

National Institute of Information and Communications Technology

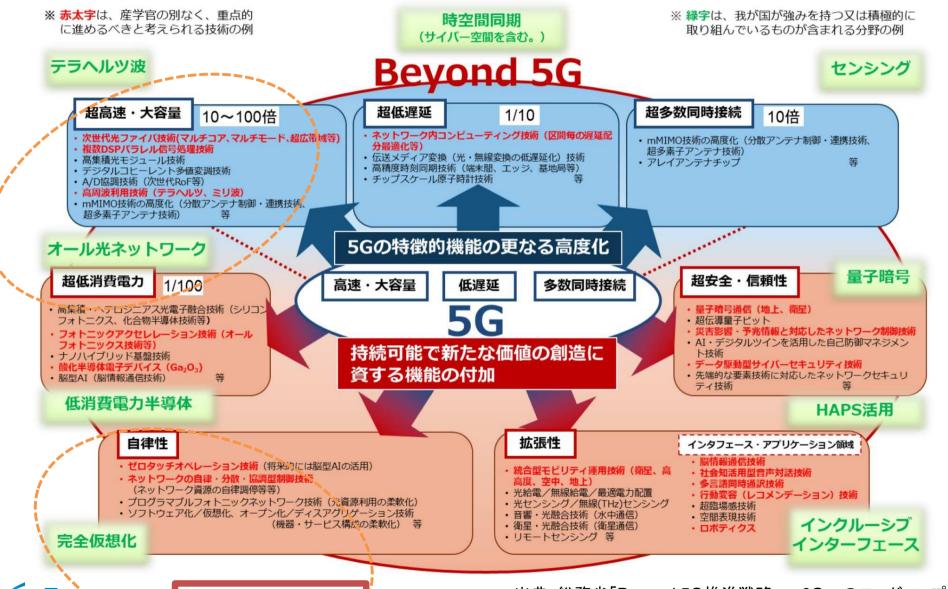
「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」を利用した 光ネットワーク自動制御のための基礎実験

ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター フォトニックネットワーク研究室

古川 英昭

Beyond5Gについて

(図表4:重点的に研究開発等を進めるべきと考えられる技術例)

