SDH　MPLS-TP　クロスコネクト装置

R&D ホットコーナー ソリューション

パケットトランスポート技術を適用したクロスコネクト装置

NTTネットワークサービスシステム研究所

小川 雅也　/岩下 秀徳　/高島 敬　/松田 俊哉　/樋口 健一　/行田 克俊

現在，PSTN（Public Switched Telephone Network）や既存専用線サービスはTDM（時分割多重）技術をベースとした旧リンク系システムによる伝送路に収容されていますが，パケットトランスポート技術をベースとしたリンク系システムへの移行を進めることによりシンプルなネットワークを構築することができます．ここでは，これらの移行を効率的に推進することができる低速パス（1.5 Mbit/s）単位の振分け・集約機能を有するパケットベースのクロスコネクト装置（PTM-XC）を紹介します．

開発のねらい

NTTネットワークサービスシステム研究所では，導入から20年が経過した旧リンク系システムや既存専用線システムの設備の老朽化に伴う保守部材の確保や維持メンテナンス費用の増大，それらに精通する保守者の減少に対応するため，各システムのマイグレーション技術の開発に取り組んでいます．PSTN（Public Switched Telephone Network）や既存専用線サービスのトラフィックの減少とIP系トラフィックの増加という背景の中で，今後のネットワークには次のような要件が求められます．

・IP系サービスエリア拡大に伴うIPトラフィックの増加に対処できる
・柔軟な帯域粒度設定によりIP系サービスとPSTNや既存専用線サービスを効率的に収容できる
・従来のSDH（Synchronous Digital Hierarchy）と同等のパス設定や警報監視などの保守運用性を実現できる

これらの要件を満たすため，NTTネットワークサービスシステム研究所ではこのパケットトランスポート技術をベースとしたリンク系システムであるPTM（Packet Transport Multiplexer）リンクシステムを開発しました．PTMリンクシステムの概要を**図1**に示します．PTMリンクシステムは，主信号伝送技術として，MPLS-TP（Multi Protocol Label Switching-Transport Profile）をベースとしたパケットトランスポート技術，イーサ伝送路上でレイヤ1クロックを抽出可能なシンクロナスイーサ技術，TDM（Time Division Multiplexing）信号をパケット網で伝送するためのカプセル化技

