



APN IOWN1.0を支える 遅延マネージドネットワーク技術

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) オールフォトンクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) のサービスとして、通信遅延を自在に操る遅延マネージドネットワークというコンセプトを創出し、それらを具現化する「OTN Anywhere」装置の開発を進め、APN IOWN1.0を世にリリースしました。物理的な極限に迫る低遅延化を図ったうえで、ユーザの手元まで遅延揺らぎゼロのエンド・ツー・エンドの通信パスを設定、そして遅延の見える化、さらに、遅延の調整を可能としました。遅延マネージドネットワークによりさまざまなユースケースにおけるUX (User eXperience: ユーザ体験) を変革していきます。

キーワード: #IOWN, #オールフォトンクス・ネットワーク (APN), #遅延マネージドネットワーク

通信遅延の重要性の高まり

通信サービスの高度化に伴い、通信技術を駆使したリモートアクティビティが増加しています。さらに、新型コロナウイルス感染症の広がりにより生活スタイルの一変が余儀なくされ、この流れは一層加速しました。従来の映像配信のような単方向の通信に加え、双方向に映像や音声を通ずるようなインタラクティブなアクティビティが出現してきています。例えば、図1に示すような全国規模の遠隔eスポーツ対戦などが考えられます。即時的な応答の良し悪しがUX (User eXperience: ユーザ体験) の満足度に直結するため、通信遅延が極めて重要な性能指標となります。通常のインターネットでは、物理的な距離に依存して通信遅延が異なり、またネットワークの混雑状況により遅延が変動してしまいます。そのため、複数の都市にまたがった遠隔eスポーツ対戦、特に一瞬の遅延が勝敗を決

するようなプロフェッショナルな対戦では不公平な通信環境がクリティカルな問題となります。このようなユースケースにおいては通信の低遅延化、そして、いかに公平な通信環境を提供するかが重要になってきます。

低遅延できめ細やかな遅延制御が可能な通信サービスは、双方向のやり取りが求められるライブエンタテインメントや遠隔コラボレーション、さらには、今後急速な発展が予想されるXR (Extended Reality) やメタバースなどの領域においても重要な役割を演ずるものと考えられます。

以上のような背景を踏まえ、通信遅延を自由自在に操れるようなネットワークを実現すべく検討を進めてきました。

遅延マネージドネットワーク

私たちは先進の光ネットワーク技術によりUX変革を実現することを強く念頭に置き、遅延マネージドネットワークのコンセ

おおはら	たくや ^{†1,2}	おだ	たくや ^{†1,2}
大原	拓也	/小田	拓哉
いぬづか	ふみかず ^{†1,2}	しんたく	けんご ^{†1}
犬塚	史一	/新宅	健吾
たけち	ひろと ^{†2}	うすい	そういちろう ^{†2}
武智	宏人	/臼井	宗一郎
しまぎき	だいさく ^{†2}	おおにし	ひろゆき ^{†2}
島崎	大作	/大西	浩行

NTT未来ねっと研究所^{†1}
NTTネットワークイノベーションセンタ^{†2}

プトを創出しました。その特徴は次の3点です (図2)。

- (1) ユーザの手元への通信パス提供
インターネットは日常生活に不可欠なものとなって久しいですが、今後もその重要性は増すに違いありません。ただし、ベストエフォートという特徴から混雑時には通信遅延が増大し、通信容量が低下し、場合によっては信号が欠損してしまいます。こういった特性が一部のユースケースにおいてはUXを著しく低下させます。そこで、これを補完するような特徴を持つ通信、つまり、通信遅延の変動がなく、どれだけ大容量でも、どれだけ混雑していても、影響を受けることのない通信、すなわち、いつでもどこにでも必要な通信パス*1をユーザ

*1 通信パス: 回線交換方式によりユーザに提供する通信回線。電話回線のように、通信を行う際にはあらかじめ回線設定を必要とするコネクションオリエンテッド型の通信のこと。OTNにおける通信パスはODUパスと呼ばれます。

