

スマートフォンの位置情報を用いた インターネット接続状態の把握

北口善明* 永見健一† 菊池豊††

スマートフォンの急速な需要拡大に伴い、通信キャリアが提供する Wi-Fi スポットの整備も進んでいる。利用者は複数のアクセス回線を選択して利用することが可能な状況になっているが、どの回線が現時点においてより良いものかの判断ができない。本研究では、スマートフォン利用者に対して、物理的位置情報において最適な通信路情報を提供することを目的としている。本稿では、本研究の目的と、簡単なアプリによる試行実験により得られた知見を報告する。

Survey of the Internet connectivity using geolocation of smartphones

Yoshiaki Kitaguchi* Kenichi Nagami†
and Yutaka Kikuchi††

With the rapid growth in demand of smartphone use, the development of Wi-Fi spot will continue to progress by telecommunications carriers. Nowadays, the user is becoming available to choose from a variety access line, however, can not determine which is better access line at the time. In this study, we aim to provide the information of communication link in that location for smartphone users. In this paper, we report the purpose of this study, and state a finding obtained by a trial experiment by the simple application.

1. はじめに

スマートフォンの急速な需要拡大に伴い、通信キャリアによる Wi-Fi スポットの整備が進み、ユーザは複数のアクセス回線を選択可能な状況となっている。通信キャリアやコンテンツプロバイダ側の観点からも、品質のより高いアクセスポイントへユーザを誘導することが効率化を図る上で重要である。そのためには、ユーザに対して周辺のアクセス回線の状況を示し、品質の良いアクセスポイントへ誘導できる技術が必要である。

このような情報提供を可能にするためには、個別のアクセス回線やアクセスポイントの状態を収集する必要があるが、通信キャリアからの情報開示という選択肢は現実的ではない。本研究では、ユーザに対して提供する個々のアクセス回線の状況をユーザが持つスマートフォンを利用して収集し、総合的なアクセス環境の分析と提示を行うことを目的としている。

本稿では、我々が目指す総合的なインターネット接続状態の分析に必要な計測手法および、スマートフォンで行う優位性について議論する。また、簡単なアプリケーションにより収集した実データを用いた考察を行う。

2. 関連研究

ネットワークの状態把握のために実施されているインターネットの計測は、大きく分けて以下の2つに分類される。

- (a) 現状のネットワークトポロジやトラフィック状況を長期的に分析するもの
- (b) クライアント端末における通信パフォーマンスを計測するもの

前者 (a) に関しては、CAIDA ではインターネット全体の状況把握を目的として、BGP の経路情報や traceroute の情報を基にネットワークトポロジの可視化が行われている[1]。計測拠点などは独自に用意したものが多く、インターネットのバックボーンにおける計測や評価が中心となっている。また、RIPE でもインターネット全体の状況把握を目的として、BGP の経路情報を元に経路情報の記録・可視化が行われている[2]。

また、後者 (b) に関しては、様々な ISP などで計測サイトが立ち上がっており、各クライアント端末での通信状況の確認ができる環境が提示されている。これらの環

* 金沢大学 総合メディア基盤センター

Information Media Center, Kanazawa University

† 株式会社インテック 先端技術研究所 研究開発部

INTEC Inc.

†† 高知工科大学 地域連携機構

Research Organization for Regional Alliances, Kochi University of Technology

境は、クライアントの通信状況を提示するシステムであり、地理的情報を生かして、リアルタイムに情報を発信するシステムではない。中には mobiperf[3]のように、携帯電話ネットワークに特化した通信状況の評価・収集を行っているものもあり、収集結果を集約してネットワークの状況を公開している。

しかしながら、これら現状の計測では、リアルタイムなネットワーク全体の状況を利用者などに提供できる環境が存在していない点が課題として挙げることができる。

前者(a)の計測では、インターネットのバックボーンの計測を対象にしており、アクセス回線など、端末に近い情報の計測は行われていない。バックボーンの運用者に対する利便性はあるものの、利用者の環境から見たネットワーク計測としては不十分である。また計測拠点も固定的であるため、評価対象範囲が限られている。

後者(b)のクライアント端末を利用した計測では、計測結果をその計測者に提示できているが計測者周辺の情報を提示できておらず、物理的な位置から利用者の環境のネットワーク状況をリアルタイムに把握することが出来ない。さらに、利用者に提示する情報も通信帯域や専門的なデータの提供がほとんどで、一般的な利用者にとって十分な情報であるとは言えない。

