

# パケットトランスポートテクノロジーの適用性 と課題

大垣健一@KDDI研究所



# アジェンダ

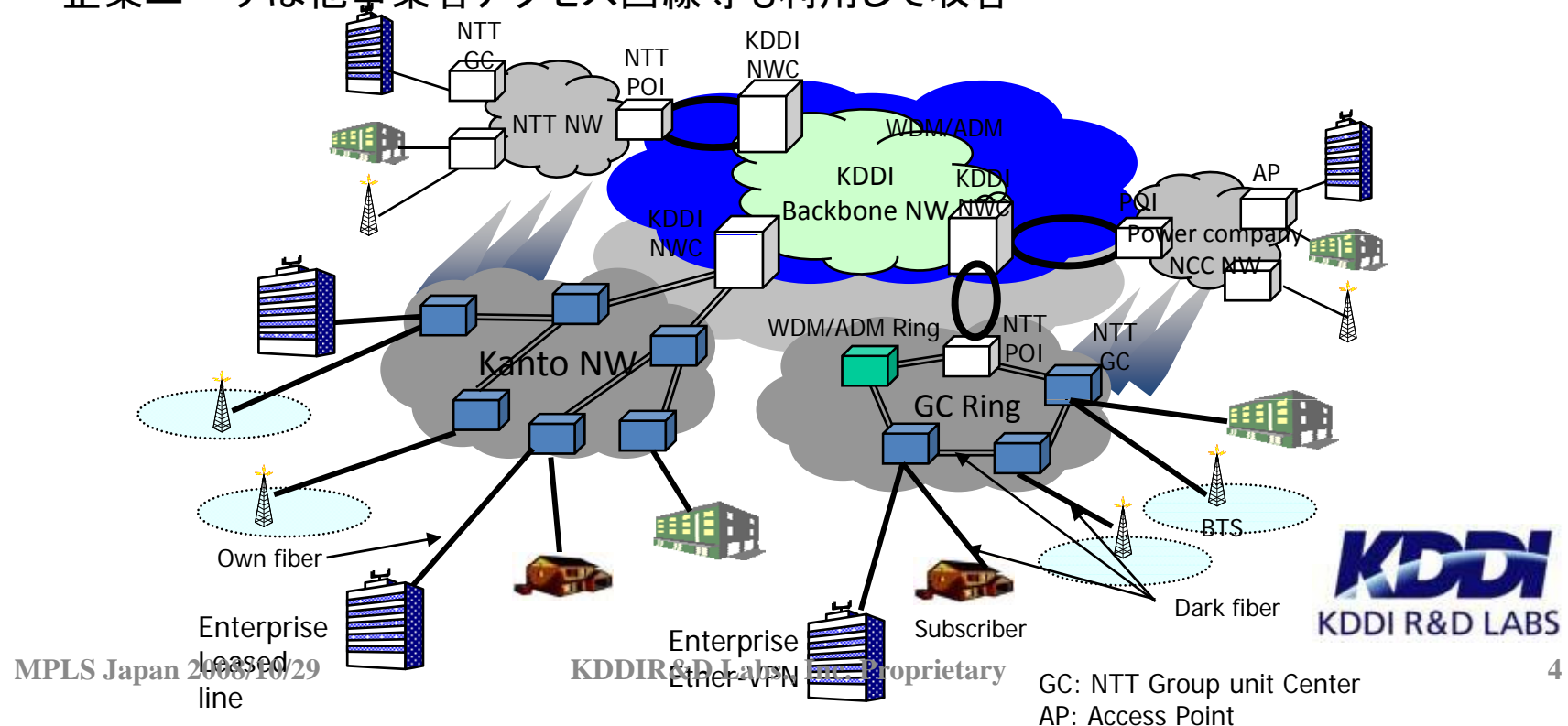
1. 背景
2. ネットワークの現状
3. サービスの特徴
4. トランスポートネットワークの役割
5. パケットトランスポートテクノロジーの適用性
6. レガシーサービスマイグレーション
7. レイヤ1(DWDM)ネットワークとの連携