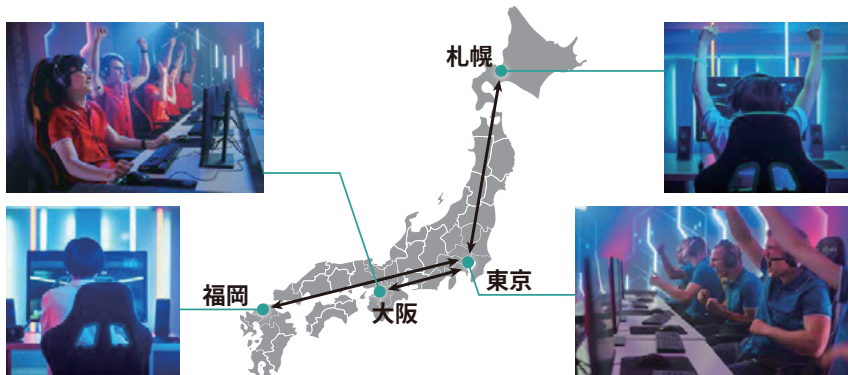


図1 全国規模の遠隔eスポーツ対戦 (リモートアクティビティの一例)

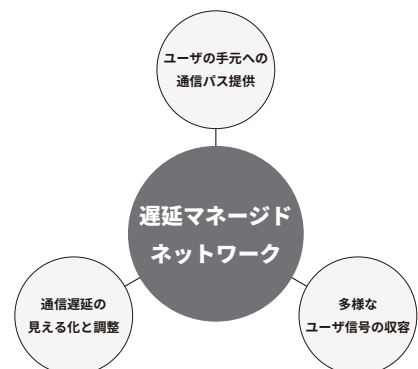


図2 遅延マネージドネットワークのコンセプト

の手元に提供できるようなネットワークを実現したいと考えました。

(2) 通信遅延の見える化と調整

通信遅延に対する要求の高まりから、できる限り低遅延を実現することはもちろんですが、通信遅延の見える化し、さらに必要に応じて通信遅延を調整することで優れたUXを実現できるのではないかと考えました。その際、通信経路上の一部の区間だけ遅延測定しても意味はなく、エンドユーザの通信遅延をエンド・ツー・エンドで測定する必要があります。その観点でも、1点目に挙げたユーザの手元への通信パス提供というのは重要です。また、通信遅延が時々刻々と変動するような通信方式では、通信遅延を測定したとしても次の瞬間には遅延が変動してしまうため、あまり意味がありません。したがって、通信遅延が変動しないような通信方式を採用することが重要となります。

(3) 多様なユーザ信号の収容

さまざまなユースケースに対応するためには、ユーザからの多様な信号に対応する必要があります。世の中に広く普及しているイーサネットはもとより、さまざまな映像信号や音声信号などを通信パスに収容

することで、将来の多様なトラフィックを支える通信基盤になり得ます。

IOWN1.0を支える技術

遅延マネージドネットワークを具現化するための装置として、以下の特徴を持つ「OTN Anywhere」の開発を進めました（図3）。

「OTN Anywhere」はオールフォトニクス・ネットワーク（APN：All-Photonics Network）の末端に接続される装置であり、長距離光伝送装置と組み合わせて使用します。国際標準 OTN（Optical Transport Network）^{*2}の標準インタフェースである OTU4 をネットワーク側インタフェースとして具備することで、市場に存在するさまざまな長距離光伝送装置との接続を可能としています。「OTN Anywhere」間に設定される通信パス（ODUパス）は長距離光伝送装置をそのまま透過するため、接続する長距離光伝送装置の種類を問わず「OTN Anywhere」の機能を享受できます。また、「OTN Anywhere」はユーザとの接点になる装置であり、ユーザ拠点に設置し、通信パスをユーザの手元に提供、そしてユーザ信号を OTN に直接収容することを可能にし

ます。さらに、「OTN Anywhere」はこれまでの光伝送装置が具備することのない新しい機能性を提供します。今回の開発では通信遅延の測定と調整を可能にしました。表に概略仕様を、図4に外観写真を示します。

次に、「OTN Anywhere」に実装している主要な要素技術を前述した3つのコンセプトに対応付けて説明します。

(1) ユーザの手元への通信パス提供

幹線系の長距離光伝送においてグローバルで使用されている OTN プロトコルを採用しています。OTN を用いることで 100% 帯域保証、物理的な極限に迫る低遅延、遅延揺らぎゼロという特徴を持たせています。一般エンドユーザの目に触れることの少ないプロトコルですが、ユーザの手元に通信パス（ODUパス）を提供するために、ユーザ拠点に設置可能な1ラックユニットの小型装置として実現しています。図3に示すようにユーザ向け通信パスをエンド・ツー・エンドで設定することができ、当該ユーザ専用の通信路として占有して使用することができます。また ODUパスは他のトラフィックに影響を与えることなく多重することができ、1ユーザが一波長の容量を使い切らないような場合でも効率的な信号収容を可能にします。

