

Android 端末における無線 LAN 通信性能の比較

松野瑛南 (指導教員：小口正人)

1 はじめに

近年、無線通信を使用した端末の使用率が急速に増加している。小型で高性能、さらに専門知識が不要なことから幅広い世代で使用されている。無線通信の使用増加に伴い、ネットワークトラフィック量が急激に増加し、AP に膨大なパケットが蓄積される。これにより、輻輳が発生し通信速度の遅延など障害が発生する。輻輳の発生を防ぐためには、発生前に予測、そして回避が必要となる。

本稿では、iperf を用いて、Ubuntu、Android 端末複数台と PC の同時通信を行い、スループットの測定、輻輳ウィンドウの振る舞いを観察する。

2 先行研究

2.1 カーネルモニタ

先行研究 [1] では、通信時のカーネル内部のパラメータの値を記録するツールとして、カーネルモニタが開発された。カーネル内部の TCP ソースにモニタ関数を挿入し、カーネルで再コンパイルすることで、パラメータをモニタ可能にする。このツールを Android に組み込み、通信時の TCP パラメータの変化を解析する。

2.2 輻輳制御ミドルウェア

カーネルモニタをベースとして開発された輻輳制御ミドルウェア [2][3] は、AP を介して Android 端末同士を連携し、接続状況を把握することで、端末を制御するシステムである。カーネルモニタから取得した輻輳ウィンドウサイズや RTT などのパラメータから、帯域幅を求め輻輳ウィンドウの上限値を自動で算出、補正することで、通信速度が高速化され、帯域の公平性が向上する。

3 提案手法

本研究では、iperf 通信で使用する AP 周辺のパケットをキャプチャし、そのデータをもとに深層学習で学習モデルを作成する。そして、トラフィックの予測を行い、予測データから輻輳の発生を検出すると、輻輳制御ミドルウェアに通知する。これにより、輻輳の発生前に Android 端末の輻輳ウィンドウなどを制御することで輻輳の発生を回避するシステムの構築を最終目的とする。本稿では、有線接続部分が全て 1Gbps(以降、1G と呼ぶ) 対応の回線と、100Mbps(以降、100M と呼ぶ) と 1G の回線が混ざっている回線の 2 通りの環境下で、iperf 通信でスループットを測定し、カーネルモニタで TCP パラメータの振る舞いを解析する。

4 実験概要

Android 端末と PC をクライアント、Linux サーバをサーバに設定し、ネットワーク測定ツール iperf[4] を用いて 50 秒間の通信を行なった。そして、スループットを測定し、通信時の TCP パラメータの変化をカーネルモニタで記録した(図 1, 表 1)。iperf 通信は 10 回行い、最大値最小値を除く 8 回の平均を求めた。本稿は、スマートフォン 2 台とタブレット 2 台と PC 1 台の 5 台

の同時通信の実験を行い、AP とサーバ間の有線の回線が、全て 1G 対応の回線と、100M と 1G の回線が混ざっている回線の 2 通りで比較を行なった。カーネルモニタは、スマートフォンとタブレットに搭載している。使用する機器を Pixel4 はスマートフォン 1、Pixel5 はスマートフォン 2、Nexus7 の 2 台のタブレット 1、タブレット 2、Surface は PC とする。

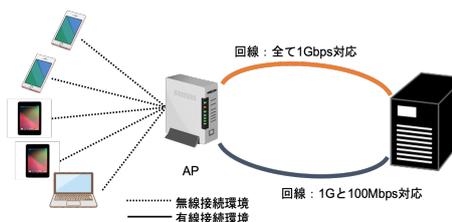


図 1: 実験環境

表 1: 実験機器の性能

Android	Model number	Pixel4	Pixel5	Nexus 7(2013)
	OS	Android 10	Android 11	Android6
	CPU	Snapdragon 855	Snapdragon 765G	Snapdragon S4 Pro
	Memory	6 GB	8 GB	2 GB
	WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n
PC(Surface)	OS	Windows 10 pro		
	CPU	i7-6650U		
	Main Memory	16GB		
	WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac		
server	OS	Ubuntu 20.04 LTS		
	CPU	Intel(R)Core(TM) i7-10400		
	Main Memory	32GB		
AP	Model	WSR-2533DHP2		
	Support Format	IEEE 802.11a/b/g/n/ac		
	Frequency Band	5 GHz		

5 実験結果

5.1 各端末の比較

各端末のスループットを測定した(図 2, 図 3)。スマートフォンと PC は 802.11ac、タブレットは 802.11n と無線通信方式が異なるため、差が出ている可能性がある。

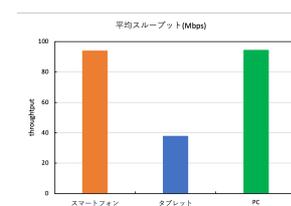
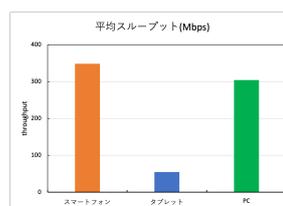


図 2: 全て 1G 対応の回線

図 3: 100M, 1G 対応の回線

5.2 平均スループットの比較

図 4,5 は端末 5 台でスループット測定を行なった結果である。図 4 はスマートフォン 2 台が、そして図 5 はタブレット 2 台が帯域を優先的に確保していることがわかった。