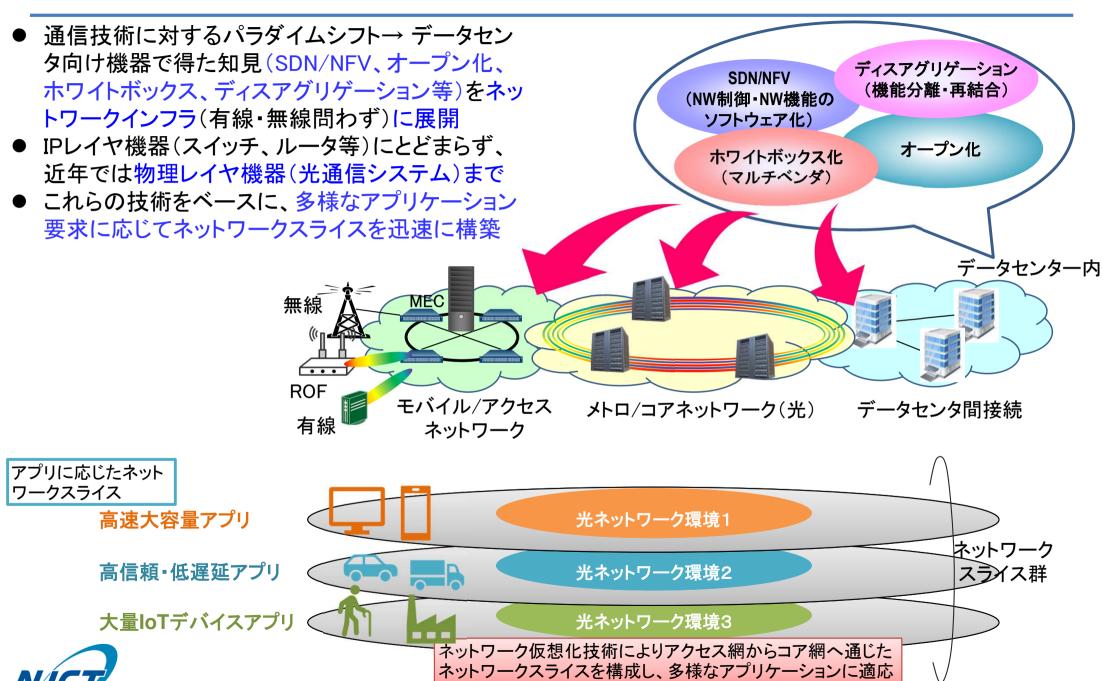


NICT

柔軟性 高弾力性

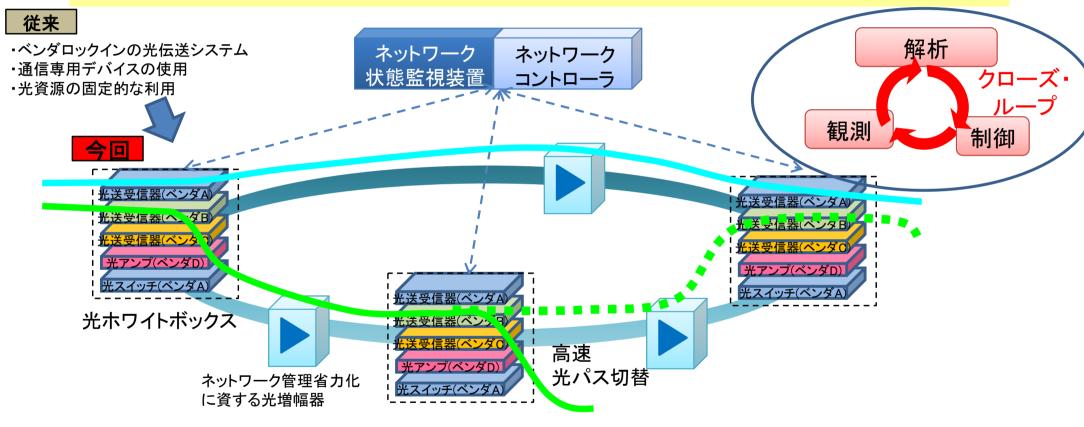
出典:総務省「Beyond 5G推進戦略 -6Gへのロードマップー」 https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf

ネットワークスライスを実現するオープン/プログラマブル技術



NICTの研究開発

[研究目的] 多様な通信サービスに対応し、光通信資源を極限まで有効活用するために、最適な光チャネル資源(時間、波長、空間)や通信機器の割当てを可能とするオープン/プログラマブル光ネットワークシステムを開発し、高品質、低品質、低遅延など様々な特性の光ネットワークのスライスを柔軟・迅速に再構成する技術を開発する。



- 観測: ネットワーク・デバイスの状況監視技術、高速モニタリング技術
- 分析: 光信号品質の解析技術
- 制御: トラフィック特性と光通信資源のマッチングアルゴリズム、光ホワイトボックス制御
- 物理レイヤ: ネットワーク管理省力化のためのバーストモード送受信技術、迅速な光パス設定向けの変調方式可変技術・高速光スイッチ技術

要素技術を クローズ・ ループ化し 自動制御

高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの全体概要

高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの詳細・設置状況

検証環境の概要

- 超高速・低遅延な無線ネットワークの制御技術や、ネットワーク特性を活用したアプリケーションなどの評価・検証を可能とするBeyond 5G実証検証環境を提供します。
- 無線ネットワークと光通信で構成される基幹ネットワークとを柔軟かつ効率 的に接続するためのリソース配分機能や耐障害機能等の評価・検証を可 能とするBeyond 5G高信頼網仮想システム検証環境を提供します。

応用例・利活用シーン

- 設備の設置工事をほぼ完了し、実際に運用するための作業を進めていて、 準備が整った部分から、順次利用していただく予定です。
- 利活用活性化に向けてスマートIoT推進フォーラムなどにおいて本テストベッドの利活用活性化活動を進めていて、本年1月24日には「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドシンポジウム」を開催しました。
- 既にいくつかのご利用要望をいただいており、具体的な利用についてのご相 談を進めています。



