

三菱広域ネットワーク装置 “MELNETシリーズ”

秋富利伸*
福本 猛*
落合徳彦*

Mitsubishi Wide-area Network Equipment "MELNET Series"

Toshinobu Akitomi, Takeshi Fukumoto, Norihiko Ochiai

要 旨

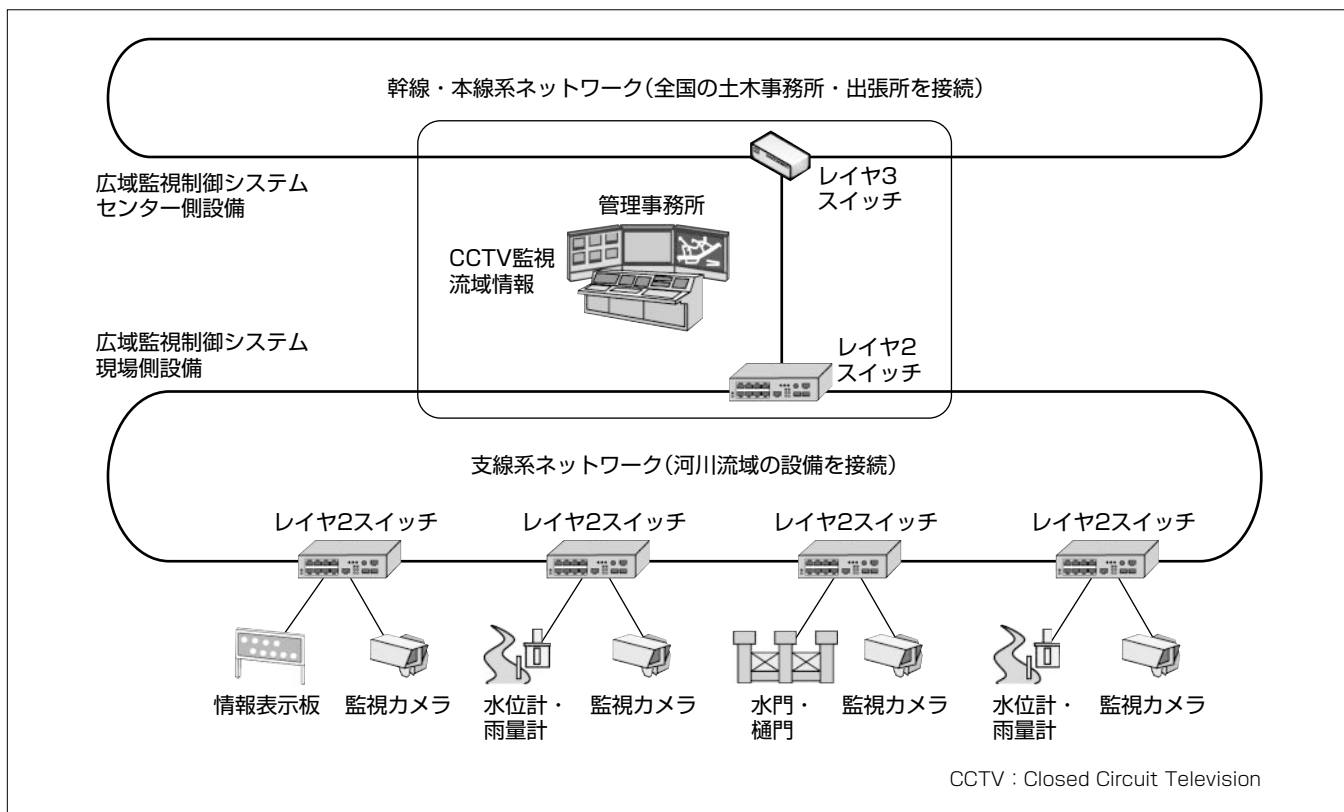
“MELNETシリーズ”は、社会インフラを支える広域監視制御システムで各種の監視制御機器をリング型広域IP光ネットワークで結び、通信の高信頼性を提供するレイヤ2スイッチ装置である。例えば一級河川の流域、国道・有料道路や鉄道などの沿線に光ネットワークを張り巡らしており、数十～数百kmの広域なエリアをカバーしている。広域監視制御システムは、これらのエリアの気象情報収集や設備状態監視、映像情報をセンター側でリアルタイムに集中監視するとともに、迅速な警報・注意報の発令や防災設備の遠隔制御などによって、住民の安全・安心な生活を支えている。

