

光リングシステム用網切替装置 STM 64 NPE

STM-64 Network Protection Equipment for Optical Ring System

大谷 満
OTANI Mitsuru

岩堀 仁
IWAHORI Hitoshi

勝村 肇
KATSUMURA Hajime

光リングシステムで使用される網切替装置 STM 64(Synchronous Transport Module 64)NPE(Network Protection Equipment)を開発した。NPEは、ITU T勧告で規定されたSTM 64インタフェースを持ち、大容量、高信頼のネットワークを提供する。NPEは、最大200%の伝送パスを多様な低速インタフェースを介して接続することができ、柔軟な伝送パスの接続、コンカチネーテッド(連結)パスの対応、OAM機能の内蔵などの特長を持っている。NPEは数々の試験を通じて、STM 64インタフェースの互換性、パス接続やタイミングに関する各種機能、EMC特性などすべての設計仕様を満足することを確認した。

開発したSTM 64 NPEは、大西洋を横断するTAT 14 ケーブルシステムに納入される。

We have developed the STM-64 network protection equipment (NPE) for optical ring system use. It has the STM-64 interfaces defined by ITU-T recommendation, and provides a large-capacity and highly reliable network. The STM-64 NPE has many features, including 200% add/drop capability, many types of low-speed interfaces, flexibility of path configuration, handling of concatenated AU-4 signals, and built-in functions for operation, administration, and maintenance (OAM).

Through verification tests, the STM-64 NPE was confirmed to be compliant with all design specifications such as compatibility of the STM-64 interface, functions, electromagnetic compatibility (EMC), etc. The newly developed STM-64 NPE is being introduced into the TAT-14 cable network, which traverses the Atlantic Ocean.

1 まえがき

光リングシステムの各ノード(接続中継点)に設置され、ネットワークプロテクションを行う網切替装置 STM 64 NPEを開発した。今回開発したSTM 64 NPEは、高速インタフェースとしてSTM 64(10 Gbpsの光インタフェース)を採用し、伝送容量でSTM 16 NPEと比べ4倍の能力を備えている。

ここでは、STM 64 NPEの基本機能、特長、構成、実装について、ハードウェア技術を中心に述べる。

2 基本機能

NPEの機能別回路構成を図1に示す。NPEは、信頼度を上げるため装置の各部を二重化し、冗長構成を採っている。NPEは4ファイバリングネットワークに適用されるため、両方向に対してサービス(SRV)、プロテクション(PRT)のHS(High Speed)インタフェースを持つ。リングシステム外への伝送パスの接続はLS(Low Speed)インタフェースを介して行い、LSインタフェースは、サービス、プロテクションとパートタイム(P/T)のインタフェースと、各インタフェースを選択するプロテクションスイッチ(PSW)で構成される。HS、LSインタフェースを介して装置内部に取り込まれた伝送パスはTSA(Time Slot Assignment)により、任意のHS、LSインタフェースに接続される。

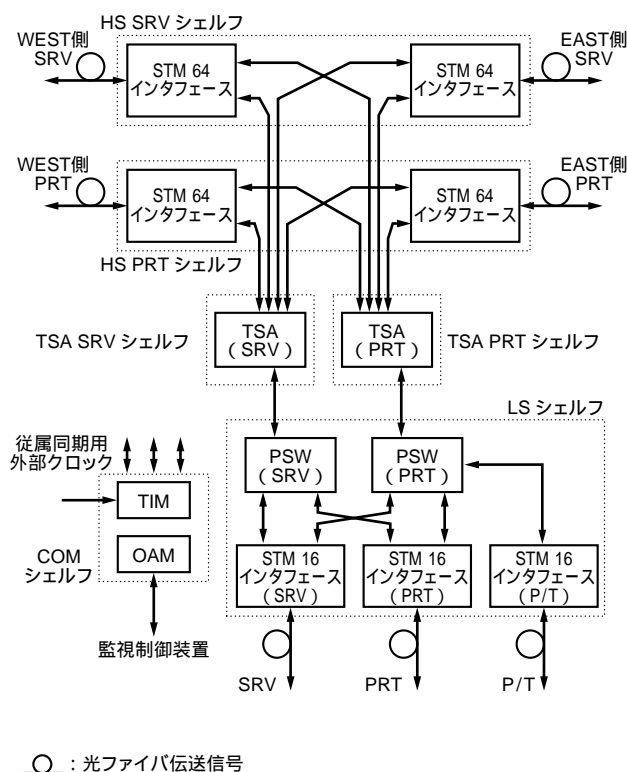


図1. STM 64 NPEの機能別回路構成 LSインタフェースとしてSTM 16を使用時の機能別回路構成を示す。NPEは、信頼度を上げるため装置の各部を二重化し、冗長構成を採っている。
Functional circuit diagram of STM-64 NPE

