2022年12月研究会および2023年3月合宿開催報告

著者: 伊藤広記、金谷光一郎、島慶一

本文書は2022年12月に開催されたWIDEプロジェクト研究会、および2023年3月に開催されたWIDEプロジェクト合宿研究会の内容について報告する。

# 2022年12月研究会

## 開催概要

2022年12月に開催されたWIDE研究会では「運用から見えてくるネットワークの課題について考える」ことを目的とした。WIDEプロジェクトの合言葉である「左手に研究、右手に運用」を念頭に、実際に運用されているネットワークから得られた知見の共有や抱えている課題の解決へ向けた議論を行った。これまでの研究会・合宿で取り上げられてきたIPv6やTraffic Engineeringを実際の商用環境で運用されている方々を招待公演としてお招きし、活発な議論を展開することができた。本研究会が新しい研究への糸口となったのであれば幸いである。

## 招待公演

本研究会では3件の招待公演を実施した。

### IPネットワークのアーキテクチャ観点で考えるSRv6の面白さ

ソフトバンク株式会社の堀場勝広氏からSRv6に関して講演していただいた。

概要：SRv6は所謂ソースルーティング技術であるが、その設計思想にはIPネットワークのアーキテクチャが潜在的に抱える課題を解くヒントが隠されている。本講演では、IPネットワークのアーキテクチャが潜在的に抱えてきた課題と、それに対する歴史的な取り組み、そしてSRv6によってその課題にどう向き合うことができるのか、参加者と議論する。

### LINEのトラフィックコントロールについて

LINE株式会社の中川稜氏に商用ネットワークで実際に行われているとらっフィックコントロールについて講演していただいた。

概要：LINEではAS38631というASを運用しており、国内外向けに最大で約800Gbpsのコンテンツトラフィックを出しています。この大規模なトラフィックを安定した品質で提供するには、トラフィックコントロールが不可欠です。この講演ではLINEがトラフィックコントロールする背景とそのコントロール手法について説明します。またトラフィックコントロールする際に必要な監視システムについてもご紹介します。

### チップスケール原子時計

NICTの矢野雄一郎氏にチップスケール原子時計に関する講演をしていただいた。Beyound5G/6Gにおける超低遅延通信をはじめ高精度な時刻同期が重要となっている。これまでの原子時計の小型化の歴史から最先端の取り組みまでご説明いただき、分散型時刻同期や時刻の配信など幅広く議論を行った。

## 研究発表

本研究会では2件の研究発表を行った。

### 無線アドホック連合学習 - 完全分散型の協調的機械学習

東京大学の落合秀也氏にFedetrated Learningに関する発表をしていただいた。

概要：連合学習（Federated Learning）は、クラウドにデータを集めることなく機械学習が実現できる技術として、プライバシー問題が叫ばれる現代において着目されている技術であるが、あくまでもクライアント・サーバ型が前提となっている。そのため、あるユーザが他のユーザとの間で単純に協調的に学習したい場合であっても、第三者となるサーバを導入する必要があり、クライアント・サーバ間で権力関係が生じてしまう。本来、分散システム的見地に立てば、クライアント・サーバ型システムは、多様なシステムの一形態に過ぎず、理論的には、さらに分散化することができ、究極的には、無線アドホック・ネットワーク環境のような、通信インフラすらなく切断性のあるネットワークへまで完全に分散化することが可能なはずである。本招待講演では、無線アドホック環境において出会ったノードと機械学習モデルを交換することによってモデルを進化させていく機械学習手法、無線アドホック連合学習（WAFL: Wireless Ad Hoc Federated Learning）について紹介する。

### Benchmarking Methodology for Stateful NAT64 Gateways

Szechenyi Istvan大学のGabor Lencse氏にNAT64の性能評価方法についての発表をしていただいた。

概要：We are working on defining how to measure the NAT64 gateway, which is a core technology in the transition from IP version 4 to 6. While there are several standard documents for measuring router and switch performance, some NAT-specific concerns are not mentioned in existing proposals. In this presentation, we summarize NAT-specific measurement issues and propose solutions to obtain reproducible NAT measurement results.

