

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 27日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500061

研究課題名（和文） 目標値の設定ができる省電力型無線 LAN システムに関する研究

研究課題名（英文） Research on Powers Saving with satisfying SLA Wireless LAN System

研究代表者

岡村 耕二（OKAMURA KOJI）

九州大学・情報基盤研究開発センター・教授

研究者番号：70252830

研究成果の概要（和文）：

本研究では、無線 LAN システムのサービス品質の尺度として SLA (Service Level Agreement) に着目し、省電力運用によっていくつかの無線 AP (Access Point) を停止しても無線 LAN サービスの SLA を満たすアルゴリズムを開発し、その評価を行なった。評価の結果、本アルゴリズムでは利用者の分布に対して必要最小限の電力供給でも無線 LAN サービスの SLA を維持してサービスを提供可能であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

The researcher used SLA (Service Level Agreement) for representation of the quality of wireless LAN System. An algorithm which stops wireless APs (Access Points) by the distribution of the users for power saving and satisfy the SLA of the wireless LAN Service has been developed in this research. The researcher evaluated and shown that this algorithm can save power with satisfying SLA of wireless system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 計算機システム・ネットワーク

キーワード：ネットワーク運用技術、省エネルギー、無線 LAN システム

1. 研究開始当初の背景

情報機器における消費電力の削減による省エネルギー化の取り組みは、各所で行われている。一般的に、情報機器における消費電力の削減は、時刻によって処理量が変化する機器において、処理量が少ない時間帯に、電子部品への過剰な電力の供給を止めること

で実現できる。ネットワーク機器においても、同様に消費電力の削減が試みられており、例えば、パケットの交換処理を行うトラフィックエンジンと物理インタフェースを分離し、通信量が少ない時間帯では、一つのトラフィックエンジンで複数の物理インタフェースのパケット交換を行わせ、空いたトラフィックエンジンを部分的に休止させ待機状態に

するなどの処理が行われている。しかし、通信機器ではこのような待機方式では、ほとんど消費電力を抑えることができず、実用的で効果的な省エネルギー運用を行うためには、給電を完全に止める必要がある。一方、近年、ネットワークは、その利用の多様化によって、通信が全く行われない時間帯を予測することが困難になってきた。例えば、大学のパソコン教室を例にとると、教室のパソコンは閉室後の時間帯は、タイマーなどによって電源を落としておき、翌朝、講義の開始される時間になれば再びタイマーで復電するという運用が一般的であるが、ネットワーク機器は何時通信が行われるか予測できないので、ネットワーク機器をタイマーなどで停電させるような運用は不可能である。そのため、利用が非常に少ない夜間でも、ネットワーク機器は昼間とほぼ同様に電気を消費している。

2. 研究の目的

このような状況で、本研究では無線 LAN アクセスポイントの運用上の省エネルギー化に着目した。無線 LAN アクセスポイント単体での消費電力は他の通信機器と比べると小さいが、計算機センターが大学全体でサービスをしている無線 LAN アクセスポイントの数は1,000台程度であり、全体の消費電力は大きい。しかし、無線 LAN アクセスポイントはサービスの可用性を上げるために、同一個所でも複数のアクセスポイントが利用可能になっているため、利用者が少ない時には、過剰なアクセスポイントのサービスを停止させることが可能である。さらに、最近の無線 LAN アクセスポイントは、PoE (Power over Ethernet) という規格に基づいて接続されているスイッチから通信ケーブルを経由して給電が行われているので、電力を供給するスイッチのポートを制御することによって、給電の制御を遠隔に行うことができる。そこで、利用者の位置情報を用いて、無線 LAN アクセスポイントの給電の制御を動的に行えば、従来の通信機器の運用では困難であった省エネルギー化を考慮した運用が無線 LAN アクセスポイントでは可能となる。

省エネルギー化とサービスの品質は相反する関係にある。そこで、本研究では、無線アクセスポイントのサービスの品質と消費電力を定量的に関連付けることによって、省エネルギー化の目標値の設定ができる新しい無線 LAN システムに関する研究を行う。これによって、例えば、消費電力量を指定した運用や、あるいは、省エネルギー化の元でも提供するサービスの品質が一定になるような運用などが可能になる。