# 背景

- サービスの多くがパケット中心に
  - アプリケーションのトランスポートメディアがパケット(IP)ベースに
    - レイヤ2/3 VPN、ISP
    - VoIP、Videoストリーミング
- TDMベースのトランスポートからパケットベースのトランスポートへの移行が議論、進行中
  - PWE3(MPLS-TP)、PBB-TEに期待
  - 長所と欠点
- 電話(PSTN)、TDM専用線、Mobile BackHaulingのためにレガシーサービス(TDM)の継続的な提供は必要
  - サービスがパケットになってもTDMインフラは当分残る
- サービストポロジや、物理トポロジを考えて新しい技術の適用性の検討が重要
  - 既存の物理トポロジを変更するのは大変なので。。。

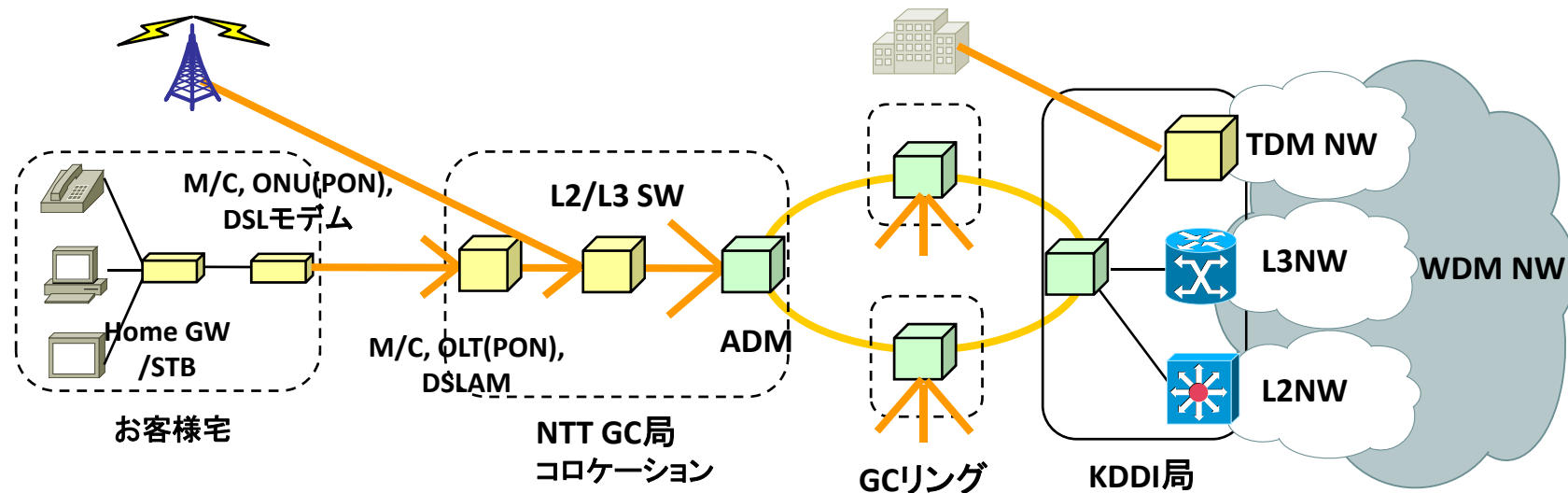
# ネットワークの現状

- NTT GC局にコロケーションした弊社設備を中継ダークファイバ等でリング状に接続(GCリング)、関東エリアは自社設備、ファイバによるツリートポロジのネットワーク構築
- サービスネットワークはバックボーン上のDWDMネットワーク上へ構築
- お客様、au基地局を、自社ファイバ、NTT加入者ダークファイバ等で収容
- 企業ユーザは他事業者アクセス回線等も利用して収容



# サービス収容例

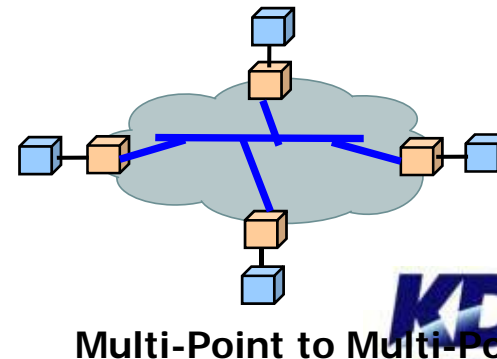
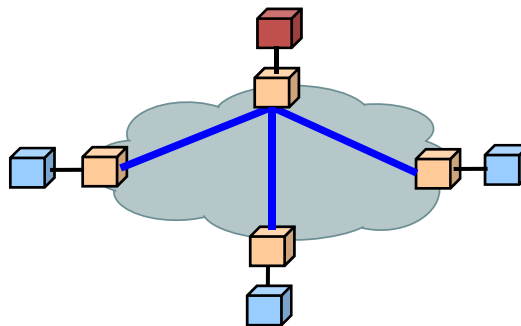
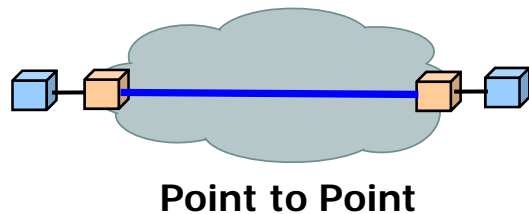
- GCリング等を利用した加入者、携帯基地局収容
  - KDDI局への直接収容
- ⇒対応エリアの広がり課題  
他事業者アクセス回線を利用した収容も必要



