

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00118

研究課題名(和文) アクセスクラウド：複数の無線系ネットワークを活用した公平かつ高速な通信

研究課題名(英文) Access Cloud: Fast and Fair Communication Using Multiple Wireless Networks

研究代表者

山井 成良 (Yamai, Nariyoshi)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90210319

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では各端末が複数のアクセスポイントを同時に利用できるマルチホームネットワーク環境において多人数同時利用での高速かつ公平な通信の実現を目的としている。そのため、ネットワーク側にVPNサーバを用意し、端末とVPNサーバとの間でMPTCPによるマルチホーム通信を行う構成を採用し、選択的バイキャスト通信やVPNサーバによる経路選択により信頼性、公平性を確保しつつ通信の高速化を目指した。その結果、VPNサーバが各アクセスポイントの通信状態に基づき、外部プログラムを用いて端末との通信経路を切り替える機能を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のマルチホームネットワークに関する研究ではend-to-end通信の性能向上に主眼が置かれ、1種類のネットワークしか利用できない利用者が混在する状況下での公平性の担保についてはほとんど研究されていない。これに対して本研究では選択的バイキャストにより通信量をあまり増やさずに通信性能の改善を図っており、公平性に十分配慮している点で学術的意義がある。また、この研究成果によりネットワーク全体での効率的な利用を図ることが可能となり、利用者にとっても通信業者にとっても意義深いと思われる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a network access method to realize high-speed and fair communication with multiple users in a multihomed network where each terminal can use multiple access points simultaneously. The proposed method introduces a VPN server on the network side to communicate with multiple terminals with MPTCP so that terminals can perform high-speed access while ensuring reliability and fairness by means of selective multicasting and route selection by VPN server. As a result, based on the communication status of each access point, the VPN server can alternate the communication path between each terminal and the VPN server using use an external program.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：ネットワーク インターネット高度化 情報通信工学 移動体通信

## 1. 研究開始当初の背景

最近のスマートフォンやタブレット PC (以下、モバイル端末) では、携帯電話網だけでなく WiFi が利用可能な時にはこれを利用して通信を分散する「データオフロード」機能を利用できることが多い。ところが、このような機能を利用するにはサーバ側でも同じプロトコルがサポートされている必要があるため、一部のサービスでしか複数のネットワークの同時利用は行われてこなかった。一方、学術的な研究では MPTCP (MultiPath Transmission Control Protocol) や SCTP (Stream Control Transmission Protocol) などのマルチホーム環境に対応するプロトコルにおいて、複数の経路を同時に使用して通信の高速化を図る研究が活発に行われている。しかし、従来の研究は複数の経路の同時利用によるスループットの向上を主たる目的としており、多人数が同時に利用する環境では複数の無線ネットワークを利用できる端末だけが利益を得て他の端末は速度が低下するため、公平性の観点では問題があった。また、複数の端末において主に使用する経路 (プライマリパス) が特定のネットワークに集中し、全体としてネットワークの利用効率が悪くなるという課題があった。

## 2. 研究の目的

本研究では特に複数の ISP (Internet Service Provider) が地域 IX で接続されているような環境を想定し、この環境においてノート PC、タブレット PC などのモバイル端末が WiFi などの無線系ネットワークを安定、公平かつ高速に利用できるようにするために、ISP 間での AP のローミングを可能にしたうえで、モバイル端末を複数の AP を用いて同時接続 (マルチホーム化) してこれらを相補的に利用する。その際、多数の利用者が同時に複数の AP を利用してアクセスする場合でも、同時接続していない利用者への影響を抑えるため、輻輳が発生しそうな場合だけ複数の AP を同時に利用する方法を導入・改良し、公平な通信を行える仕組みを確立する。また、複数の端末においてそれらのプライマリパスが特定のネットワークに集中しないように、大域的なトラフィック分散を行えるようにする。

## 3. 研究の方法

まず、提案するネットワーク構成を図 1 に示す。この図において ISP A、B は両社間でローミングを行っており、ISP B の利用者の端末は ISP A の AP を経由して ISP B 内に設置した VPN サーバとの間で SCTP による接続が可能になっている。また、同図の ISP A の利用者のように ISP A、B の両社の AP に同時にアクセスできる場合には、両方の AP を同時に利用する。これにより全てのアプリケーションにおいて、雑音など周囲の環境による影響を受けやすい無線ネットワークの部分マルチホーム化でき、利用者の端末はどの ISP の AP を利用しているのかを意識する必要なく、VPN サーバとの通信を安定かつ高速に行えるようになる。

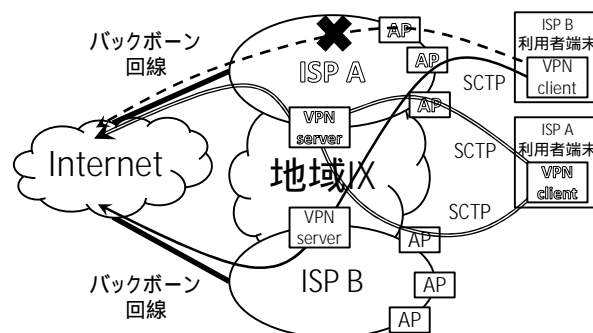


図 1 提案するネットワーク構成図

このネットワーク構成において、本研究では研究期間全体として(1)VPN クライアント・サーバプログラムの SCTP への対応、(2)選択的バイキャスト通信の改良、(3)レイヤ 2 の通信状況の評価基準の確立、(4)大域的トラフィック分散機能の実現、(5)全体の実装・評価を目指した。

