

複数キャリア GMPLS 網をベースとしたフォトニックインターネット構成

- アーキテクチャ要求条件 -

岡本 聡^{†‡} 大木 英司^{†‡} 島崎 大作^{†‡} 山中 直明^{†‡}

[†] 日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

[‡] フォトニックインターネットラボ (PIL) 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

E-mail: {okamoto.satoru, oki.eiji, shimazaki.daisaku, yamanaka.naoaki}@lab.ntt.co.jp

あらまし GMPLS により制御されるフォトニックネットワークが複数接続されて提供されるインターネットコアネットワークのアーキテクチャ要求条件を提案する。

キーワード GMPLS, フォトニックネットワーク, マルチキャリア, E-NNI, C-Plane, D-Plane, M-Plane

Photonic Internet Architecture based on multi-carrier GMPLS networks

Satoru OKAMOTO^{†‡} Eiji OKI^{†‡} Daisaku SHIMAZAKI^{†‡} and Naoaki YAMANAKA^{†‡}

[†] NTT Network Innovation Laboratories, NTT Corporation

9-11 Midori-Cho 3-Chome, Musashino-shi, Tokyo, 180-8585 Japan

[‡] Photonic Internet Laboratory: URL <http://www.pilab.org/>

E-mail: {okamoto.satoru, oki.eiji, shimazaki.daisaku, yamanaka.naoaki}@lab.ntt.co.jp

Abstract This paper presents a proposal of architectural requirements for the multi-carrier GMPLS photonic network based Internet core network architecture.

Keyword GMPLS, Photonic Network, Multi-carrier, E-NNI, Control Plane (C-Plane), Data Plane (D-Plane), Management Plane (M-Plane)

1. はじめに

GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) は、伝達網にダイナミック性を持たせ、BoD (Bandwidth on Demand)、OVPN (Optical Virtual Private Network)、Fast Provisioning、SVC (Switched Virtual Circuit) 等の新しいサービスを提供可能とするものとして期待されている。筆者らは、GMPLS をベースとしたインターネットコアネットワークをフォトニックインターネットとして提案してきている[1]。本論文では、GMPLS によって制御されるフォトニックネットワークが複数のキャリア網、あるいは複数のサービスプロバイダ網から構成されることを想定し、GMPLS が適用されるキャリア間インタフェース(E-NNI: External Network to Network Interface)のアーキテクチャ的な要求条件等を議論する。

2. ネットワークモデル

2.1. 前提とするネットワークアーキテクチャ

2.1.1. フォトニックインターネットモデル

単一キャリアが提供するフォトニックネットワークにより構成されるフォトニックインターネットのアーキテクチャを図 1 に示す[1]。本モデルの特徴は、キャリアネットワーク (サービスプロバイダネットワーク) と、ユーザネットワークの間に、UNI (User Network Interface) を設けていることである。UNI を介在することで、(1)ユーザのアドレス空間とキャリア網のアドレス空間の独立性の確保、(2)ユーザへのキャリアネットワーク情報の隠蔽を実現することが可能である。キャリアネットワーク内の機器 NE (Network Element) は GMPLS NE であり、IP/MPLS ルータ、SDH クロスコネク

ト(DXC : Digital Cross-connect)、EoS (Ethernet over SDH) 多重化スイッチ、光クロスコネク (OXC : Optical Cross-connect, PXC : Photonic Cross-connect) 等が WDM リンクを介して接続されている。キャリアネットワーク内 NE のうち、UNI を有する機器は、PE (Provider Edge) と呼ばれ、UNI を介して対向するユーザ機器は、CE (Customer Edge) と呼ばれる。フォトニックインターネットでは、ユーザ網が IP ネットワークであることが前提であるため、CE は IP/MPLS ルータや Ethernet Switch である。又、PE としては、IP/MPLS ルータや、DXC、OXC、PXC 等を想定することができる。このようなネットワークアーキテクチャは一般に

