

# L1VPNネットワークにおけるルーティング

MPLSジャパン 2006  
2006年10月:東京

Dimitri Papadimitriou  
Alcatel社 NSG/CTO



All rights reserved © 2006, Alcatel

## 概要

レイヤ1VPNの魅力

サービスの特徴

サービス・モデル

探索/ルーティング

分析

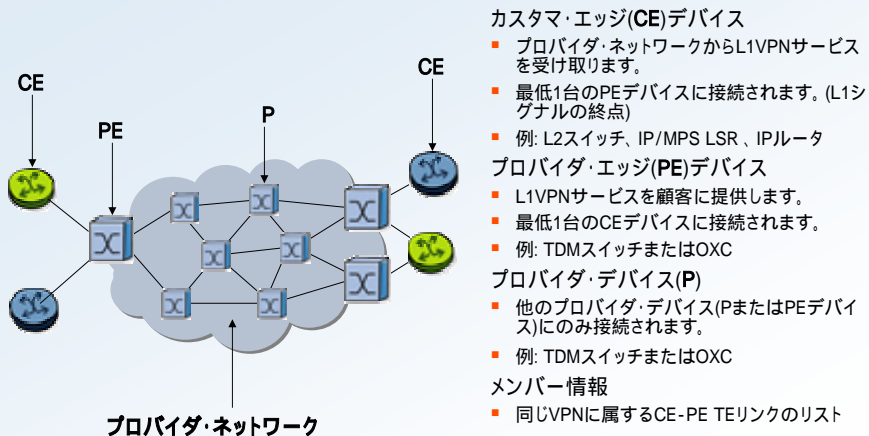
結論



## レイヤ1VPNの魅力

- ビジネス上の主な魅力: 顧客の場合
  - アウトソーシング
    - サードパーティのコントロール: レイヤ1ネットワークの直接的な管理をアウトソースします。
    - CE-CE コンフィギュレーションの負荷をなくします。つまり、CE間の包括的な接続性を設定し、管理する必要がありません。
  - コスト
    - レイヤ1ネットワークを導入して管理するための全コストを負担することなく、サイトを相互接続することができます。
- ビジネス上の主な魅力: ネットワーク・プロバイダの場合
  - ネットワーク・リソースの節約
    - レイヤ1ネットワーク・インフラを多くの顧客で共有します。
    - 余分なりソースをより柔軟に使用することができます (高い共有率)

## 全体図



## レイヤ1VPNサービスの特徴

- 接続性
  - 送信元-宛先
  - キャパシティ
  - 他のトラフィック・パラメータ
- 可用性
  - 関数  $f$ (信頼性, 保守性)
  - 可用性 =  $\text{アップタイム(MTTF)} / [\text{アップタイム (MTTF)} + \text{ダウンタイム (MTTR)}]$ 
    - 信頼性 = 確率  $P_r$  : 一定の時間内にシステムやコンポーネントが故障する確率( $\text{MTTF} = 1/P_r$ )
    - 保守性 = 確率  $P_m$  : 一定の時間内にシステムやコンポーネントが特定の状態を保つ確率または回復する確率( $\text{MTTR} = 1/P_m$ )

Reliability	Maintainability	Availability
Constant	Decreases	Decreases
Constant	Increases	Increases
Increases	Constant	Increases
Decreases	Constant	Decreases

