

超低消費電力無線ウェイクアップICを使ったネットワーク機器の遠隔電源制御

Remote Power Control of Networked Appliances Using Ultralow-Power Wireless Wakeup Receiver IC

石原 丈士 大山 裕一郎 村上 貴臣

■ ISHIHARA Takeshi ■ OYAMA Yuichiro ■ MURAKAMI Takaomi

これまでリモコン操作を実現するため、機器の電源は完全に切ることができず、待機電力削減と利便性の両立が困難であった。東芝は、遠隔電源制御と待機電力の削減を両立させるため、無線を介した制御信号を15 μAというわずかな消費電流で待ち受ける無線ウェイクアップICを開発した。このICを家庭内コンテンツ共有システムのネットワーク機器に適用し、他の機器からの無線による処理要求に応じて電源を制御することで、待機電力を約30%削減した。また、このシステムを他の無線LAN機器や電波を出す家電機器が存在する環境で使用し、共存できることを確認した。

Electronic appliances with remote control functions conventionally consume a small amount of electric power in the standby state even when they are turned off, and it is difficult to achieve a balance between the reduction of power consumption and usability. Toshiba has developed an ultralow-power wireless wakeup receiver integrated circuit (IC) that has a standby current of only 15 μA. We have applied this IC to networked appliances such as in-home contents sharing systems with remote power control that are only in operation when processing requests from other devices, and confirmed that it realizes a reduction in power consumption of about 30% in the total system. We have also confirmed that this IC can coexist with other wireless LAN systems and home appliances emitting radio waves.

1 まえがき

近年、地球温暖化やエネルギー問題に対する関心が高まり、省エネルギーが強く志向されている。日常を取り巻く様々な機器において低消費電力化と利便性の両立が求められており、ネットワーク機器についても同様である。

ところが、これらの目的はネットワーク機器では単純には両立できない。他の機器からの通信を待ち受けたり、通信を中継したりする必要があるため、いつでも処理できる状態を維持することが前提になっているからである。

これに対して、消費電力を削減する様々な技術が開発されている。例えば、Wake on LANと呼ばれる方式で、使用前に動作状態に復帰させる機能を持ったサーバがある。ただし、Wake on LANも万能ではない。LANを介した復帰指示の受信に電力を消費するため、依然として待機電力が問題になる。この電力は個々の機器ではわずかだが、ネットワーク機器は爆発的に増加しており、総量は無視できない値となりうる。

東芝は待機電力を削減する手段として、非常に小さな電力で無線信号を受信し、それを契機として機器を起動させる超低消費電力無線ウェイクアップICを開発してきた^{(1),(2)}。ここでは、このICの概要を述べ、ネットワークシステムに適用する際に必要となるコストアップ要因の削減や、電波干渉への対策、対応機器の検出といった問題に対する解決方法を示す。更に、それらを用いて試作したネットワークシステム並びにその評価について述べる。

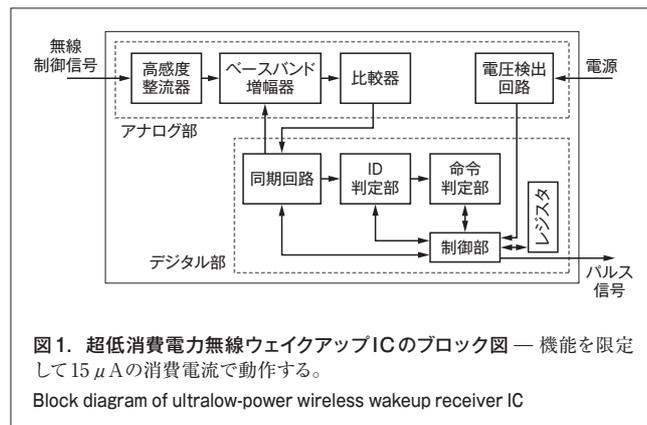


図1. 超低消費電力無線ウェイクアップICのブロック図 — 機能を限定して15 μAの消費電流で動作する。
Block diagram of ultralow-power wireless wakeup receiver IC

