

BYODによる講義を想定した無線LAN通信実験

福田 豊† 畑瀬 卓司‡
†九州工業大学情報科学センター

富重 秀樹‡ 林豊洋†
‡九州工業大学飯塚キャンパス技術部

1 はじめに

大学における講義や学習方法の多様化に伴い、学内の無線LAN通信基盤の重要性は高まっている。高度化していく通信要求に応えるためには、通信エリアの拡大だけでは不十分であり、各教室の講義形式を考慮したAP (Access Point) 設置設計が必要となる。そこで本稿では1 AP で提供できる通信容量の目安を得るため、IEEE 802.11ac に対応する複数台の AP を設置した講義室において、稼働 AP 数 や端末数を変化させて通信を行い、スループット特性を調査した。実験結果より、収容端末数と要求帯域に応じた AP 設置の指針を得ることができた。

2 実験環境

本実験は IEEE 802.11ac 対応 AP が 4 台設置されている本学飯塚キャンパス AV 講義室で行った(図 1 参照)[1]。AV 講義室には有線 LAN で接続された 90 台の端末が設置されており、この端末に IEEE 802.11ac に対応した USB アダプタ (3 種類) を接続し、実験用に準備したアカウントでテスト用無線 LAN に接続後 (IEEE 802.1X 認証)、有線側から指定時刻にジョブを投入して指定するサーバと無線 LAN で通信するようにした。従って指定時刻に設定台数分の端末とサーバ間で一斉に通信が始まるため、最も輻輳する環境でのスループット特性を調査することになる。また事前に 5 GHz 帯の電波状態を測定し、できるだけ干渉電波の影響を受けないよう各 AP に W56 帯で 20 MHz 幅のチャンネルを割り当てた。

端末台数は 12 から 90 台まで変化させ、各端末数において学内サーバと AWS (Amazon Web Services) サーバ上に設置した 40 MBytes のファイルを各端末が wget で取得する実験を各 2 回実行し、そのスループットを計測した。本稿ではスループットを全端末が 40MBytes の通信を終えるまでに要する時間とし、以下の式に従って求めた。

$$\text{スループット} = \frac{(\text{端末台数} \times 40\text{MBytes} \times 8\text{bit})}{\text{最後の端末が通信を完了した時間}}$$

なお事前実験として、90 台の端末から同時に有線 LAN を経由して学内サーバ上の 40 MBytes のファイルを取得する実験を 3 回実行し、その平均スループットは 918.59 Mb/s であった。表 1 に実験環境を示す。

Performance Evaluation of the Wireless LAN for BYOD in the Classroom
†Yutaka Fukuda, ‡Takuji Hatase, †Hideki Tomishige, and †Toyohiro Hayashi
‡Information Science Center, Kyushu Institute of Technology
‡Iizuka Campus Technical Support Office, Kyushu Institute of Technology



図 1: AV 講義室

表 1: 実験環境

無線 LAN
HPE Aruba 7210, AP-335 3x3 MIMO wave2 対応, W56 (100ch, 104ch, 108ch, 112ch を各 AP に割り当て)
USB アダプタ
NEC PA-WL900U, BUFFALO WI-U3-866DS, I-O DATA WN-AC867U (2x2 MIMO)
学内サーバ
HP ProLiant DL360 Gen9 Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2660 v3 @ 2.60GHz, Memory 64GB, VMware ESXi 5.1.0, OS : Ubuntu Linux Server (Ubuntu 5.4.0-6ubuntu1 16.04.5), CPU : 1vCPU, メモリ : 8192 MB
クラウドサーバ
Amazon EC2, 設置リージョン : ap-northeast (東京リージョン), インスタンスタイプ:m4.large / 2vCPU (2.3 GHz Intel Xeon(r) E5-2686 v4), 8GB RAM, ボリュームタイプ gp2 (100IOPS) / 30GB, パブリック接続
端末
DELL OPTIPLEX 9020, Intel(R) Core(TM) i3-4130 CPU @ 3.40GHz, Memory 16 GB, OS : Ubuntu 16.04 LTS (Ubuntu 5.4.0-6ubuntu1 16.04.4)
通信方法
指定時刻に wget でサーバ上に設置した 40 MBytes のファイルを取得