※TTC創立20周年シンポジウム「KDDIの次世代ネットワーク戦略」より抜粋

# サービスの特徴

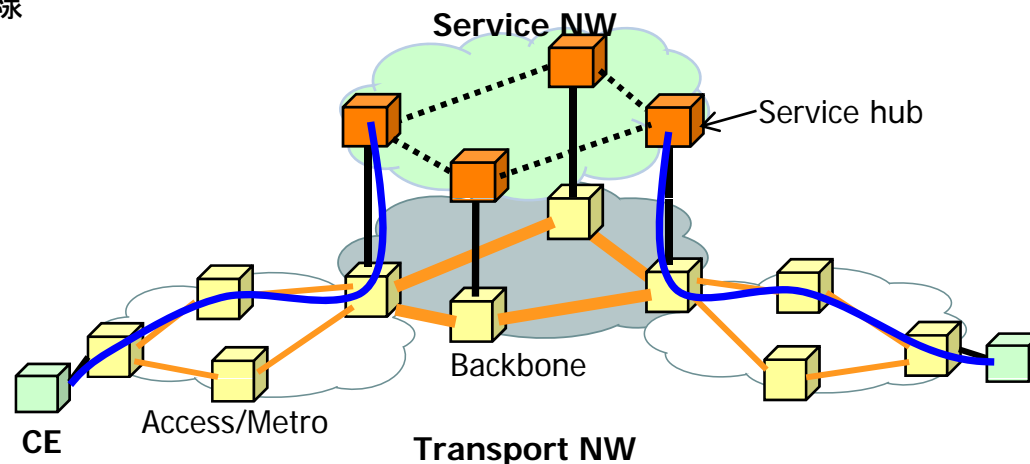
- サービストポロジ
  - サービスの形態に基づくトポロジの分類
    - ポイント-ポイント
      - 専用線
    - ハブ&スポーク(rooted multi-point)
      - Mobile BackHauling
      - ISP
    - マルチポイント-マルチポイント
      - IP/Ethernet VPNs
- 要求されるサービスレベル
  - 専用線、Mobile BackHauling(音声)
    - 帯域保証
    - 目標障害復旧(サービス断)時間: ex.)~50ms
    - レイテンシ変化
  - IP/Ethernet VPNs, Mobile BackHauling(データ), ISP
    - 帯域確保(トランスポートネットワークでの統計多重を許容)
    - 目標障害復旧(サービス断)時間: ex.)~50ms



**KDDI**  
KDDI R&D LABS

# トランスポートネットワークの役割(1)

- トランスポートネットワークは全てのサービスネットワークの共通インフラ
- バックボーンネットワークでは
  - サービスハブノード間にポイント-ポイントコネクションを提供
    - レイヤ2/3VPN: コア、エッジL2SW, P,PEルータ
  - ハブ&スポーク型のコネクションにより、あるサービスハブノードをサービス提供ノードへ收容
    - Mobile BackHauling(音声、データ), ISP
- アクセス/メトロネットワークでは
  - ハブ&スポーク型コネクションにより全てのサービスを拠点(サービスハブノード)に收容
  - バックボーンネットワーク越しにポイント-ポイントコネクションをプロバイダエッジ間で設定
    - 専用線