## ポスター発表

本研究会では3件のポスター発表を行った。

### 海外大学の大規模な日本語クラスにおけるコンピュータが生成するフィードバックの効果

発表者：片岡友香（慶應義塾大学）

概要：本研究は海外大学の大規模な日本語のスピーキングクラスにおける個別の口頭反練習及びフィードバック数の不足の問題を解決するため, 授業時間外に学習管理システム上でコンピュータが生成するフィードバックを可能とするオンラインの口頭反復練習支援システムであるORP Gymを活用し, 学生の発話エラーの改善を目指す. 本研究により, コンピュータが生成するフィードバックと発話エラー改善の関係が明らかになる他, コンピュータが生成するフィードバックの効果が得られるために必要なリトライ回数や期間が明確になり, コンピュータを生成するフィードバックを組み込んだ日本語授業のデザインや, より重点的なスピーキングの指導が可能となる.

### モバイルコアの課題と将来設計に向けた考察

発表者：島慶一（ソフトバンク株式会社）

概要：モバイルネットワークは数千万台の移動端末を収容する巨大な広域サービスネットワークです。最新の5Gネットワークはネットワークファンクション (NF) と呼ばれるマイクロサービスの集合として設計され、多数NFがユーザー端末の状態を保持しながら互いにシグナリングメッセージをやりとりしながらネットワーク接続性を提供しています。現在のモバイルネットワークの構造は、センサーなどを含むより多くのモバイル機器が接続してくる未来の状況に対応できなくなると思われます。また、NFという既存の通信機器をモデル化した設計は、現在のクラウドコンピューティングといった機能をモデル化する方式と相性が悪く、基盤の規模に応じたスケールアウトが困難になると思われます。本ポスターでは既存のモバイルコアの課題を考察します。

### インド関連のアップデート

発表者：片岡広太郎氏（Indian Institute of Technology Hyderabad）

概要：このポスターでは、IIT Hydreabadでおこなっているネットワークやブロックチェーンの研究や、日印連携に関するアップデートを共有します。

## BoF

本研究会では8件のBoFセッションを行った。

### 量子インターネット（Aqua WG）

代表者：永山翔太（慶應義塾大学）

概要：WIDEやQITFでの量子インターネットに関する取り組みをまとめます。

### パンデミック対応における情報技術とその失敗原因（Medicri WG）

代表者：奥村貴史（北見工業大学）

概要：コロナ対策における情報技術の失敗とその原因について、ディスカッションしましょう。そうした試みを通じて、Medical Crisis WG活動の意義を振り返ります。

### 次世代のネットワークオペレーションを考える (ARENA-PAC/DIX-IE3)

代表者：遠峰 隆史（NICT）

概要：ARENA-PAC や DIX-IE3 など、WIDE でも新しいネットワークの取り組みが始まっています。そこで考えられる新しいネットワークとその運用についてどう楽しくするか議論します。

### Camp Net

代表者：金谷光一郎（東京大学）

概要：本BoFでは2023年3月のWIDE campにおけるnetについて話し合う。

### TWO（TWO WG）

代表者：豊田安信（慶應義塾大学）

概要：本BoFではWIDE BBのオペレーションに関する議論を行う。

### IPv6 NAT導入の是非についての議論

代表者：宮川晋（NTTコミュニケーションズ株式会社）

概要：IPv6ではその設計からNAT（Network Address Translation）は排除されています。しかしながら、最近はv6用のNATの実装が多く見受けられるようになりました。本BOFでは、なぜv6NATが導入されているのか、また、それに対してどう取り扱えばいいのかを議論したいと思います。

### Delight（Delight WG）

代表者：阿部涼介（慶應義塾大学）

概要：本BoFでは、9月に設立したDelight WGの設立趣意とその研究活動について議論する。 本WGは、ブロックチェーンをはじめとした非中央集権的なデータセキュリティ、P2P等の技術の研究開発を行いながら、関連技術に取り組む人材育成およびコミュニティ形成を目的とする。