この光ネットワークを構築するスイッチ製品には、10年以上のメーカー保守、屋外設置、メンテナンス容易性など、社会インフラ特有のニーズがある。さらに災害や事故で

ネットワークが一部分断した場合でも、高速に迂回(うかい)経路に切り換えることで、水門の遠隔制御やトンネルの火災警報など、極めて重要なオペレーションが迅速に継続実行可能でなければならない。

MELNETシリーズは、これらのニーズに応え、イーサネット^(注1)方式の“ESシリーズ”と、RPR(Resilient Packet Ring)方式の“RPシリーズ”を提供している。自社設計製造によって10～15年のメーカー保守、温度条件-10～55℃の耐環境性を持ち屋外筐体(きょうたい)への設置が可能、自然空冷(ファンレス)・長寿命電源によってメンテナンスフリーであり、ネットワーク障害時にも高速な通信迂回を実現している。

(注1) イーサネットは、富士ゼロックス社の登録商標である。



リング型広域IP光ネットワークシステムの構成：河川管理システムの例

支線系ネットワークは、レイヤ2のリング型広域IP光ネットワークであり、レイヤ2スイッチMELNETシリーズで構成している。広域監視制御システムのセンター側設備(管理事務所)と、現場側設備(情報表示板や監視カメラなど)を接続し、リアルタイムに監視制御を行う。

1. ま え が き

MELNETシリーズは、社会インフラの多数の監視制御機器を結ぶリング型広域IP光ネットワークで、通信の高信頼性を実現するレイヤ2スイッチ製品群である。ネットワーク障害時の高速な迂回機能による通信の高信頼性、現場設置可能な耐環境性を備え、長期保守を保証することによって、社会インフラ向けの通信機器として安心して使い続けることができる。

2. リング型広域IP光ネットワークシステム

河川、国道、有料道路、鉄道などでは、地理的に広範囲な地点に設置された様々な設備や監視カメラなどを、数十～数百kmに及ぶ光ファイバーネットワークを用い、拠点となる管理事務所等のセンター側で一元的に広域監視制御を行っている。

要旨の図に、国土交通省の河川管理システムの広域ネットワーク例を示す。国土交通省では、一級河川の流域にリング型の光ファイバー網を整備し(支線系ネットワーク)、各地域を管轄する地方整備局の管理事務所(広域監視制御システムセンター側設備)から、河川の水位や雨量などの気象データ収集、監視カメラによる映像監視、遠隔からの水門・樋門のゲート制御、排水機場のポンプ制御などを行う。さらに、情報表示板、サイレン、音声放送での警報発報なども行う。各管理事務所は上位ネットワーク(幹線・本線系ネットワーク)で接続され、全国の管理事務所・出張所からも映像監視などが可能となっている。

このような広域監視制御システムの現場側設備は、環境条件の厳しい屋外に設置されるため、広い温度範囲で動作する耐環境性が必須である。また、システムを10年以上安定動作させるためにメンテナンス容易性や長期保守性が求

められる。そのため、室内用や5年程度で生産中止となる市販品では対応できない場合が多い。

さらに、東日本大震災を契機に、災害に強いネットワークの必要性が高まっている。例えば光ネットワークの一部が災害で分断されても、高速に迂回することでリアルタイム性が重要な監視制御データの欠損を極力低減できなければならない。MELNETシリーズは、これらのニーズに応える光ネットワークを提供する装置である。

3. MELNETシリーズ

MELNETシリーズは、社会インフラ向けのリング型広域IP光ネットワークを主な対象とし、パケット多重化装置、SDH(Synchronous Digital Hierarchy)、イーサネット、RPRに対応した製品群を30年以上にわたり提供してきた実績がある。

現在の主力機種は、光イーサネットスイッチMELNET-ESシリーズと、RPR方式光ネットワークスイッチMELNET-RPシリーズである。

両シリーズに共通な特長を次に挙げる。また表1に両シリーズの仕様を示す。

- (1) 耐環境性を持ち屋外筐体に設置可能で、現場側設備として使用可能。
- (2) 自然空冷(ファンレス)、長寿命設計電源(15年)であり、定期的な部品交換が不要でメンテナンスフリー。
- (3) 伝送距離に応じて0.5～80kmまでの光モジュール(Small Form factor Pluggable: SFP)を選択可能。
- (4) 接点入力インタフェースを持ち、現場設備異常信号などをIP伝送可能。
- (5) 鉛フリーPhase1対応。低消費電力設計。エコリーフ環境ラベル取得。
- (6) 自社設計製造によって、社会インフラに必要とされる