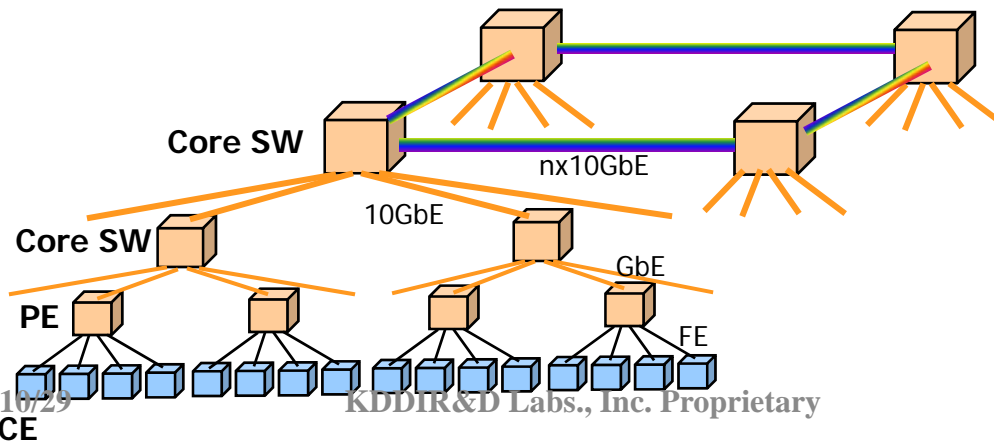


# トランスポートネットワークの役割(2)

- 既存のネットワーク
  - ATM/TDMベースの回線をADMで時分割多重してDWDMシステムで伝送
- サービスの多くはパケット中心に
  - パケットベースの統計多重によるCAPEXの削減と、スケーラビリティの増加を要求



- パケットベースのトランスポートテクノロジーへの期待
  - PWE3(MPLS-TP), PBB-TE
- 階層的(ツリー)トポロジによる、統計多重の効率化





# 物理的なトポロジの制約

- 物理(経済?)的制約
  - 既存のファイバや拠点、ダークファイバやコロケーションスペースの賃貸費用を考慮したネットワークトポロジの設計が要求される。
    - アクセス/メトロネットワークは量が多いので容易に変更できない。
  - 新たな技術も既存のネットワークトポロジへ適用？



- 既存のネットワークトポロジへのパケットベースのトランスポートテクノロジーの適用性の検討が必要
  - アクセス/メトロネットワーク
    - リング、ツリートポロジ
  - サービストポロジ(P-to-P, Hub & Spoke, MP-to-MP)
  - SLAs
  - 運用面

# パケットベーストランスポートテクノロジーの適用性(1)

- ポイント-ポイントサービスへの適用(ex. 専用線)

- ポイント-ポイントコネクションベースのサービス設定

- PWE3(MPLS-TP), PBB-TE

- 帯域保証

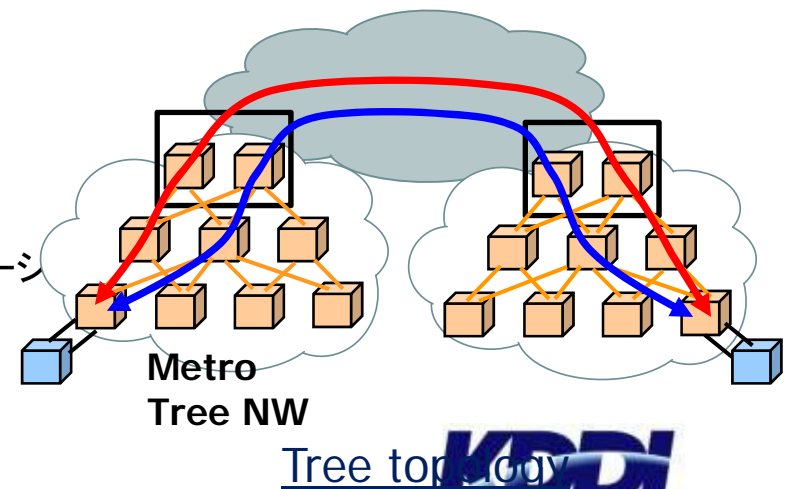
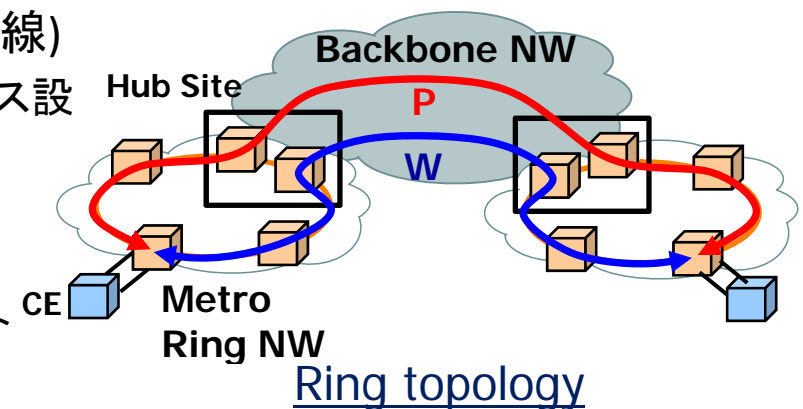
- Diffserv-TE , 802.1p + ハードウェアQoSサポート
- Call Admission Control機構
  - MPLS-TE , Network Management System