### Trustworthy Email WG （email WG）

代表者：石原匠（慶應義塾大学）

概要：今回のBoFではnewshサーバの構築のトピックを中心にToDoの整理、進め方についてディスカッションをしていきます。

# 2023年3月合宿研究会

## 開催概要

2023年3月の合宿研究会は研究活動の活性化と拡大をテーマとして開催した。2023年は、3月に横浜でInternet Engineering Task Force (IETF) ミーティングが開催され、また10月には京都でInternet Governance Forum (IGF) が開催された。インターネットにおける国際的な会合が予定されていた年でもあり、その前段として合宿研究会が事前準備および情報共有の場として多いに活用できた。WIDE内においても、ARENA-PAC、IPv6への取り組み、量子ネットワーク、ブロックチェーン技術、メール刷新など、活動が活性化しているところである。コロナ自粛の中、我々はオンラインミーティングやハイブリッドミーティングの良い点と悪い点を学ぶことができた。コロナ自粛も収束しつつあり、顔を合わせる活動が再開している。WIDEプロジェクトの今後の活動を支える場として、お互いが顔を合わせたインタラクティブに議論し合う合宿研究開には大きな価値があると感じており、合宿研究会をきっかけに新しい取り組みや既存の取り組みのさらなる加速が期待される。

## 合宿プログラム概要

合宿研究会は招待公演、プレナリープログラム、各種研究発表、BoFから構成される。また、今回はWIDEプロジェクトのLeague of Engineers / researchers for Network and Software (LENS) 分科会の壇俊光氏が大きく関わったWinny事件を題材とした映画「Winny」が公開されるタイミングでもあり、監督の松本勇作氏、配給に携わったKDDI様のご協力のもと、関わりの深いメンバーの多い本研究会で試写会が実施された。

## 招待公演

本研究会では3件の招待講演を実施した。

### W3C及びFIDOにおけるパスワード課題を解決する認証に関する国際標準かとその普及促進について

FIDOアライアンスボードメンバーでもある株式会社NTTドコモの森山光一氏から、W3Cにおける国際標準かの動向を共有いただき、WIDEプロジェクトとの連携活動の可能性について議論した。

### Introducing WEB App. philosophy to Mobile System

ソフトバンク株式会社の渡邊大記氏より、新しいスタイルのモバイルコアネットワークのアーキテクチャに関して講演いただいた。

概要：モバイルシステムは1000万オーダーの端末を収容する重要な社会インフラである。また、モバイルシステムにおけるコアネットワーク（モバイルコア）は端末の移動制御やAAAなどが頻繁に発生する高負荷なシステムである。しかし、回線交換方式に基づく同期的でステートフルな設計のため、障害が起きた際の影響が大きく、大障害に繋がりやすい側面を持っている。本講演では、はじめに現在のモバイルシステムの仕組みの概要と課題を整理し、ソフトバンクの先端技術研究所でどのようにそれらの課題を解決しようとしているのかについて説明する。

### Interplanetary Internetに向けて

Internet Society (ISOC) の Interplanetary Network Special Interest Group (IPNSIG) のチェアであり、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)の研究員でもある金子洋介氏から、今後ネットワークが地球外、惑星間に広がっていく中で、あるべきネットワークのアーキテクチャを議論する必要性と、現状の宇宙通信の現状を共有いただいた。本招待講演をきっかけに、WIDEプロジェクトでは新しくspace分科会を設立し、来る宇宙通信におけるアーキテクチャの提案はテストベッド運用などの活動を開始している。

概要：IPNSIGは、人類の共通資産となるInterplanetary network構築に向けた、通信アーキテクチャーやガバナンスの在り方を検討している。特に、地上インターネットの普及の経験を踏まえ、宇宙環境下における特有の課題、持続的な通信インフラを目指した通信技術の成熟度をあげる取り組みを進めている。後半は、JAXAの宇宙探査イノベーションハブで進めている公募型研究に関し紹介する。月面をはじめとする将来の宇宙探査活動に必要となる研究を、産業界や大学とともに推進し、宇宙と地上の双方に役立つイノベーションの創出に取り組んでいる。