オーバーレイモデルと呼ばれ、ユーザ網の制御プレーン(C-Plane)と、キャリア網の C-Plane は独立して存在する。従って、キャリア網の C-Plane において取り扱うべき経路数は、数 100～数 1000 程度となり、経路数の爆発によるスケーラビリティ問題を回避可能となる。オーバーレイモデルに基づいた網の実装形態としては、OIF OUNI (Optical UNI) [2] や、IETF GMPLS UNI [3] が代表的である。マルチキャリア環境では、各キャリアが独自のサービスポリシーに基づいて網の設計・運用を実施しているため、OUNI と GMPLS UNI が混在していることも想定する必要がある。

2.1.2. GMPLS ネットワーク機能モデル

キャリア網は、C-Plane (Control Plane)、D-Plane (Data Plane)、M-Plane (Management Plane)の 3 面構成とモデル化することができる[1]。C-Plane は、NE 間の回線(パス)設定・解除・変更等の制御機能を担い、M-Plane は、NE や網の状態監視、警報管理等の運用管理機能を担っている。既存の伝達網においては、集中制御の NMS (Network Management System) によって、制御機能と運用管理機能が実現されている。GMPLS を導入することで、C-Plane は分散制御となり、網のダイナミックな運用や、スケーラビリティの向上が期待できる。M-Plane では、集中制御の NMS (Network Management System)を利用して、網の管理・情報収集を行っている。図 2 に GMPLS ネットワークの機能モデルを示す

2.1.3. キャリアネットワークへの機能要求条件

単一キャリアフォトニックインターネットにおける、キャリア GMPLS 網への機能要求条件を以下に示す[1]。

1. 到達性情報のユーザ網への提供。
2. TE (Traffic Engineering) 機能。
3. End-to-End の網リストラレーション機能。
4. End-to-End のルート分散機能。
5. End-to-End の異経路リンク非共有パス設定機能。

2.2. Inter-Carrier E-NNI の導入

E-NNI に関しては、キャリア網の管理ドメインを接続する Intra-Carrier E-NNI と、キャリア間を接続する Inter-Carrier E-NNI が存在する。GMPLS では、主要な 3 種類のプロトコル(ルーティング、シグナリング、リンク管理)が利用されている。網内プロトコル(I-NNI)は、キャリアやベンダ毎に独自の拡張が施されるため、標準化されるのは各プロトコルの基本部分だけである。従って、異なる I-NNI が使用されている網間を接続するためには E-NNI を新に定義し、共通の E-NNI によって I-NNI ドメイン間を接続する必要がある。前述の 3 種類のプロトコルに関する要求機能は以下のようなものになる。シグナリングプロトコルでは、End-to-End での call

の接続、各 I-NNI ドメインにおける connection の設定機能が要求される。ルーティングプロトコルでは、Intra-Carrier E-NNI と Inter-Carrier E-NNI では状況が異なる。Intra-Carrier E-NNI の場合には、網全体を単一 AS (Autonomous System) かつ、単一ルーティングエリアとして十分なパス経路設定機能を提供することを目的として、Link State 型のプロトコルが適用される。一方、Inter-Carrier E-NNI においては、一般的に到達性情報のみを交換し、網内のトポロジ、トラヒック状況、アドレス割当情報は交換しない、Distance Vector 型のプロトコルが適用されている。リンク管理プロトコルでは、E-NNI 適用リンクと I-NNI 適用リンクに差があるとは考えにくいため、通常は差を意識することは無い。ただし、I-NNI プロトコルとして拡張が施されている場合には、その拡張を抑制しておく等の処置が要求される。

図 3 に、Inter-Carrier E-NNI を適用したフォトニックインターネットのアーキテクチャモデルを示す。ユーザ AS と、キャリア AS(1)、キャリア AS(2)は個別の UNI(1)、UNI(2)で接続される。ユーザ AS とキャリア AS は overlay の関係にあり、例えば UNI(1)は OIF OUNI、UNI(2)は IETF GMPLS UNI で実現されていることを想定する必要がある。キャリア AS(1)とキャリア AS(2)は複数の接続点で接続され、それぞれの接続リンク(E-NNI リンク)において E-NNI プロトコルが稼動する。UNI(1)から UNI(2)への E-NNI を介した最短経路での接続要求に対して、どちらの E-NNI リンクを通過すべきかを、PE は判断してシグナリングを実行する必要がある。

