

2021年12月6日

報道関係者各位

慶應義塾大学

Beyond 5G 時代に向けた、新しい光ネットワーク運用コンセプト実験に成功
—超多並列光伝送時代をみすえた、故障予測に基づく自律的な耐障害性向上運用に前進—

12月10日（金）KEIO TECHNO-MALL 2021（オンライン）実験デモ公開

慶應義塾大学理工学部の中中直明教授は、現在サービス中の5Gの次の世代（Beyond 5G）への適用を目指した耐故障性に優れた次世代光ネットワークの研究を行っています。その研究の一環として、超多並列光伝送網を用いて自由自在に通信容量を割り当てる次世代イーサネットの耐障害性向上実験^{*1}及び、故障予測に基づいて複数経路の通信経路をダイナミックに割り当てることで故障リスクが増大した光ネットワークにおいても通信容量の期待値を保持できるという新しい光ネットワーク運用コンセプトの実験^{*2}に成功しました。これは、超多並列光伝送網上で複数の経路を確保可能になることと、機器の経年劣化による故障モデルに基づいて確率的に利用可能通信容量を求めることができることによります。

本研究成果は、12月10日（金）にオンラインで開催される KEIO TECHNO-MALL 2021^{*3}において実験デモを公開いたします。ぜひご取材ください。

1. 研究の背景

慶應義塾大学理工学部では、総務省の「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発」プログラムの一環として、耐障害性を向上させる複数経路を用いた通信容量割り当て技術（ECGR：Expected Capacity Guaranteed Routing）の研究開発、及び国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の「超並列型光ネットワーク基盤技術の研究開発」委託研究の一環として、伸縮自在性を備えた超並列光伝送ネットワークを使いこなすための次世代イーサネット技術（ダイナミック MAC：Media Access Control）の研究開発を行ってきました。

ECGRとは、「複数の通信経路に対して通信可能時間と故障による通信不能時間を確率モデルに基づいて予測を行い、動的に通信容量を割り当てる」という新しい概念に基づいた光ネットワーク運用技術です。現在の通信キャリアは年間99.999%のネットワーク稼働率を保証していますが、ECGRによって、稼働率が99%であっても現在と同等の通信容量を提供可能とすることを目指しています。また、ダイナミック MACは、並列伝送に用いる数100本の並列光伝送リンク（超多並列光伝送リンク）上で、使用する光伝送リンクの本数を動的に更新しながら運用継続を可能にすることで耐障害性の向上を実現する技術です。

本研究グループは、ECGRの基幹技術の一つである、故障予測に基づいた経路割り当てアルゴリズム、ECGRの考え方を計算リソース割り当てにも拡張したアクセスメトロ網を用いたエッジコンピューティング技術（AMec：Access & Metro Edge Computing）の予測や通知に基づいた計算リソース割り当てによる仮想エッジコンピューティング技術の研究開発に取り組んできました。また、ダイナミック MACの基幹技術の一つとして、並列伝送時の複数経路での転送遅延差吸収制御技術、光伝送リンク故障に対する縮退運用制御技術の研究開発にも取り組んできました。

2. 実験の概要と KEIO TECHNO-MALL でのデモンストレーション

(1) ECGR と AMec

ECGR による新しい光ネットワーク経路設定の概念を図 1 に示します。現在の光ネットワークでの経路設定は、機器の故障ができる限り発生しないように高価な装置を用いて、偶発的な事故に対応できるように最大容量で経路を割り当てます。これに対して ECGR では複数経路での並列伝送を活用し、機器の故障頻度がある程度高くなると機器の故障が機械学習や AI を活用して予測できるようになることをふまえて、継続時間にわたって期待値としての容量を確保できるように経路を割り当てます。考え方を最大値の保証から期待値の保証に切り替えることで、50 Gbps で 24 時間転送という要求に対する合計容量を 100 Gbps + α (経路 C の予備) から、60 Gbps に低減することができます。