スマートフォンを用いたネットワーク計測では、ネットワークの中間に存在する NAT やファイアウォールのようなミドルボックスの評価を行っている研究[4]も存在する。本研究では、一般的な利用者のために提示するネットワーク全体の集約情報とは別に、文献[5]で実施したようなネットワークトポロジーの推定に関しても取り組み、サービス提供者に対しても有用な情報提供を行うことが目標の一つとしている。

3. 計測手法

本研究では、ネットワーク状態の評価をスマートフォンとネットワーク情報収集サーバ(以下、収集サーバ)間の通信を利用する。本節において、データ収集方法・分析手法およびスマートフォンを利用する利点について述べる。

3.1 データ収集方法

大量のスマートフォンからのデータを収集するためには、サーバを複数設置することで処理速度を上げることが出来るスケールアウトアーキテクチャが重要である。この計測方法を実現するために以下の手法を検討する。

(1) エニーキャストの利用

収集サーバに同一の IP アドレスを付与し、BGP により複数拠点から経路広告する。この手法では、BGP の経路情動的に最も近い収集サーバが自動的に選ばれることになる。

(2) DNS の利用

名前解決の際に、スマートフォンの IP アドレスを基に収集サーバを選択する。この手法では、経路的な近さ以外の条件で振り分けを実施することが可能である。

また、スマートフォンが有する 3G 回線および無線 LAN による接続は、それぞれネットワークの構成が異なるため、両方のネットワークにおける計測において最適な設置場所を検討する必要がある(図 1)。3G 回線の場合、携帯キャリアあるいは関連会社のインターネット接続事業者や IX (Internet eXchange) への設置、無線 LAN の場合、上流が地域系プロバイダの場合には地域 IX に、全国形プロバイダの場合にはプロバイダのデータセンタなどを設置箇所として考慮する必要がある。

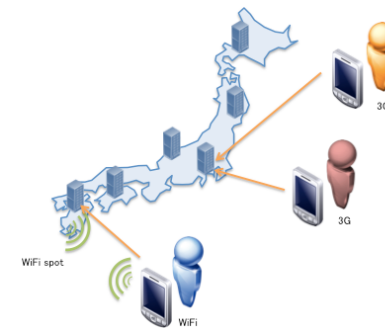


図 1 収集サーバの選択のイメージ

3.2 計測項目と分析手法

ネットワークの品質情報を提示する指標に関しては、ITU-T 勧告 I.350 や Y.1540, Y.1541 のような品質標準が定義されている。Y.1541 では、表 1 のように QoS クラスを品質項目の値により定義している。ただし、スマートフォンの利用における指標としては明確なものは存在しておらず、検討する必要がある。

一般的なネットワーク品質項目としては、通信遅延、通信帯域、可用帯域、到達性、パケットロス率、ゆらぎなどを挙げる事ができる。また、TCP/IP 通信においては、経路情報や ISP 情報 (AS 情報)、TTL 値、MSS 値などもネットワークの構成情報を推測するための情報として考えられる。さらに、スマートフォンにおける無線通信に関しては、電波強度や位置情報の収集が可能であり、これらを合わせてアクセス回線の状態およびネットワーク全体の構成推定に利用する。

表 1 Y.1541 における QoS クラスの定義

品質項目	QoS Classes					
	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class5
IPTD (通信遅延)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	unspecified
IPDV (ゆらぎ)	50 ms	50 ms	unspecified	unspecified	unspecified	unspecified
IPLR (ロス率)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	unspecified
IPER (誤り率)	1×10^{-4}					unspecified

具体的な計測方法として、ICMP を用いた Ping による通信遅延計測などを挙げるができるが、ウェブアクセスのような HTTP 通信をクライアントから実施させるだけでも通信遅延など様々な品質項目を計測することができる[6][7]。スマートフォン利用者の負担にならない程度に、様々な品質項目を計測する仕組みを検討する。

次に、膨大なデータをリアルタイムで分析を行うため、並列分散で分析できる処理方法を検討する必要がある。本研究における計測データの収集方法では、分散配置した収集サーバにネットワーク的に近傍のクライアントからの情報が集約される。そこで、それぞれのエリア毎に分析を並列で行い、その分析結果を集約することで、リアルタイム性をあげる並列分散処理を実現する (図 2)。

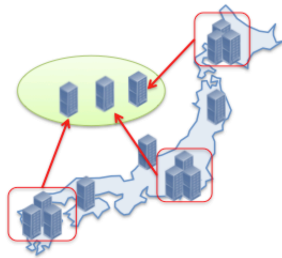


図 2 並列分散による分析イメージ

3.3 スマートフォン特有の計測

スマートフォンは、一般的な PC と異なりアプリケーションで利用可能な機能に制限がある。たとえば、iOS では raw ソケットを扱うなど root 権限が必要とされる処理ができず、計測時の処理速度向上に制限がある。このような制限下で収集可能な品質項目を洗い出し、スマートフォン側への負荷を小さくする工夫が必要となる。