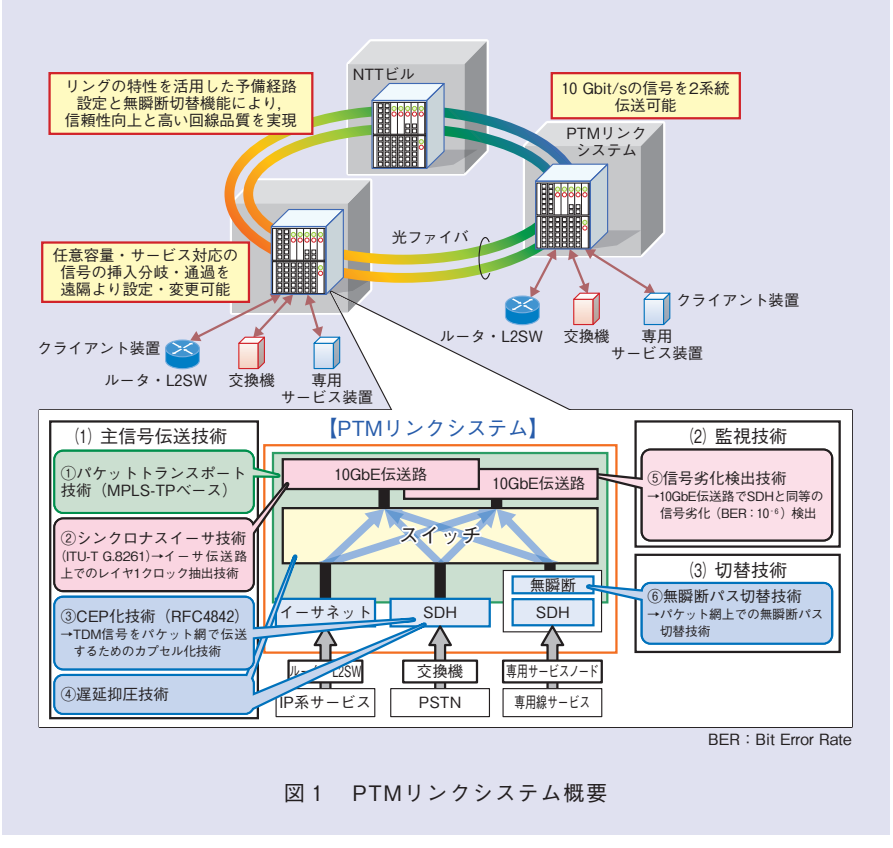


図1　PTMリンクシステム概要

術であるCEP（Circuit Emulation over Packet）化技術，パケット網においても従来のSDHと同等の遅延量で伝送可能な遅延抑圧技術を適用しました．また，監視技術として，イーサ伝送路上においてもSDHと同等の信号劣化（BER:10^{-6}）を検出可能な信号劣化検出技術，および切替技術としてパケット網上においても瞬断なく切替可能な無瞬断パス切替技術を適用しました．これらの技術を適用したPTMリンクシステムは，パケット網上でPSTNおよび専用線などのTDMサービスを提供可能なSTM同等の伝送品質を実現したNTT通信ネットワークの根幹を担うインフラシステムです．PTMリンクシステムは，TDM技術とパケット技術の両面を融合させたものです．任意の容量のパスを任意の拠点で多重・分離でき，需要・サービス種別に応じてダイナミックに変動するネットワークを実現することができます．

NTT研究所では，第1ステップとしてPTMリンクシステムにより，**図2**に示すように旧世代のリンク系システムをマイグレーションし，第2ステップではモジュールBと呼ばれる装置のマイグレーションを想定し，2段階に分けて開発を進めてきました．モジュールBは，STM-0/STM-1 インタフェース（52M/156M IF）を持ち，任意のSTM-0/STM-1インタフェース間のVC-11パス（Virtual Container 11：1.5 Mbit/sパス）のパス接続を行うクロスコネクト装置です．

PSTN・専用サービスの加入系ノードと中継系ノード間は，今後，VC-3パス（Virtual Container 3 ：52 Mbit/sパス）で接続されるため，VC-3パス内のVC-11パスやVC-2パス（Virtual Container 2 ：6.3 Mbit/sパス）の低速パスの収容率が低くなる区間は，VC-11パスやVC-2パスを複数束ねてVC-3パスへ収容することでパス収容率が向上し，より効率的なマイグレーションが可能となります．また，事業者間の接続等においてVC-3パスへの移行が難しい場合などに使用されます．このパス収容率の向上のためにVC-11パス，VC-2パスのクロスコネクト機能の開発に取り組み，完成したのがPTM-XC（PTMクロスコネクト）です．PTM-XCの概要を**図3**に示します．

PTM-XCは，パケットスイッチを用いたPTMリンクシステムをベースとすることにより共通物品を使用可能とし，開発規模を最低限に抑えました．

マイグレーションをするうえでの課題

モジュールBは導入後20年が経過した装置であり，PTM-XCへマイグレーションするうえでは次のような課題がありました．

⑴ 高効率・高密度収容

モジュールBはPSTNや既存専用線サービスのトラフィックの減少による収容率の低下，また，旧リンク系システムの縮退により多数のVC-3パスの増設が必要となるため，VC-11/VC-2パス単位の振り分け，集約機能により，高い収容率にすることが求められます．**図4**は1つの集約ビルから2つの加入ビルへ交換機および専用サービス装置を接続した場合の例です．クロスコネクト装置がない場合，複数のVC11パス（1.5 Mbit/s）を多重することができないため，収容率の低いVC3パスが4本必要となりますが，クロスコネクト装置を導入することにより，複数の

