

# 光リングシステムの制御機能

Control Function for Optical Ring System

尾崎 高弘  
OZAKI Takahiro

小橋 一弘  
KOBASHI Kazuhiro

末次 弘宗  
SUETSUGU Hiromune

大容量光海底ケーブルシステムにおいて、回線の障害発生時に衛星回線などの他の通信システムへ回線を迂回（うかい）させることは、容量的及び時間的に困難である。当社の光リングシステムは、ITU-T勧告に準拠したプロテクション機能を持っており、同一光リングシステム内で最短距離となる迂回経路を見つけ出し、回線を瞬時に切り替えることができる。

近年の大量かつ多種多様なデータ伝送要求に対応するため、このプロテクション機能を更に強化し、STM 64、STM 16、STM 4、STM 1インタフェース及びコンカチネイテッドAU 4パスをサポート可能にした。なお、このプロテクション機能は、環大西洋の各国を結ぶTAT(Trans Atrantic Telephone) 14ケーブルネットワークシステムに適用する。

In a high-capacity optical submarine system, it is difficult to switch the service traffic to another communication system such as a satellite system when a failure occurs. Toshiba's optical ring system has a network protection function conforming to ITU-T recommendations and can rapidly switch service traffic to the shortest protection path.

As a response to the demand for high capacity and various types of transmission, we have developed a new network protection function that can support STM 64, STM 16, STM 4, and STM 1 interfaces and concatenated AU 4 paths. An optical ring system with this protection function has been applied to the TAT 14 cable network system, which spans the Atlantic Ocean.

## 1 まえがき

当社の光リングシステムでは、リングネットワーク全体の保護において最短距離の迂回経路を確保するため、大洋横断型の保護方式を採用している。この保護を実現するリングAPS(Automatic Protection Switching)機能は、リングネットワークのノードとしてケーブル陸揚げ局に設置されるNPE(Network Protection Equipment)に分散実装される。そして、複数のNPEが協調動作を行うことにより回線の保護を実施している。

ここでは、従来の4倍の伝送容量を処理するSTM 64(Synchronous Transport Module 64)NPEに実装される光リングシステム制御機能について、プロテクション機能、特にリングAPS機能を中心に述べる。

また、1台当たり20,000を超える障害監視ポイントを配置し、伝送回線及び装置内部の状態を常時監視している。表1に示すように、プロテクション機能は障害発生箇所により、リングAPS、LSAPS(Low Speed APS)、装置内冗長切替え、基準クロック切替えに分類される。回線に影響を与える障害が発生した際は、これらのプロテクション機能による自動切替えが行われる。

更に、オペレータが迅速に障害箇所を判定し保守作業ができるように、警報通知機能によるLED(発光ダイオード)表示や監視制御システムへの警報通知が行われる。また、回線断にまで至らない回線品質劣化についても、オペレータは性能監視機能からの通知により定量的に確認することができる。

## 2 光リングシステムの制御機能の特徴

### 2.1 回線保護を実現する機能

STM 64 NPEは、隣接局と接続する高速インタフェースと国内回線側の低速インタフェースを持っている。高速インタフェースはSTM 64回線であり、低速インタフェースはSTM 1、STM 4、STM 16、STM 64回線を収容可能である。これらのインタフェース及び装置内部の全箇所が冗長構成を採用している。

表1. 回線保護のための機能  
Functions for traffic protection

機能分類	内容
リングAPS	高速インタフェースの伝送路障害発生時の切替え
LSAPS	低速インタフェースの伝送路障害発生時の切替え
装置内冗長切替え	NPE内部の装置障害発生時の切替え
基準クロック切替え	網同期のための基準クロック切替え
警報通知	障害箇所、回線品質劣化を警報により通知
性能監視	回線品質情報を定期的に通知

## 2.2 マルチメディアに対応した回線種別

マルチメディア化の進行に伴い、大量のデジタルデータ伝送が日常的に行われている。そのため、伝送回線のいっそうの広帯域化が必要となってきた。これに対応するため、STM 64 NPEでは、伝送回線の設定単位であるAU (Administrative Unit) 4信号を複数束にして広帯域化したコンカチネイテッド(連結)AU 4信号を伝送可能とした。

また、プロテクション機能による切替えが行われていない場合、冗長構成のプロテクション側伝送路は通常待機状態となる。STM 64 NPEでは、この待機状態となっているプロテクション側伝送路をパートタイム回線の伝送に使用することができる。また、サービス回線をプロテクション側伝送路へ切替え中であっても、プロテクション側伝送路に空きチャネルがあればパートタイム回線を再使用することができる。

## 2.3 リアルタイム処理の必要性

通信システムで使用される通信プロトコルには、数百msの回線断が発生した場合、再送が行われるものもある。このため、回線を保護するための切替えは瞬時に実行しなくてはならない。特に、光海底ケーブルシステムでは、伝送距離が長い場合光の伝播遅延時間も考慮しなければならず、STM 64 NPEの制御には高速な処理が要求される。