## 4. 研究成果

まず、(1) VPN クライアント・サーバプログラムの SCTP への対応については、実装を容易にするため、SCTP の代わりに TCP の上位互換性を持つ MPTCP を用いることにし、また VPN サーバとクライアントに MPTCP 対応の OS である Linux を採用することにより VPN クライアント・サーバプログラムを改変することなくマルチホーム化を実現した。

次に、(3)レイヤ 2 の通信状況の評価基準の確立については、ネットワークシミュレータ ns-3 を用いたシミュレーション実験により、図 2 に示すように端末・アクセスポイント (AP) 間の距離と RSSI (Received Signal Strength Indication) との関係は 1 次関数で近似できることが判明した。これより RSSI が一定の値より低くなった場合、フレームロス率が大きくなってスルー

プットが大きく低下することが明らかになり、実際の環境では閾値を調整する必要があるものの、RSSI やフレームロス率がレイヤ 2 の通信状況の評価基準として十分利用可能であることを確認した。

次に(4)大域的トラフィック分散機能の実現については、VPN サーバ上で外部プログラムにより VPN サーバプログラムが各端末との間で現在使用しているプライマリパスを確認できること、また VPN サーバプログラムを改変することなく、カーネル内で管理されている情報を外部プログラムが書き換えることによりプライマリパスを動的に変更できることを確認した。これにより、VPN サーバでプライマリパス切替機能を実装するだけで、端末側には一切の変更を加えないで大域的トラフィック分散機能を実現できることを示すことができた。また、8 台の端末のうち 1 台がアクセスポイント AP1 に接続し、残りの 7 台がアクセスポイント AP2 に接続している初期状態において大域的トラフィック分散が有効に機能するかどうかを ns-3 を用いて検証したところ、アクセスポイント間の通信量の偏りの閾値(T)の値に依存するものの、プライマリパスの切替により各端末のスループットの均等化が図られ、大域的トラフィック分散機能の効果を確認することができた。

なお、(2) 選択的バイキャスト通信の改良については、端末側の改変が必須になることから、別の方法を模索していたが、その結果送信量が比較的少ない端末側が常時バイキャスト通信を行い、送信量が比較的多い VPN サーバ側が混雑度の低い経路を使用することにより、通信量を抑えながら通信の安定性を向上させる方法を新たに考案した。しかし、その導入方法については研究期間中に結論を得られなかったため、今後検討を行う。また、(5)全体の実装・評価については、その結果を今後発表する予定である。

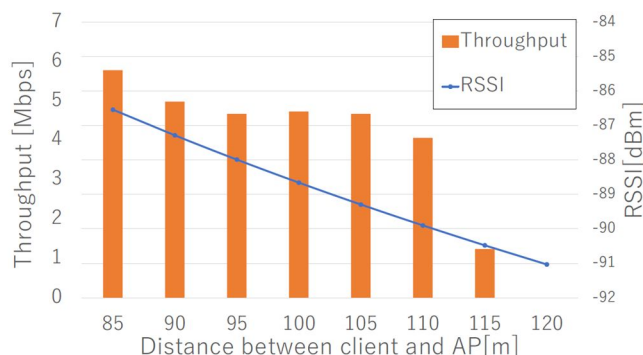


図 2 端末・AP 間距離とスループット・RSSI

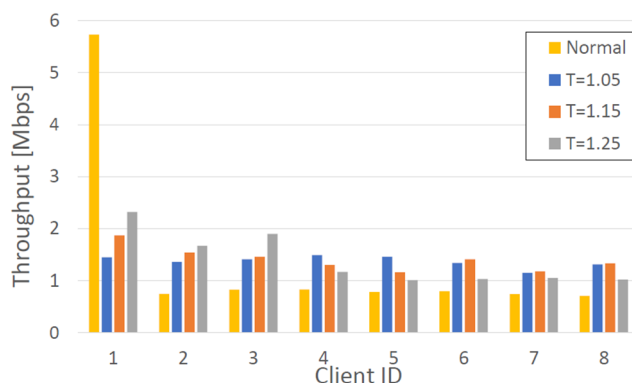


図 3 大域的トラフィック分散機能による各端末のスループット均等化 (Normal はトラフィック分散なし、T は経路切替を行う AP 間トラフィック比閾値)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Reido Horigome, Nariyoshi Yamai, Naoya Kitagawa, Satoshi Ohzahata	4. 巻 -
2. 論文標題 Alternating Primary Subflow in MPTCP by External Program without Kernel Modification	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE 42nd International Conference on Computer Software and Applications (COMPSAC 2018)	6. 最初と最後の頁 962-965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/COMPSAC.2018.00168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryuji Asakura, Reido Horigome, Nariyoshi Yamai, Naoya Kitagawa, Satoshi Ohzahata	4. 巻 -
2. 論文標題 A Traffic Distribution System Among Multiple Terminals Using MPTCP in Multihomed Network Environment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE 43rd International Conference on Computer Software and Applications (COMPSAC 2019)	6. 最初と最後の頁 900-903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/COMPSAC.2019.00134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤将斗, 堀込怜士, 浅倉龍次, 山井成良, 北川直哉, 大坐島智
2. 発表標題 任意のプロセスのMPTCPサブフロー情報取得および優先度設定を行うシステムコール群の実装
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福山雅深, 山井成良, 大坐島智, 北川直哉
2. 発表標題 無線環境下でのMPTCP選択的バイキャストにおけるクロスレイヤ制御による高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀込 怜士, 山井 成良, 北川 直哉, 大坐 皇智
2. 発表標題 MPTCPにおける外部プログラムによるプライマリサブフローの切替
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大坐 皇 智 (Ohzahata Satoshi)  (30361744)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授  (12612)	
研究分担者	北川 直哉 (Kitagawa Naoya)  (50749900)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教  (12605)	