2 超低消費電力無線ウェイクアップIC

2.1 ウェイクアップICの機能と特徴

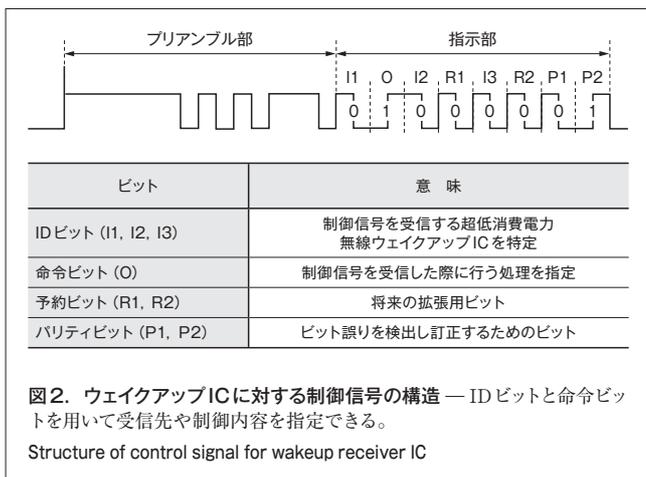
ウェイクアップICの機能ブロック図を図1に示す。

このICは所定の無線制御信号を受信し、その旨を通知するパルス信号を出力する。制御信号には、受信先を特定するID (Identification) 情報と制御内容を特定する命令情報が含まれている。そのため、受信先を特定して必要な制御ができる。

この機能を実現するためにこのICが消費する電流は15 μAである。

2.2 制御信号の構造

このICの制御信号は図2に示すとおり、プリアンプル部と指示部から成る。指示部の各ビットは2値PPM (Pulse Posi-



tion Modulation)で表現される。すなわち、電波を受信する区間と受信しない区間を規則正しく組み合わせることで、制御信号が表現できる。

2.1節で述べたように制御信号はIDビットと命令ビットを備えており、これらを使って受信先に制御内容を伝える。パリティビットには所定の計算式に基づいて算出した値を格納する。

3 無線LANインタフェースを用いた制御信号の送信

3.1 送信方法

2.2節で述べたように、制御信号は電波の有無で値を表現する。この際に用いる電波は所定のタイミングと長さが実現できればよく、どのような形式であっても構わない。例えば、既存の無線LAN (IEEE 802.11: 電気電子技術者協会規格 802.11)の電波でもよい。

無線LANインタフェースは既に多くの機器に搭載されているため、それを制御信号の送信に利用すると、新たなハードウェアも不要となる。すなわち、ウェイクアップICを使った遠隔電源制御をスムーズかつ低コストに導入できる可能性がある。そのため、制御信号の送信方法として、適切な値を設定した無線LANの信号 (IEEE 802.11のデータフレーム)を用いる方法を採用した。

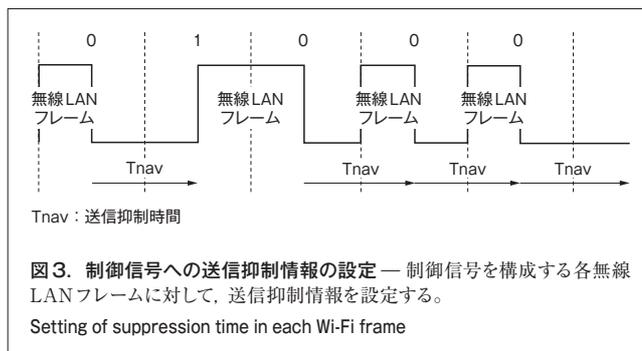
ただし、他の無線LAN機器や同一周波数帯 (2.4 GHz帯)を使用する他の無線方式 (Bluetooth[®](注1)など)や家電製品 (電子レンジなど)が身近に存在するため、電波干渉への対応が必要になる。

3.2 電波干渉への対策

この送信方法の干渉対策は大きく二つの方法がある。

- (1) 再送 制御信号を複数回送信し、電波干渉がないタイミングで制御信号が送信できる確率を高める。

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.が所有する登録商標であり、東芝は、許可を受けて使用。



- (2) 無線LAN機器の送信抑制指示 IEEE 802.11の仕様に従い、他の無線LAN機器に対して電波の送信を控えるように要請する。具体的には図3に示すように、制御信号を構成する各無線LANフレームに送信抑制時間の情報を設定する。送信抑制時間は、各フレーム間隔のうち、もっとも長い時間である。