STM 64 NPEでは、数msで障害の検出、評定、切替え制御を行うため、膨大な演算を瞬時に行わなければならない。そのため、STM 64 NPEの監視制御系には複数の高性能RISC(Reduced Instruction Set Computer)プロセッサを採用し、最新のリアルタイムOS(Operating System)を搭載している。

## 2.4 保守時の回線保護

STM 64 NPEは、障害発生時だけでなく装置の再立上げ時や将来のソフトウェアのバージョンアップ時にもサービス回線を保護する工夫が施されている。

STM 64 NPEは、PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association)規格のフラッシュメモリカードを内蔵しており、各種設定情報や状態を記憶している。これにより、装置の再立上げや電源の切断/復旧が行われた場合にも、前の状態に復帰することができる。更に、電源の切断時には、リングAPS機能により当該装置が自動的にリングネットワークから切り離され、可能な限り回線が修復される。

また、前述のフラッシュメモリカードには、STM 64 NPEにインストールされるソフトウェアも格納される。このため、ソフトウェアのバージョンアップはフラッシュメモリカードの交換だけで可能となっている。

## 3 光リングシステムのAPS制御(リングAPS)

光リングシステムのAPS制御では、次のような課題がある。

- (1) ネットワーク障害発生から障害回避までの回線復旧時間は、光伝播(でんぱ)遅延時間が支配的であり、この遅延時間の大小が回線断を引き起こす可能性を決めるため、対策が必要である。
- (2) ネットワークの経済的な運用のため、サービス回線が迂回によりプロテクションファイバを使用していない間は、パートタイム回線を使用して回線リソースの有効利用を図る必要がある。

当社は、光リングシステムのプロテクション機構を開発する際に、上記回線断の回避とパートタイム回線収容の技術的な課題をクリアし、リングネットワークに適したAPS制御機構を実用化した。以下に、リングAPS制御方式の標準化、光リングシステムの回線保護制御、回線誤接続の防止、リングAPSがネットワーク形態に対し幅広く適応できる運用面について述べる。

### 3.1 リングAPS制御方式の標準化

大容量光リングシステムの開発過程において、当社は世界の通信事業者(AT&T、KDD、British Telecom、France Telecom)などと共同でリングネットワークに適したプロテクション機構を考案し、ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)において標準化作業を推進した。これにより、ITU-T G.841勧告(Types and Characteristics of SDH(Synchronous Digital Hierarchy)Network Protection Architectures)として、リングネットワークにおけるAPS制御方式(MS-SPRING: MS(Multiplex Section) Shared Protection RING)が世界で初めて規格化された。

大洋横断型ネットワークのリングAPS制御については、更にG.841 Annex A(Transoceanic Application)において、先に課題として述べた回線断の対策としてサービス回線の回線復旧時間を300ms以下とすること、プロテクションファイバにパートタイム回線を使用する旨が記述されている。

当社のSTM 64 NPEに搭載したリングAPSは、このG.841 Annex Aにフルスペックで対応し、光リングシステムの制御において世界で唯一運用の実績を持っている。

以下に、一般的な陸上型(ノントランスオーシャンック)方式に対して特化した大洋横断型(トランスオーシャンック)方式の改良点について述べる。

### 3.2 大洋横断型リングAPS制御方式

図1(a)に示すようなサービスファイバとプロテクションファイバによりノード間を接続したリングネットワークを考える。

主に陸上のリングネットワークに適用される陸上型方式は、障害端のノードがサービスファイバとプロテクションファイバをループバック接続し、障害を迂回する方式である。図1(b)では、ノードAとノードB間に発生したサービスとプロテクションの両系ファイバ障害に対して、障害端のノードAとノードBだけが保護切替えを実施することでネットワークとし

