

伝送路の All-IP 化に向けた イーサネット伝送装置（ERP-SW）の開発

伝送路の All-IP 化を進めるにあたり、既存サービスを収容している従来方式の伝送装置では、IP トラフィックの収容効率が低いという課題がある。今回、大容量化および IP ネットワークへ柔軟に適応し、LTE サービスのトラフィックの増加にも対応できるイーサネット伝送装置の開発を行った。本装置では、広域イーサネット網転送プロトコル（IEEE802.3ah）を世界に先駆け、いち早く実装している。さらに、ネットワークの信頼性を向上させるため、故障の早期発見と迅速な復旧措置を可能としており、ユーザへ安定した品質の通信サービスを提供できる。

無線アクセス開発部

もりた きよじ
森田 清司

まえだ たかひろ†
前田 隆宏

ふじい たかひろ
藤井 孝弘

かたもと ゆうき
片本 裕樹

1. まえがき

近年、定額制通信サービスの普及とともに、動画配信など大容量パケット通信のニーズが高まっていることから、トラフィック量は増大する傾向にあり、伝送路の大容量化と IP ネットワークへの柔軟な適応が必要となった。さらに今後は、高速・低遅延の LTE サービスが開始されることから、この傾向はますます強まることが予想される。

このような状況において、特に LTE 用の伝送路については、FTM-D（Fiber Transport Module-DOCOMO）のような既存の SDH（Synchronous Digital Hierarchy）^{*1}方式の装置で構築した場合、クライアントの通信ご

とに VC4（Virtual Container 4）パス^{*2}を構築する必要があり、そのパスごとに伝送路帯域を占有するため、パケット単位の IP トラフィックを効

率良く伝送路に収容できないという課題があった（図1(a)）。

また、IP ネットワークの大規模化に伴い、故障時におけるユーザへの

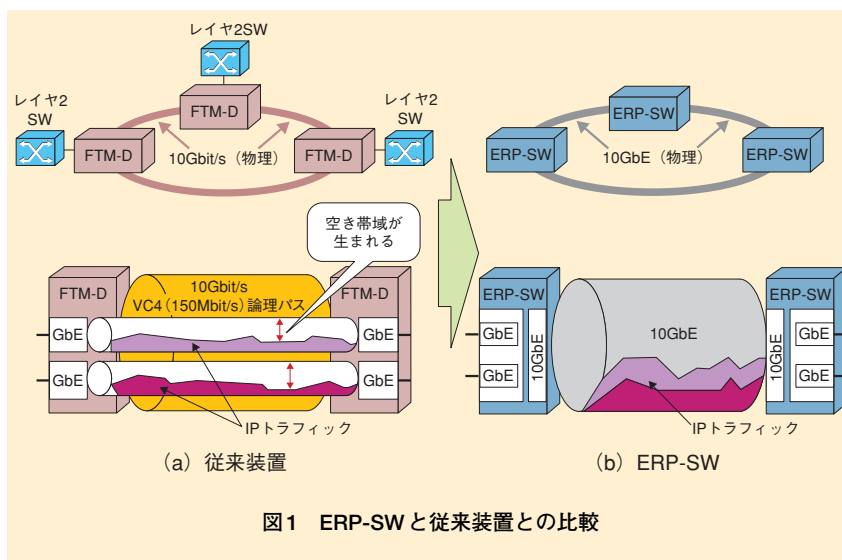


図1 ERP-SW と従来装置との比較

† 現在、北陸支社ネットワーク部

^{*1} SDH：ITU-Tで標準化された、ファイバを介した光信号による転送の速度およびフォーマットについての国際規格。

^{*2} VC4パス：SDHで伝送するためにITU-T G.707で規格された150Mbit/sの論理パス。

影響も大きくなる。このため、ユーザへ安定した通信サービスを提供し、ネットワークの信頼性を向上させるとともに、故障の早期発見と迅速な復旧措置を可能とすることが、伝送装置にも求められている。

さらに、従来の広域イーサネット・サービスに使用されているIEEE802.1ad PB (Provider Bridges) 方式^{*3}のみを具備したレイヤ2^{*4}スイッチでは、1スイッチ当り構築できるVPN (Virtual Private Network)^{*5}数が4,094個であり、今後多数のサービスを収容するにあたり、VPNの枯渇が心配された。また、イーサネット網内のレイヤ2スイッチが、網内すべての装置のMAC (Media Access Control) アドレス^{*6}を学習する必要があり、装置の処理負荷が高くなるという課題もあった。

本稿では、これらの課題を解決するために開発した、大容量のレイヤ2スイッチであるイーサネット伝送装置 (ERP-SW: Ethernet Ring Protection-Switch) に具備した機能、装置やネットワーク構成について概要を解説する。