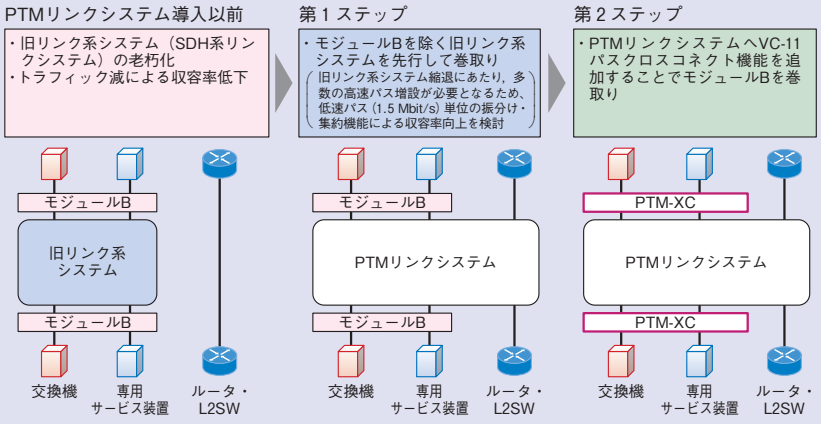


図2　PSTN・既存専用線サービスを収容するリンク系システムの適用例

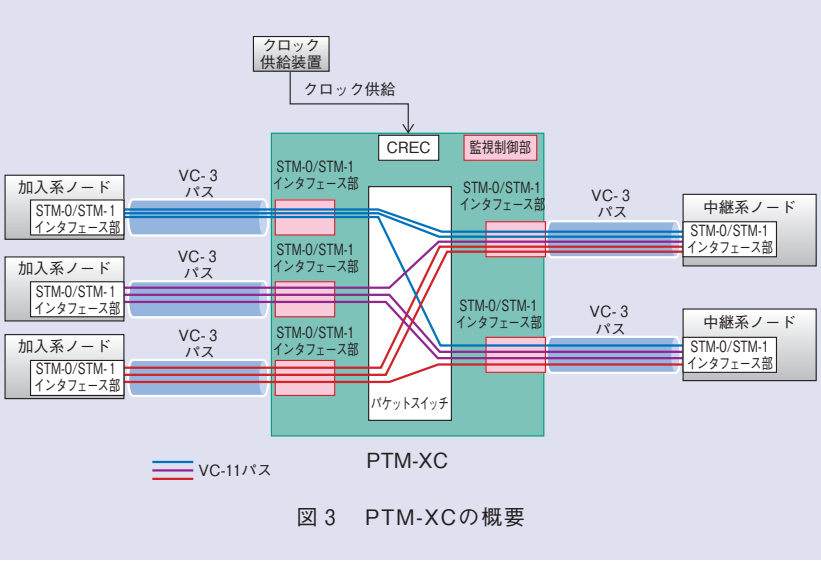


図3　PTM-XCの概要

VC11パスを多重し，収容率の高いVC3パス2本で接続が可能となります．

また，高い収容率にする際，最大パス数である4032パス（VC-11パス換算）の収容のためにはモジュールBは10架が必要となり，設置スペースを大きく使ってしまうことから，PTM-XCではモジュールBと同数のパス数を収容し，より高密度な実装による設置スペースの削減が求められます．

⑵　低遅延化

PTM-XCにて収容する既存専用線サービスは，遅延量を小さくするためにPTM-XCの装置内遅延をモジュールBと同等程度かそれ以下に抑える必要があります．一般的にVC-11/VC-2信号をMPLS-TPパケットへ変換するパケット化処理，およびMPLS-TPパケットをVC-11/VC-2信号へ復元するデパケット化処理をする際の遅延が大きくなるため，この遅延をいかに小さくするかが求められます．

⑶　低消費電力化

モジュールBは最大で10架構成になるなどの理由から消費電力が大きく，運用コストが増大しています．近年の省エネルギーが求められる背景の中で，PTM-XCでは消費電力を低減することが求められます．

⑷　保守運用性の向上

クロスコネクト装置では最大で4032パス（VC-11パス換算）を収容する必要があり，多数のパッケージや光モジュールを搭載することから，それらの登録作業をより容易に行えることが求められます．

また，モジュールBは架間を接続するインタフェースが膨大にあります．そのため，架間を接続する送信元および受信先でのインタフェース盤での故障の特定が難しいことが問題となっています．PTM-XCでは保守者が故障部位を早期発見し修理を行えるような，より保守しやすいシステムであることが求められます．

そのほか，昨今の装置は小型化，低消費電力化が求められることにより半導体デバイスの高集積化，細密化がなされています．それに伴いソフトエラー（メモリで発生する宇宙線などの要因によるビットエラー）による故障が発生する可能性があります．このソフトエラーに対する対策も求められます．