本研究において、以下の課題をとりあげ、研究を行う。

- ・ 目標値の設定が可能な無線 LAN システムのモデル化
- ・ シミュレーションによる省エネルギー化のための具体的な数値の決定
- ・ 実システムを用いた評価

3. 研究の方法

現在すでに、省エネルギー運用を目指した無線 LAN システムの基本設計は完了している。このシステムでは無線 LAN の電波情報を用いて利用者の位置情報を把握でき、その利用者に近い無線 LAN アクセスポイントが起動していなければ起動を行い、その利用者を誘導することができる。さらに、サービスを行っていない無線 LAN アクセスポイントは自動的に給電を止め停止させることができる。しかし、この無線 LAN システムを省エネルギー化を目指して実用的に運用するために重要なことは、その消費電力を正確に求め、省電力モードで無線 LAN システムが動作している場合のサービス品質を正確に提示することでシステムの定量化を行う必要がある。そのために次のように、無線 LAN システムのモデル化を行い、その定量化を実現する。

直感的に考えると、使用中の無線 LAN アクセスポイントの総数が多いと、利用者に対して密にサービスが可能になるが、同時に起動する無線 LAN アクセスポイントの数も増えるので消費電力が大きくなる。一方、使用中のアクセスポイントの数が少なければ、省エネルギー化が図れるが、新しい利用者に対してサービスを開始できるまでの時間がかかったり、利用可能な帯域が小さくなったりする。そこで、目標となる消費電力を決めて、それを超えないための使用中のアクセスポイントの値と、利用者に対して最適な無線アクセスポイントを決める値をチューニングし、サービス品質である利用可能になる時刻や、利用可能な帯域を指定した場合の使用中のアクセスポイントの値を求める手法の研究開発を行う。これによって、目標値を定めた無線 LAN システムの実用的な省エネルギー運用が可能になる。

シミュレーションを十分行った後で、実システムを利用して評価を行う。評価は昼夜で利用者の数の増減がはっきりしている教室をまずエリアとして選択する。このようなエリアの評価は主にシステムの動作やデータの取得が正しく行われているかについて着目する。次に1日の時系列でみて、利用者の増減が一樣である大学院の研究室をエリアを

対象にし、省エネルギー化の目標値の元でのサービス品質に対する利用者の定性的な評価を行い、本システムの実用性について議論する。最後に本研究のまとめを行う。

4. 研究成果

平成 22 年度は、無線 LAN サービスの省電力運用を SLA (Service Level Agreement) に基づいて、そのモデル化を行ない、本研究の目標である「目標値の設定」が行なえる省電力無線 LAN システムの提案、設計を行なうことができた。本研究では、無線 LAN アクセスポイントの停止タイミングについて着目し、九州大学の全学無線 LAN システムの実データの履歴を用いて、利用者の利便性と電力量を数値化し、SLA に基づいて論じた。無線 LAN 運用において、利用者の一時的な無通信時間中でも給電しておけば、再接続は発生しないが、消費電力も増えるため、省電力運用を行なうためには、無通信時間を見極め、給電を停止することが重要である。本研究での利用者の利便性として、利用者の無線 LAN の無通信期間によって発生する無線 LAN 使用の再接続について、その無通信時間を SLA で定義した。平成 22 年度の研究成果によって、例えば、無線 LAN システム全体の消費電力を決めれば、SLA によって無線 LAN アクセスポイントの停止運用における利用者の利便性を提示することが可能になった。逆に利用者の利便性を指定すれば、総消費電力が提示可能になった。また、高速無線 LAN である 802.11n に着目して、そのバックボーン側の速度を変化させた時の省電力効果を測定し、平成 23 年度に行なう予定のパラメータとして通信速度を加えた無線 LAN システム省電力運用方式の準備を行なった。

