

4K/8K、クラウド時代の技術展示 3 題 — 第 14 回光通信技術展

第 14 回光通信技術展(4 月 16 日(水)～18 日(金)、東京ビッグサイト)で展示された 4K/8K 映像伝送とクラウドの時代を展望する 3 つの技術を報告します。光アクセス系システムでは WDM/TDM-PON (沖電気工業)、ネットワーク系ではダイナミック光パスネットワーク (産業技術総合研究所と協働企業 10 社)、クラウドネットワークの安全を守る「量子エニグマ暗号」(玉川大学) が、それです。

4K/8K 映像時代の 40Gbps アクセス系システム「WDM/TDM-PON」 — 沖電気

沖電気工業は、ITU-T の標準化を見越して国内では初といわれる 40Gbps アクセス系システムである WDM/TDM-PON のプロトタイプを開発し、展示しました。

WDM/TDM-PON は、現在 ITU-T SG15 で標準化作業が行われている最中で、年内か来年早々に標準化されると見られています。

この 40GbpsPON の物理層を規定する ITU-T 勧告 G.989.2 では、標準波長帯は下り 1596～1603nm、上り 1524～1544nm で、この波長帯の中から各 4 波長を選択でき、波長の間隔は 50～200GHz のグリッドの波長を使うことが決められています。

これによって、10Gbps の PON を各波長に乗せることで、上り、下りとも最大 40Gbps の通信容量を確保できます。このシステムでは 1 波長 10Gbps の配下に最大 512 台の ONU (光加入者線終端装置) を接続できるので、上り方向の通信は、多数の ONU からの上りの光パスを物理層で一定の時間固定して通す時分割多重を用いて混信を防ぎ、最大 40Gbps の上り通信容量を確保する仕組みになっています。

WDM/TDM-PON の大きな狙いとなるサービスが 4K/8K の映像伝送です。

同社の光アクセス BU チームマネージャの鈴木祥也氏は、次のように話しています。

「8K になると、1 チャンネルあたり 90Mbps から 100Mbps の帯域が必要で、複数チャンネルを送ろうとすると今の 1Gbps の PON はおろか、10Gbps の PON でも足りなくなる時代が到来すると考えている。

映像系のほか、モバイルのトラフィックが非常に増える場合は、モバイルのバックホールもしくはフロントホールとしての用途もターゲットと考えている。

さらに WDM/TDM-PON で特徴となるのが波長を 4 つ使えることで、1 つのシステムで柔軟なサービスを提供できる」

最後の点については、1 つは映像用、別の波長でビジネス用に専用線的に使うほか、波長間のトラフィックの切り替えが自由にできるので、冗長系の切り替えにより信頼性向上が可能となる。また、トラフィックが 1 つの OSU (光加入者線終端盤) で 10Gbps だけで通信ができる場合は、すべての通信を 1 つの OSU に集中させ、後の部分はスリープさせることで省電力効果も期待できるということです。

2017 年～20 年が商用化時期と予測しています。

なお、本システムには総務省委託研究「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」の成果が含まれているとのことです。

大容量映像を光スイッチで切り替え 3 桁省電力化 ― ダイナミック光パスネットワーク

映像情報などの増大で飛躍的に増大するネットワークの消費電力を抜本的に低減させる方式の 1 つとして、「ダイナミック光パスネットワーク」の研究開発が展示されました。

これは、文部科学省イノベーションシステム整備事業として、産業技術総合研究所に設置された「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」が協働機関 10 社と連携して推進している研究開発プロジェクトです。

通信のトラフィックが、今後も年率 40%以上で増え続け、20 年以内に光ネットワーク総容量が 1000 倍必要になると考えられています。それに比例してルーターの供給電力も 1000 倍必要になり、国内総発電量を超過してしまうという不合理な事態が予測されます。その解決策として、電力消費を 3 桁下げる技術を開発し、現在の消費電力程度でまかなえる革新的光ネットワーク技術の創出を目標としています。

説明に当たった産業技術総合研究所の光パスプロセッサ研究チームの谷澤健氏は、次のように話しています。

「ネットワークの帯域を増やすのと合わせて、消費エネルギーを下げる技術が必要で、そのための 1 つの方式として、ダイナミック光パスネットワークを提案している。

今のネットワークで電気を大量消費しているのは、光伝送ではなく、電子パケットルーターで、特に今後 4K/8K の大容量映像がネットワークを流れるとルーターの消費電力が飛躍的に増える。そこで、これらの粒度の大きい情報は、ルーターを通過させることなく、光スイッチを使ってスイッチングすることで消費電力を下げていく。

ダイナミック光パスネットワークは、光パスをダイナミックに光スイッチで切り替え、4K・8K 映像などの大容量情報を低消費電力で伝送するネットワークだ。

光スイッチは、粒度の細かい情報を扱うことに長けた従来の電子ルーターとネットワークの中で共存するが、ユーザー側ではそれを意識しないで使えるような仕組みにしていこうことを提案している」。

プロジェクトは、①ネットワーク・アプリケーション・インタフェース、②ダイナミックノード、③光パスコンディショニング、④光パスプロセッサの 4 つの研究テーマからなります。