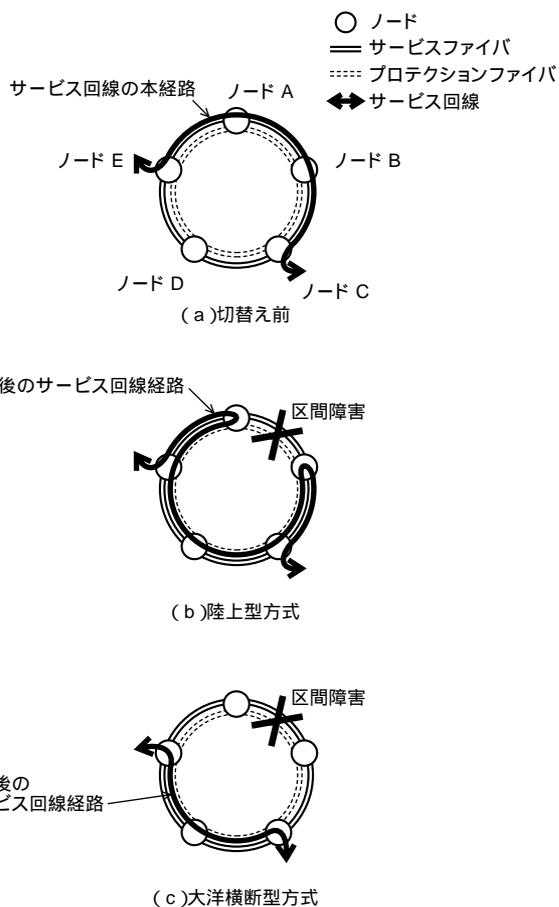


図1. 陸上型方式と大洋横断型方式 方式の違いにより,切替え後の経路が異なる。

Non-transoceanic type and transoceanic type ring networks

でのAPS制御を実現している。

しかし,陸上型方式はネットワークの総延長距離の長大化に伴い迂回経路も長大化する問題があり,大洋を横断するリングネットワークには適さない。

そこで,迂回経路を最短とした大洋横断型方式が誕生した。この方式では,図1(c)に示すようにループバックによる余分な遅延がない。よって,サービス回線の保護が最短経路で実現できるため,大規模リングネットワークに非常に適している。

更に,大洋横断型方式では,複数区間で障害が発生した場合に,サービス回線を保護できる利点が得られる。例えば,図1(b)においてノードAとノードB間の両系ファイバ障害のほかに,ノードBとノードC間にサービスファイバ障害が発生した場合を考える。陸上型方式ではサービス回線を保護しきれないが,大洋横断型方式(図1(c))ではサービス回線に影響を与えない。

### 3.3 光リングシステムの回線保護制御

サービス回線障害が発生する要因として,ノード間を接続する伝送路の損壊,基板故障,保守/運用時の人為的ミス

などが予想できる。STM 64 NPEに搭載したリングAPS機能は,高速インタフェース(10 Gbps)において,サービス回線品質に著しい影響を与える障害を検知し瞬時にサービス回線を迂回させることで,障害による影響を最小限に抑えることが目的である。リングAPS機能は全STM 64 NPEに搭載され,各STM 64 NPEはネットワーク内の障害事象に対しそれぞれが自律分散制御を行い,リングネットワークを適切に高速かつ安全に制御する。高速インタフェースの障害種別,保護対象となる区間によって最短の迂回経路は異なる。このため,リングAPS機能が制御する保護切替え形態は,障害種別ごとに3パターン存在する(図2)。多重区間障害については,障害の重大性に従い,この3パターンを組み合わせで制御する。