2. ネットワーク構成

ERP-SWはリング状の構成を基本としながら、基地局装置と上位ルータとを接続する役割を果たす (図2)。リング状の構成をとる理由として、ビル間を結ぶ光ファイバの数を減らし、ランニングコストを下げることと、経路の冗長化を図るという2つの目的がある。

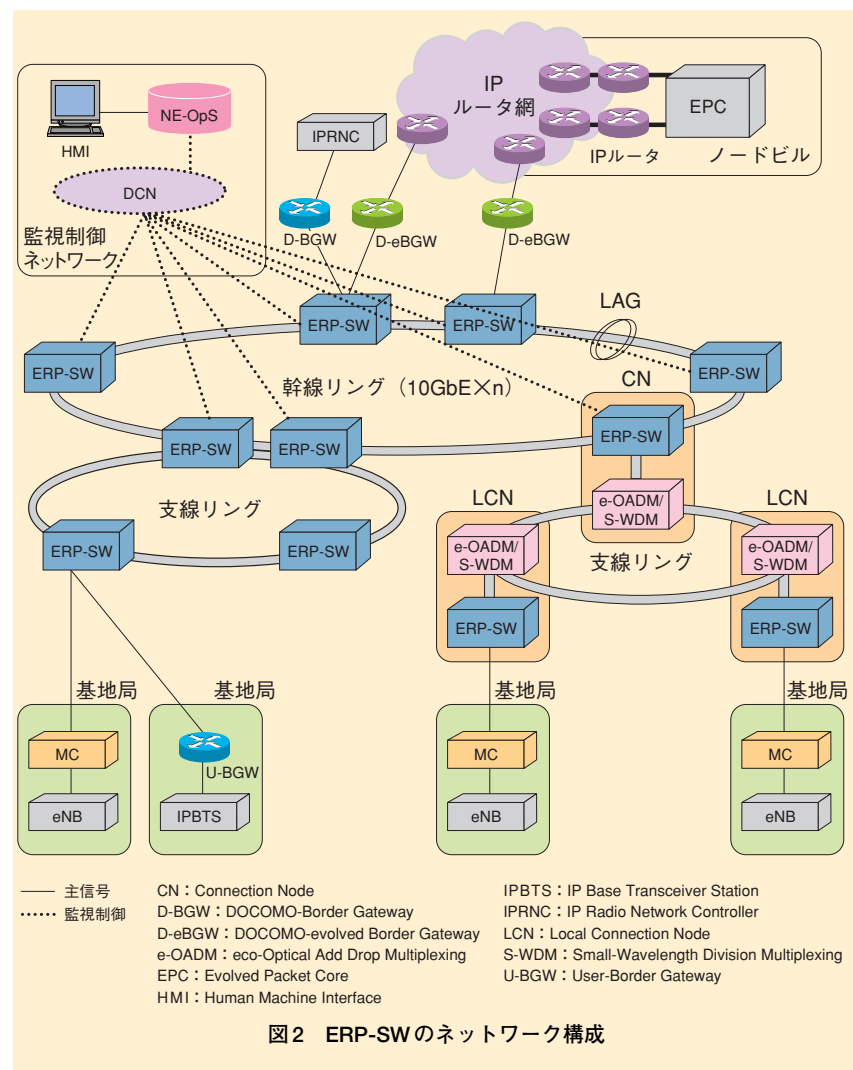
また、複数のリングを組み合わせ

て1つのイーサネット網として構築していくことが可能であり、上位ルータに接続するリングを幹線リング、その配下に接続されるリングを支線リングと呼んでいる。eNB (evolved NodeB)^{*7}とは、基地局側に設置した専用のメディアコンバータ (以下、MC) を介して接続する。装置への設定や、監視・制御はDCN (Data Communication Network)^{*8}を介してNE-OpS (Network Element-Operation System)^{*9}で行う

ため、リアルタイムにリングや装置状態の把握を可能としている。

3. EPR-SW 装置概要

ERP-SWは10GbE (Gigabit Ethernet) および1GbEの物理インタフェースをもったラインカードを複数実装でき、LAG (Link Aggregation Group)^{*10}を用いることにより、ネットワークの必要帯域に見合った伝送路容量の拡大を容易にしている。装置構造は、監視制御とスイッチン



*3 IEEE802.1ad PB方式：フレームにサービスVLAN (Virtual LAN) tagを付与することにより、サービスごとにVLANを識別するレイヤ2 (*4参照) の中継方式。
*4 レイヤ2：OSI参照モデルの第2層。データリンク層を指す。