- 耐障害性

- 1:1パスプロテクション(<50ms)
- ルートダイバーシティ
  - リングトポロジ
    - » ハブ拠点でのノード(サイト)ダイバーシティ
  - ツリートポロジ
    - » デュアルホーミング

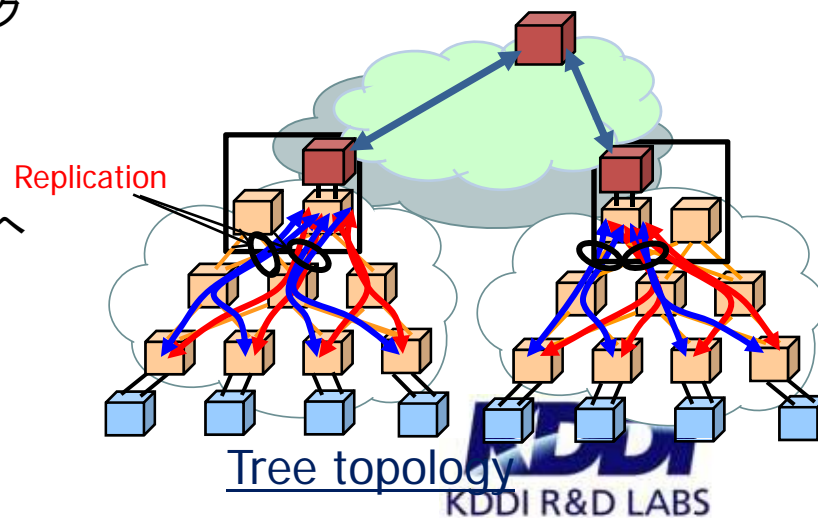
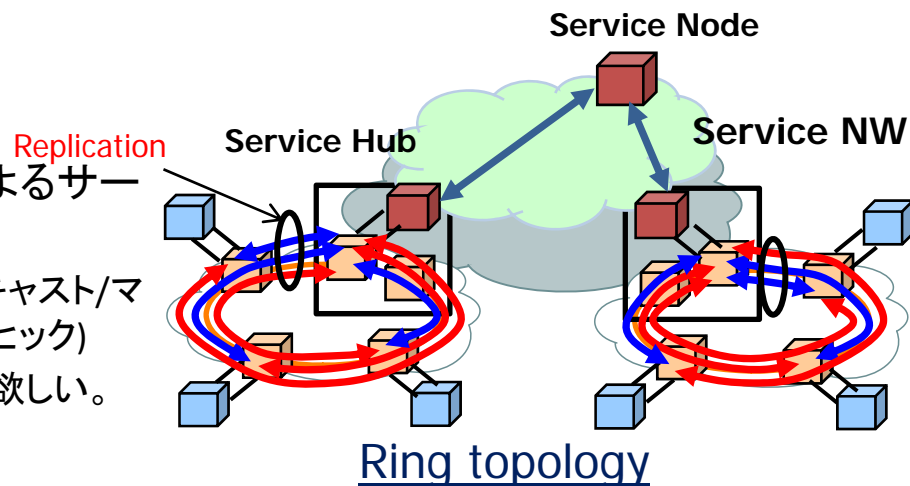
- レイテンシの維持(遅延差の抑制)