## プレナリープログラム

本研究会では7件のプレナリープログラムが企画された。2023年は、3月に横浜でIETFが開催され、また9月に京都でIGFが開催される予定となっており、インターネットに関わる重要な国際会議が2件開催される年だった。研究会では、この機会を最大限活用すべく、IETFおよびIGFに関係する多数のプレナリープログラムを開催した。

### Introduction to Internet Governance and IGF

IGFで活動中の小林茉莉子氏より、IGF参加初心者のためのチュートリアルを兼ねたIGFの情報共有が実施された。

概要: 「インターネットの技術標準がインターネットの分断へ影響を与えることはあるのか」「政府や世間の要請を受けて特定のサービスやインターネットの接続を遮断すべきか」「戦争・紛争時にインターネットインフラへの攻撃はしていいのか」こんな話題を世界中の人と議論できるかもしれないグローバルな会議があるのをご存知ですか？ インターネットにおける様々な課題を議論するフォーラム、IGFことインターネットガバナンスフォーラムが2023年10月京都で開催されます。本セッションでは、インターネットガバナンスの議論の変遷や、IGFの概要と課題について紹介します。

### Global Internet Landscape from Tech Industry and Academia

IGFで活動中の小林茉莉子氏より、IGFへのWIDEおよび日本のコミュニティからのインプットをどう作っていくかについて、オープンマイクにて議論が行われた。

概要: インターネットにおける様々な課題を議論するフォーラム、IGFことインターネットガバナンスフォーラムが2023年10月京都で開催されます。2006年から毎年開催されているIGFですが、今や参加者が6000人を超える、インターネット社会の課題を議論する場としては最大規模の会議となっています。一方、技術コミュニティの参加が少なかったり、IGFの議論を各ステークホルダーでどのように適用していくのかなど、まだまだ課題が山積みです。日本の技術・学術コミュニティを代表するWIDEプロジェクトは、IGFをどのように活用できるのでしょうか？また、グローバルなインターネットコミュニティに向けて、どのようなアジェンダを提案していくべきでしょうか？さらに、IGFが技術・学術コミュニティにとって魅力的な場となるためには、どのようなアクションプランが必要でしょうか？上記の話題をみなさんと共有し、オープンマイクを使って議論できればと思います。

### Transport in the IETF

IETFのTCP Maintenance分科会のチェアである西田佳史氏より、IETFにおける最新トランポートプロトコルの状況が共有された。

概要: TCPに代表されるトランスポートプロトコル技術は、40年前に開発・標準化されたものであるが、その強化・改良のための活動は現在でも盛んに行われています。本講演では、IETFにおけるトランスポート技術に関連する最近の標準化について、その背景を含めて紹介します。また、IETFの会合に参加する際の注意点なども紹介する予定です。

### 量子ネットワーク & 量子インターネット Plenary

慶應義塾大学教授であり、IRTFのQuantum Internet研究会 (QIRG) のチェアもあるRodney Van Meter氏、またメルカリR4Dおよび慶應義塾大学量子インターネットタスクフォースで活動する永山翔太氏から、Quantum Internetのビジョンと最新研究の紹介、また3月に横浜で開催されるIETFのQIRG活動動向が紹介された。

概要: 本プレナリでは、Quantum network/Quantum Internetの研究、Quantum network/Quantum Internetで実現される世界、そのための課題を共有します。AQUA WGやQITFと連携した現在の取り組みを紹介し、議論します。特に、IRTFに設置されているQuantum Internet Research Groupの初RFC化が近い"Architectural Principles for a Quantum Internet" や、IETF116横浜での量子インターネット特集を見据えた議論を重点的に執り行います。