テストベッド設置環境の概要



光ホワイトボックスについて

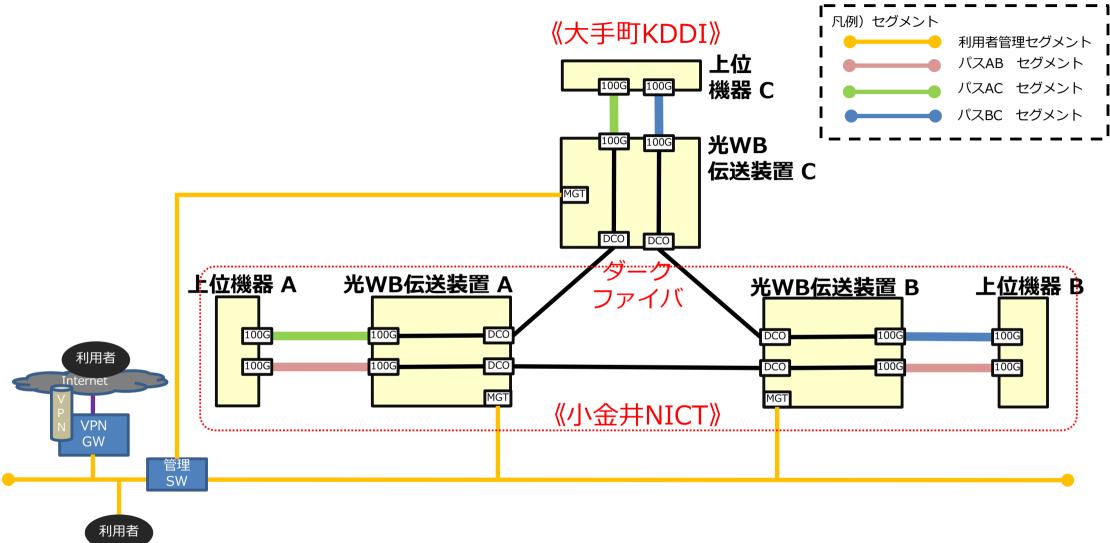
Galileo



- ラインインターフェイス: 4 Port (CFP2-DCO 400G Pluggable Transceiver 100G, 200G, 300G, 400G)
- ※今回用意されているのは2 port分
- ◆ クライアントインターフェイス: 16 Port (100G QSFP28 LR4)
- ※今回用意されているのは2 port分
- Network OS として、Goldstoneを使用



光ホワイトボックス伝送装置(テストベッド)提供サービス





本サービスが提供する機器の構成を説明します。本サービスは3つの光WhiteBox 伝送装置(以降、光WB伝送装置)でネットワークを構成しており、3つのパスを提供します。これらの光WB伝送装置に対して運用者は管理セグメントから操作を行うことにより、設定変更などを行うことができます。(光WB 利用手順書.pdfより抜粋)

今回の実験のモチベーション

- 光Whiteboxの操作・ノウハウの習得
- ・光ネットワークの自動運用に向けて、クローズ・ループ技術の確認
- ・相互接続・広域実験に向けた自主研究開発の要素技術・デバイス・サブシステムのテスト
- ユーザ要求に応じて光パスの経路やトランスポンダのパラメータを制御し最 適化する技術検証
- 200Gbps, 400Gbpsの広帯域アプリケーショントラフィック伝送実験
- フィールド下のダークファイバを利用した実データ取得
- 共同研究 相互接続実験への契機

今回の実験概要

光WB伝送装置 A

MGT

- ・3種類の実験プラン(事前想定)
 - 1. 400G/200G変調方式の切替制御機能の検証 と切替時間などの評価
 - A) エラー量に基づく切替制御(400G→ 200G)

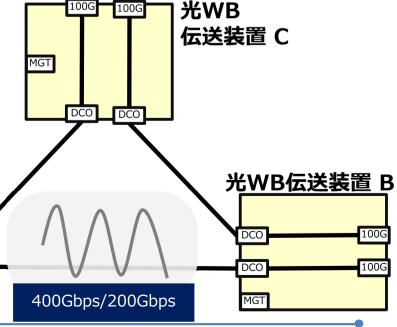
ここまで達成

B) トラヒック量に基づく切替制御(200G→ 400G)