NPEの各部分は、システムタイミングに同期して動作するため、タイミング部(TIM)はシステムタイミング源の選択を行い、装置内部にタイミング信号を分配する。OAM(Operation, Administration and Maintenance)部はNPEの監視制御を行うとともに、外部の監視装置へ警報や品質情報の通知を行う。電源は2系統で受電し、N+1冗長構成で必要な電圧を装置内の各カードに供給する。

3 特長

3.1 STM 64インタフェース

STM 64インタフェースは、10Gbpsの光インタフェースであり、主要諸元を表1に示す。STM 64インタフェースは、ITU T(International Telecommunication Union - Telecommunication standardization sector)勧告 G.691 S64.3に準拠しており、局内でのダイレクト接続が可能のように光送受信レベルを設定している。開発した小型光送受信器とGaAs ASIC(用途特定IC)の採用により、光送信器、光受信器を各々1枚のカードに収容した。開発したSTM 64インタフェースは、他メーカーとの接続試験を実施し、その相互接続性を確認している。

表1. STM 64インタフェース仕様(ITU T勧告 G.691 S 64.3準拠) STM-64 Optical Interface Specifications

項目	仕様
伝送速度	9,953.28 Mbps
伝送路符号	NRZ
発光中心波長	1,530 ~ 1,565 nm
平均光出力電力	- 8 ~ - 3 dBm
最小受光電力	- 13 dBm以下
最大受光電力	- 3 dBm以上

NRZ: Non-Return to Zero(信号の"1"を情報の単位時間内で"1",信号の"0"を情報の単位時間内で"0"にする符号)

3.2 多様な低速インタフェースに対応

低速インタフェースとしてSTM 1E(電気インタフェース), STM 1o, STM 4, STM 16(光インタフェース)を収容できる。各インタフェースの主要諸元を表2,表3,表4に示す。

表2. STM 1Eインタフェース仕様(ITU T勧告 G.703) STM-1 Electrical Interface Specifications

項目	仕様
伝送速度	155.52 Mbps
伝送路符号	CMI
出力振幅	1 ± 0.1 V
リターンロス	15 dB以上(8 ~ 240 MHzにて)
受信等化能力	12.7 dB以上

CMI: Coded Mark Inversion(信号の"1"を情報の単位時間内で"00"あるいは"11",信号の"0"を情報の単位時間内で"01"にする符号)

表3. STM 1o, STM 4光インタフェース仕様(ITU T勧告 G.957 1 S 4.1)

STM-1 and STM-4 Optical Interface Specifications

項目	仕様	
	STM 1	STM 4
伝送速度	155.52 Mbps	622.08 Mbps
伝送路符号	NRZ	
発光中心波長	1,260 ~ 1,360 nm	1,274 ~ 1,356 nm
平均光出力電力	- 15 ~ - 8 dBm	- 15 ~ - 8 dBm
最小受光電力	- 23 dBm以下	- 28 dBm以下
最大受光電力	- 8 dBm以上	- 8 dBm以上

表4. STM 16インタフェース仕様(ITU T勧告 G.958 S 16.1 S 16.2準拠)

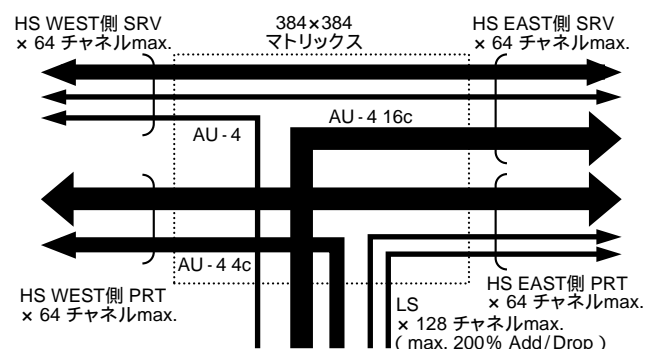
STM-16 Optical Interface Specifications

項目	仕様	
	タイプ A	タイプ B
伝送速度	2,488.32 Mbps	
伝送路符号	NRZ	
発光中心波長	1,260 ~ 1,360 nm	1,430 ~ 1,580 nm
平均光出力電力	- 5 ~ 0 dBm	
最小受光電力	- 18 dBm以下	
最大受光電力	0 dBm以上	

各インタフェースにおいて、パートタイムパスにアクセスするインタフェースがある。

3.3 パス接続のフレキシビリティ

384 × 384の大規模マトリックススイッチ(図2)の採用により、伝送パスを任意のインタフェースに接続できる。障害回避時の切替え時間を短縮するため、伝送パスの接続情報テーブルを保存するRAMがあり、障害発生時には指定されたテーブルに瞬時に切り替えることができる。