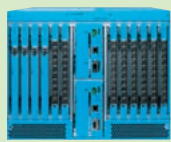
*5 VPN：同一サービスのIP装置を論理的に接続する仮想ネットワーク。
*6 MACアドレス：各イーサネットボードに割り振られる、12桁の固有の物理アドレス。
*7 eNB：LTEの無線基地局装置。
*8 DCN：監視制御用のデータ転送網。

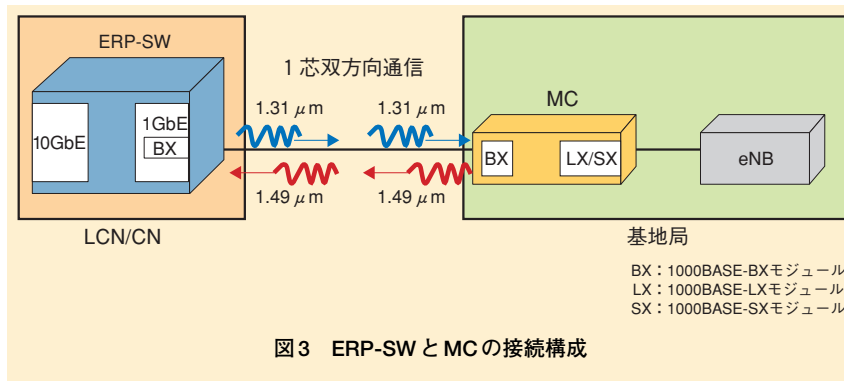
*9 NE-OpS：監視制御システムの総称。
*10 LAG：複数の物理回線を仮想的に1つの回線として扱う機能。

グを行う管理カードと、1GbEまたは10GbEのフレーム転送を行うラインカード、FAN、電源部に大別され、ラインカードの収容可能数が異なる3つのモデルがある（表1）。

いずれも省スペース化、低消費電力化を図っているため、コロケーション^{*11}を確保しやすく、設備設置にかかる費用も低減できる。また、ERP-SWとMCを結ぶアクセス区間は、1000BASE-BXモジュールを用いた1芯双方向通信が可能であり、光芯線を効率的に使用できる（図3）。装置内部のフレーム転送処理としては、LTE用の基地局装置および上位ルータから送出されるイーサネットフレームの、送信元MACアドレスを学習テーブルに書き込むことで、レイヤ2レベルでスイッチング処理を行う。

表1 ラインカードの収容可能数が異なる3つのモデルの装置

	A社	B社	C社
TYPE3			
TYPE2			
TYPE1			

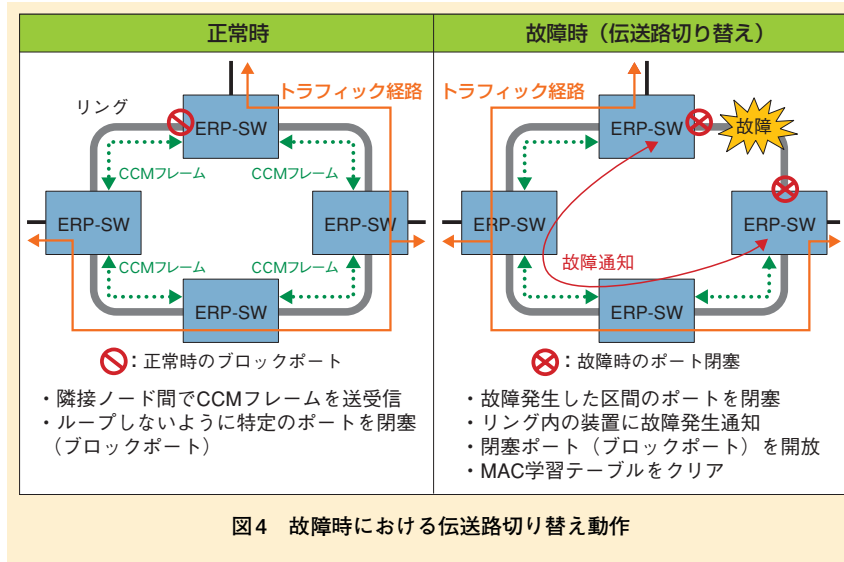


4. ERP-SW 装置機能

4.1 ERP 機能

ERP機能は、リング内の装置のいずれかのポート^{*12}をブロックポートとして閉塞し、フレームがリング内でループするのを防ぐ機能である。ループが発生すると、装置に処理負荷がかかるだけでなく、伝送路帯域を圧迫し、ユーザトラフィックにも影響を与える可能性があるため、ループ対策は重要である。