E-NNI リンクの両端の NE としては、IP/MPLS ルータの場合と、DXC, OXC, PXC の非 IP/MPLS ルータ機器であることが考えられる。IP/MPLS ルータの場合は、既存インターネットにおける IP ルータ間、MPLS ルータ間の接続に問題が帰着してしまうため、本論文では、E-NNI リンクの両端のリンクとして、DXC, OXC, PXC を想定する。

NMS 間にも同様な情報交換の仕組みが必要であるが、本論文では対象としない。

2.3. OIF OUNI と IETF GMPLS UNI

個々のキャリア網の UNI が、OIF OUNI なのか、IETF GMPLS UNI なのかによって、E-NNI への要求条件が異なってくる。本節では、両 UNI の差異をまとめる。

2.3.1. OIF OUNI

図 4 に OIF OUNI の参照モデルを示す。OUNI では、UNI-C ⇒ UNI-N、I-NNI、UNI-N ⇒ UNI-C の三区間で、個別にシグナリングのセッションが設けられることが特徴である。また、アドレス空間としては、TNA (Transport Network Assigned)アドレスと呼ばれる、ユー

ザアドレス空間及び、キャリア網内アドレス空間とも独立したアドレス空間が使用される。TNA アドレスは、CE (UNI-C)⇄PE (UNI-N)のリンクにキャリアによって割当てられた仮想アドレス空間であるともみなすことが可能である。End-to-End のパス設定は、TNA アドレスによって、パス始端、終端アドレスが指定される。パス始端の UNI-C から Generalized_UNI オブジェクト [2][4][5]と呼ばれる call 設定用の情報が UNI-N に伝達され、UNI-N から I-NNI へは Generalized_UNI オブジェクトが引き渡される。I-NNI においては TNA アドレスとは無関係なアドレス空間でルーティング、シグナリングを実施することも可能である。また、分散制御的な I-NNI シグナリング、ルーティングを利用せず、NMS を介して Generalized_UNI オブジェクトを伝達することで、集中制御的な網を構築することも可能である。Intra/Inter-Carrier E-NNI においても、TNA アドレスの体系を一致させた上で、Generalized_UNI オブジェクトをトランスペアレントに伝達することで、End-to-End の call 情報の伝達が実現される。

現在制定されている OIF OUNI 1.0 [2]では、UNI-N として、DXC, OXC, PXC が想定されているが、IP/MPLS ルータへの適用は容易に拡張が可能である。

2.3.2. IETF GMPLS UNI

図 5 に、IETF GMPLS UNI の参照モデルを示す。OUNI との差異は、1) シングルセッションであること、2) I-NNI をそのまま適用し、Generalized_UNI オブジェクトを利用しないこと、3) CE に割当てられるアドレス空間は、基本的にはキャリア網のアドレス空間であること、4) アドレス空間の分離が必要な場合は、階層化 LSP (Label Switched Path) [6]を形成すること、である。

従って、E-NNI を介する場合には、a) シングルセッションにすること、b) CE に割当てるアドレス空間の整合を取ることが必要となる。

3. Inter-carrier E-NNI による網構成への要求条件

3.1. 到達性情報のユーザ網への提供

R1. 自キャリア網に接続された CE の到達性情報のみならず、他キャリア網に接続された CE の到達性情報の提供。

が必要である。この際に、各キャリアは、全 CE に割当てられているアドレスを知る必要がある。従って、

R2. 図 4 の TNA アドレス空間又は、図 5 のキャリア指定網内アドレス(1)空間の統一。

が要求される。この場合、

S2.1. 統一されたアドレス空間を事前に割り当てる。

S2.2. キャリア識別子を、各キャリアのアドレス空

間に付加して統一空間を形成する。

S2.3. 各キャリアは、全 CE に自アドレス空間に基づいたアドレスを仮想的に付与し、E-NNI ノードにおいてマッピングの変換を実施する。等の対策が必要となる。このような対策を実施した上で、End-to-End のシグナリングが実行可能となるわけである。End-to-End シグナリングへの要求条件は以下のようなになる。