平成 23 年度は省電力運用のための基本機能の設計、評価ならびにプロトタイプの実装を行なった。無線 LAN アクセスポイントの給電制御について、例えば、よくある自動消灯式の照明のように人間をセンサーなどで物理的に検知し給電制御を行なえば容易に実現可能であるが、実際には無線 LAN の利用権限のない人間に反応して無線 LAN アクセスポイントを起動したり、無線 LAN に接続したパソコンをおいたまま人間が去った場合に給電が止まったりなどで実用性に欠ける。そこで、本研究では端末認証と給電制御の統合を行なった。そのために、電源制御用の無線 LAN アクセスポイントと端末の間の無線ネットワーク接続におけるプロトコル中で認証が成功すると、データ通信用の無線 LAN アクセスポイントを起動させる機能を設計した。この機能の実現においては、電源制御用のアクセスポイントが認証後データ通信用のア

クセスポイントを起動するので通常よりも利用開始になるまでに時間がかかるので、その時間の短縮がポイントとなる。そのため、プロトコル解析を詳細に行ない、時間短縮にはプローブ要求のタイミングが重要であることを発見した。さらに、設計した機能のプロトタイプ実装を行ない、省電力機能の測定・評価を行なったところ、39.9 ~ 56.1% の使用電力を削減させることができることがわかった。また、平成 23 年度は新世代ネットワークについて調査を行ない、新世代ネットワーク支援用通信機器への省電力機能の導入について検討を行なった。また、本研究は給電制御により省電力化を目指しているが、通信機器のハードウェアやファームウェアでの省電力機能についても調査を行なった。

平成 24 年度はまず、サービス品質などの目標値として、無線 LAN サービスが提供する SLA (Service Level Agreement) に着目し、省電力運用によっていくつかの無線 AP (Access Point) を停止しても無線 LAN サービスとしては SLA を満たすアルゴリズムを開発し、利用者の出現をポアソン過程に仮定したシミュレーションによって、その評価を行なった。その結果、本アルゴリズムでは必要十分な電力供給の元でサービスの SLA を維持して無線サービスを提供可能であることがわかった。次に無線 AP を停止するために、利用者の有無をネットワークトラフィック情報のみから高速に判別できる方式を開発し、プロトタイプシステムを用いてその有用性の評価を行なった。本方式では、TCP の SYN パケットに着目してフーリエ変換を行ない、その分散の値を計算した値を用いるが、利用者がいないと判定できるための閾値を求めた。その結果、利用者が実際にいなくなった後、約 5 分程度で判定が可能になり、従来の方式の四分の一程度の速度での判定が可能となった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 21 件)

1. Joonsuk Kang and Koji Okamura, “Multi-path Mechanism for Audio / Video Streaming Based on Bandwidth Estimation”, IJCSNS (International Journal of Computer Science and Network Security) Vol. 13 No. 2, February, 2013, pp. 24-31 (2013 年 2 月).
2. Ilkwon Cho, Koji Okamura, Tae Wan Kim and Choong Seon Hong, “Performance analysis of IP mobility with multiple