今後実施予定

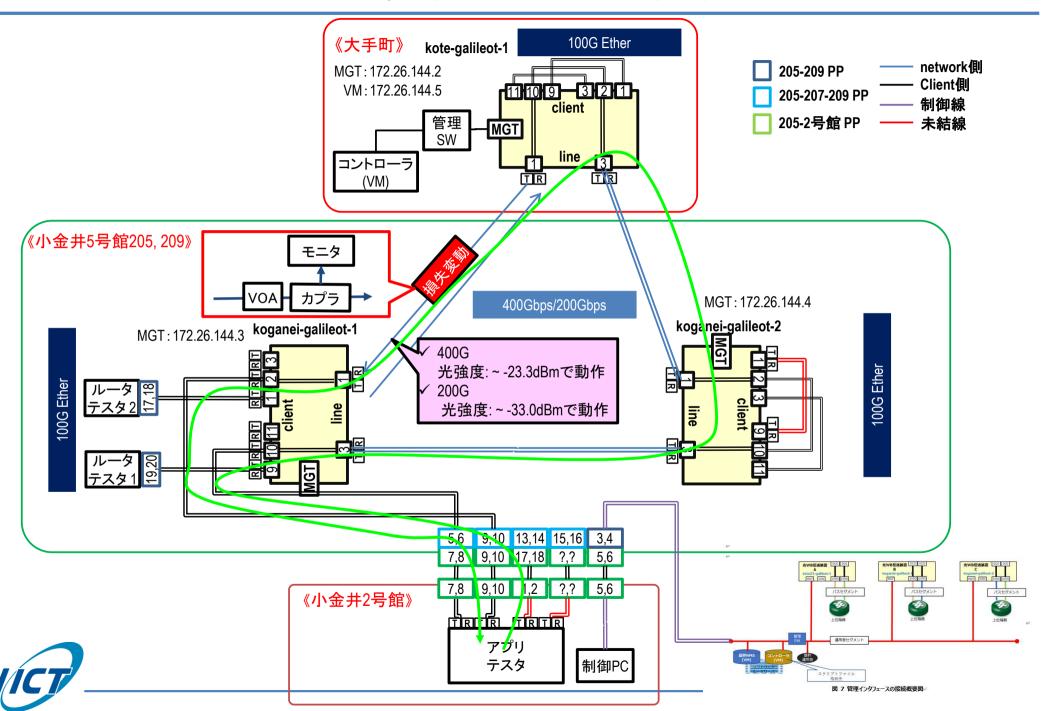
経路切り替え(ライン側)制御の検証と切替時間などの評価

3. 自主開発したEDFAを挿入し、伝送特性評価





1-A 実験システムの詳細



1-A 実験シナリオ (エラー量に基づく切替制御)

- 1. Whitebox伝送装置間(LINE側)で光信号強度減衰
 - 1. EDFAの性能限界を超えると、受信側の許容光強度から外れ、多数のビットエラーが発生
 - 2. フレーム損失のため、ユーザ側でもパケットロスが観測される
- 2. 定期的にパケットロスを測定し、事前設定した閾値を超えたことを検知
- 3. Whiteboxのコントローラにエラー発生を通知(エラー耐性の高い変調方式への変更 リクエストメッセージ送信)
 - 1. 実体としては、WhiteboxのコントローラにSSH接続し、400G -> 200G切替スクリプトを実行(3 ノード)
 - 2. Whitebox コントローラが伝送経路上の各スイッチに対し、ポートの設定変更コマンド送信
- 4. パケットロスが低減されることをユーザ側で確認

参考:

光WBのライン側の受光レベル範囲

- 400Gbps時: -12 dBm (min)から 1 dBm (max)
- 200Gbps時: -16 dBm (min)から 1 dBm (max)