4 コンテンツ共有システムへの適用

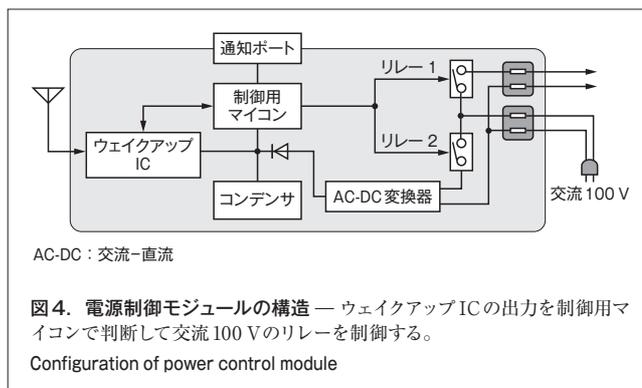
これまでに述べた超低消費電力無線ウェイクアップICと制御信号の送信方法を適用したネットワークシステムを試作した。具体的には、家庭内で動画などのコンテンツを共有するシステムである。

システムの構築にあたり、このICを用いた電源制御モジュールと、3章で述べた制御信号の送信方法を実現した制御信号送信モジュールを開発した。以下、これらのモジュールと、試作したコンテンツ共有システムについて述べる。

4.1 電源制御モジュール

このICは、命令ビットに応じて異なるパルス信号を出力する。そこで、このパルス信号を識別してリレーを制御することで交流100Vのオン、オフを実現する電源制御モジュールを開発した(図4)。制御対象機器の電源コンセントをこのモジュールに接続することで、遠隔から電源制御ができるようになる。

また、パソコンのように突然電源が切れると故障するおそれがある機器との接続を考慮し、“電源オフ”の制御信号を受信



したことを事前に制御対象機器へ通知する“通知ポート”を設けた。

4.2 制御信号送信モジュール

制御信号送信モジュールはこのICに対する制御信号を送信するモジュールである。このモジュールは、パソコンなどの機器と接続するUSB (Universal Serial Bus) 端子、機器からの制御コマンドを解釈してモジュールの動作を制御するマイコン、及び制御コマンドで指定された制御信号を送信する無線LANインタフェースから成る。

制御コマンドは、制御信号を構成する各ビットの値や送信に関するパラメータ (チャネル, 信号強度, 再送回数, など) の設定と送信の指示を行う。

4.3 コンテンツ共有システム

今回試作したコンテンツ共有システムを図5に示す。このシステムは、動画コンテンツを保存するネットワーク対応ハードディスク (以下, NAS (Network Attached Storage) と記す) と動画コンテンツを再生するパソコンから成る。

NASは電源制御モジュールに接続し、遠隔から電源制御ができるようにした。その際、同モジュールの通知ポートとNASのUSBポートを接続し、電源オフを指示する制御信号を受信すると自動的にシャットダウン処理を実行するようにした。一方、パソコンには制御信号送信モジュールを接続し、アプリケーションの動作に合わせて制御信号を送信するようにした。

コンテンツ共有を実現するため、通信プロトコルUPnP^(注2)に対応するアプリケーションとして、NASではコンテンツを送信するサーバアプリケーションを、パソコンでは動画再生アプリケーションをそれぞれ動作させた。この試作でパソコンは、動画再生アプリケーションが電源オフになっているNASに格納された動画を選択したときに、制御信号送信モジュールを介して格納先のNASを起動する制御信号を送信する。また、動画のダウンロードが終了すると、再び電源をオフにするよう

に制御信号を送信する。

4.4 通信プロトコルの拡張

4.3節のシステムを実現するため、この試作では通信プロトコルであるUPnPを拡張している。具体的には、ネットワークへ接続している機器に向けてNASが定期的送信するメッセージに、このICによる遠隔電源制御ができることを示す情報を追加した。更に、その情報を入手する機器には対象機器のIDを要求する機能を追加し、NASには応答としてIDを返信する機能を追加した。