## レイヤ1VPNサービスの特徴

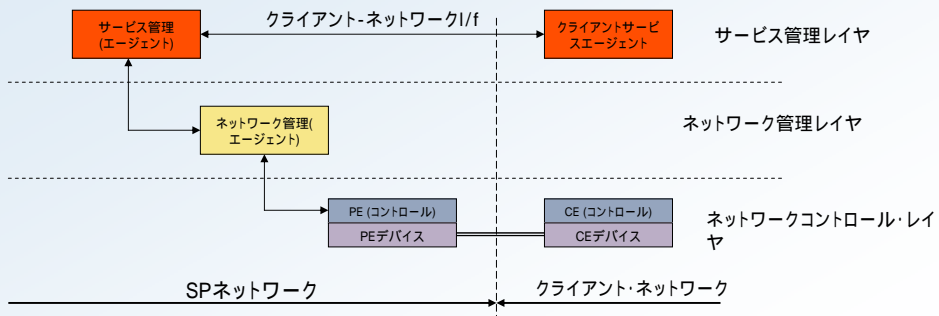
- 拡張性
  - VPN / PEごとのサイト数
  - VPNごとのPE数
  - SPネットワークごとのVPN数(リニア)
  - PE (CE)に関するVPN固有の情報を維持します。
- 強靭性
  - 一定の機能に関しては、特定の摂動セットにより、システムが正確に(期待通りに)稼働し続けます。
  - 依存性
    - コンフィギュレーション/メンテナンス・オペレーションVPN
    - 個体誤差/故障の分離
- 効率性(パフォーマンス)
- 柔軟性/適合性(発展性、移行)
- 管理性(コンフィギュレーション、アカウントティング、監視/測定)
- セキュリティ

## レイヤ1VPNサービス・モデル

- **管理ベース**⇒ プロバイダ・ネットワーク内のシグナリング情報
- **シグナリング・ベース**⇒ プロバイダ・ネットワーク内のルーティング情報
  - PE間のVPNメンバ情報
  - プロバイダ・ネットワーク・ルーティング情報
- **シグナリングおよびルーティング・ベース** ⇒ CE-PE 間のルーティング情報
  - PE間のVPNメンバ情報
  - プロバイダ・ネットワーク・ルーティング情報
  - 顧客のネットワーク・ルーティング情報