表1. MELNETシリーズ仕様

区分	MELNET-ES1100	MELNET-ES1200	MELNET-RP1100
光ネットワーク インタフェース	インタフェース	100BASE-X, 2ポート 100BASE-FX, 2ポート	1000BASE-X, 2ポート
	リングアクセス 方式	イーサネット	イーサネット
	SFPタイプ	100BASE-X: 2芯タイプ:約550m/10km/40km/80km 100BASE-FX: 2芯タイプ:約2km/15km/40km	2芯タイプ:約550m/10km/40km/80km
機器接続インタフェース(メタル)	10BASE-T/100BASE-TX, 6ポート	10BASE-T/100BASE-TX, 8ポート	10BASE-T/100BASE-TX, 6ポート
上位ネットワークインタフェース (メタル)	なし	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T, 1ポート	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T, 1ポート
光ネットワーク障害迂回機能	ERMP(当社独自仕様), STP, RSTP(IEEE802.1D)	ERMP(当社独自仕様), STP, RSTP(IEEE802.1D)	RPR
QoS	3クラス優先制御	3クラス優先制御	3クラス優先制御/4VLANグループ帯域保証
接点入力インタフェース	デジタル入力6点, デジタル出力1点	デジタル入力6点, デジタル出力1点	デジタル入力6点, デジタル出力1点
電源	AC100V±10%(電源アダプタ方式) 電源寿命15年設計(周囲40℃)	AC100V±10%, DC24V/48V(電源内蔵) 電源寿命15年設計(周囲40℃)	AC100V±10%(電源アダプタ方式) 電源寿命15年設計(周囲40℃)
環境条件	温度: -10~+55℃, 湿度: 30~90%RH (結露なきこと) 自然空冷(ファンレス)	温度: -10~+60℃, 湿度: 10~90%RH (結露なきこと) 自然空冷(ファンレス)	温度: -10~+55℃, 湿度: 30~90%RH (結露なきこと) 自然空冷(ファンレス)
寸法	W200×H44×D175(mm)	W200×H44×D250(mm)	W200×H44×D175(mm)

QoS: Quality of Service, RH: Relative Humidity, RSTP: Rapid STP

メーカー長期保守(10~15年)に対応。

3.1 ESシリーズ

図1に“MELNET-ES1200”の外観を示す。ESシリーズは、レイヤ2の光イーサネットスイッチである。機種として“ES1100”と“ES1200”があり、次の特長を持つ。

- (1) 光1 Gbpsインタフェースのリング型光ネットワークに対応。ES1100は光100Mbpsにも対応。イーサネット方式のため、マルチベンダー接続にも対応。
- (2) STP(Spanning Tree Protocol)など標準のネットワーク制御プロトコルとは別に、三菱電機独自の高速経路制御プロトコルERMP(Enhanced Ring Management Protocol)で、最短50msのリング経路切換えが可能。最大256台の接続が可能。
- (3) ES1200は、ES1100の上位機種で1 Gbpsアップリンクを持ち、幹線本線系などの上位ネットワークとの接続が可能。

ESシリーズは、マルチベンダー接続を重視する国土交通省関係の河川管理システム、国道管理システムなどに採用されている。

3.2 RPシリーズ

図2に“MELNET-RP1100”の外観を示す。RPシリーズは、RPR方式のレイヤ2の光ネットワークスイッチであり、次の特長を持つ。

- (1) 1 Gbpsのリング型光ネットワークで、RPR方式によって、リング障害時にハードウェアで高速な障害迂回(50ms以下)を実現。最大128台接続が可能。
- (2) 接続機器インタフェースは10Mbps又は100Mbpsイー



図1. MELNET-ES1200



図2. MELNET-RP1100

サネットであり、イーサネットスイッチと同様に使用できる。

一般的なイーサネットに比べ、障害発生時の迂回時間が高速で50ms以下を保証していることから、リアルタイム性が重要な鉄道向けの電力遠方監視制御システムや運行管理システムに採用されている。

