

無駄な消費電力量を削減する Radio On Demand Networks の研究開発 (105103002)

Radio On Demand Networks for Green Wireless Access

研究代表者

伊藤 哲也 日本電気通信システム株式会社
Tetsuya Ito NEC Communication Systems, Ltd.

研究分担者

長谷川 晃朗[†] 阪田 史郎^{††} 池永 全志^{†††} 四方 博之^{††††}
Akio Hasegawa[†] Shiro Sakata^{††} Takeshi Ikenaga^{†††} Hiroyuki Yomo^{††††}
[†]株式会社国際電気通信基礎技術研究所 ^{††}千葉大学大学院 ^{†††}九州工業大学 ^{††††}関西大学
[†]Advanced Telecommunications Research Institute International
^{††}Graduate School Chiba University ^{†††}Kyushu Institute of Technology ^{††††}Kansai University

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

概要

無線機器の"つけっぱなし"や"無駄づかい"による電力浪費に対する統合的かつ抜本的な対策として、無線通信が必要とされる時間、場所および通信用途に応じて、オンデマンドに無線アクセスを提供する Radio On Demand Networks(ROD)を提案し、その技術開発を行った。自動スリープ制御方式、低消費電力で待機可能な Wakeup Receiver、通信用途に応じた省電力制御機能、機器間連携機能などを開発し、開発技術を搭載したオンデマンド型の無線 LAN アクセスポイントを使った実証実験により、ROD の高い CO2 削減効果を確認した。

1. まえがき

家庭やオフィスにおいて、無線機器の"つけっぱなし"や"無駄づかい"による電力浪費対策が急務である。照明や空調に対しては、その時々状況にあわせてきめ細かく制御する省エネの取り組みが盛んに行われている。しかしながら、無線 LAN アクセスポイント(AP)が、人のいない夜間であっても無頓着に制御信号を放出し続けている現状がある。これは明らかに無駄な電力消費であり、情報通信システムとして洗練されたものであるとはいえない。本研究開発では、無線通信が必要とされる時間、場所および通信用途に応じて、電力および電波リソースを有効利用可能な Radio On Demand Networks(ROD)の技術開発によって無線 LAN ネットワークの CO2 排出量を大幅に削減することを目的とした(図 1)。

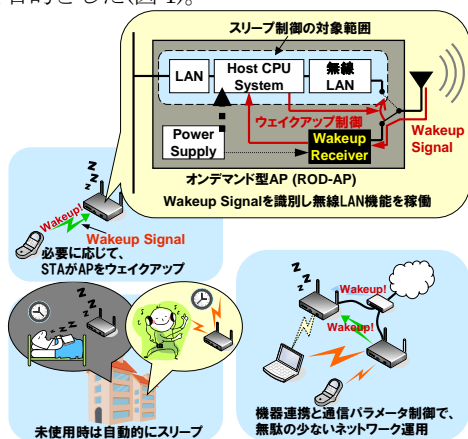


図 1. Radio On Demand Networks の概要図

2. 研究開発内容及び成果

AP は無線 LAN 端末(STA)が通信を行っていない時間帯であっても、無線 LAN 信号を常時待受けており、無視できない電力を消費している。その対策としてオンデマンド型 AP(ROD-AP)を開発した。

ROD-AP は STA との通信状況を監視し、無駄に電力を

消費すると判断された場合に自動的に稼働状態からスリープ状態へ遷移する。スリープ状態では、無線 LAN 通信機能への電源供給を止め、稼働時と比較して無視できるほどの低消費電力で動作する Wakeup Receiver のみで STA からの通信要求を待ち受けする。STA が Wakeup Signal を送信すると、それを検出した Wakeup Receiver はウェイクアップ制御により ROD-AP を稼働状態へ遷移させ、無線 LAN アクセスを提供する。このウェイクアップ制御による無線通信機能のオンデマンド型アクセスにより、無駄のない無線ネットワークを提供できる。

"つけっぱなし"を防ぐための、スリープ状態への自動遷移は、ROD-AP が STA との通信状況を監視することで実現した。一連の packets 群をフローと見なし、フローの出現頻度はポアソン到着、フローの継続時間は対数正規分布に従うといった実測値分析から得られた統計分布に基づいて、次のフローの到着時間を推定し、自動的に遷移判断する制御方式とした。無線 LAN の実測通信データを用いたシミュレーション評価により、提案した制御方式では 90%以上の時間をスリープ状態とする性能が得られた。