(2) 通信遅延の見える化と調整

エンド・ツー・エンドで設定された ODUパスに対して、遅延測定機能と遅延調整機能を具備しています。

遅延測定機能は ODUパスの通信遅延をマイクロ秒精度で測定します。ODUパスの端点において遅延測定用信号を主信号に影響を与えずに挿入し、その後、伝送されて ODUパスのもう一方の端点に到着、ループバックされ、また元の端点に戻ってきま

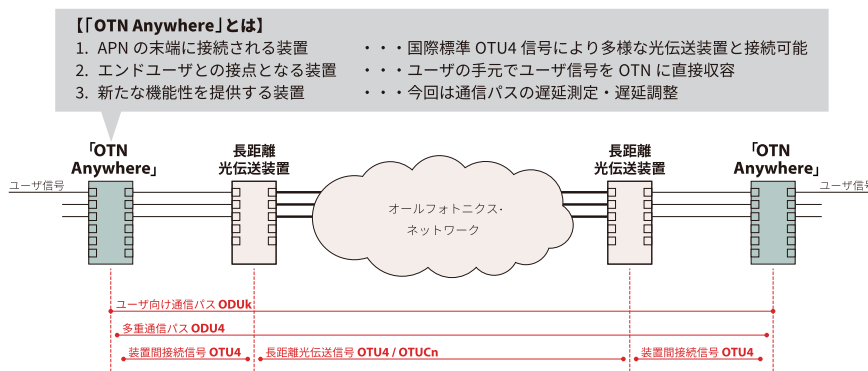


図3 「OTN Anywhere」の特徴と基本的なネットワーク構成

表 「OTN Anywhere」の概略仕様

項目	仕様
ネットワークインタフェース	OTU4
クライアントインタフェース	10GbE 100GbE
ODU遅延測定機能	対象ODU
	遅延測定精度
ODU遅延調整機能	対象ODU
	最大遅延調整量

*2 OTN：国際電気通信連合 電気通信標準化部門（ITU-T）で規定されるレイヤ1プロトコルの一種。幹線系の長距離光伝送装置においてグローバルに広く使用されています。



図4 「OTN Anywhere」の外観

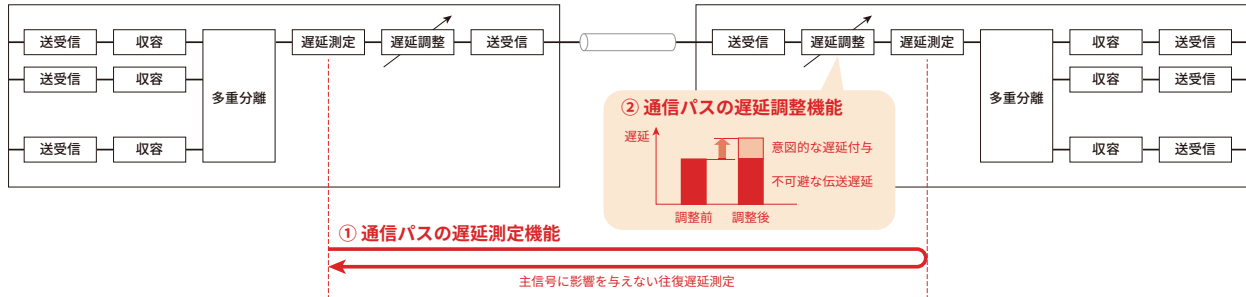


図5 「OTN Anywhere」の機能ブロックと通信遅延の測定機能・調整機能

す。その往復時間を測定します(図5①)。これはITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)勧告G.709に規定されるODU遅延測定機能に準拠しています。従来OTNプロトコルは幹線系の長距離光伝送装置で使用されていたため、エンドユーザの視点ではエンド・ツー・エンドの通信遅延を取得することは難しく、一部区間を測定できるだけでした。今回、「OTN Anywhere」ではユーザの手元までエンド・ツー・エンドのODUパスを設定できることから、遅延測定機能がより意味を持つものになります。

