	25W以下
使用温度範囲 (動作時)	-20～55℃
絶縁耐圧 (電源1次-FG又はSG)	AC2000V 1分間
絶縁抵抗 (電源1次-FG又はSG)	DC500V 5MΩ以上
電源ノイズ耐量	方形波インパルスノイズ 2kV, 50ns/1μs
質量	約4kg
外形寸法	W255×H88×D250mm (突起含まず)
適合規格	電力用規格B-402準拠 (突入電流は除く)

4 ロバストスイッチの製品化

当社は、ロバストスイッチングハブ製品に適用可能な新スイッチエンジンを採用し、これを搭載した

SW600を2015年2月にリリースした。第3図にSW600の外観を示す。この製品は産業用スイッチングハブ MEISWAY SW500 (以下、SW500) の後継機としての位置付けのほか、新世代のスイッチエンジンを実装したロバストスイッチのプラットフォームとして実現したものである。第2表にSW600の伝送仕様を、第3表に環境仕様を示す。(精密時刻同期機能はオプション、帯域制御機能は将来実装予定。)

5 むすび

産業用インフラストラクチャをつなぎ続ける産業用ネットワーク製品として、本稿で紹介した高い機能を付加することで、より高信頼性を実現できる製品を提供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》



小野一史
Kazushi Ono
製品技術研究所
通信関連機器の開発に従事



大黒達也
Tatsuya Okuro
製品技術研究所
通信関連機器の開発に従事



立石靖
Yasushi Tateishi
製品技術研究所
通信関連機器の開発に従事