課題に対する技術的ポイント

⑴　高効率パス収容技術

PTM-XCのクロスコネクト機能は，パッケージ間の転送情報としてMPLS-TPパス（LSP）を使用し，出力先の情報を内部ヘッダによって転送することで

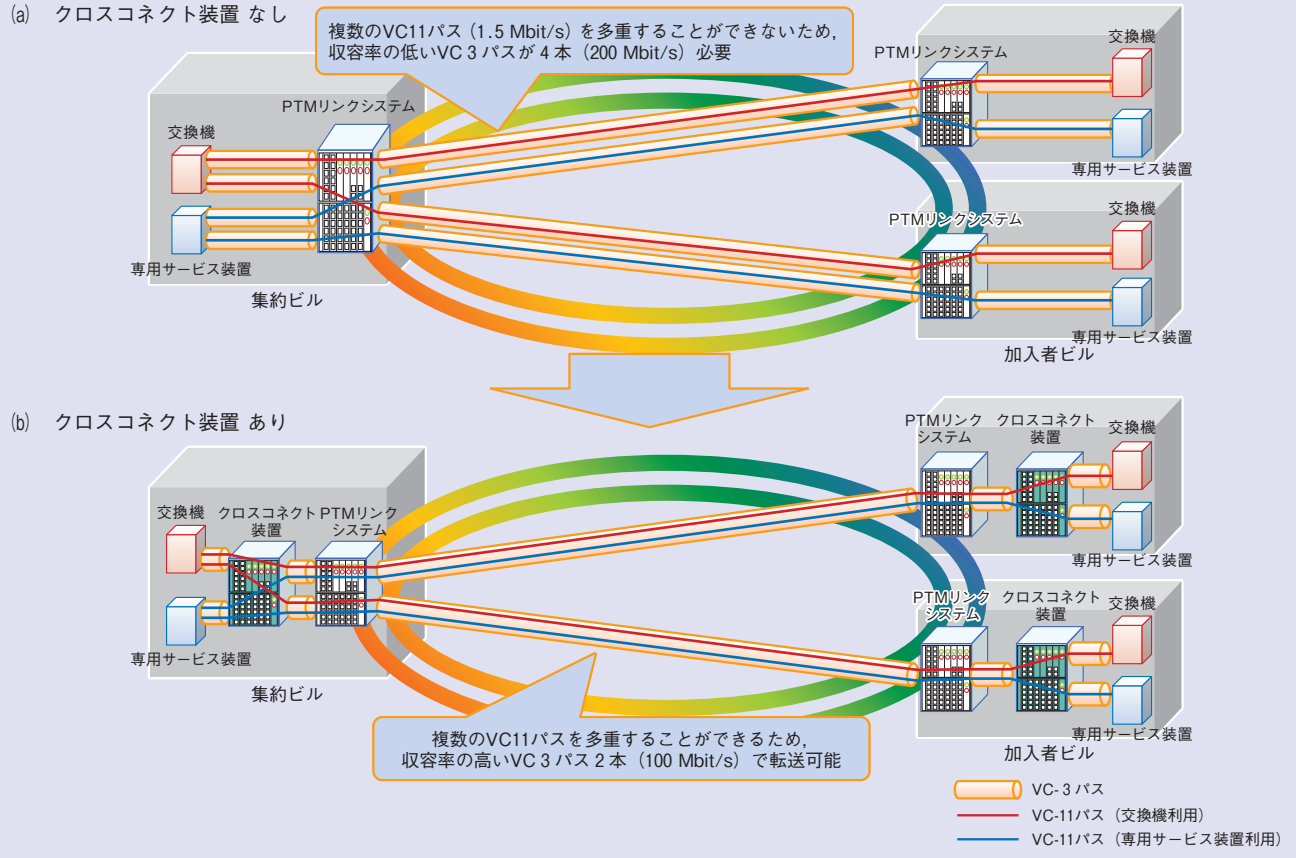
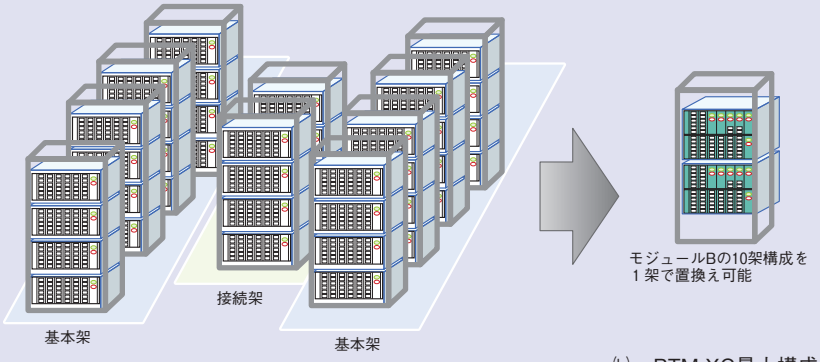