ちなみに①の「ネットワーク・アプリケーション・インタフェース」の研究テーマでは、光パスは、高精細映像伝送に適し、ストレージ機器とダイナミック光パスネットワーク機器を統合管理し、広域に分散したストレージ上に適宜映像コンテンツを配置し、最も消費電力等のコストが低い経路で映像配信を行うためのネットワークとストレージの協調システムを構築することを目的としています。

例えば 8K のビデオが見たいというリクエストを送ると、光パスを張ってくれて、効率的にサーバーから情報が送られるようにネットワークを自動的に制御してくれる仕組みです。

今年秋には、4K 高精細映像オンデマンド配信をダイナミック光パスネットワーク上で行う実証実験をつくばの産業技術総合研究所で予定しています。

導入の見通しについて、谷澤氏は次のように指摘しています。

「このネットワークは、2020 年代～30 年代に現在の光のネットワークに少しずつ加えていく形で入っていく。

ただし、最初から広域網に入るのは難しいので、最初は大容量の映像を送らなければいけないような場所、例えば放送局のネットワークなど特殊なネットワークから少しずつ入っていった、徐々に一般のネットワークに広がっていけばよいと考えている」。

解読不可能な超高速新量子暗号 — 「量子エニグマ暗号」

玉川大学量子情報科学研究所（廣田修所長）のデータセンター間・超高速（100Gbps）光通信網を守るための「量子エニグマ暗号」が実用化を目前に控える状況で、注目を集めていました。

次世代インターネットであるクラウドコンピューティングシステムでは、基盤となるデータセンターをつなぐ光ファイバーを通過する信号をコピーすれば、データセンターの情報が丸ごとコピーされてしまう危険性があると指摘され、米国国防省試算では、通信回線から盗聴するサイバー攻撃による想定被害額は、1000 億ドルとしています。

このハード的なサイバー攻撃に対応するために、いま日米で“Y-00”といわれる解読不可能な超高速新量子暗号の熾烈な開発競争が繰り広げられているのです。

Y-00 暗号は、米国ノースウェスタン大学のユーエン（Yuen）教授が 2000 年に DARPA（国防高等研究計画局）のプロジェクトとしてスタートしたのを起源とし、実現手法は、光の変調の仕方によって、強度変調、位相変調、直交位相振幅変調の 3 つの方式があります。

その中で、玉川大学が開発した強度変調方式は、「量子エニグマ暗号」と呼ばれているもので、光の強度を変調するだけの最も簡単な手法で、光通信全般で使われている光検出器を用いるので受信機も簡単な構成ででき、最も実用化に近い方式として注目されています。

同研究所超高速量子通信研究センター助教の村上弾氏は、次のように話しています。

「今の数値暗号は、一旦コピーされてしまうと、新たな超高速コンピューターや新しい解法が出てくると、過去にコピーされたデータも含めて解読されてしまう危険性がある。

これに対して、Y-00 暗号は、情報をコピーさせないことを安全の基本原則としている。つまり情報に雑音が含まれているので、盗聴者は、正しく情報をコピーできず、もはや打つ手がない状況を作ってしまうという新概念の暗号化方式だ」

従来の光通信でも、光ファイバーの中を通っていくレーザー光の強度は、規定値どおりでなく、揺らぎ（量子ショット雑音）が出るので、0 と 1 の 2 値の間に閾値を置いて識別しています。信号間隔が狭く、雑音が大きいと、どちらの信号が分からなくなってしまう。

量子エニグマ暗号は、これを巧みに暗号の仕組みとして逆用したものです。

1つの信号の2値の閾値の組を2000種類用意して擬似乱数発生器を使ってランダムに雑音を発生させると、シード鍵という閾値解読の数列を入れてある装置を持つ正規受信者は正しく2値に復号できます。

しかし、鍵を持たない盗聴者はレーザー光を受信しても、信号を識別する手段がなく、正しいデータをコピーできないので、将来にわたって復号できないという仕組みです。

ギガビットイーサネット（GbE）用の Y-00 トランシーバー試作機で、光ファイバーに接続されたトランシーバーを Y-00 トランシーバーに置き換えれば、その間は安全な通信回線が実現できます。Y-00 トランシーバーは GbE 信号と Y-00 信号を相互変換し、メディアコンバーターのように使います。

すでに 10Gbps で屋外で 360km、40Gbps で 120km の伝送実験、WDM では 1 波長 2.5Gbps の Y-00 信号を載せて 10 波長を合波して 120km 伝播させ、正確に読み取る実験に成功しています。距離と伝送容量は試験環境に制約されたもので、1Gbps の通信容量では 1000km 以上は可能で、伝送容量も 100Gbps は容易に達成可能としています。

Y-00 トランシーバーの大きさは、19 インチで高さ 1U（4cm）ですが、ライター程度の大きさに小型化できる技術が開発されています。実現できれば、パソコンとサーバーに内蔵し、光ファイバー網で接続されたクラウドコンピューティングの安全を実現できることになります。

高機密性を要する社長室、金融機関、大容量映像を扱う放送局や医療機関などが対象。

光回線を守る技術で、2 点間を光ファイバーで結ぶ通信に適用可能。ネットワーク応用も研究開発されています。