一方、スマートフォンでは、前述したように 3G 回線や無線 LAN などの無線インタ

ーフェースを複数持っていることが一般的である。3G 回線や無線 LAN の基地局情報から位置情報を取得することができるが、さらに GPS 機能も標準的に持っていることから、PC のように機能追加せずとも精度の高い位置情報を取得できると言える。

また、携帯キャリアでは携帯電波に時刻情報を流すことで端末の時刻同期を行っている。DoCoMo や au では NITZⁱ を、SoftBank では GMM Informationⁱⁱ をそれぞれ用いて正確な時刻情報を配信している。このことから、スマートフォンは精度の高い時刻情報を有していると言え、時刻同期されている前提がないとできない片方向通信遅延[8]の計測も期待できる。

以上のことから、次のような計測機能を実現する。

- (1) 位置情報を基にした周辺のアクセス回線状況の紐付け
- (2) 複数のアクセス回線を利用したネットワーク計測
- (3) ネットワークの品質項目を利用したネットワークトポロジーの分析

4. 試行実験

4.1 実験方法

前節で述べたネットワーク通信に関する品質項目を収集するために、試行アプリケーションを準備して評価を進めている。計測に用いるアプリケーションとして、ウェブアプリと iPhone アプリを準備した。

ウェブアプリでは、ページ取得の際にスマートフォンで収集した位置情報をサーバに通知する簡単なもので、文献[6][7]で利用している HTTP によるパッシブ計測を用いて通信遅延と MSS 値、TTL 値を収集している。ユーザには現在地を地図上で表示し、通信遅延と MSS 値を逐次表示するものである (図 3 左)。

iPhone アプリでは、定期的に HTTP 通信と ICMP 通信を実行し、ウェブアプリで収集できる品質項目以外に、ICMP によるパケットロス率やゆらぎを収集する。ユーザにはこれらの計測データ以外に、現在の IP アドレスや位置情報を数値で表示する (図 3 右)。

これらのアプリの内、複数の計測を実施している iPhone アプリにおける計測データに関して評価を行った。今回は 3G 通信のデータのみを対象とし、緯度・経度それぞれで 0.01° の範囲ⁱⁱⁱを 2 エリア (Area A : 地方都市, Area B : 首都圏) 設定した。

i NITZ (Network Identity and Time Zone) : 3GPP 規格の時刻同期手法で、時刻情報を 3G 回線を用いて配信することで携帯端末の時刻同期を行う。

ii GMM (GSM/GPRS Mobility Management) Information : 欧州規格の GSM/GPRS 方式の携帯電話網で利用されるプロトコルで、基地局から時刻情報などを送信できる。W-CDMA 方式でも採用されている。

iii 約 0.01km^2 の範囲



図 3 計測用アプリの画面 (左: ウェブアプリ, 右: iPhone アプリ)

4.1 計測結果

それぞれのエリア内における計測データの度数分布を求め、HTTP (TCP) と ICMP (最低値) に分けて表現したものを図 4 (地方都市エリア) と図 5 (首都圏エリア) に示す。計測時の ICMP パケットロス率毎に頻度を求めており、2msec 間隔で度数を集計し、1000msec 以上のものはまとめて表示している。なお、収集サーバは首都圏に設定した 1 台構成で実施した。

地方都市エリアの結果では、比較的同じ通信遅延にピークが見られるが、首都圏エリアでは ICMP の通信遅延のばらつきや値が大きいということが見て取れる。また、首都圏エリアにおける TCP の通信遅延は平均 3msec 以下と非常に小さい値にピークがあることが分かる。なお、今回の集計方法では、ICMP による計測結果を HTTP (TCP) で収集する仕組みとしていたため、ICMP で 100%パケットロスとなった場合においても TCP での計測が得られている。

4.2 試行実験における考察

これらの計測結果を受け、次のような推測が考えられる。

首都圏エリアにおける TCP の通信遅延が非常に小さい値になる点は、対象の 3G アクセス回線内に TCP の中継装置 (プロキシサーバなど) の存在が考えられる。そのため、計測結果としては中継装置と収集サーバ間の値となり、アクセス網における影響を受けていないと想定できる。したがって、ICMP による通信遅延のばらつきが本来のアクセス回線の品質を示していると考えることができ、該当する 3G 通信の基地局