4. MELNETシリーズの技術

4.1 ERMP方式

ERMPは、当社独自のリング型ネットワーク専用の経路制御プロトコルである。図3にERMP方式の動作を示す。

リング型ネットワークの場合、あるノード(MELNETシリーズ等のネットワーク装置)から送信されたパケットがリングを周回し続けて無限にループしてしまうため、一般に、STPなどの標準プロトコルを使用し、通信経路上の1か所を閉塞(論理的に通信不可とする)することでループを防止している。しかし、STPの場合はメッシュ型などの複雑なネットワーク構成に対応している反面、障害発生時の経路切換えに1分近い時間がかかるという問題がある。

ERMPは、リング型ネットワーク専用のプロトコルで、リング上の1台をマスタノードとし、正常時はマスタノードがポートの一方を閉塞することでループを防止する。リング上に障害が発生した場合は、マスタノードがポートの閉塞を解除することで、高速に迂回経路を確保する方式である。マスタノードは定期的に管理パケットを送信してリングの状態確認、各ノードへの閉塞解除通知等を行う。ノード数に依存するものの、最短で50msで経路切換えが可能である。

4.2 RPR方式

RPRは、障害発生時に50ms以内に迂回を行い通信を高速に迂回させることが可能な方式である⁽¹⁾。図4にRPR方式の動作を示す。

RPR方式は、各ノードがノードIDという識別子を持ち、リングを構成する全ノードを常時把握して接続状態を示す

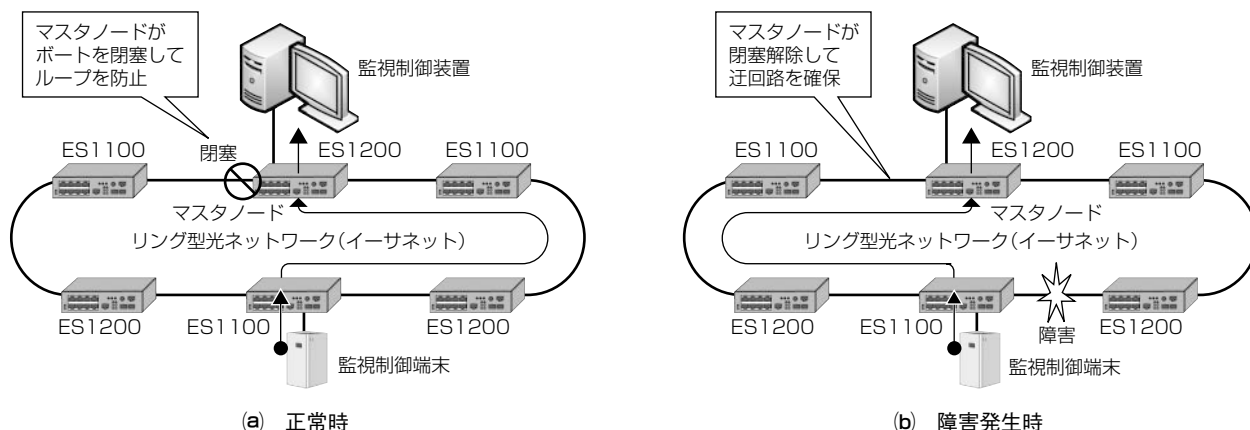


図3. ERMP方式の動作

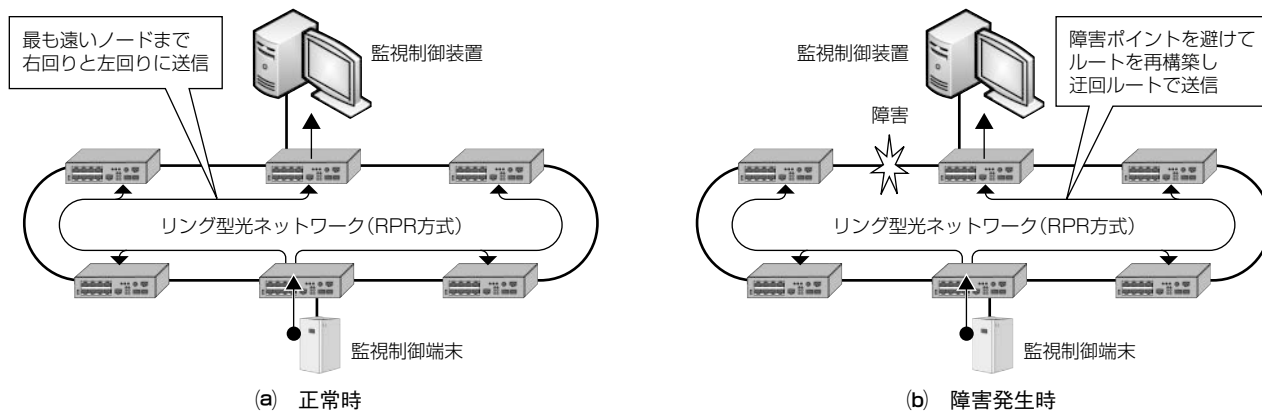


図4. RPR方式の動作

トポロジーマップを生成し、自ノードから見てどのノードが最遠端かを判断する。ユーザーデータの通信は、イーサネットフレームに専用のRPRヘッダを付加し、送信元ノードから右回りと左回りに最遠端ノードまで送信する。この仕組みによって、リング型で問題となるループを防止できる。各ノードは、受信したデータのRPRヘッダを除去したイーサネットフレームを基に、送信先が自ノードの端末インタフェース側に存在すれば、イーサネットフレームを送信先機器へ転送する。

光ファイバーが断線した場合などは、障害箇所の両端にあるノードが、障害発生を検知し、全ノードに通知する。各ノードは自律的に障害箇所の位置を特定し、障害箇所を迂回する方向に通信経路を切り換える。

これらの処理をハードウェアで実現しているため、障害発生時の経路切換え時間をノード数に依存せず50ms以下に保証できる。