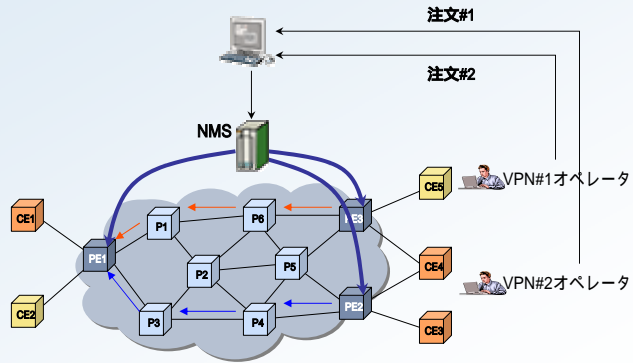
## レイヤ1VPNサービス・モデル -管理ベース

- **管理ベース**⇒ プロバイダ・ネットワーク内のシグナリング情報



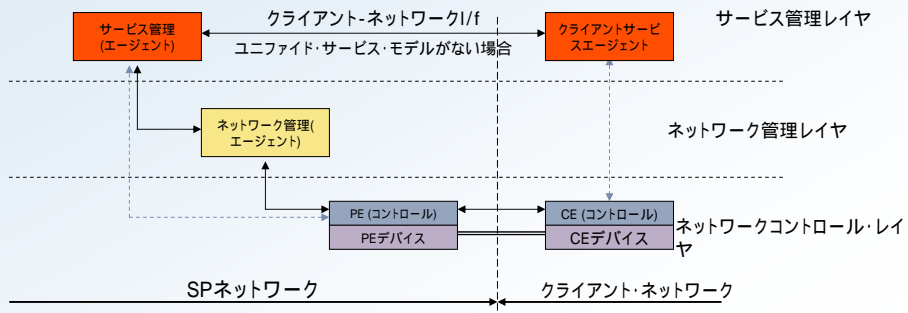
## レイヤ1VPNサービス・モデル - 管理ベース

- 管理ベース ⇒ プロバイダ・ネットワーク内のシグナリング情報



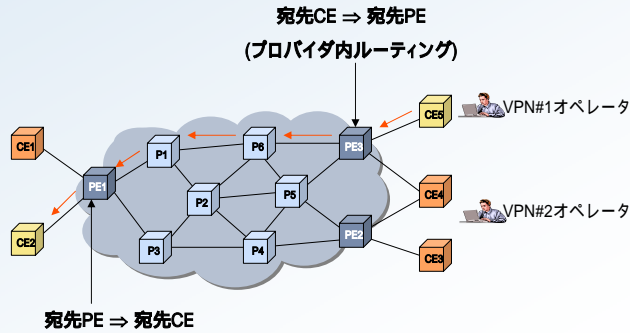
## レイヤ1VPNサービス・モデル - シグナリング・ベース

- シグナリング・ベース ⇒ プロバイダ・ネットワーク内のルーティング情報
  - PE間のVPNメンバ情報
  - プロバイダ・ネットワーク・ルーティング情報



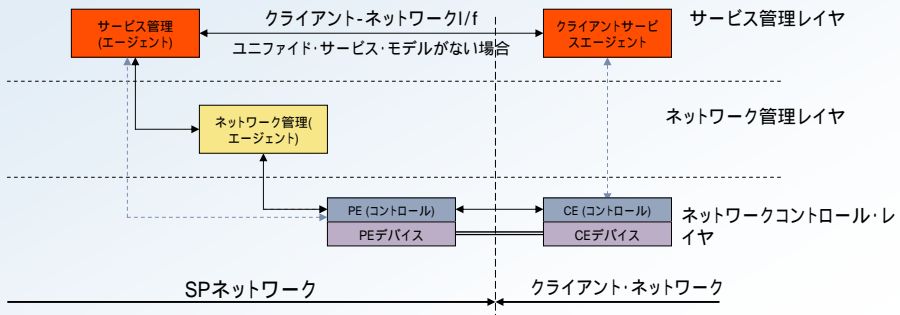
## レイヤ1VPNサービス・モデル - シグナリング・ベース

- シグナリング・ベース⇒ プロバイダ・ネットワーク内のルーティング情報
  - PE間のVPNメンバ情報
  - プロバイダ・ネットワーク・ルーティング情報
- オーバーレイ・モデル・オペレーションと同等



## レイヤ1VPNサービス・モデル - ルーティング・ベース

- (シグナリングおよび)ルーティング・ベース ⇒ CE-PE間のルーティング情報
  - PE間のVPNメンバ情報
  - プロバイダ・ネットワーク・ルーティング情報
  - 顧客のネットワーク・ルーティング情報



## L1VPNステップ

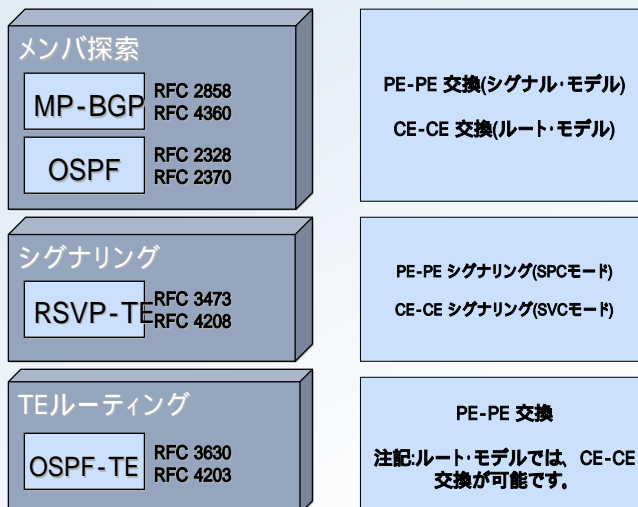
### 1. 探索メカニズムの実行

- PEは、リモートVPNポートおよび対応するプロバイダ・アドレス(PPI)について探索
- CEは、(必要に応じて)リモートCEポートアドレスを探索(シグナリングのために使用) - ルート・モデルのみ

