

IETFにおけるトランスポート 関連技術の報告

2023年度

本多倫夫 micchie@sfc.wide.ad.jp

西田佳史 nishida@sfc.wide.ad.jp

慶應義塾大学SFC研究所

調査の概要

- 調査機関の名称
 - Internet Engineering Task Force (IETF)
- 調査対象テーマとその重要性
 - 国内機器ベンダにおける企業及び家庭向けネットワーク製品の開発や国内通信事業者のネットワーク運用にとって重要な、トランスポートプロトコルおよびその拡張の標準化動向や技術トレンドの調査
- 調査の技術分野
 - トランスポート層技術に関連するトピック: TCP、ECN、QUIC、輻輳制御など
- 出席した会合
 - 117th IETF meeting サンフランシスコ
 - 118rd IETF meeting プラハ (オンライン参加)
- 調査者名
 - 西田佳史、本多倫夫

IETFの概要

- インターネットにおける通信技術を標準化するために1986年に発足された団体
 - 組織や国としてではなく個人としての参加が前提。
 - Rough consensus and running code を基本とする意思決定ポリシー
 - メーリングリストで主に議論を進める。年3回全体ミーティングを開催する
- インターネットで運用される技術の標準化を行うため、Internet Protocol をベースに基本的にOSIネットワーク参照モデルにおける第三層以上の技術を扱う
- トピックごとにエリアという単位に分割される。（現在7エリア）
 - Applications and Real-Time Area (art), General Area (gen), Internet Area (int), Operations and Management Area (ops), Routing Area (rtg), Security Area (sec), **Transport (tsv)**
- 各エリアにおいてサブテーマ (特定のプロトコル等) 毎にワーキンググループ (WG) を作成し、標準化作業はそれぞれのWGで行われる。
 - WGの構成人数は各WGによって大きく異なる
- IRTF (Internet Research Task Force) という姉妹団体がある
 - IRTFは標準化は行わないが、IETFと並行しながら長期的視点でインターネット技術の議論を行う
- 参加者は機器ベンダ、通信事業者、クラウド事業者、OS 開発者、アプリケーション開発者、大学教員/学生など多岐にわたる

調査機関 (IETF) における関連活動

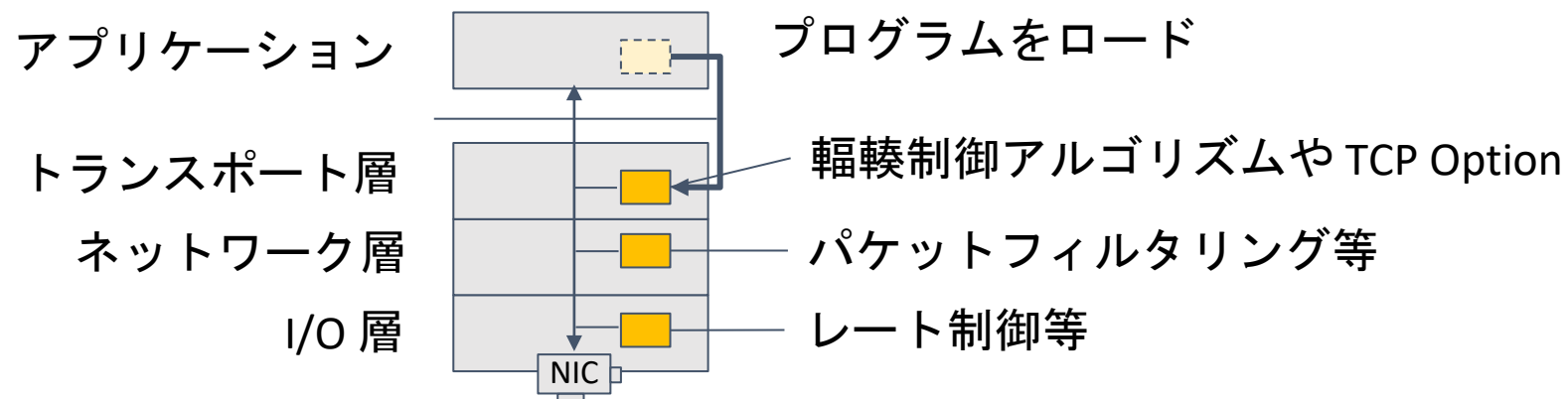
- トラnsポートプロトコル技術の開発、標準化
 - TCPの問題点と修正案の標準化、高速化、セキュリティなど新機能の開発
 - 新しいプロトコルSCTP, QUICの開発、標準化
- 輻輳制御技術の開発、標準化
 - Adaptive Queue Mechanismの開発、標準化(CoDel, PIE)
 - Explicit Congestion Notification(ECN)の開発、標準化
- 帯域予約プロトコル (RSVP), Diffsurv など QoS 機構のメンテナンス、標準化
- 上位層の HTTP や webrtc など web 関連技術と関係も深い
- 輻輳制御アルゴリズム等技術の性質上、他のエリアと比べて参加者にアカデミア関係者が多い
- 関連する他機関の活動状況
 - W3C (web技術の標準化を行う、ただしプロトコル部分はIETF)
 - WIDE Project (TCP, SCTPの標準化に貢献 RFC5061, RFC6582, RFC6675, RFC7829)