### ボードプレナリー:Inter-planetary Network and WIDE

天体間通信におけるインターネット活用に関して、招待講演でお話しいただいた金子洋介氏 (Internet Society (ISOC) の Interplanetary Network Special Interest Group (IPNSIG) チェア / 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)の研究員)を交え、今後のWIDEプロジェクトの取り組み方針が議論された。

概要: 本プレナリーセッションではISOCのInterplanetary Networking Special Interest Group (IPNSIG)議長として活動していらっしゃる金子洋介様をお迎えして、IPNの最新事情を共有いただくとともに、WIDEプロジェクトとしてIPNにどう取り組んでいくかをオープンマイクの場で議論します。

### IETF DNS-related WGs

日本レジストリサービスの藤原和典氏より、最新のDNS関連標準化動向を共有いただいた。

概要: IETFの標準化におけるDSN関連WGの動向と最近のトピックについて紹介する。

### IETF CONGRESSプレナリー

Preferred Networksの浅井大史氏より、インターネットの高速化および広域化に重要な輻輳制御技術の最新動向を共有いただいた。

## 研究発表

本研究会では1件の研究成果が発表された。

### IETFへの個人ドラフトの説明

東京大学の山本桃歌氏から、現在IETFのIPv6 Operations分科会で議論されているIPv6アドレスのみを持つDNSサーバーの運用に関する提案、またHyper Text Transport Protocol分科会で議論されているWebSocketのブートストラップの仕組みについての中間報告が行われた。本発表での議論は、研究会の後に横浜で開催されたIETFへの入力を取りまとめる場としても活用された。

## ポスター発表

本研究会では14件のポスターが発表された。

### 日本語のスピーキング能力向上におけるコンピュータの生成するフィードバックの効果調査

発表者: 片岡友香 (慶應義塾大学)

概要: 第二言語・外国語教育の分野では、“e-feedback”としても広く知られるコンピュータ生成フィードバック（CGF）の種類や効果が定性調査によって体系的に整理されてきた。 しかし、CGFの効果と語学学習者のスピーキング力向上との関係を明らかにする定量的研究はまだ少なく、エビデンスに基づいた議論は十分とはいえない。 この発表では、昨年実施されたインドの大学での大規模な日本語初級クラスでの制御実験の結果を示す。

### Evaluation of link architectures for complex quantum repeater networks

発表者: スーン 憲人サミュエル (慶應義塾大学)

概要: Unlike the current internet’s store-and-forward approach, an early iteration of quantum networks will require distributing entangled qubits as a consumable resource for quantum communication. Previous work by Jones et al. evaluated three link architectures: MIM, MM, and MSM link, and they concluded that the link which performs the best differs depending on the given parameters of the hardware. However, they did not consider complex networks under multiple error conditions. Alternatively, QuISP, a quantum internet simulator that AQUA (Advancing Quantum Architecture) is developing, can handle such complex, noisy networks, but the MSM link is incomplete. This research will implement the MSM link and analyze the three link architectures under complex situations. In the Moonshot project, we will create a quantum network testbed that uses several components from the MSM link, so the ability to simulate such networks allows us to help the development of a scalable quantum network in the future.

### Simulation of Quantum Network Testbed using Density Matrix in QuISP

発表者: ベンジャサッタブット ナパン (慶應義塾大学)

概要: Quantum communication networks promise functionalities beyond those that the current networks or the internet can provide. Due to the delicate nature of quantum information and the noise that is introduced into the system by various control devices and network components, even creating a small-scale quantum network currently is not a simple task. To assist in the engineering design and determine the device parameters required to create a working state of a quantum network, a simulation that captures the realistic behaviors of each network component is required. In this project, we extend the QuISP simulator maintained by the AQUA working group which originally designed to aid in protocol design of quantum networks and internets to capture a more realistic behaviour of hardware components via a new quantum simulation backend, the density matrix backend. The density matrix backend will allow us to model errors occurring to the quantum states at each step in the simulation more easily than what usually considered in the protocol design research which are only the Pauli noises and loss errors. Not only will this simulator assist us with designing a small-scale network, but it will also teach us about scaling the network up when a testbed has been constructed and the results have been cross-validated.