R3. SDH 網と、OTN (Optical Transport Network)の様に、異レイヤ構成の網でのアドレス空間の統一。

R4. 異レイヤ構成でのシグナリングシーケンスの確立。

R5. GMPLS UNI 採用網での、Generalized_UNI オブジェクトへの対応。

R6. OIF OUNI 採用網での、シングルセッションシグナリングへの対応。

3.2. TE 機能の実現

TE 機能を実現するためには、パス経路の把握、経路上のリンクコストの把握、経路指定手法が必要である。従って、

R7. 他キャリア網内のリンクを認識する。

R8. リンクコストの網全体での統一。

R9. End-to-End constraint shortest path 計算。

R10. 網間ゲートウェイノードの Explicit Route 指定の実現。

が要求される。特に、R7, R8, R9はルーティングプロトコルへのインパクトが大きい。

3.3. End-to-End の網リストレーション機能の実現

E-NNI 接続環境においては、a) 各キャリア網のサブ区間に閉じて網リストレーションを実現する方法への変更、b) End-to-End の網リストレーションを実行、の二つが考えられる。この場合、両者に共通する要求条件として、

R11. パス属性(運用ポリシー)の網間での一致。

R12. 自網内故障発生区間の同定機能。

R13. 他キャリア内故障の認識又は不感知機能。

が必要になる。又、b) の場合には、上記に加えて

R14. End-to-End の現用パス、予備パス計算機能。

が要求される。

3.4. End-to-End のルート分散機能の実現

ルート分散は、同一リンクを共有しないことと、パス長がほぼ等しいという二条件を満足する複数のパスを探索する機能が必要となる。要求条件としては、以下のようなになる。

R15. リンク非共有パスの計算機能。

R16. 他キャリア網における物理的なパス長交換機能。

3.5. End-to-End の異経路リンク非共有パス設定

機能の実現

適当な SRLG (Shared Risk Link Group) [7]情報を、キャリア網間で交換し合うことが必要である。要求条件は、以下のようになる。

R17. 網全体で統一された SRLG 番号体系の構築。

R18. 他キャリア網通達する、(仮想)リンクへの SRLG のマッピング。

4. シグナリングシーケンス例

4.1. OIF OUNI に基づいた網構成

図 6 に基本となる E-NNI 接続構成と、シグナリングシーケンス例を示す。アドレス空間としては、[T1, T2]、[A1, A2]、[B1, B2]、[C1, C2]、[E1, E2]は、それぞれ独立しており、[T1, T2]の TNA アドレス空間と、[E1, E2]の E-NNI ノードのアドレス空間を、キャリア間で整合させる必要がある。アドレス空間は独立であるため、A1 と B1 が全く同じアドレスであっても良い。

図 6 に示した網では、両キャリア網、E-NNI リンクが SDH 網である。片方のキャリア網が OTN の場合、さらには E-NNI リンクも OTN で構成される場合の例を図 7、図 8 に示す。基本的に、階層化シグナリングが実行されるだけであるが、E-NNI リンクの両端の SC (Switching Capability) を一致させる必要があるため、キャリア網 A 側の機器は、仮想的に SDH の SC と、OTN の SC のマルチ SC を網に広告する必要がある。

4.2. GMPLS UNI に基づいた網構成

図 9 に E-NNI 接続構成と、シグナリングシーケンス例を示す。アドレス空間は、[T1-T6]、[A1,A2]、[B1, B2]、[E1, E2]が独立している。SDH 網のアドレスとして、[T1-T6]が共通的に CE, PE, E-NNI NE に割当てられることが特徴である。網内のアドレス空間として、波長(λ)パス用に、[A1, A2]、[B1, B2]、[E1, E2] を個別に割当て、階層化シグナリングを実行することで網内情報の隠蔽が可能となる。

4.3. GMPLS UNI と OIF OUNI の相互接続

図 10 に GMPLS UNI の網と、OIF OUNI の網との相互接続形態の場合のシーケンス例を示す。E-NNI NE において、Generalized_UNI の生成、Generalized_UNI から I-NNI シグナリングメッセージの生成の変換機能が必要である。図 10 では、この変換機能を OUNI 側に持たせているが、GMPLS UNI 側に持たせても良い。

5. C-Plane 網の構成

各キャリアは、独自の C-Plane 網を保有している。従って、アドレス体系等も独立したものとなる。このことは、全く同じアドレスが、複数のキャリア網で使用されていることを意味する。E-NNI に関する