### 2. CEは、特定のリモートCEに関して、アタッチされているPEに対してシグナリング要求を開始します。

- プライベート・アドレス空間を使用
- シグナリング中、プロバイダ・アドレスに固有のローカル/リモートPEスイッチにおいて(「シャフリング」のアプローチと呼ばれます)
- CE-PE間のシグナリングにおいて VPN-idが必要ありません。

## L1VPNの構成要素 (コントロール・プレーン)



## VPNメンバ情報

各PEでローカライズされているポート情報テーブル(PIT)

- VPNごとの<ダブル>リストを含みます。

顧客ポート識別子(CPI)

- 番号付きリンク: IPv4/IPv6アドレス
- 番号なしリンク: <ポート・インデックス、CE IPv4/IPv6アドレス>

プロバイダ・ポート識別子(PPI)

- 番号付きリンク: IPv4/IPv6アドレス
- 番号なしリンク: <ポート・インデックス、PE IPv4/IPv6アドレス>

注記: PE側では、PPIがVPN-PPIをマッピングします(アドレス空間の分離を維持するため)

ポート情報テーブル(PIT)

リンク#1: <172.16.1.1, 10.1.1.1>

リンク#2: <172.16.1.2, 10.1.1.2>

リンク#3: <3,172.16.16.1; 3,10.1.10.1>



CPI

I/f #1: 172.16.1.1

I/f #2: 172.16.1.2

I/f #3: <3,172.16.16.1>

PPI (プロバイダのみ)

I/f #1: 10.1.1.1

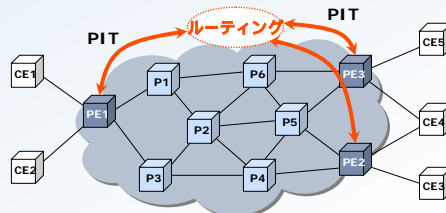
I/f #2: 10.1.1.2

I/f #3: <3,10.1.10.1>

## 探索

探索: ルーティング・プロトコルにおけるVPNメンバ情報のピギバック

- 各PEが(他のPEに対して)アドバタイジング
  - 自らのIPアドレス
  - ローカルの<CPI, PPI> タブルのリスト
  - VPNに対応するGUID(グローバル識別子)
- リモートPE
  - PEのアドバタイジングにより共通のVPNメンバのリストを特定します。
  - シグナリング・フェーズでアドレスを解決します。