Add/Drop: 低速インタフェースから入力された信号をWEST側に出力する(Add)/WEST側からの信号を低速インタフェース側に出力する(Drop)

図2. マトリックススイッチの使用例 384チャンネルの伝送パスを各インタフェース間で自由に接続できる。

Example of 384 × 384 matrix switch usage

3.4 コンカチネーテッドパスの対応

国際回線では、AU 4(Administrative Unit 4)と呼ばれる約140 Mbpsの伝送パスを基本単位としてノード間の通信をしていたが、IP(Internet Protocol)パケットの効率的な収容を目的として伝送パス容量の拡大が必要になっている。伝送容量を拡大するために、複数のAU 4をコンカチネーテッドしたものが、コンカチネーテッドパスであり、その処理を図3に示す。

NPEは基本単位であるAU 4のほか、4個のAU 4を連結したAU 4 4c、16個のAU 4を連結したAU 4 16cを伝送することができる。

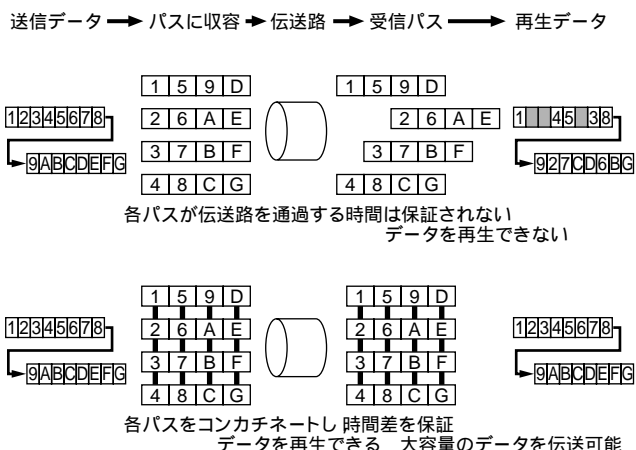


図3 .コンカチネーテッドパスの処理 パスを連結することで容量を拡大し、高速データを伝送することができる。
Application of concatenated paths

3.5 充実した管理機能

NPEは、装置の信頼性を保つために、障害管理、構成管理、性能管理、機密管理という四つの管理を行うOAM機能を実装し、TMN(Telecommunication Management Network)インタフェースを用いて監視制御装置と接続できる。

NPEは、リングシステムを構成する他のNPEとSTM 64信号中のDCC(Data Communication Channel)を介して管理情報を送受し、監視ネットワークを構築している。この監視ネットワークにより、遠隔操作による監視・制御を提供する。

3.6 ホールドオーバ機能を持つ同期システム

NPEは、システムタイミングに同期して動作する。タイミング源としてDCS(Digital Clock Supply)より供給される外部クロック、STM 64信号、内蔵の高安定発振器を選択することができる。タイミング源の障害発生時には、ホールドオーバ機能により位相変動を抑制し、ネットワークに与える影響を最小限にしている。

また、NPEは、外部装置に安定したタイミング信号を供給するインタフェースがある。



図4 . STM 64 NPE LSインタフェースとして、STM 16を使用したときの装置を示す。
STM-64 NPE

4 装置構成

NPEは、HSシェルフ(サブラック)、TSAシェルフ、COM(Common:共通部)シェルフを収容するメイン架(ラック)とLSシェルフを収容するTRIB架(TRIButary架:メイン架とセットで使用する架)により構成される。開発したSTM 64 NPEを図4に示す。NPEの構成は、使用するLSインタフェースにより図5に示す構成になる。STM 16を使用時は最大で8チャンネルのサービス、プロテクション、パートタイム用インタフェースを収容できる。STM 1、STM 4とSTM 16は、シェルフ単位で交換することが可能で、各インタフェースをTRIB架内で混載することができ、STM 1とSTM 4は同一のシェルフ内でカードの交換により構成を変更できる。

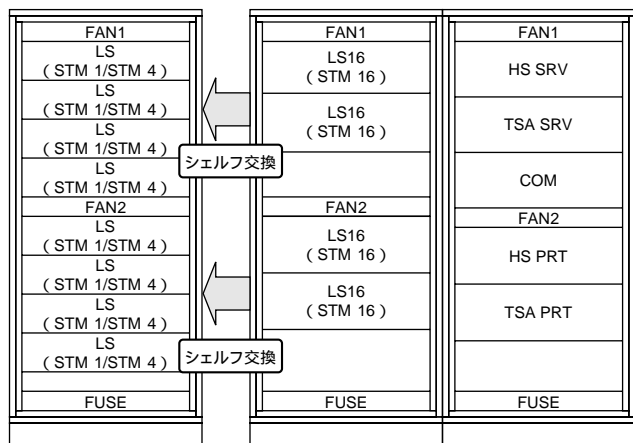
メイン架、TRIB架とも、架上と架中央に冷却ファンを搭載するFAN(冷却用換気扇)シェルフを実装し、架下に給電線の接続、電源処理を行うFUSE(ヒューズ)シェルフを実装している。NPEへの外部インタフェースの接続は架上、架下のいずれからも接続可能で、局舎設備に柔軟に対応できる。