リング内に故障が発生すると、ブロックポートが開放され、故障区間を迂回する経路にてトラフィックが疎通する（図4）。



4.2 高速伝送路切り替え機能

故障発生時やオペレータ操作によ

る切り替え実施時に、高速で伝送路を冗長経路へ切り替える機能である。特に故障発生時において、いか

*11 コロケーション：本稿では、設置スペースや必要電力の供給を指す。
 *12 ポート：他装置とデータをやり取りするためのインタフェース。

にユーザへの影響を低減できるかを考慮する必要がある。ERP-SWでは、リング内にリング制御用フレームを流し、隣接装置間ではEthernet-OAM (Operation Administration and Maintenance)^{*13}のCCM (Continuity Check Message) フレーム^{*14}を送受信している。このフレームの送受信によって、リングや装置の状態を常時監視している。

特に、CCMのフレーム送受信は、最短間隔の3.3msで行っているため、故障の検知が早く、故障区間の特定が容易である。

この送受信が正常に行われなかった場合、ERP-SWは故障と判断し、該当区間の対向している両ポートを閉塞し、リング内の全ERP-SWに障害を通知する。通知を受けたERP-SWは、MACアドレス学習テーブルをクリアし、高速で伝送路を冗長経路へ切り替える。

また、CCMの常時監視は、装置相互間双方向で行っているため、片方向断における故障事象も検知できる。

4.3 装置内監視機能

ERP-SWは、ACT系^{*15}および冗長構成用のSBY系^{*16}の管理カードとラインカードとの間で、定期的にヘルスチェック用のフレームを送受信している。この送受信が正常に行われなかった場合や、フレームが壊れていた場合、故障をNE-OpSへ通知し、該当箇所を閉塞する。

この機能により、装置自身が故障を認識しない、サイレント故障^{*17}の発生を未然防止している。

4.4 故障切分け機能

従来の故障区間の切分け方法は、ルータなどのレイヤ3^{*18}装置間でのPing^{*19}試験が主であり、その区間内にあるレイヤ2スイッチの故障箇所を特定するのが難しかった。

今回、IEEE802.1agまたは、ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) Y.1731^{*20}に準拠したEthernet-OAM機能のCC (Continuity Check), LB (Loop Back), LT (Link Trace), DM (Delay Measurement), LM (Loss Measurement) を実装したことにより、レイヤ2レベルでサービスを中断することなく疎通試験が可能となり、迅速な故障切分けを実現している。

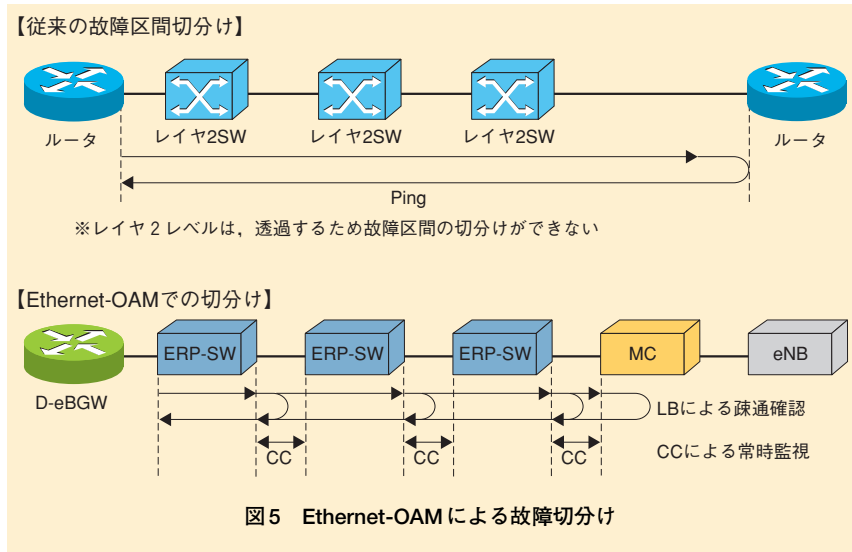
また、MCにもEthernet-OAM機能を実装したことにより、アクセス区間についても、CCによる常時監視とLBによる疎通確認が可能となった(図5)。

4.5 広域イーサネットの拡張

従来のPB方式のレイヤ2スイッチでは、VPNの枯渇や、スイッチの処理負荷が高くなるという課題があったが、ERP-SWは、世界に先駆けIEEE802.1ah PBB (Provider Backbone Bridges) 方式^{*21}をいち早く採用したことにより、これらの課題を解決している。