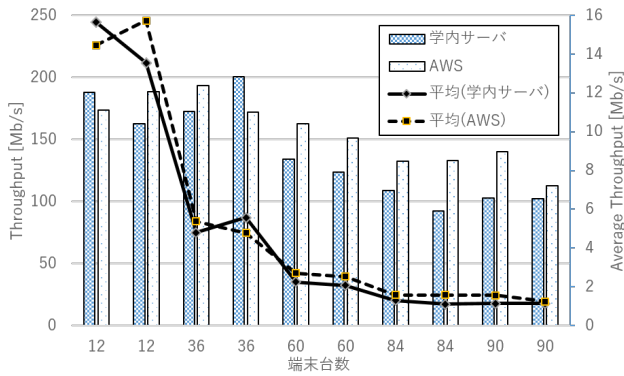


図 2: 端末数を変化させた時のスループット特性

3 実験結果

3.1 基礎特性調査

まず始めに AP を 4 稼働させ端末台数を 12~90 台まで変化させた時のスループット特性を図 2 に示す。図 2 より、端末台数の増加に伴ってスループットは低下していくことが分かる。これは各端末間での CSMA/CA による送信権獲得時に生じる衝突のためである [2]。一方で端末 1 台あたりの平均スループットを見てみると、90 台で同時に通信を開始した場合でも平均で 1Mb/s 以上のスループットは確保できることが分かった。

次に、学内サーバとクラウドに設置したサーバ (以下クラウドサーバ) とのスループット特性を比較してみると、端末台数が増加するにつれてクラウドサーバと通信した方が高いスループットを獲得していることが分かった。これは、今回はサーバを AWS 東京リージョンに設置したため十分低遅延であったことや、クラウドサーバのディスクを 100 IOPS で確保したことで、学内サーバよりも高速処理が可能であったためだと考えられる。この結果から遅延や電波干渉の影響を受ける無線 LAN でも、クラウドサーバは十分活用できることが分かった。但し、AWS では端末台数が 60 台以上の場合、通信を完了できなかった端末が平均して約 2 台発生した。これは遅延や経路上でのパケット廃棄の影響を受けたためではないかと考えられる。

3.2 AP の稼働台数を変更した場合

次に AP の稼働台数を 2, 3 と変化させた場合について調査した。図 3 に各 AP 稼働数において端末台数を 12~90 台まで変化させた時のスループット特性と、各試行における通信の完了率を示す。図 3 より、端末台数が 12 台の場合は AP 稼働数が 2 台であっても、4 台の時と比較して約 80~90 パーセントのスループットを獲得できているが、36 台以上になると約半分程度まで低下している。さらに通信の完了率を見ると、AP の稼働台数が 2 台の場合、60 台以上で完了できない端末が生じ、90 台ではそれぞれの試行で約 10% と 20% の端末が通信を完了できなかった。本学ではこれまでの運用経験や実験結果 [3] から 1AP 辺りの収容端末数は 50 台を目安にしてきたが、以上の実験結果から受講者に

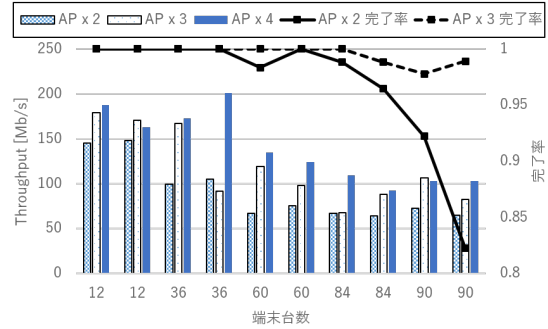


図 3: AP 台数を変化させた場合のスループット特性と完了率

よる一斉ダウンロード等で通信負荷が高くなることが想定される講義に対応するためには、より密度を高めた 1AP 辺り約 30 台が設計の目安になると考えられる。また AP が講義途中に故障した場合も、できるだけ早くこの条件を満たすように AP を交換する必要がある。さらには、講義中に Windows Update や iOS update 等により大容量通信を継続的に行う端末が存在すると、この条件をそれらの通信だけで満たしてしまい講義に支障を来す恐れがあるため、講義室用 AP での優先制御等の導入も考慮する必要がある。

4 まとめ

本学で実施した BYOD による講義を想定した無線 LAN 通信実験について報告した。稼働 AP 数と端末数を変化させてスループット特性を調査し、大容量の一斉通信が生じるような場合は、1AP 辺り約 30 台が目安となることを示した。今後の課題としては、各端末の接続分布やデータレート、電波割当等の分析を深めて AP 設置の投資効率を高めていく点がある。

謝辞

本実験を実施するにあたっては本学情報科学センター 甲斐郷子准教授、飯塚キャンパス技術部職員の井上純一氏と和田数字郎氏に協力頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] 福田豊 他：九州工業大学・全学セキュアネットワーク導入における無線 LAN 更新，情報処理学会技術研究報告 (インターネットと運用技術研究会)，Vol. 2015-IOT-28, No. 21, pp. 1-6, 2015.03.06.
- [2] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 18, pp. 535-547, March 2000.
- [3] 大西淑雅 他：mPage を用いた小テスト実施のための予備実験，情報処理学会研究報告，教育学習支援情報システム，Vol.2010-CLE-2, No.8, pp.1-8, 2010