5 実装技術

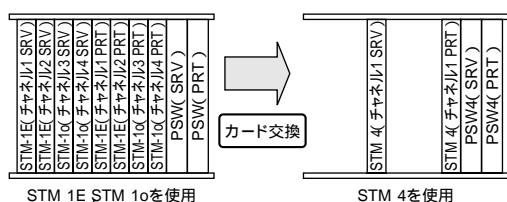
NPEは、Hi-PAS実装コネクタ(1.27mm千鳥格子配列の高密度実装コネクタ)をベースとし、大規模ASICの採用、大型パッケージの採用、強制空冷の採用により、高密度で収容効率の高い実装を実現した。

5.1 大規模ASIC

電気回路の小型化を実現するため、大規模ASICを開発した。155 Mbps以下の処理は、Bi-CMOS(Bipolar Complementary Metal Oxide Semiconductor)、622 Mbps以下の



STM 1 STM 4とSTM 16はシェルフ交換



STM 1とSTM 4はカード交換

図5 . STM 64 NPEの構成 STM 1,STM 4,STM 16を使用したときのシェルフ構成とカード構成を示す。
Layout of STM-64 NPE

処理は、ガリウムヒ素(GaAs)ASICを採用し、入出力信号数の制約を緩和するため500ピンBGA(Ball Grid Array)などの高密度のパッケージを採用した。

5.2 300 mm 高の大型カード

カード1枚当たりのスループット(単位時間内の処理能力)を上げるため、300mm高サイズのカードを標準で採用した。大型カードの採用は、コネクタによる入出力信号数を拡大するとともに、カード枚数、種別削減による保守性の向上も実現している。

5.3 強制空冷

高密度高発熱実装に対応するため、前面の扉下部より吸気し、架上より排気する強制空冷方式を適用した。

交換可能な4台のファンユニットでファンシェルフを構成し、架の上段と中段の2か所に設置した。熱シミュレーションによる最適化を行い、ファン交換やカード交換などの保守作業時も均一な通風を確保し、局所的な発熱を防いでいる。

また、ファンの数量増加に伴う騒音対策として低騒音型DC(直流)ファンを採用し、ETS規格(欧州の通信規格)による音響パワー試験で規格を満足することを確認した。

5.4 耐震性

NPEは、基幹通信網に導入されることから高耐震性能が

要求される。開発したNPEは、耐震試験を実施しBellcore規格(米国の通信規格)を満足することを確認した。

5.5 シールドキャビネット

ステンレス材を採用したシールドキャビネットは、放射電磁界強度、電磁界イミュニティ(Immunity:外部からの放射電磁界に対するの耐力)を満足する高いシールド性を確保している。開発したNPEでEMC(Electro Magnetic Compatibility:電磁環境適合性)試験を実施し、表5に示す規格を満足することを確認した。

表5 . STM-64 NPEのEMC関連規格
Standards related to electromagnetic compatibility

項目	適用規格	要求レベル
端子雑音強度	CISPR Publ.22	クラス A
放射電磁界強度	CISPR Publ.22	クラス A
静電気放電イミュニティ	IEC1000-4-2	レベル 2 レベル 3 レベル 4
放射イミュニティ	IEC1000-4-3 ENV50204	レベル 3 レベル 2
電氣的ファストトランジェントパーストイミュニティ	IEC1000-4-4	レベル 2
サージイミュニティ	IEC1000-4-5	レベル 2
伝導性雑音イミュニティ	IEC1000-4-6	レベル 2

CISPR: 国際無線障害特別委員会 IEC: 国際電気標準会議
ENV: 欧州統一規格

6 あとがき

STM 64 NPEの開発を完了し、開発したSTM 64 NPEは大西洋を横断するTAT 14 ケーブルシステム用として納入される。これが、欧州と米国間の通信インフラの整備に大きく貢献することを期待する。



大谷 満 OTANI Mitsuru
情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部主務。
光通信機器の設計に従事。
Hino Operations



岩堀 仁 IWAHORI Hitoshi
情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部主務。
光通信機器の設計に従事。
Hino Operations



勝村 肇 KATSUMURA Hajime
情報・社会システム社 日野工場 伝送通信システム部主務。
通信機器の機構設計に従事。
Hino Operations