PBB方式は、MACフレームの中にMACフレームを挿入するカプセル化方式であり、リング網内のフレーム転送に使用する。ユーザフレームがPBB網に入るとき、このカプセル化によって、I-TAG^{*22}とB-MACアドレス^{*23}、B-TAG^{*24}が付与される。

フレームの転送は、ERP-SWに任意に設定したB-MACアドレスを基に行われる。このため、ERP-SWはすべてのユーザMACアドレスを学習する必要がなく、各ERP-SW単位のB-MACアドレスのみを学習すればよい(図6)。この仕組みにより、



*13 OAM：ネットワークにおける保守運用管理機能。

*14 CCM フレーム：装置間の疎通確認を行う際に送受信されるフレーム。

*15 ACT系：冗長構成を有するハードウェアの現用側。

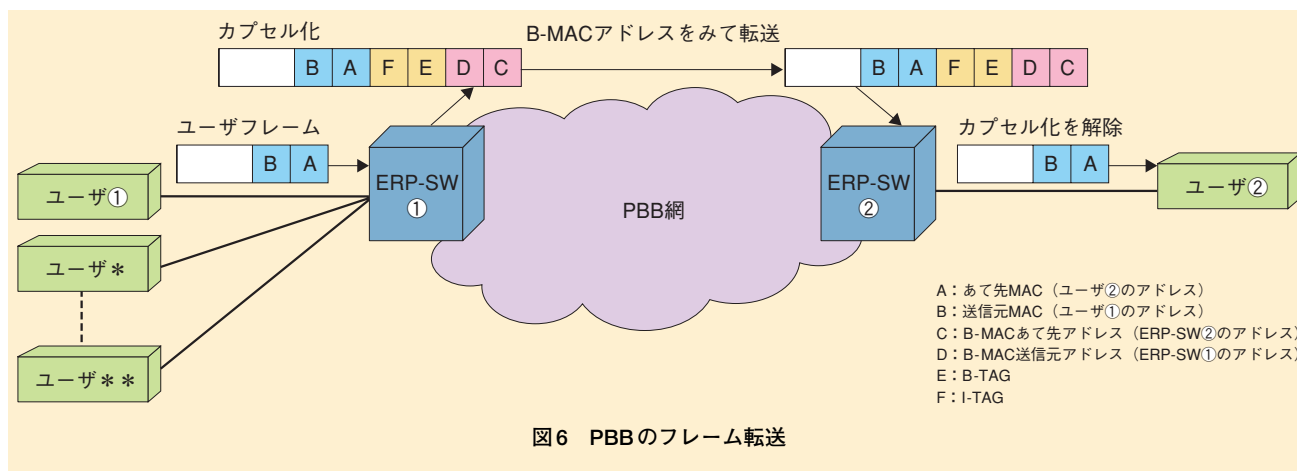
*16 SBY系：冗長構成を有するハードウェアの待機側。

*17 サイレント故障：障害検知部およびメインプロセッサ部の故障などに起因する障害が発生した場合に、通信装置自身が障害を認識できないため、故障が発生した

ことをオペレータが把握できない故障。

*18 レイヤ3：OSI参照モデルの第3層。IP層を指す。

*19 Ping：通信相手のホストにパケットを送行し、その応答を受信することにより疎通確認を行う機能。



ERP-SW への処理負荷を軽減している。

また、I-TAGとB-TAGを用いて最大65,000個のVPNを構築可能であり、拡張性が高い。

PBB方式の基本機能として、自装置に設定したB-MACアドレスと、受信したフレームの送信元B-MACアドレスが一致したとき、フレームを廃棄する動作が働く。これによ

り、リング内のループ発生を抑止している。

5. あとがき

本稿では、LTE用伝送路装置としても使用する、高品質な通信サービス提供のためのERP-SWの機能、装置やネットワーク構成について解説した。

ERP-SWは、10GbE インタフェー

スの実装や、LAGによる帯域増速により、伝送路の大容量化ニーズに応える装置となっている。しかし、LTEサービス開始により、今後さらにトラフィック量が増大し、さらなる大容量化が求められることも考えられるため、40GbEや100GbEインタフェースへの拡張を引き続き検討していく。

* 20 ITU-T Y.1731：Ethernet-OAM機能を標準化した規格で、CCやLBは疎通確認、LTは経路情報の収集、DMは遅延時間の測定、LMはフレームロスの測定を行う機能。
* 21 IEEE802.1ah PBB方式：MACフレーム

の中にMACフレームを挿入するカプセル化を用いた、レイヤ2の接続方式。
* 22 I-TAG：PBB網で使用されるサービスを識別するタグ。
* 23 B-MACアドレス：PBB網で使用されるMACアドレス。

* 24 B-TAG：PBB網での経路制御用のVLAN-tag。