UPnPを用いる機器は既に広く普及しているが、これらの拡張は既存機器の動作を妨害しない。よって、既存アプリケーションに影響を与えることなくこの拡張を導入できる。

5 評価

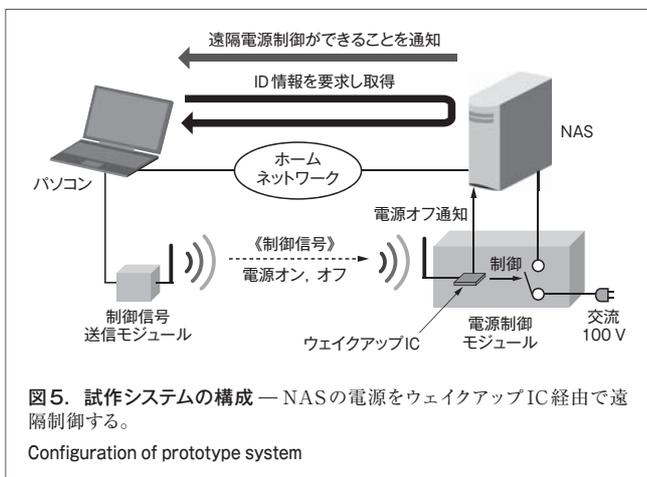
5.1 待機電力の評価

図5に示した試作システムにおいて、NASと電源制御モジュールの待機電力を測定した。その結果、0 Wであることを確認した。また、このシステムを1日使用した際の消費電力量も30%程度削減できる、との試算結果が得られた^(注3)。

5.2 無線LANとの共存

3章で述べたように、制御信号には他の無線LAN機器の送信を抑制する情報を設定している。その効果を確認するため、制御信号と同じチャネルを用いる他の通信が抑制されるかどうかを検証した。

図6は、他の無線LAN機器からデータを一定間隔で送信しているときに制御信号を送信し、抑制指示の有無により無線LANフレームの受信状況が変化するように示している。抑制指示を設定した場合は、データの送信間隔は変化するが、フレームは正しく記録されている。一方、設定しない場合



(注2) UPnPは、UPnP Implementers Corporationの商標。

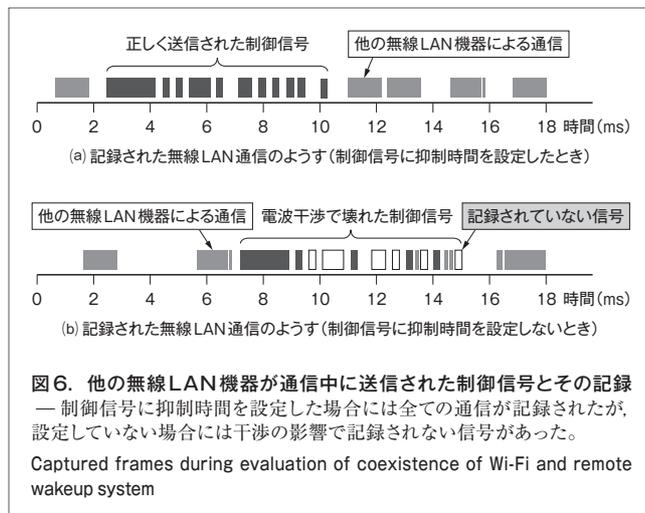


図6. 他の無線LAN機器が通信中に送信された制御信号とその記録 — 制御信号に抑制時間を設定した場合には全ての通信が記録されたが、設定していない場合には干渉の影響で記録されない信号があった。
Captured frames during evaluation of coexistence of Wi-Fi and remote wakeup system

(注3) 経済産業省告示第二百五十八号を元に独自のモデルを策定して算出。

は、制御信号もデータも記録できていない区間がある。これはデータと制御信号の衝突により、正常なフレームと解釈されなかった結果と考えられる。

これらの結果から、制御信号に設定した抑制指示により、他の無線LAN機器から制御信号を保護できることを確認した。

5.3 実環境での評価

試作したコンテンツ共有システムを実環境で動作させて、適用した方式の有効性を検証した。検証環境の一例を図7に示す。この検証では賃貸マンションの一室を使い、実際の生活と同様に電子レンジによる調理や無線LANで接続したパソコンでWebページを閲覧するなどして、電波干渉がある状況を作り出した。その状況下で試作システムを動作させ、動画が再生されるまでの時間を計測した。