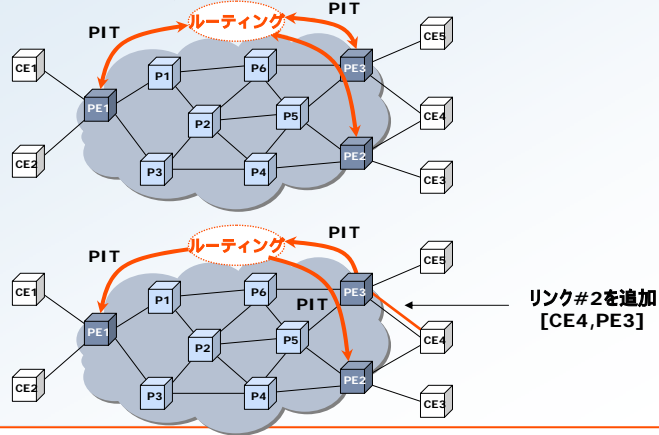




## 探索

### シングル・エンドのプロビジョニング

- VPN Aに対して新しい[CE,PE]リンクを追加 ⇒ ローカライズされた  
コンフィギュレーション・アクションのみ



## VPNメンバ探索プロトコルとしてのOSPF

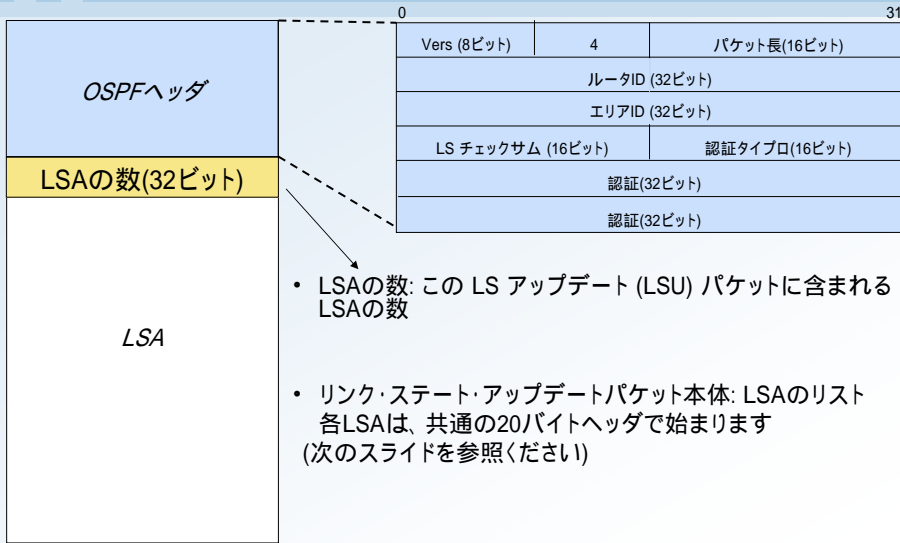
### 根本的な理由

- TEルーティング(GMPLS プロトコル・セット)で幅広く使用されています。
- [CE,PE] TEリンク情報交換を簡単にします。
  - 1つのTEルーティング・プロトコルを維持
  - 適切に定義されたTEリンク属性
- 通常、GMPLS L1ネットワークは、下記のを備えています。
  - 適切な次元 (#PE、#CEなど)
  - L3のケース(O(10k))よりも少ないVPN数: O(10) ~ O(100)

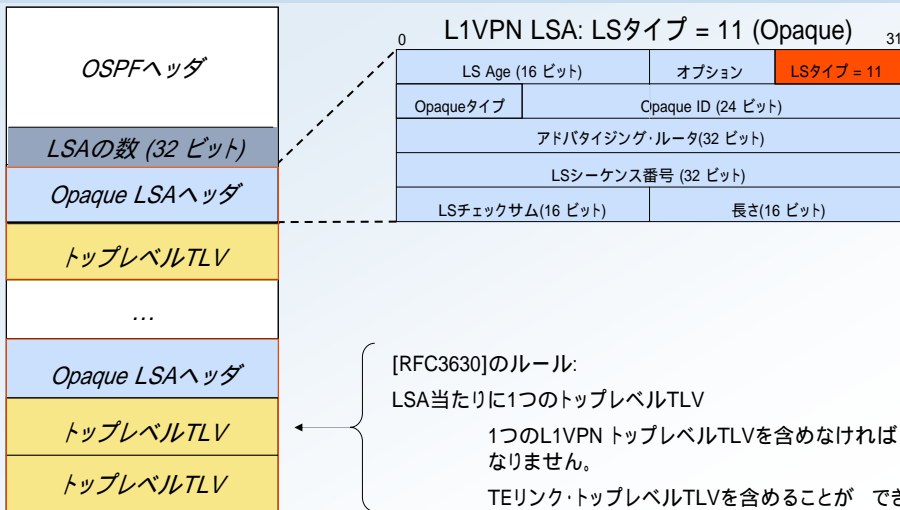
### 課題

- シングルAS (シングルまたはマルチエリア)
- AS全体のOpaque LSAは、RFC 2370からの拡張処理が必要です。
- 拡張性
  - Pは、L1VPN Opaque LSAのフラッディングに参加し、LSDBにおいてLSAを維持します。