KEIO TECHNO-MALL では、ECGR テストベッドとして、ECGR の考え方を適用した“模擬”光ネットワークを構築し、“模擬”特性情報や“模擬”装置情報を光ネットワーク制御プラットフォーム (ONOS: Open Network Operating System) に与えることで、機器の故障確率を経路計算・経路割当装置で行い、所望の容量期待値を確保する並列伝送経路を模擬光ネットワーク上に構成できることを示します (図 2)。また、AMec テストベッドとして、ECGR の故障確率予測の考え方をエッジ計算機の資源予測に応用し、“模擬”光ネットワーク + “模擬”エッジ計算資源群での仮想エッジコンピューティング技術が実現可能であることを、分散処理型の顔認識アプリケーションを用いて示します (図 3)。

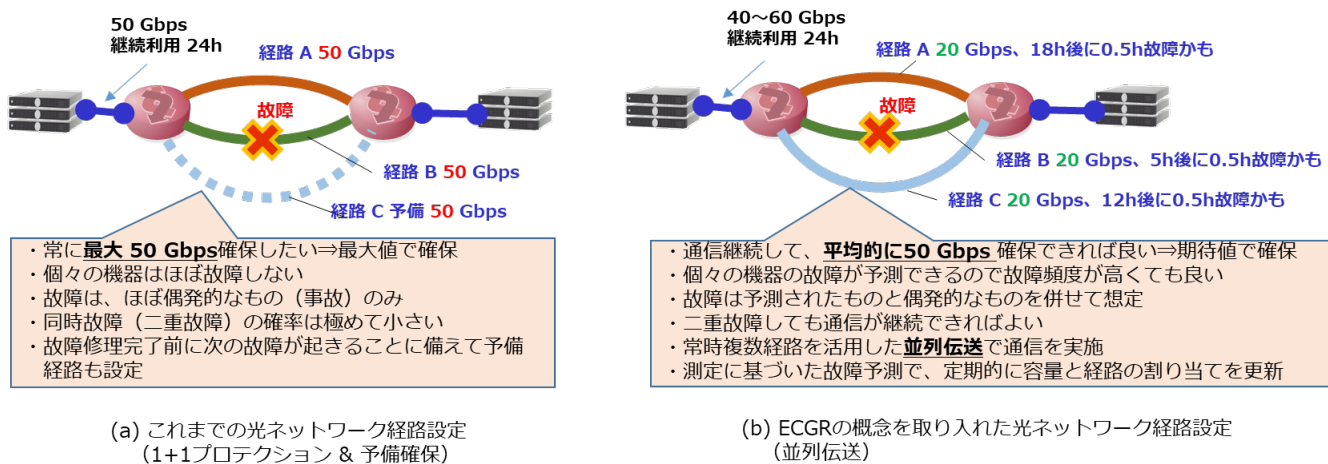


図 1. ECGR の概念説明図

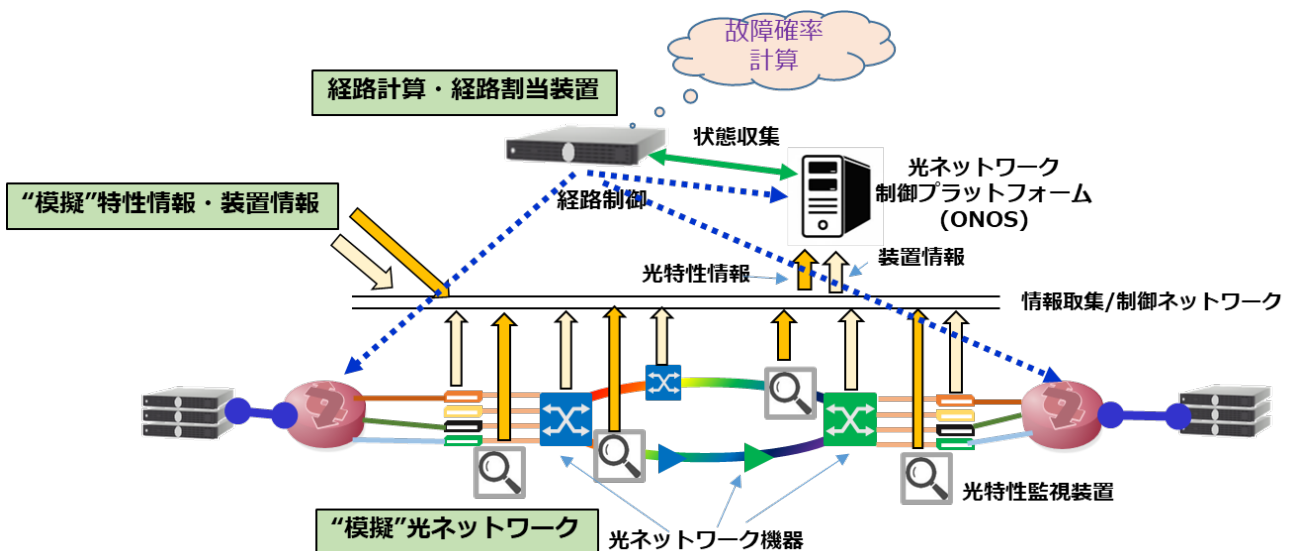


図 2. ECGR テストベッド構成

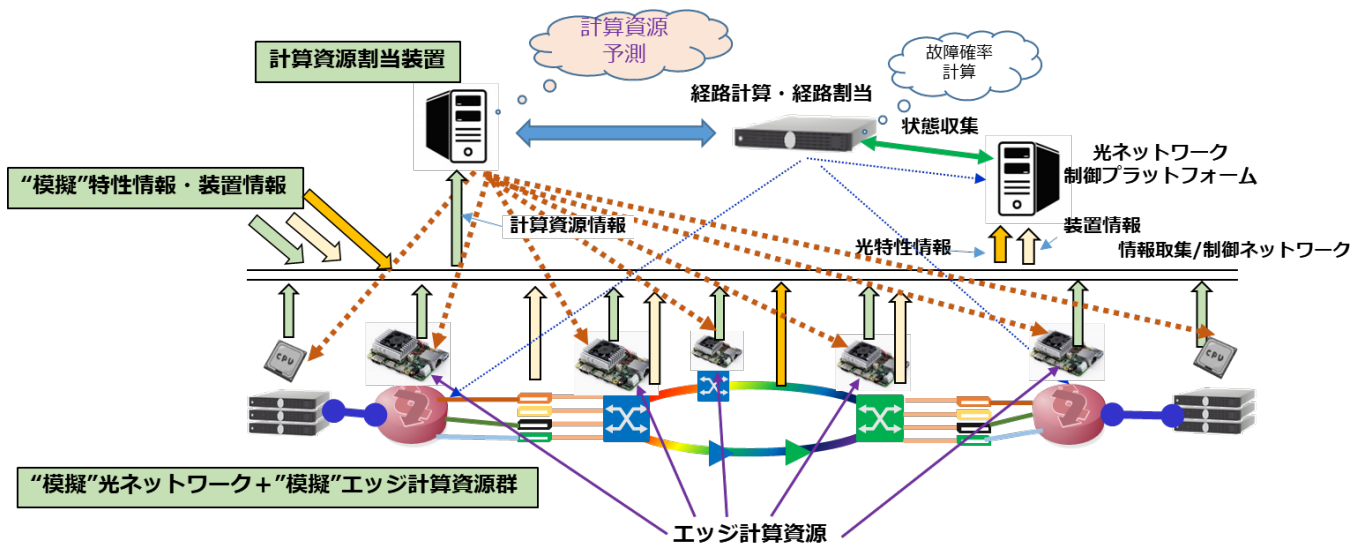


図 3. AMec テストベッド構成

(2) ダイナミック MAC