- care-of addresses in heterogeneous wireless networks”, Wireless Networks, The Journal of Mobile Communication, Computation and Information, (2013年1月).
3. Joonsuk KANG and Koji OKAMURA, ECN Based Multi-path Mechanism for VoIP Transmission, Research Reports Information Science and Electrical Engineering of Kyushu University (ISEE), Vol. 17, No. 2, September, 2012, pp. 41-48 (2012年9月).
 4. Othman Othman M. M. and Koji Okamura, “On Demand Content Anycasting to Enhance Content Server Using P2P Network”, 電子情報通信学会英文論文誌 D, Vol. E95-D, No. 2, pp. 514-522 (2012年2月).
 5. 大森幹之, 岡村耕二, “端末認証に基づいた動的給電による省電力無線LANシステムの設計と実装”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J94-B, No. 10, pp. 1261-1269, (2011年10月).
 6. Satoshi Hisanaga, Koji Wakimoto, Koji Okamura, “Tone Mapping and Blending Method to Improve SAR Image Visibility IAENG”, International Journal of Computer Science, Vol. 38, Issue 3, pp. 289-294 (2011年8月).
 7. Chengming LI, Wenjing LIU and Koji OKAMURA, “Ant Colony based Forwarding Method for Content-Centric Networking”, Proceedings of The 26th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshop (WAINA-2013) (2013年3月).
 8. Othman Othman M. M., Koji Okamura, “Evaluation of OpenFlow’s Enhancements”, Proceedings of Research Network Workshop 2012, (2012年8月).
 9. Chengming LI, Wenjing LIU and Koji OKAMURA, “A Greedy Ant Colony Forwarding Algorithm for Named Data Networking”, Proceedings of Research Network Workshop 2012, (2012年8月).
 10. Satoshi Hisanaga, Takaaki Kase and Koji Okamura, Method for Path Estimation by Image Matching, Proceedings of The 2011 International Conference on Information and Digital Engineering (ICIDE 2011), (2011年9月)
 11. Othman Othman M. M., Koji Okamura, Wider Adaptation and Enhancement of OpenFlow, Proceedings of Research Network Workshop 2011, (2011年8月).
 12. Heru Sukoco, Koji Okamura, Distant Location Selection Using Genetic Algorithm for Live Migration Method in OpenFlow Networks, Proceedings of Research Network Workshop 2011, (2011年8月).
 13. Motoyuki Ohmori, Koji Okamura, Kohei Hayakawa, Fuminori Tanizaki, LISP Mapping Resolution Impacts on Initiating Bidirectional End-to-End Communications, Proceedings of Research Network Workshop 2011, (2011年8月).
 14. Heru Sukoco and Koji OKAMURA, “Grouping Packet Scheduling for Virtual Networks by Genetic Algorithm”, Proceedings International Conference on Future Internet Technologies 2011 (CFI 2011) (2011年6月).
 15. Satoshi Hisanaga, Koji Wakimoto and Koji OKAMURA, “Compression Method for High Dynamic Range Intensity to Improve SAR Image Visibility”, Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011 (2011年3月).
 16. Heru Sukoco and Koji OKAMURA, “Genetic Algorithm for Optimizing and Arrangement of Queue in Virtual Networks”, Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011 (2011年3月).
 17. Othman Othman M. M. and Koji OKAMURA, “Contents Anycasting Applications for Future Internet”, Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011 (2011年3月).
 18. Motoyuki Omori and Koji OKAMURA, “Implementation of Green Wireless LAN System by On-Demand Power Supply”, Proceedings of IEEE The International Conference On Information Networking 2011 (ICOIN2011), (2011年1月).
 19. Joonsuk Kang and Koji OKAMURA, “Locator/ID Split Network Architecture to Support Mobility”, Proceedings of IEEE The International Conference On Information Networking 2011 (ICOIN2011), (2011年1月).
 20. Othman Othman M. M. and Koji OKAMURA, “Improvement of Content Server with Contents Anycasting Using OpenFlow”,

Proceedings of Network Research Workshop 2010, (2010年8月).

21. Othman Othman M.M. and Koji OKAMURA, “ Design and Implementation of Application Based Routing using OpenFlow ” , Proceedings of 5th International Conference on Future Internet Technologies (CFI2010) (2010年5月).

[学会発表] (計 5 件)

1. 大森幹之、岡村耕二、” SLA Aware AP Power off Operations Based upon User Behaviors for Green WLAN”, 電子情報通信学会, インターネット・アーキテクチャ研究会, (2012年10月), タイ・プーケット.
2. 大森幹之、岡村耕二、”トラフィックに応じた通信機器の給電制御に関する研究”, 電子情報通信学会, インターネット・アーキテクチャ研究会, (2011年2月), 沖縄県・那覇市.
3. 林 健太郎、岡村耕二、”P2P 技術を用いた端末識別子と位置情報の一貫性の改善に関する研究”, 電子情報通信学会, 情報ネットワーク研究会, (2011年1月), 大阪府・吹田市.
4. 岡村耕二、” 国際遠隔医療教育プロジェクトにおける日本地域の医療機関支援について”, 地域ネットワーク (RIBB) ワークショップ 2011, (2011年1月), 富山県・富山市.
5. 岡村耕二、”遠隔実証研究技術情報のアプリカ連携への応用に関する考察”, 電子情報通信学会, インターネット・アーキテクチャ研究会, (2010年7月), 東京都・文京区.

[その他]

ホームページ等

<http://okaweb.ec.kyushu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡村 耕二 (OKAMURA KOJI)

九州大学・情報基盤研究開発センター・教授

研究者番号 : 70252830