### DNSを利用したドメイン名管理権限の確認方法について

発表者: 森下泰宏 (JPRS)

概要: TLSサーバー証明書やコンテンツ配信ネットワーク（CDN）など、いくつかのネットワークサービスではその提供前に、利用者のドメイン名管理権限の確認が必要、または推奨されている。管理権限の確認にはいくつかの方法があるが、その一部ではドメインネームシステム（DNS）が使われている。このポスターセッションでは、DNSを使った代表的なドメイン名管理権限の確認方法と、サービス提供者・加入者における留意点について紹介する。

### 自律分散協調型メディア・コンテンツミキシング環境の構築

発表者: 山下恭平 (慶應義塾大学)

概要: 映像制作に必要なコンテンツ管理やミキシングといった機能をネットワーク上に展開し、規格化された通信手法を用いて相互接続を行うことで、ネットワーク上に機器や環境による依存のない場所を問わず利用できるミキシング環境を実現する。 混在する個々の仕様をノードとして抽象化し、自律分散するノード変換環境を構築することによって、統一されたプロトコルで管理し、分散・協調型のストリーム型映像コンテンツスタジオを実現する。 これにより、ミキシングに必要な機能をネットワーク上に展開し、更に機能間の相互接続を一様なプロトコルにて行うことが可能となる。 複数ユーザのミキサーの相互接続も可能となり、協調型のミキシングスタジオを実現する。

### Single Image Super ResolutionによるDSMポリゴン品質向上の提案

発表者: 古本裕一 (慶應義塾大学環境情報学部)

概要; DSM生成前の画像に対するSISRを行い、生成後のDSM精度を評価しました。評価指標にはハウスドルフ距離を用い、DSM精度の向上が見られました。

### 協調型ITSにおける地理的情報に配慮したMECアーキテクチャ

発表者: 石原匠 (慶應義塾大学)

概要: 今まで協調型ITSにおいて制御を伴うユースケースは、ITS専用の通信を用いるV2V、V2Iを前提として考えられてきた。V2Nはグローバルに利用可能なITS基盤として期待される一方で、通信速度、信頼性などの課題から自動運転のユースケースとしては有望視されていない。しかしながら、近年では5Gやエッジコンピューティング技術の登場により技術的な課題はある程度解決できると考えられており、V2Nを制御の伴う協調型ITSユースケースに用いる取り組みが行われ始めている。協調型ITSのユースケースにおいて、MEC上のアプリケーションはMECの存在する地理的情報に応じて展開されることが想定されている。しかし、移動体は地理的位置情報に対応したMECではなく、自身の契約している通信事業者のMECと接続を行なってしまうため、確実に適切なITSアプリケーションに参加することは難しくなってしまう。移動体は接続するMECに関係なく、適切なITSアプリケーションのサービスを受けられる必要がある。本研究では、MEC間で連携可能なアーキテクチャを提案し実現に必要な技術について検討を行う。

### Internetworking for RuleSet-based Quantum Repeater Networks

発表者: 寺元健太郎 (慶應義塾大学)

概要: A Quantum repeater network allows sending an arbitrary quantum state over a long distance with quantum teleportation, which consumes Bell pair between sender and receiver。 To realize a quantum internet that interconnects quantum networks, we need a protocol for internetworking toward scalable quantum internet。 Only an abstract concept is proposed, so we need a concrete algorithm and implementation for internetworking。 In this research, we propose a concrete algorithm to realize internetworking for quantum networks and implement it on a simulator to analyze its characteristics。

### 短期研修におけるローカルランゲージのセッションの影響

発表者: 大澤優子 (慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科)

概要; Impact of Local Language Sessions in Short-Term Training

### IFCモデルサーバを活用したIFCファイルのwebビューワ実装

発表者: 古田悟 (東京大学大学院塚田研究室)