ダイナミック MAC による光ネットワーク構成の概念を図 4 に示します。ダイナミック MAC では、40 Tbps 級（100 Gbps×400 並列）イーサネット機器を、1 Tbps 級イーサネット機器（100 Gbps×10 並列）や 300 Gbps 級イーサネット機器（100 Gbps×3 並列）と、ダイナミックに並列伝送数を再構成することで、フレキシブルな大容量イーサネット伝送を実現することを目指しています。並列伝送される 100 Gbps の光チャネルは、数万光チャネルが収容される空間多重光ファイバネットワークを用いて転送されます。図 4 では、1 Tbps の信号①は同じ経路に光チャネルが収容されていますが、300 Gbps の信号②は、異なる経路に光チャネルが収容されていることを示しています。このように、異なる経路に光チャネルを割り当てることで、ネットワークの利用効率は飛躍的に高まります。しかし、異経路に起因する光チャネル間の遅延差の吸収が必要であり、さらに一部の光チャネルのみに故障が発生する可能性があります。現在のイーサネットでは、同一経路（ファイバ）への収容しか想定されていないため、異経路への対応は考えられていません。

KEIO TECHNO-MALL では、慶應義塾大学矢上キャンパスに設置されたダイナミック MAC エミュレータシステム間を、10 m 光ファイバ、10 km 光ファイバ、JGN^{*4} を利用した往復 60 km 経路からなる異経路を構成し、40 Gbps イーサネット機器間での通信が正常に行われること、一部の光ファイバを切断する模擬故障を発生させても、残りの経路を用いて通信が継続できることを示します（図 5）。