表1に示す結果からわかるように、電波干渉なしに比べて電波干渉ありでは値が大きくばらついた。この結果を詳しく調査したところ、NASが起動した後の無線LAN通信が電波干渉を受けたことが遅延の原因であることが確認できた。すなわち、電波干渉がある状況下でも、干渉対策の効果により、制御信号は正しく到達していることが確認できた。

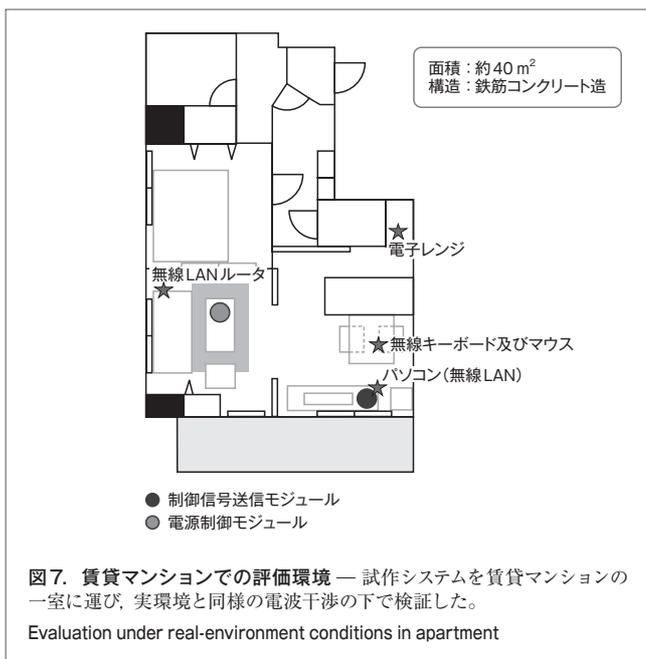


表1. 賃貸マンションでの評価結果

Results of evaluation in apartment

項目	動画再生までの時間 (s)	
	電波干渉なし	電波干渉あり
平均値	26.22	53.41
最大値	57.6	85.0
最小値	22.2	25.6
標準偏差	11.0	22.1

6 あとがき

ここでは、当社が開発した超低消費電力無線ウェイクアップICを活用したネットワーク機器の遠隔電源制御とそれを活用した試作システムについて述べた。この試作を通じて、他の無線LAN機器との共存や家電機器による電波干渉がある状況でも、要求に応じて電源のオン、オフができることを示した。

今後は、他の通信プロトコルを用いるシステムへの適応や家庭とは異なる環境での動作検証などを進めていく。

この研究は、総務省平成21年度第2次補正予算「ネットワーク統合制御システム標準化等推進事業」の一環として実施したものである。

文献

- Umeda, T.; Otaka, S. "ECO chip: Energy Consumption Zeroize Chip with a 953MHz High-Sensitivity Radio Wave Detector for Standby Mode Applications". Custom Integrated Circuits Conference, 2007 (CICC '07). San Jose, CA, USA, 2007-09, IEEE. p.663 - 666.
- Kogawa, T. et al. "Low power consumption wireless wake-up module controlling AC power supply at household appliances". 15th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), Singapore, 2011-06, IEEE. p.393 - 396.



石原 丈士 ISHIHARA Takeshi

研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー研究主務。IPv6などのネットワークプロトコルやネットワークの低消費電力化に関する研究・開発に従事。情報処理学会会員。Network System Lab.



大山 裕一郎 OYAMA Yuichiro

研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー。ネットワークの低消費電力化に関する研究・開発に従事。Network System Lab.



村上 貴臣 MURAKAMI Takaomi

研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー。ネットワークの低消費電力化に関する研究・開発に従事。映像情報メディア学会会員。Network System Lab.