C-Plane 網は、E-NNI リンク端の両方のキャリアに所属する必要がある。

R19. E-NNI 用 C-Plane 網は、複数キャリアによって共有される。

個々のキャリアの C-Plane は独立であるため、上記要求条件より、E-NNI 用の C-Plane 網は、各キャリアの C-Plane 網とは独立、かつ両キャリアで合意のとれたアドレス空間を使用することが必要となる。

R20. E-NNI 用 C-Plane 網は、各キャリアの C-Plane 網からは独立して存在。

この条件より、E-NNI NE の制御システムは、物理的に分離された C-Plane 網用インタフェースを有することが運用上望ましいといえる。

6. 要求条件のまとめ

本論文で提示した複数キャリア GMPLS 網をベースとしたフォトニックインターネットのアーキテクチャにおける要求条件をまとめる。

- R1. 自キャリア網に接続された CE の到達性情報、および他キャリア網に接続された CE の到達性情報を CE へ提供する。
- R2. CE へ付与するアドレス空間の統一。
- R3. GMPLS UNI 採用網での、異レイヤ構成の網での同一レイヤのアドレス空間の統一。
- R4. 異レイヤ構成でのシグナリングシーケンスの確立。
- R5. GMPLS UNI 採用網での、Generalized_UNI オブジェクトへの対応。
- R6. OIF OUNI 採用網での、シングルセッションシグナリングへの対応。
- R7. 他キャリア網内の(仮想)トポロジ認識。
- R8. リンクコストの網全体での統一。
- R9. 複数網に跨った End-to-End constraint shortest path 計算。
- R10. 網間ゲートウェイノードの Explicit Router 指定の実現。
- R11. パス属性(運用ポリシー)の網間での一致。
- R12. 自網内故障発生区間の同定機能。
- R13. 他キャリア内故障の認識又は不感知機能。
- R14. 複数網に跨った End-to-End の現用パス、予備パス計算機能。
- R15. リンク非共有パスの計算機能。
- R16. 他キャリア網における物理的なパス長交換機能。
- R17. 網全体で統一された SRLG 番号体系の構築。
- R18. 他キャリア網通達する、(仮想)リンクへの SRLG のマッピング。
- R19. E-NNI 用 C-Plane 網の、複数キャリアでの共有。

R20.E-NNI用C-Plan網の、各キャリアのC-Plane網からの独立。

7. まとめ

フォトニックネットワークを中核として、GMPLSプロトコルによって分散的に制御されるインターネットコアネットワークにおいて、フォトニックネットワークが複数のキャリアのGMPLS網から構成されることを想定し、アーキテクチャ的な要求条件を考察した。今後は、要求条件をクリアするための技術開発を推進していく。

謝辞

本論文をまとめるにあたって有益な議論をいただいたフォトニックインターネットラボ(PIL)[8]参加各社に感謝いたします。

PILは、総務省戦略的情報通信研究開発制度の国際技術獲得型研究プログラムのサポートを受けて運営されています。

文献

[1] 岡本、三澤、塩本、山中、“フォトニックインター

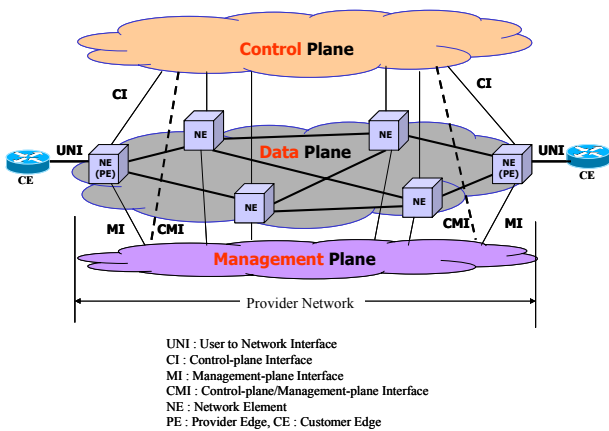


図1. フォトニックインターネットアーキテクチャ

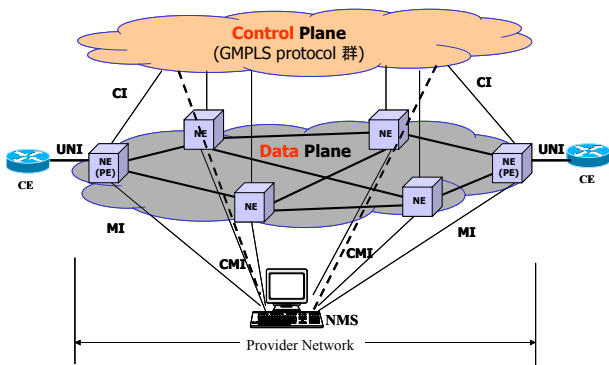


図2. GMPLS網の機能モデル

ネットアーキテクチャの提案”、信学技報PS2003-06.