図4　クロスコネクト装置によるパス高収容化



⒜　モジュールB最大構成　　⒝　PTM-XC最大構成

図5　PTM-XCの高密度実装

実現しています．装置内部では，STM-0/STM-1 インタフェース盤からスイッチ盤，スイッチ盤からSTM-0/STM-1 インタフェース盤へデータをMPLS-TPにてカプセル化し，収容元ポート（A点）から出力先ポート（Z点）へデータ転送を行っています．同じ方路どうしのVC-11/VC-2パスを複数多重することでパケット化処理時のオーバヘッド増加を抑制し，**図5**に示すように従来装置で10架を必要とした回線数を，1架で収容することを可能としました．

⑵　低遅延化技術

パス多重時のパケット化処理，分離時のデパケット化処理での遅延を抑えるため，TU-11/TU-2フレームを分割してパケット化することで，処理遅延をモジュールBと同等以下に抑えることを可能としました．

⑶　低消費電力化

モジュールBの10架分の回線数を1架で収容することが可能となったため，最大収容数での最大消費電力をモジュールBと比較して約20分の1とすることを可能にしました．

⑷　保守運用性の向上

PTM-XCでは，局建設時のユニット種別設定時に，監視制御部，スイッチ部，STM-0/STM-1 インタフェース部などの各パッケージを全スロットに自動で登録します．STM-0/STM-1 インタフェース部を登録する際には，隣接スロットの同一ポート番号どうしでプロテクショングループを全ポートに自動で設定することでパス開通手順の削減につなげています．

また，PTM-XCは最大構成でも1架の構成であるため，架間接続インタフェース盤のような複雑な構成はなく，STM-0/STM-1 インタフェース部とスイッチ部のシンプルな構成となっており，複数架にまたがることから故障評定が難しかったモジュールBよりもより容易な故障評定が可能となっています．さらに，モジュールBと同等のパス試験機能を具備することで故障発生個所の特定を容易なものとしています．

その他，ソフトエラーが発生する可能性がある主信号系メモリ，および監視制御系メモリに対して対策を施しています．これにより，ソフトエラーが発生した場合は自律でエラー回復処理を実施します．また性能情報としてソフトエラーの発生数をカウントし，しきい値超過時はしきい値超過警報により通知を行います．

また，パッケージの交換が必要になった場合は，遠隔の保守者から保守対象パッケージのランプを緑・赤と交互点滅させることで，現地の保守者へ明示的に保守対象パッケージを指示することが可能です．

今後の展開

ここではNTTネットワークサービスシステム研究所が開発した低速パス（1.5 Mbit/s）単位の振分け・集約機能を有するパケットベースのPTM-XCを紹介しました．PTM-XCはモジュールBのマイグレーションを効率的，経済的に実現することが可能です．

今後は本装置によりリンク系システムのマイグレーションを推進し，シンプルなネットワークの構築を支えていくことを目指します．

■参考文献

⑴　特集：“光IPネットワーキング技術の展望と最新動向，”NTT技術ジャーナル，Vol.19，No.1，pp.6-27，2007.

（後列左から）樋口　健一/ 松田　俊哉/
岩下　秀徳
（前列左から）小川　雅也/ 行田　克俊/
高島　　敬

PTM-XCはVC-11パス単位のクロスコネクト機能を持つ装置であり，旧リンク系システムのマイグレーションを行う際に重要な役割を担っています．今後，さらにシンプルなネットワークを構築する技術開発に取り組んでいきます．

◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所
ネットワーク伝送基盤プロジェクト
高速リンクシステムDP
TEL　0422-59-3516
FAX　0422-60-6033
E-mail　takashima.takashi@lab.ntt.co.jp