STA の通信要求を待ち受けする Wakeup Receiver は、いかに低消費電力とするかに加えて、既に普及しているノート PC、タブレット、スマホなど様々な STA からの Wakeup Signal の検出を、互換性を確保しながら実現するかも課題となった。そこで、無線 LAN フレームのフレーム長を検出、複数のフレーム長の組み合わせパターンで識別子を表し、AP の識別子(ESSID)と一致した場合に AP をウェイクアップ制御する方式を考案した。この方式では既存の STA は、Wakeup Signal を無線 LAN モジュールで送信できるため、新たな無線通信モジュールを追加することなく ROD-AP を稼働状態にできる。また、Wakeup Receiver は発振器のない包絡線検波によってフレーム長検出することで消費電力を大幅に抑えられ、かつ単純な回路で小型安価に提供できるという利点も得られた(図 2)。本方式の Wakeup Receiver を試作し、無線 LAN の 1W 程度に対し、0.52mW の低消費電力で待ち受け可能なことを確認した。また、屋内の環境において無線 LAN とほぼ

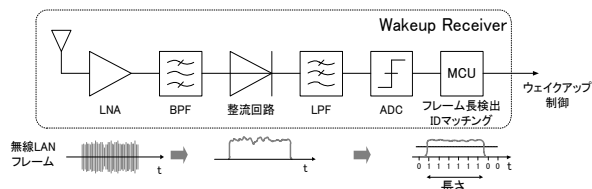


図 2. Wakeup Receiver の構成とフレーム長検出の様子

同等の到達距離 90m(受信成功確率 91%)の Wakeup Signal 検出性能が得られる実験結果を得た。

"無駄づかい"対策として、通信用途に応じて MIMO チェーン数を可変することで MIMO 通信の電力消費を抑える省電力制御や、オフィスなどの複数 AP が存在する構成で、AP 同士が連携し STA の通信品質を保ったまま無駄な稼働 AP 数を減らす方式など、無線 LAN ネットワークを省電力化する様々な対策に取り組み、それぞれの効果をシミュレーションや実験評価によって確認済みである。

ROD の CO2 削減効果確認のため、各提案方式を搭載した ROD-AP を用い実証実験を行った。企業オフィス、大学研究室、個人家庭の計 10 拠点で、約 2 ヶ月間実験を実施した。その結果、ROD-AP の平均稼働率は平日 15.63%、休日 6.06%であり、消費電力量は従来の AP の約 20%に抑えられる高い効果を確認した。年間の CO2 排出量に換算すると削減量は AP1 台あたり 28.9kg であり、1 家庭の総電力消費の 1.4%に相当する(図 3)。

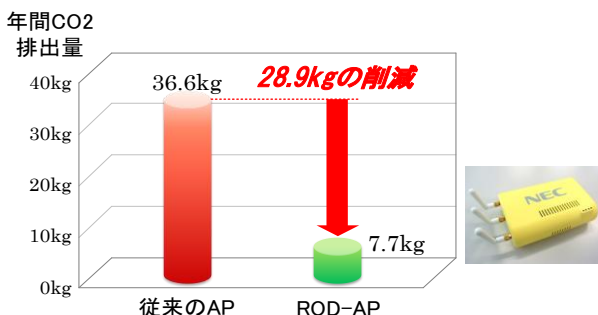


図 3. 実証実験結果と実験に用いた ROD-AP 外観

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発で提案した ROD のオンデマンド型無線アクセスは無線 LAN の AP だけではなく、無線 LAN を搭載する他の無線機器にも応用可能である。近年、無線 LAN 機能を搭載したカメラやストレージなどが市場投入されておりバッテリー駆動も少なくない。それらの機器に提案方式を適用することで、無断な電力消費を無くし、利便性を高めることが期待される。当研究グループでは、本研究開発で得られた成果と知見を活かし、様々な機器に汎用的に取り付け可能な無線 LAN 対応 Wakeup Receiver モジュールを事業化し、社会展開することに取り組んでいる。