- 現用/冗長系パスの明示的な経路制御



# パケットベーストランスポートテクノロジーの適用性(2)

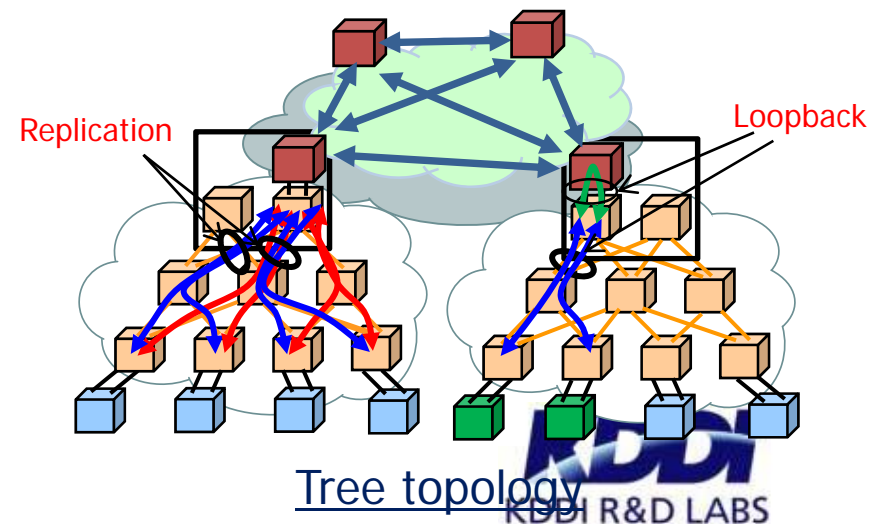
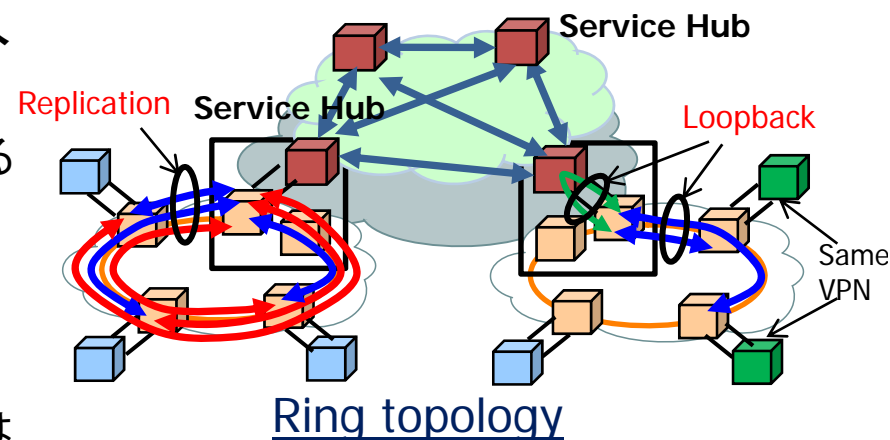
- ハブ&スポーク型サービス(ex. mobile backhauling, ISP)
  - 複数のポイント-ポイントコネクションによるサービス(ハブ)ノードへのサービス収容
    - ハブノード付近では非効率なブロードキャスト/マルチキャストパケットのコピー(BUMトラフィック)
      - P-to-MP(Drop&Continue)機能が欲しい。
  - 帯域確保
    - 統計多重+トラフィックモニタベースの中継リンクの増速
  - 耐障害性
    - 1:1パスポテクション(ex. 50~500ms)
      - keep aliveメッセージ(CCM)のハブノードへの集中が懸念
    - ルートダイバーシティ
      - P-to-P サービスと一緒



# パケットトランスポートテクノロジーの適用性

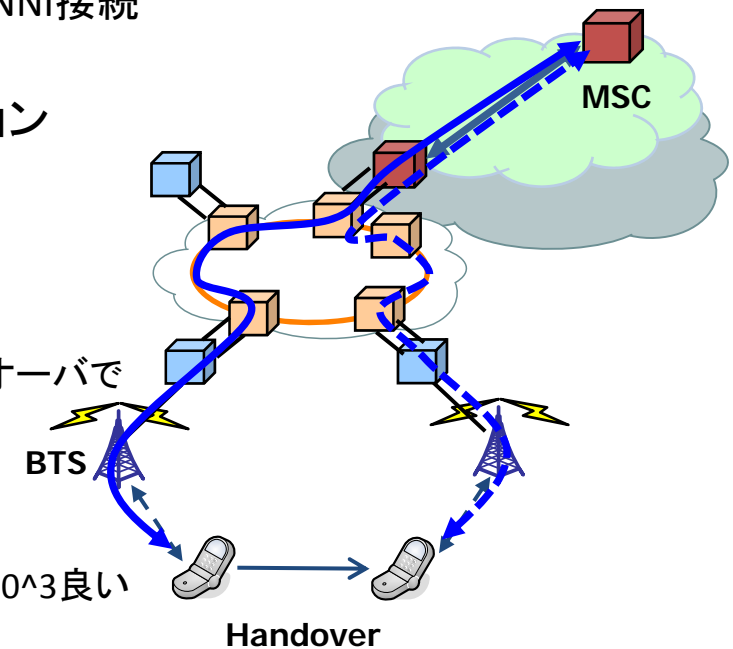
## (3)