トランスポートエリア概説

- IETF における 7 エリアの 1 つ
 - OSI 4 層技術を中心とした技術の開発、標準化
 - 主なWG
 - TCPM ... TCPの比較的小規模な拡張と問題点の修正の標準化を行う
 - TSVWG ... TCPに特化しないトランスポート関連の技術やRSVPなどの標準化を行う
 - QUIC ... QUICプロトコルの開発、標準化を行う
 - TAPS .. トランスポートサービスの抽象化されたAPIの開発、標準化を行う
 - DTN .. Delay Tolerant Networking 技術の開発、標準化を行う
- IETF トランスポートエリアと関連の深い IRTF のRG
 - MAPRG .. プロトコルの挙動の解析やインターネットのトラフィック収集、解析に関する議論を行う
 - ICCRG .. インターネットにおける輻輳制御技術に関する議論を行う

bpf WG

- 近年注目を浴びているOS内のプロトコルスタックの挙動を制御する仕組み
 - 言語レベルでOS内でユーザが書いたコードを実行する安全性を保証
 - 制限付きのC言語に近い
 - 拡張した eBPF が Linux において広く使われている
 - パケットフィルタやTCPの輻輳制御アルゴリズムの実装など



bpf WG (続き)

- IETF においては昨年度末に BoF として開始し今回 (117) から WG として活動
- eBPF の命令セット及び ABI の標準化が開始され、参加者も活発なことから今後も進んでいくと考えられる

IETF/IRTF Applied Networking Research Workshop (ANRW)

- ・ アカデミア及び企業の参加者によるインターネット技術に関する研究発表を行うワークショップ
 - ・ 調査者の本多もプログラム委員を担当
- ・ ハイライト
 - ・ TCP や QUIC の個別の機能の実際の性能へのインパクトを計測
 - ・ ミュンヘン工科大学の研究者
 - ・ ウクライナの難民の動向をインターネットトラフィックの観点から調査した研究
 - ・ イスラエル工科大学の研究者

tcpm

- TCP の比較的マイナーな拡張を行う WG
 - Proportional Rate Reduction (ACM IMC'11) の標準化
 - パケットロスからの迅速な輻輳ウインドウの回復を目指す
 - Google によって提案され現在 Linux 以外にも複数の OS にて実装
 - 現在の活動の主な目的は Experimental から Standard Track への変更
 - ECN の拡張
 - より詳細に輻輳状況をルータからホストへ伝達する仕組み
 - 明示的な Ack 要求の標準化
 - TCP は Delayed Ack により、データを受け取ってもすぐに Ack を送らない
 - データ通信の遅延につながる場合があるため、明示的に Ack を要求する仕組みが Netflix の開発者らによって提案されている

QUIC

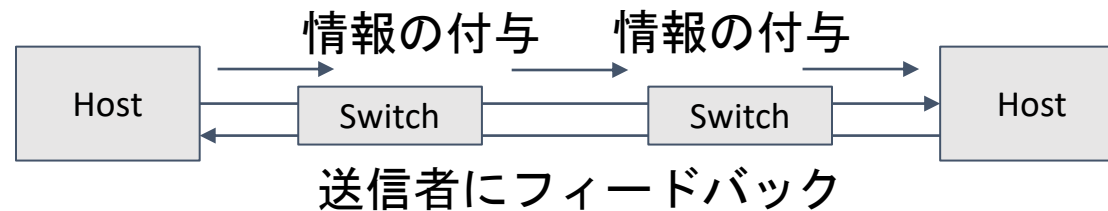
- 近年注目を浴びている Web 用の UDP ベースのトランスポート
プロトコル
 - 複数経路を同時に使う Multipath QUIC に関する議論
 - トラフィック解析におけるロギング方式やロードバランサに関する
議論
 - 暗号化されていないコネクション ID を用いて同じコネクション内のパケット
が同一ホストに転送されるようにする仕組み

CCWG

- 今年設立された新たな WG
 - 近年インターネット上のレイテンシを削減するために重要な要素になっている輻輳制御技術の話題を包括的に扱う
 - ICCRG と共同でミーティングを開催
 - 調査者の西田は TCP の世代間における輻輳制御アルゴリズムの違いを詳細に分析した結果をインターネットドラフトとして発表
 - その他特定の輻輳制御アルゴリズムによらない基本的なガイドラインの作成
 - インターネット向けの新たな輻輳制御技術である BBR の標準化

CCWG (続き)

- データセンター向け輻輳制御技術の HPCC++ の標準化
 - ネットワークテレメトリー技術を利用
 - Cisco, Alibaba, Nvidia, Intel など多くの企業がドラフトを作成



TLS

- Web 上で広く用いられている通信の暗号化プロトコル
 - TLS 1.2 において今後新たな機能を追加しないドラフトの提案
 - 現在は TLS 1.3 が最新
 - Encrypted Client Hello (ECH) の普及状況の調査
 - Well-known URI の提案
 - Web サイトの提供者がサービス (ECH 等) のサポート状況を DNS サーバに通知できる仕組み

総括

- 117, 118 回会合におけるトランスポート関連技術のトレンド
 - QUIC や L4S に関する議論は比較的収束
 - ネットワークスタックをカスタマイズするフレームワークである bpf と低遅延インターネットへの要求に伴って重要さが増してきた輻輳制御技術を扱う ccrg の WG 化が 2023 年度のハイライト