また、Wakeup Receiver の無線フレーム長を検出する方式は、無線 LAN だけでなく他の周波数帯の CSMA/CA 方式の無線規格にも応用できる。例えば無線 PAN のセンサーネットワークを Wakeup Receiver を用い省電力化することで、センサーノードの電力線確保や電池交換の手間が解消でき、M2M/IoT によるスマートハウス/タウン等の電力需給制御サービス普及促進に寄与する。

4. むすび

無線機器の"つけっぱなし"や"無駄づかい"による電力浪費対策として ROD を提案し、その技術開発を行った。オンデマンド型無線アクセス実現のため、自動スリープ制御

方式、無線 LAN フレーム長を検出する Wakeup Receiver の開発のほか、種々の無線 LAN 省電力対策を考案した。提案方式を搭載した ROD-AP を用いた実証実験を行い、高い CO2 削減効果が得られることを確認した。

今後は ROD を他の無線規格に発展させる取り組みを行っていく予定である。

【誌上発表リスト】

- [1]Yoshihisa Kondo, et al., "Energy-Efficient WLAN with On-demand AP Wake-up using IEEE 802.11 Frame Length Modulation," Elsevier Computer Communications, Vol. 35, pp1725-1735, (2012 年 8 月)
- [2]Hiroyuki Yomo, et al., "Receiver Design for Realizing On-Demand WiFi Wake-up using WLAN Signals," IEEE Globecom 2012, pp5428-5429, (2012 年 12 月)
- [3]Toshiyasu Tanaka, et al., "Automatic and Cooperative Sleep Control Strategies for Power-saving in Radio-On-Demand WLANs," 2013 IEEE Greentech, pp293-300, (2013 年 4 月)

【申請特許リスト】

- [1]香川翔一ほか、“無線基地局装置およびその処理方法とプログラム”、日本、2011 年 2 月 23 日出願
- [2]原幸宏ほか、“無線通信装置、無線通信方法、及び、無線通信プログラム”、日本、2012 年 2 月 28 日出願
- [3]岩井優仁ほか、“送信機、それにおける送信方法、送信機から無線信号を受信する受信機およびそれらを備える無線通信システム”、PCT、2013 年 2 月 25 日出願

【登録特許リスト】

- [1]四方博之ほか、“無線基地局およびそれを用いた無線通信システム”、日本、2011 年 2 月 23 日出願、2012 年 8 月 30 日特許査定、特許第 5190568 号
- [2]近藤良久ほか、“端末装置、それと無線通信を行う無線基地局およびそれらを用いた無線通信システム”、日本、2011 年 2 月 23 日出願、2012 年 8 月 30 日特許査定、特許第 5190569 号
- [3]池永全志ほか、“休止基地局選定システム、網側装置、制御方法、及びプログラム”、日本、2011 年 3 月 2 日出願、2013 年 5 月 21 日特許査定、特許第 5309405 号

【国際標準提案リスト】

- [1]IEEE 802.11ah, 11/0046r2, AP Power Saving, 2011 年 1 月 15 日提案
- [2]IEEE 802.11ah, 11/0273r0, TGah Use Case : AP Power Saving in Smart Grid, 2011 年 2 月 28 日提案
- [3]IEEE 1900.6a, 6-12/12r1, Proposed text contributions to P1900.6a Draft standard, 2012 年 3 月 26 日提案、2012 年 4 月 9 日採択

【参加国際標準会議リスト】

- [1]IEEE 802 Plenary Meeting, Dallas, 2011 年 11 月
- [2]IEEE 802 Plenary Meeting, Atlanta, 2012 年 11 月
- [3]IEEE 802 Plenary Meeting, Orlando, 2013 年 3 月

【受賞リスト】

- [1]近藤良久ほか、DICOMO 2011 優秀論文賞、“オンデマンド起動型無線 LAN アクセスポイントのためのウェイクアップ受信機的设计と評価”、2011 年 8 月 26 日

【報道掲載リスト】

- [1]“無線 LAN 基地局省エネ化 省電力 75%カット”、日刊工業新聞、2011 年 6 月 6 日
- [2]“【M2M 展】 NEC が “ウェイクアップモジュール” を参考出展、待機時消費電力を削減へ”、電子部品 - Tech-On! (WEB 掲載)、2012 年 5 月 9 日