- マルチポイント-マルチポイントサービスへの適用(ex. IP/Ethernet VPN)
  - 複数のポイント-ポイントコネクションによるサービス(ハブ)ノードへのサービス収容
    - 同一VPN顧客が同じリング、サブツリーにいるとヘアピンングが発生
  - 帯域保証
    - サービスハブノードまでのアクセスリンクは帯域保証が必要
  - 耐障害性
    - 1:1パスポテクション(<50ms)
      - keep aliveメッセージ(CCM)のハブノードへの集中が懸念
    - ルートダイバーシティ
      - P-to-P サービスと一緒に



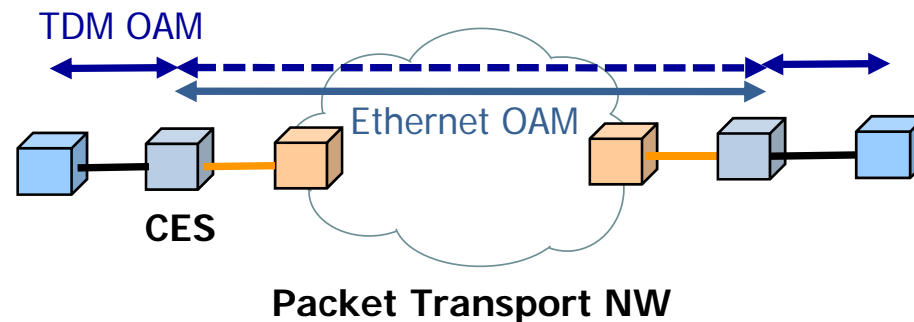
# レガシーサービスマイグレーション(1)

- TDM専用線の提供はしばらく続きます。
  - 他キャリアのアクセスラインを使うにはSONET/SDH E-NNI接続も必要
- CES(Circuit Emulation Service)が唯一の?ソリューション
  - TDMoIP, CESoPSN, SAToP, CEP
- CESを実ネットワークに導入する際の注意
  - Mobile BackHaulingにおける遅延差
    - ハンドオーバーの際の遅延差が許容値を超えるとハンドオーバーできない。
    - 障害時の遅延変動も×
  - パケットトランスポートネットワークの品質
    - 要求されるBER(Bit Error Rate)に対して、パケロス率は $10^{-3}$ 良い必要
      - Ex.) T1ペイロードは192bytes(1536bits) フレームにパケット化



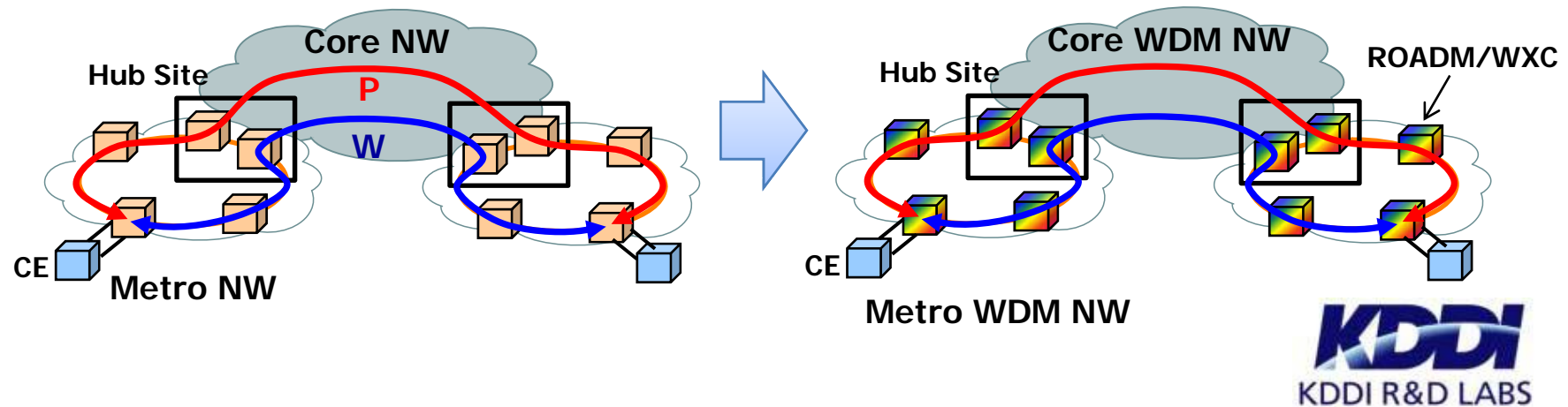
# レガシーサービスマイグレーション(2)