# LSアップデート(LSU) パケットのフォーマットおよびヘッダ



# LSアップデートパケット - LSAのヘッダおよびフォーマット



## L1VPN TLVの構造

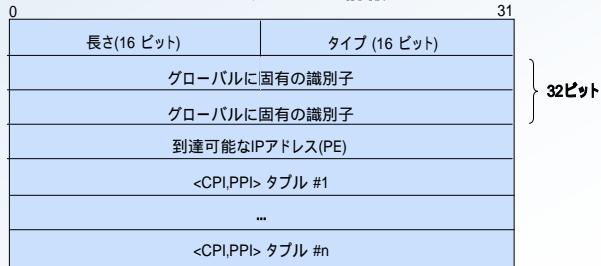
L1VPN グローバルに固有の識別子

- <PPI, CPI> タプルは、特定のVPNと対応
- VPN-ID、ルート・ターゲット、あるいは同等のものをエンコード

PE IPアドレス;例: TEルータあるいはローカルに付番されたTEリンクID

L1VPN自動探索情報: <CPI,PPI> タプルのセット

L1VPN LSAにおけるL1VPN情報TLV



## オペレーションの理論

PEの作成およびフラッディング

- LSAのL1VPN情報TLV におけるローカルの<CPI, PPI> タプル
- 各PEが作成すべきもの
  - ローカルで設定されたCE-PEリンクに対する別のL1VPN LSA
  - 各VPNに対する別のL1VPN LSA (TE リンクTLVは使用されません)
- L1VPN LSAの作成
  - PE再開
  - PITエントリにおける変更 (*CE-PE当たりのPITではなくVPN当たり*)

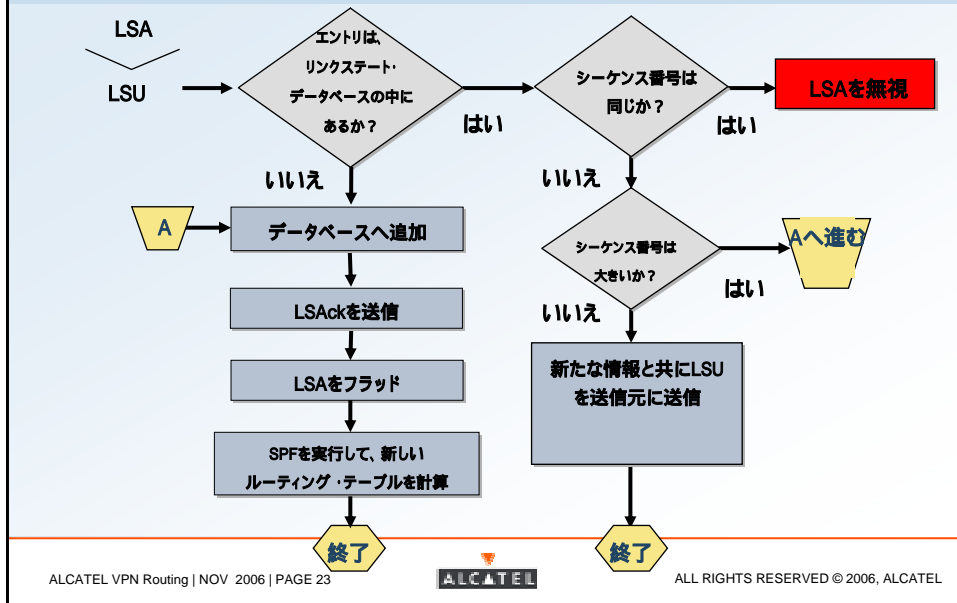
AS全体のフラッディング

- AS内のすべてのPEに対するフラッディング
- 下記のいずれであるかをチェックするためにPEを受け取ります。
  - L1VPN GUIDに指定された L1VPNに対応するPIT
  - 対応するPITエントリを追加/削除あるいは修正します。