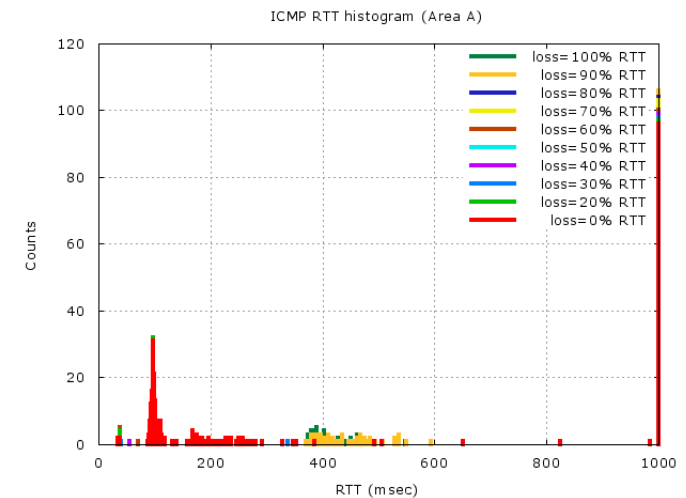
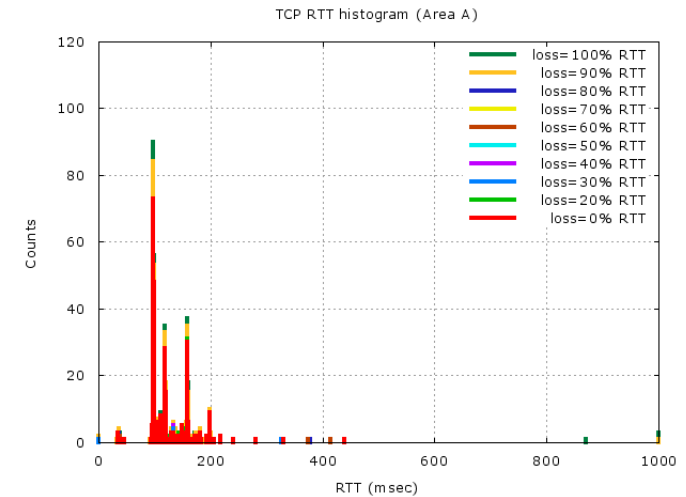


図 4 エリア A (地方都市) における通信遅延の度数分布 (上: HTTP による計測, 下: ICMP による計測)

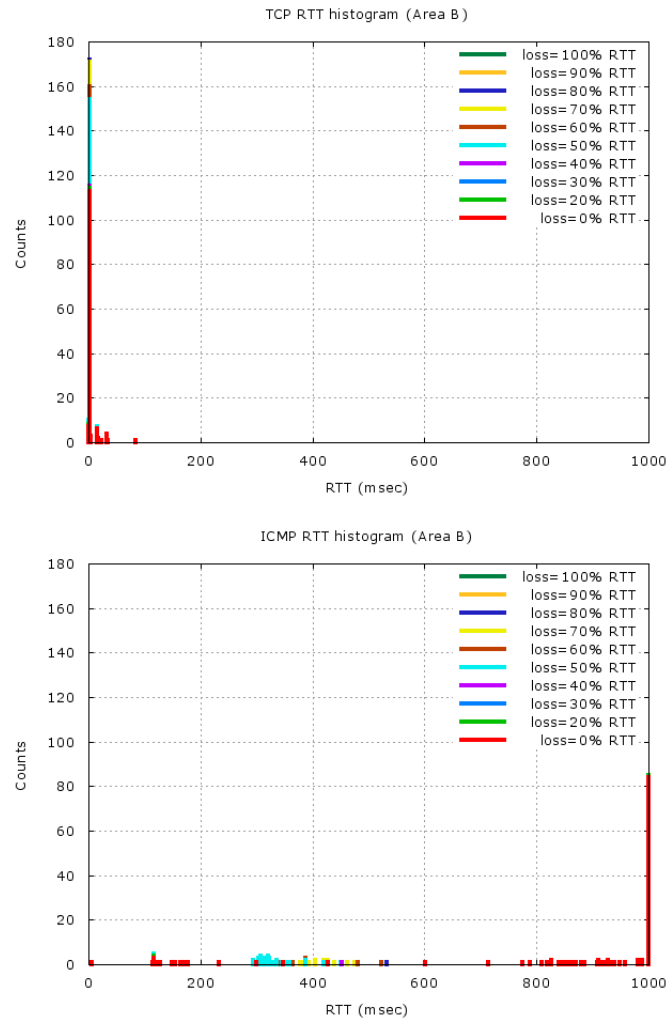


図 5 エリア B (首都圏) における通信遅延の度数分布
 (上: HTTP による計測, 下: ICMP による計測)