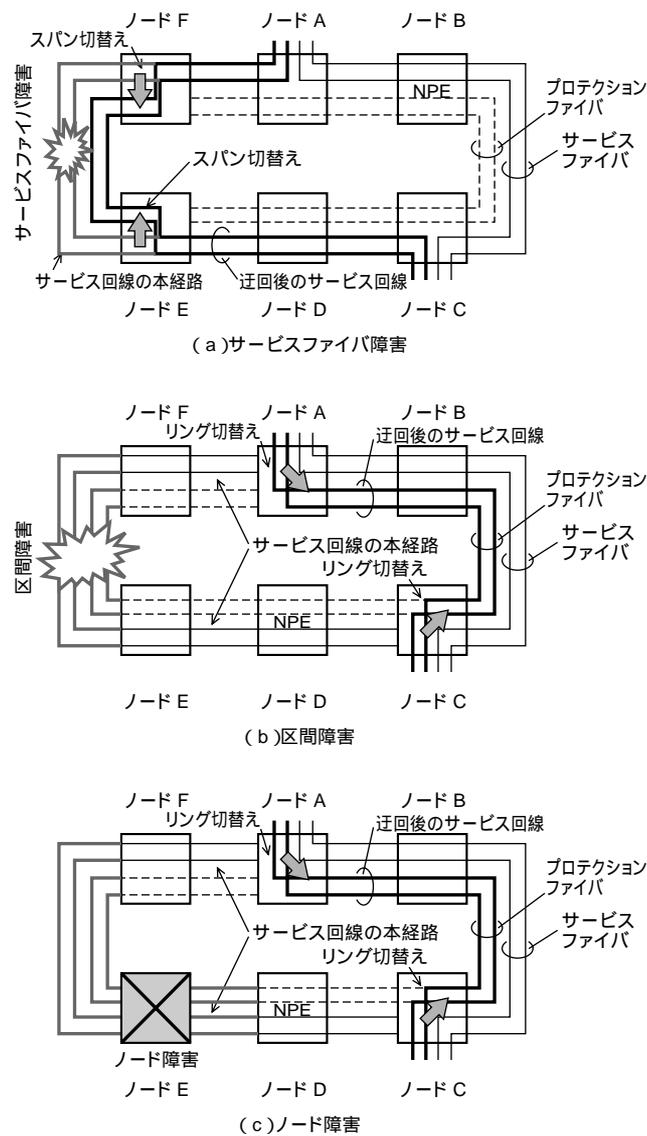


図2. 障害発生パターン すべての障害は,サービスファイバ障害,区間障害,ノード障害の3パターンの組合せで表現される。

Failure patterns in ring network

以下に、リングネットワークの基本的な保護制御形態を示す。

- (1) サービスファイバ障害 サービスファイバ障害を切り離すため、同一区間のプロテクションファイバへサービス回線を迂回させる“スパン切替え”を実施することにより回線を保護する(図2(a))。
- (2) 区間障害 サービスファイバ障害とプロテクションファイバ障害を切り離すため、障害発生区間外のプロテクションファイバへサービス回線を迂回させる“リング切替え”を実施することにより回線を保護する(図2(b))。
- (3) ノード障害 障害が発生したノードを切り離すため、2区間で両系ファイバ障害が発生したと判断し、障害区間外のプロテクションファイバへサービス回線を迂回させる。各ノードが実行する切替え制御シーケンスは前記リング切替えと異なるが、迂回方法としてはリング切替えに相当する(図2(c))。

### 3.4 回線の誤接続の予防

複数の回線を収容する通信システムでは、回線断だけでなく回線の誤接続(ミスコネクト)は致命的な欠陥である。

STM 64 NPEでは、サービス回線と同じ容量のパートタイム回線を収容している。リングAPS機能は、効率的な回線利用のため、サービス回線の保護切替えと同時にパートタイム回線の再使用(リエスタブリッシュ)を行う。リエスタブリッシュとは、ネットワークが迂回制御中であっても、プロテクションファイバに空きがあれば、パートタイム回線を使用する制御である。

APS制御によるミスコネクトが発生しないことを検証するため、当社では、制御形態、障害事象の発生/解除のタイミング及び区間、更にサービスとパートタイム回線パスの形状などのパラメータについて、現実に存在しうるパターンをすべて検討し、シミュレーションによる動作検証を実施した。これにより、STM 64 NPEに搭載したリングAPS機能は、ミスコネクトが発生しないシーケンス制御を実現している。

### 3.5 種々のネットワーク形態への幅広い適応

リングAPS機能を応用することで、ネットワークの拡張に対し幅広く対応することができる。

大規模ネットワークでは、段階的にシステムを構築していくケースがある。最終的なリング構成になるまでの期間、パースシャルリングでの運用を余儀なくされる。このネットワーク形態では、リング切替えによる回線保護は実現できないが、監視制御システムより手動で適切なコマンド制御を実行することで、スパン切替えによるサービス回線の保護制御が可能となる(図3)。

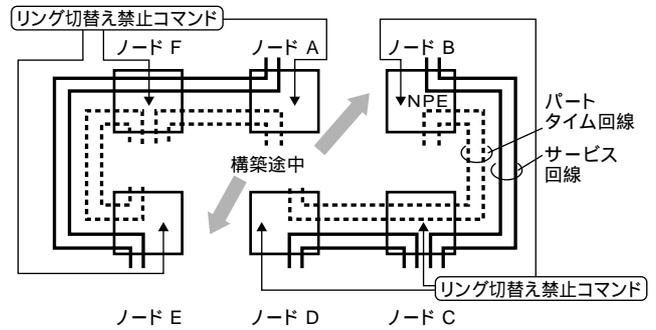


図3. パースシャルリングにおける運用 完全なリング構成でなくとも、切替えコマンドを使用することで部分運用が可能となる。

Operation in partial ring network

また、既存のシステムに対するノード数の変更が可能であり、運用開始後のシステム構成変更の場合も、サービス回線に影響を与えることなく対応することができる。

## 4 あとがき

当社は、いち早く大洋横断型リングAPSを実用化し、市場へ投入してきた。

今後は、複数の光リングシステムを結合して相互乗り入れし回線保護を実現するネットワーク接続機能の開発、更に、高速IP(Internet Protocol)接続に対応するため、保護制御の有無をチャンネルごとに指定可能とする機能などの拡張をしていく予定である。



尾崎 高弘 OZAKI Takahiro  
情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部主務。  
光リングシステムの開発・設計に従事。  
Hino Operations



小橋 一弘 KOBASHI Kazuhiro  
情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部主務。  
光リングシステムの開発・設計に従事。日本機械学会、電子  
情報通信学会会員。  
Hino Operations



末次 弘宗 SUETSUGU Hiromune  
情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部。光リ  
ングシステムの開発・設計に従事。  
Hino Operations