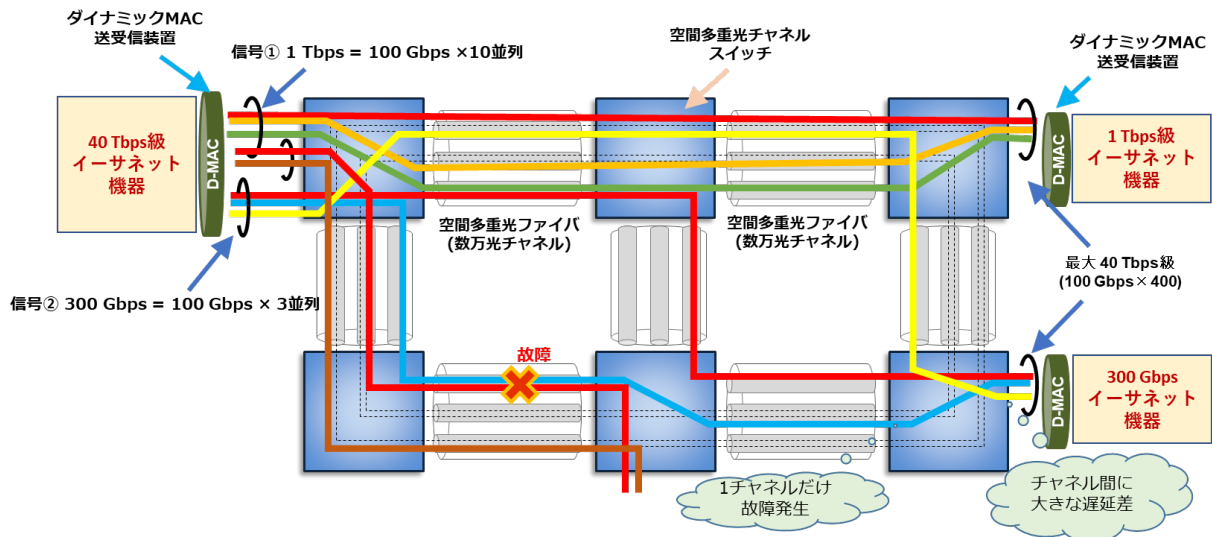


図 4. ダイナミック MAC の概念説明図

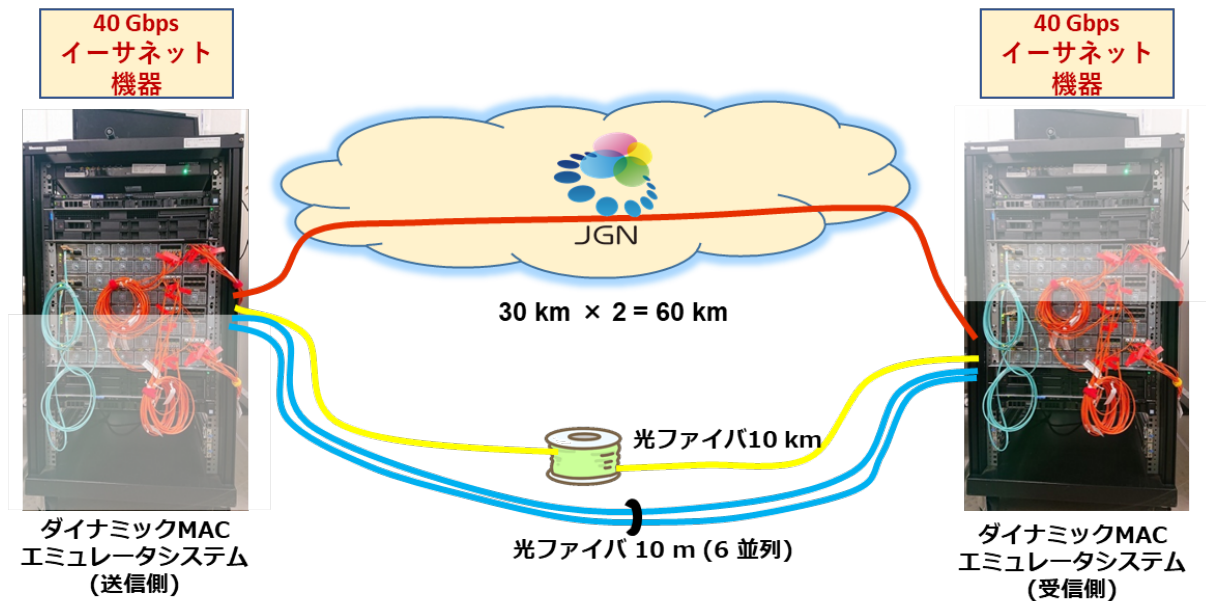


図 5. ダイナミック MAC テストベッド構成

3. 今後の展望

総務省の「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発」プログラムでは、将来におけるメトロネットワークのオープン化に伴うマルチベンダ運用環境での運用・監視・制御性の向上を、日本電気株式会社及び株式会社 KDDI 総合研究所などと共同で進めており、ECGR 及び AMec の技術を三者が共同で作上げる試験環境で検証し、実環境に近いフィールドでの実証実験を進めていきます。また、NICT の「超並列型光ネットワーク基盤技術の研究開発」プログラムでは、超並列光伝送網でのネットワークング実証を、株式会社 KDDI 総合研究所及び香川大学などと共同で進めており、次世代イーサネットの実現に向けた研究開発を進めていきます。さらに、二つの技術を統合した故障予測に基づいた自律的な耐障害性向上に向けた研究開発を進めていきます。

【補足情報】

*1 本研究開発は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究「超並列型光ネットワーク基盤技術の研究開発」によるものです。

*2 本研究開発は、総務省委託研究「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発」(JPMI00316)によるものです。

*3 KEIO TECHNO-MALL2021: <http://www.kll.keio.ac.jp/ktm/>
 慶應義塾先端科学技術研究センター (K L L) が主催する慶應科学技術展。
 日 時：2021年12月10日(金) 10:00~18:00
 会 場：オンライン開催(入場無料・事前申込不要)

*4 JGN
 NICT が提供する、ICT 開発の基盤となる超高速研究開発ネットワーク。
<https://testbed.nict.go.jp/jgn/index.html>
 本研究開発では、JGN-A18002 として JGN を利用しています。

* ご取材の際は、事前に下記までご一報下さいますようお願い申し上げます。

* 本資料は文部科学記者会、科学記者会、各紙科学部、テレビ局報道部等に送信しております。-----

本発表資料のお問い合わせ先

<研究内容について>

慶應義塾大学理工学部情報工学科 教授 山中直明

Tel : 045-566-1744 e-mail : yamanaka@keio.jp

<その他>

慶應義塾広報室 担当：澤野

Tel : 03-5427-1541 e-mail : m-pr@adst.keio.ac.jp