続いて遅延調整機能について説明します。エンド・ツー・エンドのODUパスにより遅延揺らぎゼロの確定的な遅延を持つ通信回線をユーザに提供可能となりますが、必要に応じて遅延を付与し、所望の通信遅延に調整する機能を今回新たに開発しました(図5②)。遅延調整には即時遅延調整モードと無瞬断遅延調整モードという2つの動作モードがあります。即時遅延調整モードは信号の瞬断を伴いODUパスの遅延を即時に調整する動作モードです。ODUパスの使用開始前などに大きな遅延を付与する場合に適した動作モードです。一方、無瞬断遅延調整モードは信号断を伴うことなくODUパスの遅延を徐々に調整する動作モードです。遅延調整時においてもODUパスの信号断が許されないようなユースケースやODUパス使用中に遅延を微調整するような場合に有用な動作モードです。

前述の2つの機能によりエンド・ツー・エンドのODUパスを設定後、通信遅延を測定して調整するという自在に遅延を操る機能を実現しました。レイヤ1のOTNで当該機能を実現しており上位レイヤのユーザ信号種別に依存しないため、さまざまな

用途への応用が可能となっています。

③ 多様なユーザ信号の収容

今回、「OTN Anywhere」ではもっともメジャーなユーザ信号であるイーサネット(10 GbE / 100 GbE)に対応させました。単にイーサネットの長距離転送を可能にするだけではなく、市販のさまざまな機器を併用することで、例えば、映像や音声などの長距離転送が可能となります。このとき、便宜的にイーサネット信号を介してOTNに信号を収容することになりますが、ODUパスの経路上にはレイヤ2やレイヤ3のパケットスイッチングは存在しないため、遅延の極端な増大や遅延揺らぎが発生することはありません。

上記のような要素技術を実装した「OTN Anywhere」を用いることで、通信パスの遅延を測定したり、必要に応じて調整したりすることが可能になります。例えば、「OTN Anywhere」で測定した通信遅延を他のシステムや計算機、あるいはオペレータに通知することで、通信遅延を考慮したリアルタイム処理や計算機処理あるいは遅延にセンシティブなオペレーションが可能となります。また、冒頭でリモートアクティビティの一例として掲げた遠隔eスポーツ対戦においては、まず各拠点間の通信遅延を測定し、その後、それらの通信遅延をそろえることで公平な通信環境を実現することが可能となります。

今後の展望

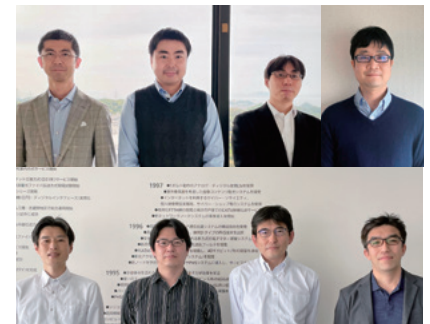
APN IOWN1.0は今回開発した「OTN Anywhere」により最初の一步を踏み出したに過ぎません。さらなる機能拡充や技術革新によりAPNを持続的に発展させていきたいと考えています。今後の「OTN Anywhere」の発展の方向性として、コン

シューマ系やレガシー系を含むユーザ信号のさらなる多様化への対応、通信パス冗長機能や多拠点通信機能など新規機能の追加、APNへの経済的な接続方法などの検討を進めています。お客さまの要望を踏まえ、そして、ニーズや効果を見極めて、実現を図っていきたくと考えています。

継続的な技術創出とタイムリーな具現化によってユースケースの拡大を図り、UX変革によりエンドユーザに驚きを与えられるようなAPNにすべく邁進していきます。

参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20230302_01.html
- (2) <https://www.ntt-west.co.jp/news/2303/230302a.html>
- (3) <https://www.rd.ntt/iown/0002.html>



(上段左から) 大原 拓也/ 犬塚 史一/
小田 拓哉/ 新宅 健吾
(下段左から) 武智 宏人/ 臼井 宗一郎/
島崎 大作/ 大西 浩行

IOWNにより実現されるこれまでにないUXを早期にお届けできるよう、さまざまな領域の皆様とのコラボレーションを通じて新たな世界を切り拓いていきます。今後の展開にご期待ください。

◆問い合わせ先

NTTネットワークイノベーションセンター
光トランスポートシステムプロジェクト
高速リンクシステムグループ
E-mail info-link@ntt.com