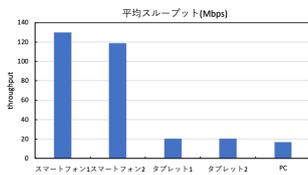


図 4: 全て 1G 対応の回線

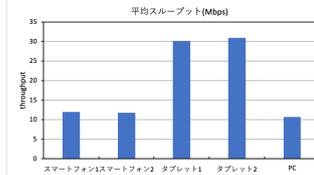


図 5: 100M,1G 対応の回線

5.3 全て 1G 対応の回線の振る舞い

図 6,7 は、カーネルモニタにより取得した TCP の輻射ウィンドウサイズ (CWND), 図 8,9 はカーネル内部の TCP 制御のエラー状態を示す。この実験は 5.2 節と同じ端末 5 台での実験結果である。スマートフォンはエラーが発生してないため、輻射ウィンドウの値が最大まで増加しているのに対し、タブレットは 2 番の輻射通知のエラー発生後に輻射ウィンドウの値が減少していることがわかった。

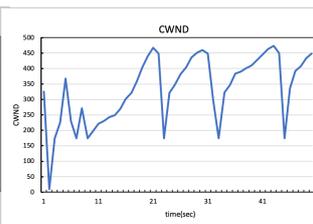
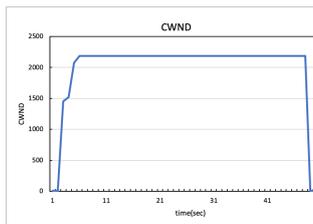


図 6: スマートフォンの CWND

図 7: タブレットの CWND

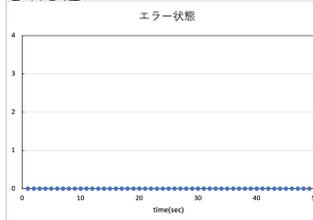


図 8: スマートフォンのエラー状態

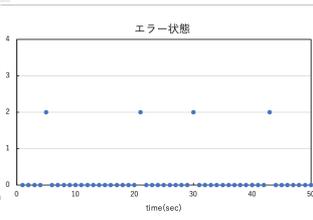


図 9: タブレットのエラー状態

5.4 100M と 1G 対応の回線の振る舞い

図 10,11 は、カーネルモニタにより取得した TCP の輻射ウィンドウサイズ (CWND), 図 12,13 はカーネル内部の TCP 制御のエラー状態を示す。この実験は 5.2 節と同じ端末 5 台での実験結果である。エラーは 1 番の packets 順序の入れ替わり検出, 3 番の高速再転送等, 4 番のタイムアウトで遷移が発生した。図 12,13 から、両端末とも 3 番のエラーが頻繁に発生していることがわかった。エラーの発生毎に輻射ウィンドウの値が大幅に減少することから、全て 1G 対応の回線での実験結果のような高い値は出なかった。AP とサーバ間の有線接続部分に、1G と 100M の回線を混合している為、

通信環境が全て 100M の振る舞いになる。このことから、使用可能な帯域が狭まり、エラーが頻繁に起きている可能性がある。

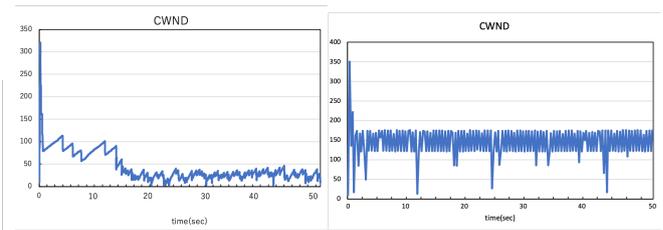


図 10: スマートフォンの CWND

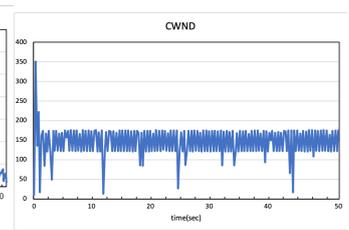


図 11: タブレットの CWND

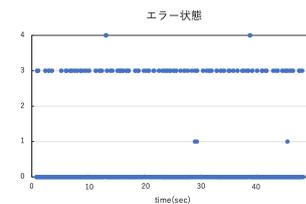


図 12: スマートフォンのエラー状態

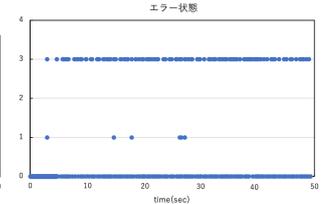


図 13: タブレットのエラー状態

6 まとめと今後の課題

スマートフォン 2 台とタブレット 2 台と PC 1 台の 5 台の iperf 通信の実験を行い、AP とサーバ間の有線接続部分を全て 1G 対応の回線と、100M と 1G の回線が混ざっている回線を使用し比較を行なった。有線の回線の伝送速度が全て 1G 対応の実験結果は、エラーの発生が少なく、スマートフォンは 1 回も発生しなかった。そのため、スループットの値もタブレットと PC に比べ飛躍的に伸びていた。対して、1G と 100M 対応の回線の際は、使用可能な帯域が狭まることにより、エラーが頻繁に発生し、輻射ウィンドウの増減が激しく変わることからスループットが伸びないことがわかった。

今後の課題としては、2 通りの回線で測定したデータをもとに深層学習で学習モデルを作成し、予測データの作成を行なっていきたい。

参考文献

- [1] Kaori Miki, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi. Kernel Monitor of Transport Layer Developed for Android Working on Mobile Phone Terminals. Proc. ICN2011, pp.297-302 January 2011.
- [2] Ai Hayakawa, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi. Reducing the TCP ACK Packet Backlog at the WLAN Access Point. Proc. ACM IMCOM2015, 5-4, January 2015.
- [3] Hiromi Hirai, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi. A Proposal on Cooperative Transmission Control Middle-ware on a Smartphone in a WLAN Environment. Proc. IEEE WiMob2013, pp. 710-717, October 2013.
- [4] iperf. <https://iperf.fr/iperf-download.php>. Accessed: 2021-1.