概要: 建築業界などで建物の情報管理のために用いられるBuilding Information Modelingのデータ形式として、IFCファイルが広く用いられている。IFCファイルは人が読むのに適した形式ではなく、データの確認には専用のソフトウェアを用いる必要がある。APIベースでIFCの情報を取得できるサーバを構築し、webブラウザで動作するビューアを作成した。

### Measurement of WebRTC latency over 5G in mobile environment

発表者: 伊藤広記 (東京大学)

概要: In recent years, demand for low-latency remote collaboration has been increasing, and 5G mobile networks provided by telecommunication carriers have attracted attention as a communication method for this purpose. While 5G coverage and throughput are expanding, it is not clear how much they contribute to improving the QoE of remote collaboration. In this study, we measured mobile network metrics such as signal quality and handoff by transmitting video using WebRTC in a real 5G environment. In this study, we focused on these metrics and the latency of the video.

### DP2FP: Deriving end-to-end forwarding properties from large packet header spaces

発表者: 椎葉瑠星 (総合研究大学院大学/国立情報学研究所)

概要: In current large-scale networks such as datacenter and mobile networks, it is difficult to accurately understand end-to-end packet forwarding behavior due to their scale and complexity. The end-to-end packet forwarding behavior is based on multiple data plane of network devices on the forwarding paths. When network operators notice that the forwarding behavior violates their policies, they need to infer the causes by analyzing each data plane information, such as FIBs on the path, which is a tremendously complex task. Thus, they sometimes overlook the violations, leading to several network failures. We propose DP2FP, the first technique to efficiently derive end-to-end forwarding properties (e.g., reachability and the existence of blackhole) generated by the packet forwarding behavior on large-scale networks. Given data plane information, DP2FP computes the forwarding properties based on their paths for each packet header space using graph search algorithms with network-optimized pruning. After the computation, DP2FP outputs their results in a user-friendly format. Network operators can use them for health checks of their networks and as specifications for testing/verification tools.

### eBPFを用いたパケットモニタリング・自動フィルタリングシステムの実装

発表者: 大崎敦也 (慶應義塾大学環境情報学部)

概要: 通信量の増加傾向にある現代において、今まで以上に高速なパケットフィルタリングとモニタリングの必要性が高まっている。本研究では、eBPFとXDPを用いることでパケットフィルタリングの高速化を果たしつつ、異常にパケット数が多い送信元からの通信を自動的に、かつ即時にブロックするためのシステムを実装した。今後は、このシステムをより発展させてDDoS攻撃の検知と対処を行うことができるシステムへと発展させていきたいと考えている。

### パイプライン処理を用いたレースドローン向け低遅延IP映像伝送システムの設計と実装

発表者: 水野史暁 (慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科)

概要: 近年、ドローン上に搭載されたカメラ映像をリアルタイムに見ながらパイロットが機体を操縦し、周回するタイムを競うレースドローンが人気を集めている。その飛行速度は150km/h以上にも達することから、カメラ映像の伝送遅延が操縦体験に大きな影響を及ぼす。このため、レースドローンの映像伝送システムとしてレイテンシが小さい、NTSC方式のアナログ映像伝送システムが主流となっている。しかし、アナログ映像伝送システムは電磁ノイズが画質を劣化させる。一方、従来のデジタルIP映像伝送システムはアナログ映像伝送システムと比較して高画質・高解像度だが、フレーム単位でカメラキャプチャ処理、バッファリング、エンコード処理等が行われるため1フレーム以上の遅延が発生している。本研究では、アナログ映像伝送並の伝送遅延でありながらHD解像度を持つ、高画質なデジタル映像伝送方式を提案する。本手法では、8ライン単位でカメラキャプチャ処理・バッファリング・エンコード処理・IP送信処理を行い、これらの工程をパイプライン化することでフレームバッファを用いない低遅延な映像伝送を設計し、FPGAに実装した。本手法を用いたシステムのカメラからディスプレイ間のGlass-to-Glass遅延(合計遅延)は30。9msだった。この遅延は現在主流のアナログ映像伝送システムの遅延27。6msに近い遅延であり、既存製品のドローン向けデジタル映像伝送システムよりも100ms以上映像伝送遅延を削減した。提案手法における遅延内訳を測定した結果、提案手法を実装した映像送信機のレイテンシは約0。75msであり、パイプライン化による低遅延化を確認した。