- クロック同期
  - Adaptive timing(シーケンス番号とRTP ヘッダのタイムスタンプからクロックリカバリ)
  - Synchronous Ethernet(ex. G.8261/8262)
  - Timing Over Packet(ex. IEEE1588)
- その他
  - 遅延とジッタ/ワンダ
    - ジッタ/ワンダ補償のためのバッファサイズと遅延のトレードオフ
  - OAMインタワーキング
    - パケットトランスポートプロトコルのOAMと既存のトランスポートプロトコルのOAMの連携
      - 障害検知、警報転送



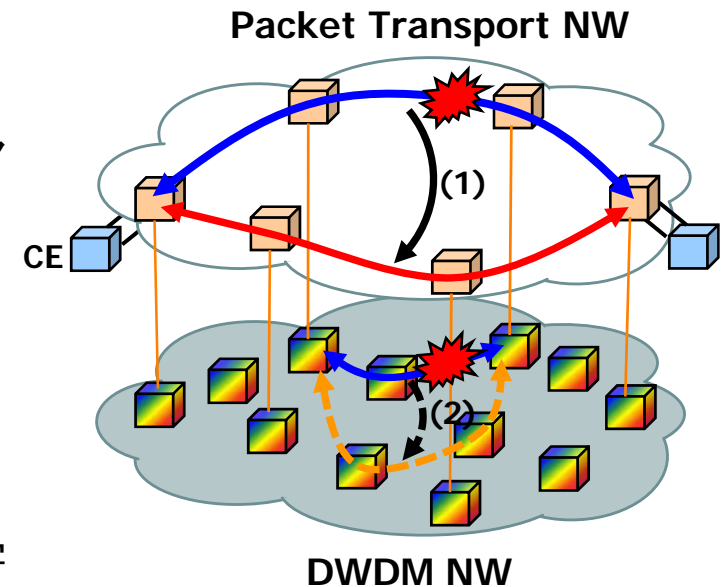
# レイヤ1(DWDM)ネットワークとの連携(1)

- 大容量専用線の収容
  - GbE, 10GbE Ethernet専用線のパケットトランスポートネットワークへの収容は非効率
    - パススルーラヒックが中継リンク、ノードの帯域を消費、統計多重と相容れない。
  - C/DWDMネットワークへの直接収容が効率的
    - DWDMレイヤでの1+1プロテクションが必要
      - Ex.) Optical UPSR



# レイヤ1(DWDM)ネットワークとの連携(2)

- レイヤ間のプロテクション&レストレーション連携
  - 複数障害に対するより高い耐障害性を要求
  - パケットトランスポートレイヤで高速リカバリ
    1. 初期障害に対するパケットトランスポートレイヤでの1:1パスプロテクション
    2. 複数障害に備えて片系運用の継続を避けるため、DWDMレイヤでのベストエフォートなリカバリにより障害パスを復旧
  - DWDMレイヤでの高速リカバリ
    - DWDMレイヤでの1+1パスプロテクション
    - 両レイヤでの二重の障害復旧を防ぐために障害検知保護時間の調整、レイヤ間連携が必要
    - パケットトランスポートレイヤのリンク毎にDWDMレイヤでのプロテクションが必要





# まとめ

- パケットトランスポート技術の既存ネットワークへの適用性を検討
  - サービスプロジ、要求されるサービスレベルに基づく既存のサービスの特  
徴付け
  - 物理ネットワークプロジ、機能、耐障害性、QoS等を考慮したパケットラン  
スポート技術のこれらのサービスへの適用性を検討
- パケットトランスポートネットワークへのレガシーサービスマイグレーションの問題点を考察
- 効率的なサービス収容、より高い対障害性のためのレイヤ1(DWDM)ネットワークとパケットトランスポートネットワークの連携を考察