実験写真

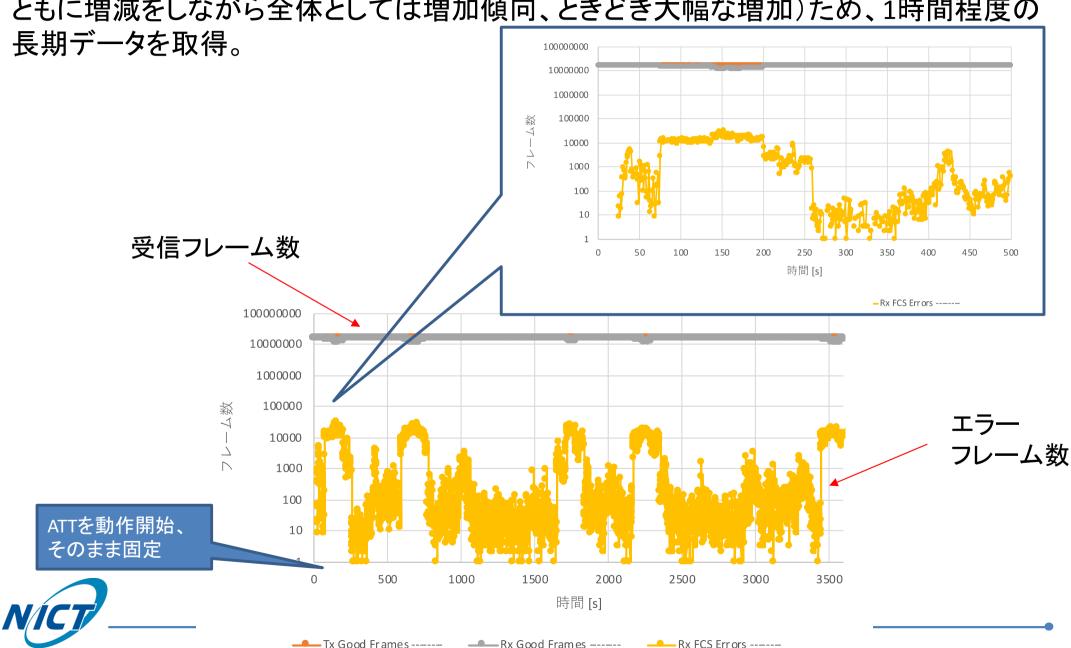




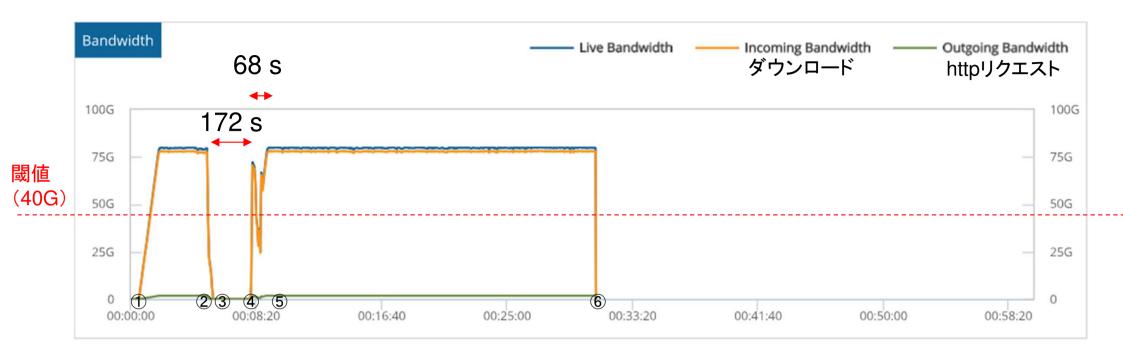


1-A 実験シナリオと結果1 (予備検証)

• ATTを挟んだ状態でのロスの状況が安定していない(2-3min見ていたところ時間経過とともに増減をしながら全体としては増加傾向、ときどき大幅な増加)ため、1時間程度の