の混み具合を示す指標になるのではと考えている。地方都市エリアに関して、同様の仕組みの存在が考えられるが顕著に表れてない。これは、今回準備した収集サーバまでの通信遅延が大きいことに起因すると想定できる。

今後は、収集サーバの増強と、他の品質項目 (TCP によるパケットロス率や電波強度など) を追加し、それらとの比較によりアクセス回線の推定精度を向上させる必要がある。

5. おわりに

本研究では、スマートフォン利用者に最適なアクセス回線の情報を提供するシステム構築に必要な検討事項の整理を行った。また試行実験により通信遅延の評価において、計測対象としてアクセス回線において、複数のプロトコルによる計測がないと品質状況や構成状況の推定が難しいとの知見を得ることができた。

最終的な目標を達成するためには、多くの利用者に活用してもらい、多数の計測データを収集する必要がある。そのためには、利用者に必要とされるアプリケーションとすることが重要で、どのような情報を提供することが良いか検討する必要がある。特に考えないといけない点として、単純に計測データを提示するのではなく、計測結果から利用可能なアプリケーション例を提示するなど、利用者に理解しやすい指標を作ることが挙げられる。

参考文献

- 1) Research at CAIDA, <http://www.caida.org/research/>
- 2) Routing Information Service (RIS), <http://www.ripe.net/data-tools/stats/ris/routing-information-service>
- 3) MOBIPERF, <http://mobiperf.com/statistics.html>
- 4) Mike P. Wittie, Brett Stone-Gross, Kevin C. Almeroth and Elizabeth M. Belding, MIST: Cellular Data Network Measurement for Mobile Applications, Proceedings of IEEE Broadnets (2007).
- 5) Kaoru Yoshida, Yutaka Kikuchi, Masateru Yamamoto, Yoriko Fujii, Ken'ichi Nagami, Ikuo Nakagawa, and Hiroshi Esaki. Inferring POP-level ISP topology through end-to-end delay measurement. In Passive and Active Measurement Conference, Vol. 5448 of LNCS, pp. pp.35-44. Springer (2009).
- 6) 北口善明, 伊波源太, 永見健一, HTTP 通信からみた IPv4 と IPv6 通信遅延の比較評価, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 110, no. 206, IA2010-37, pp. 29-35 (2010).
- 7) 北口善明, 伊波源太, 永見健一, HTTP 通信を利用した IPv4 と IPv6 のネットワーク環境比較, 情報処理学会研究報告.IOT, 2011-IOT-12(16), pp.1-6 (2011).
- 8) 北口善明, 町澤朗彦, 箱崎勝也, 中川晋一, 高精度時刻 PC による片道遅延時間によるネットワーク帯域推定手法, 電子情報通信学会論文誌, vol.J87-B no.10, pp.1696-1703 (2004).

- 1 Research at CAIDA, <http://www.caida.org/research/>
- 2 Routing Information Service (RIS), <http://www.ripe.net/data-tools/stats/ris/routing-information-service>
- 3 MOBIPERF, <http://mobiperf.com/statistics.html>
- 4 Mike P. Wittie, Brett Stone-Gross, Kevin C. Almeroth and Elizabeth M. Belding, MIST: Cellular Data Network Measurement for Mobile Applications, Proceedings of IEEE Broadnets (2007).
- 5 Kaoru Yoshida, Yutaka Kikuchi, Masateru Yamamoto, Yoriko Fujii, Ken'ichi Nagami, Ikuo Nakagawa, and Hiroshi Esaki. Inferring POP-level ISP topology through end-to-end delay measurement. In Passive and Active Measurement Conference, Vol. 5448 of LNCS, pp. pp.35–44. Springer (2009).
- 6 北口善明, 伊波源太, 永見健一, HTTP 通信からみた IPv4 と IPv6 通信遅延の比較評価, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 110, no. 206, IA2010-37, pp. 29-35 (2010).
- 7 北口善明, 伊波源太, 永見健一, HTTP 通信を利用した IPv4 と IPv6 のネットワーク環境比較, 情報処理学会研究報告.IOT, 2011-IOT-12(16), pp.1-6 (2011).
- 8 北口善明, 町澤朗彦, 箱崎勝也, 中川晋一, 高精度時刻 PC による片道遅延時間によるネットワーク帯域推定手法, 電子情報通信学会論文誌, vol.J87-B no.10, pp.1696-1703 (2004).