ポリシー

- PIT管理に関するPEローカル・ポリシー

## LSA選択プロセス(単純化)



## VPNメンバ探索プロトコルとしてのBGP

### 根本的な理由

- BGP/MPLS L3VPNルーティング[RFC4364]で幅広く使用されています。
  - ・ 共通のメカニズムを用いたLxVPN (GVPN)に対する1つのルーティング・プロトコル
- トポロジーのサポート (BGPはマルチ・ルーティングドメインにまたがって作用するため、マルチ・ルーティングドメインに広がる1VPNをサポートします)
  - ・ シングルAS
  - ・ マルチ AS (シングルまたはマルチキャリア)

### 課題

- BGPは、非パケット環境ではあまり使用されていません。
- (特定のケースで) CE-PEリンク情報で到達可能性を補う必要があります。
  - ・ オプションの非透過属性
- TE情報処理

## BGP (MP-BGP + ルートフィルタリング)

ルート伝播: BGPへマルチプロトコル拡張 [RFC2858]

- ローカル情報を他のPEへ伝播
- プロビジョニング時、次の間で新しいICE-PEリンクを追加します。
  - ・ 対応するPEポートと、そのPE上のPIT
  - ・ このPITは、設定されたVPNと対応します(プロビジョニング時)

ルート・フィルタリング: ルート・ターゲット拡張コミュニティ [RFC4360]

- ・ 特定のL1VPN内で、交換をPITのみに制限します。
- ・ タギングでエクスポートされるローカル情報
  - 1つあるいは複数のルート・ターゲット・コミュニティで設定された各PE PIT (ルート・ターゲットのエクスポート)
- ・ フィルタリングでインポートされる情報
  - 1つあるいは複数のルート・ターゲット・コミュニティで設定された各PE PIT (ルート・ターゲットのインポート)
  - PITへインポートされるルートは、これらのコミュニティを最低1つ持っているルートに制限されます。

## MP\_REACH\_NLRIを用いたBGP UPDATEメッセージ



## MP\_REACH\_NLRIを用いたBGP UPDATEメッセージ



## 分析

どのルーティング・プロトコルを選ぶべきですか？

要件により異なります。

- トポロジー(シングル・ドメインvs マルチ・ドメイン)
- PE、CE、VPNなどの数
- トラフィック・エンジニアリング
  - ・ドメイン内ルーティングへの結合 (シングルTEDB)
  - ・ドメイン内ルーティングからの分離
- オペレーション
  - ・サービスプロビジョニング (CE-CE接続)
  - ・ネットワークプロビジョニング (PE-PE接続)

## 分析

タイミング: ニーズの重要性和緊急性により異なります。

- 動的PTIテーブルの個体数は、どちらかと言えば変化が少ない(... 変化の少ないIPTの個体数)
- 変更/修正の頻度が多い

### パフォーマンス

- 「外部TE到達可能性」を用いたOSPF拡張 ⇒ Pスケーリングへの影響
- 「TE情報」を用いたBGP拡張 ⇒ PEスケーリングへの影響

### コスト

- LxVPN (x = 1, 2, 3)に対するシングル・プロトコル
- L1/TEオペレーションに対するシングル・プロトコル
- 注記: オペレータは、TEオペレーション(VPNの有無に関わらず)またはVPNオペレーション(TEの有無に関わらず)の統合を求めています。

## 結論

### シグナル/ルート・モデルにおけるVPNメンバ情報探索

- OSPF
- BGP

BGPIは、GMPLSに関連してあまり注目されていませんでした。

- ルーティング・プロトコルの選択が、比較的明白でなくなります。
- OSPFとBGPの両方で拡張が必要です。

### VPNメンバ情報探索の選択

- インターキャリアVPNは、BGPを必要とします(ドメイン間ルーティング・プロトコル)
- 1つの将来に対応した/相互運用可能なソリューションが常にベターです。
- ... しかし、この将来も、実際には、はるか遠くに思われます。