その他にRPR方式では、パケット転送時の優先制御機能に加え、VLAN(Virtual Local Area Network)を最大4つのグループに分け、それぞれの通信帯域を固定的に割り当てる帯域保証機能を持つ。これによって、通信帯域が変動しやすいカメラ映像データの通信負荷の影響を受けず、高優先の監視制御データやIP電話などの通信帯域を保証し、通信の信頼性を高めている。

4.3 プラグアンドプレイ機能(RPシリーズ)

社会インフラのネットワークに障害が発生した場合、緊急対応が必要であるため、顧客側の担当部門又は当社保守部門の作業員が現場に急行してハードウェア交換などの保守作業を行う。しかし、ネットワーク機器の設定は難易度が高く複雑なため、設定に時間がかかり、またヒューマンエラーが起きやすいという問題がある。

RP1100では、あらかじめ全ノードにリング内の全てのノードの動作設定情報を保存しており、ノード故障が発生した場合には、ハードウェア交換するだけで、交換後のノードが隣接ノードから自動的に動作設定情報を取得し、故障したノードと同じ設定で通常動作を開始するプラグアン



製品型式	登録番号
MELNET-ES1100	No. DG-10-001
MELNET-ES1200	No. DG-14-003
MELNET-RP1100	No. DG-12-002

図5. エコリーフ環境ラベル

ドプレイ機能を持つ。これによって、複雑なネットワーク機器設定作業を不要とし、保守作業員の負担低減と、ネットワーク停止時間の短縮が可能となっている。

4.4 エコリーフ環境ラベル

ES1100/ES1200/RP1100は、エコリーフ環境ラベルの認証を取得している(図5)。エコリーフ環境ラベルは一般社団法人産業環境管理協会(JEMA)が運営するタイプⅢ環境ラベル制度でライフサイクルアセスメント手法(製品の資源採取から廃棄リサイクルされるまでの一生にわたった環境影響評価)によって得られた製品の定量的な環境データを開示するものである。各機種別の環境データは第三者による検証を受けて登録・公開している。

4.5 バイパス装置

今回述べたES1100/ES1200/RP1100以外に、停電時にネットワークへの影響を最小化するための、光バイパススイッチ製品や、外付けバッテリー付き電気バイパススイッチ製品も提供し、ネットワークの高信頼化を図っている。

5. む す び

大容量データを高速に伝送する光ネットワークシステムの信頼性は、社会インフラを支える様々なシステムで極めて重要である。今後は、隣接する別の光ネットワークとの連携や、無線系ネットワークとの連携による広域迂回技術によって、大規模災害に対しても強靱(きょうじん)な広域ネットワークシステムの提供を図っていく。

参 考 文 献

- (1) 小口和海, ほか: PRPにおける多重障害への対応方法, 電子情報通信学会技術研究報告 IN, 情報ネットワーク, 103, No.198, 41~46 (2003)