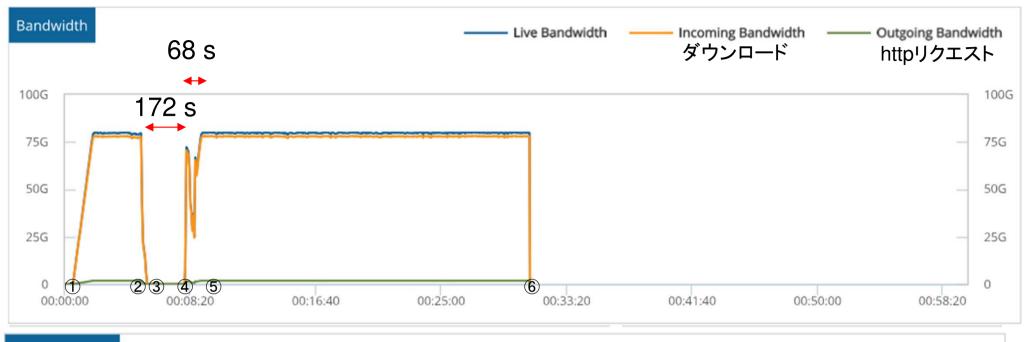
1-A 実験シナリオと結果2

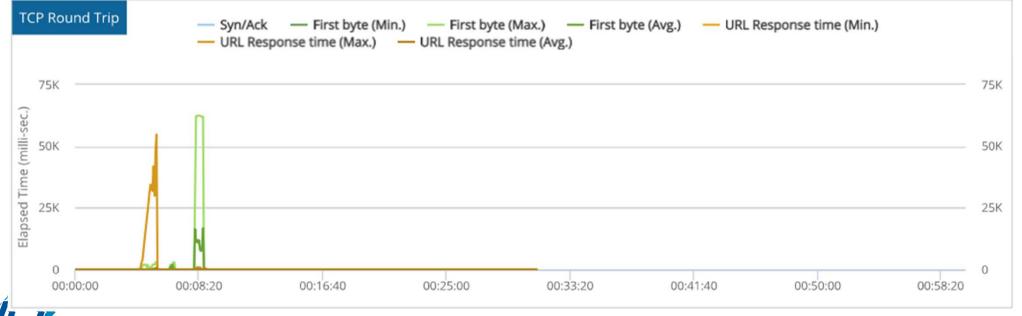


- ① 実験開始(httpリクエストを徐々に増やし、ダウンロード帯域負荷を80Gまで増加)
- ② 挿入した減衰器での減衰量を増加(パケットエラー発生)
- ③ 大量のエラーを検知し、閾値を超えた場合、400Gから200Gへの切替処理を実行
- ④ 200Gbpsに切替完了し、エラーが解消
- ⑤ エラー解消後安定していることを確認
- ⑥ 実験終了

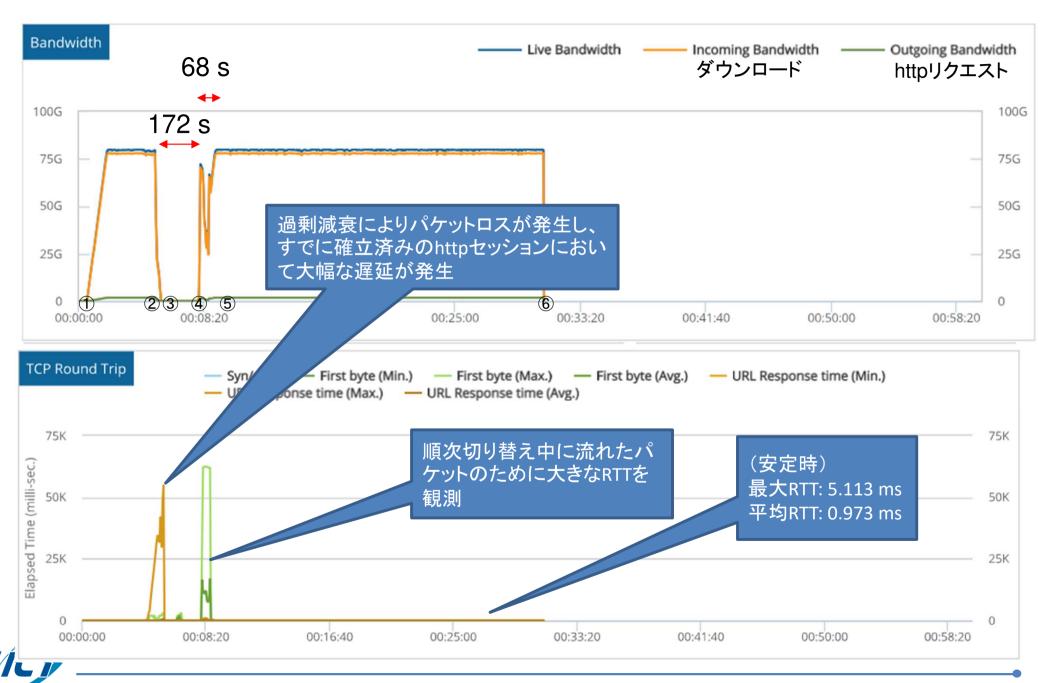


1-A 実験シナリオと結果3





1-A 実験シナリオと結果3



まとめと今後の要望

- 当初想定していた実験について一部達成。
- ・光ホワイトボックス利用のノウハウ把握には有効。
- ・拠点の数、ノード数がもう少し欲しい
- トラポンの種類、WDM多重
- モニタリング機能の活用(トランスポンダから)
 - 光受信強度
 - 光送信強度
 - 光信号品質
 - 波長分散 (伝送路)
 - 偏波依存損失 (伝送路)