- [2] <http://www.oiforum.com/public/documents/OIF-UNI-01.0.pdf>
- [3] Internet-Draft draft-ietf-ccamp-gmpls-overlay-02.txt, “GMPLS UNI: RSVP Support for the Overlay Model,” October 2003, work in progress.
- [4] RFC3476, “Document of IANA Assignments for Label Distribution Protocol (LDP), Resource ReSerVation Protocol (RSVP), and Resource ReSerVation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) Extensions for Optical UNI Signaling,” March 2003.
- [5] Internet-Draft draft-ietf-mpls-lsp-hierarchy-08.txt, “LSP Hierarchy with Generalized MPLS TE,” September 2002, work in progress.
- [6] ITU-T Recommendation G.7713.2, “DCM Signalling Mechanism Using GMPLS RSVP-TE (DCM GMPLS RSVP-TE),” 2003.
- [7] Internet-Draft draft-ietf-ccamp-gmpls-routing-09.txt, “Routing Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching,” October 2003, work in progress.
- [8] <http://www.pilab.org/>

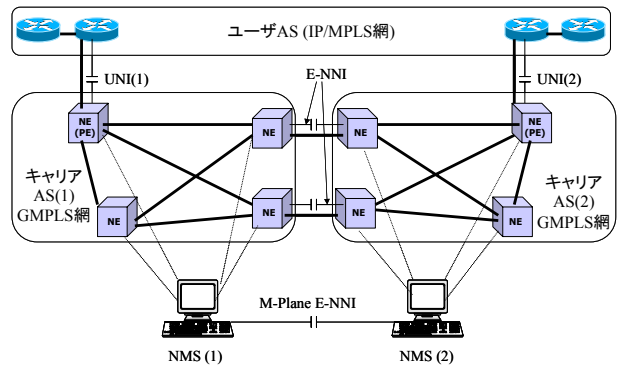


図3. Inter-carrier E-NNI 適用モデル

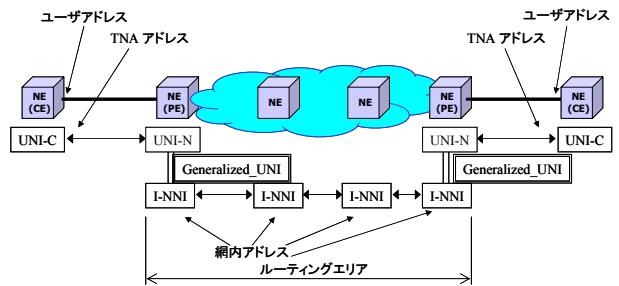


図4. OIF OUNI モデル

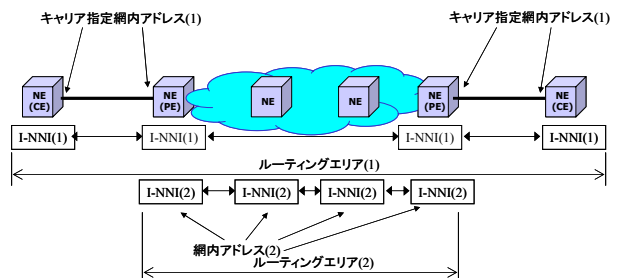


図5. GMPLS UNI モデル

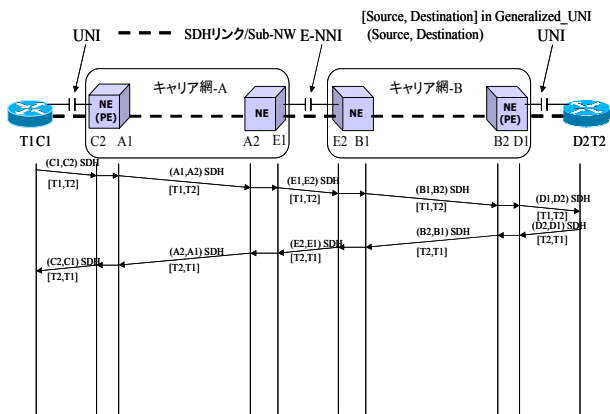


図 6. OIF OUNI ベース SDH 網接続

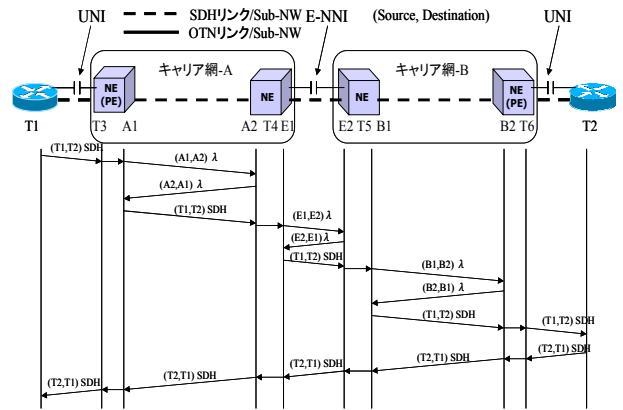


図 9. GMPLS UNI ベース SDH 網接続

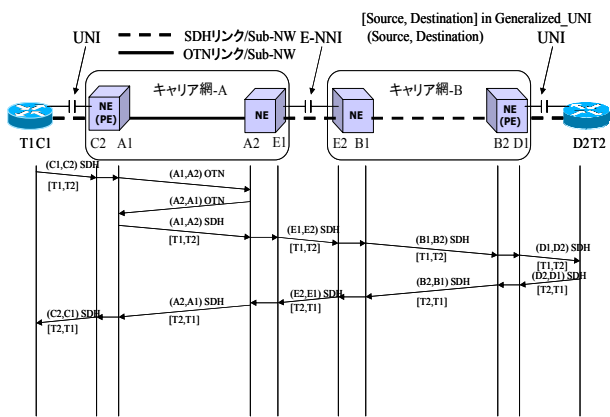


図 7. OIF OUNI ベース OTN-SDH 網接続(1)

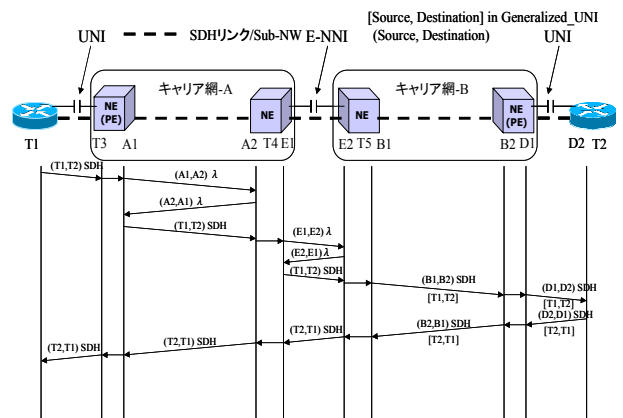


図 10. GMPLS UNI ベース網と OIF OUNI ベース網の接続

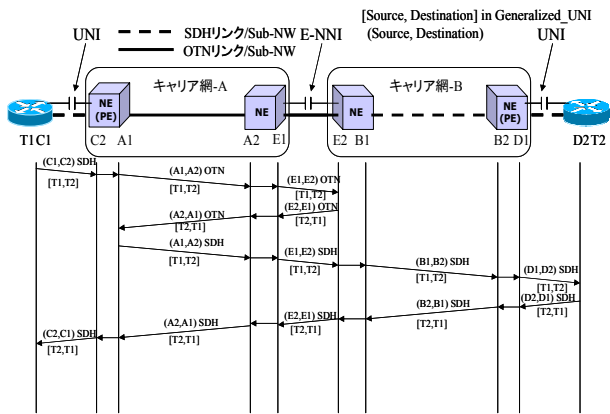


図 8. OIF OUNI ベース OTN-SDH 網接続(2)