## Winny試写会

監督の松本勇作氏にもご参加いただき、公開前のWinnyの試写会を実施した。試写会後は、Winny制作に関わるストーリーや、故金子勇氏の思い出などを語る時間を設け、Winnyが残した功績や社会課題などについて議論された。

##

## 総評

本研究会はコロナ自粛期間が開けた後に開催された2回目の合宿研究会となった。オンライン開催と異なる物理的な準備等の負担はあるものの、長時間顔を合わせて議論する時間を持つ、また思い立った時にその場で議論を開始するという感覚は、オンラインでは実現しにくく、現地開催の効果を実感できた。また、2023年はIETFおよびIGFが開催される年でもあった。長く日本および国際インターネットの標準化や普及に尽力してきたWIDEプロジェクトとしても、インターネットを代表するこの二つの国際会議にローカル参加者として貢献すべく、研究会プログラムを構成した。結果的に、IETF、IGFとも多数のWIDEメンバーが参加し、その活動やインターネットの未来に貢献できたと考える。

# 2023年3月合宿ネット

本節では2023年3月度に行ったWIDE合宿2303における、生活・実験用ネットワークについて述べる。

## 概略

2023年春のWIDE合宿では、「当たり前のことを当たり前に」をテーマに3種類のWi-Fi環境を提供した。本ネットワークの詳細なL2/L3構成図を図1に示す。

まず、対外接続にWIDE(AS2500)、OCN(AS4713)、vSIX(AS4690)を利用し、会場にはそれぞれに対応するSSIDを提供した。また、WIDEとvSIXのネットワークは我々のオペレーションが可能であり、今後の合宿ネットワークにおいてオペレーションコストを削減するため、WIDEとvSIXに対してL2VPNを張ることで、会場でL2VPNの設定を再度行えばすぐさま同等のネットワークが提供できる状態にした。

##

図1: WIDE合宿2303のL2/L3構成図

## 特徴

合宿ネットワークとして提供された3つのネットワークの上流にはNTT東日本のフレッツ閉域網を一本のみ利用した。OCNに対してはWIDE合宿で初めてMAP-Eを採用し、IPv4/IPv6のデュアルスタックネットワークを提供した。

また、WIDEとvSIXではL2VPNとしてEther over IPを利用し、WIDEではIPv4/IPv6のデュアルスタックネットワークを、vSIXではIPv6シングルスタックネットワークを提供した。

また、「当たり前のことを当たり前に」行うため、IPアドレス管理のためのNetBox、各SSIDの死活監視のための[Deadman](https://github.com/upa/deadman)、ネットワーク危機の監視のためのZabbixなど、安定した運用を行うために必要な機能を活用した。

## 実験

vSIXネットワークでは、先述したようにIPv6シングルスタックネットワークを提供したが、そのDNSとしてIPv6シングルスタックリゾルバを提供した。IPv6シングルスタックリゾルバは、IPv6シングルスタックネットワークにおいて、IPv4シングルスタックのDNS権威サーバに対してリクエストを行う際にNAT64を利用して通信を行う機能であり、[Internet-Drafts](https://datatracker.ietf.org/doc/draft-momoka-v6ops-ipv6-only-resolver/)で提案されている。

我々の集計結果では、約3.3%の通信がNAT64を介してIPv4シングルスタックのDNS権威サーバに対してリクエストを行っていたことが分かった。

# 参考文献

[1] Momoka Yamamoto and Yasunobu Toyota. IPv6-only Capable Resolvers Utilis-

ing NAT64. Internet-Draft draft-momoka-v6ops-ipv6-only-resolver-02, Internet

Engineering Task Force, September 2023. Work in Progress.