Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

低消費電力無線電源制御モジュールに対する家庭内機器からの電波干渉の影響

村上貴臣[†1]　大山裕一郎[†1]　谷澤佳道[†1]
石原丈士[†1]　古川剛志[†1]
坂本岳文[†1]　鎌形映二[†1]

家電機器の待機電力の削減を目的として，2.4GHz 帯無線信号をトリガーにして動作する電源制御モジュールを試作した．本モジュールを用いたシステムは家庭内での使用を想定しているが，起動の成否は壁やドアの有無，間取りなどにより影響を受ける．また，ISM 帯である 2.4GHz 帯を使用するため，同周波数帯を使用する家庭内機器からの電波干渉を受ける．そこで筆者らは，実環境における本システムの有効性を確認するため，評価実験を行った．本稿では，その結果を報告し，家庭における設置条件を明らかにする．

Impact of Radio Wave Interference from Consumer Devices on Low-power Wireless Module Controling AC Power Supply

For the purpose of reducing standby power of consumer devices, we developed a module which controls AC power supply and waits remote wake-up signal in the 2.4GHz ISM band range with low power consumption. So, the radio waves emitted by some home appliances are supposed to interfered with the wake-up signal. In this article, we report impacts of the radio wave interference on receiving the signal and conditions for the appropriate installation of the module.

†1 株式会社東芝 研究開発センター
Toshiba Corporation, Research and Development Center.

1. はじめに

近年，家電機器の待機電力が無視できない無駄として認識されてきている．家庭の消費電力に占める待機電力の割合が 6%にのぼるという調査報告があり[3]，電気の節約や環境への配慮の観点から，省エネルギーセンター等により待機電力の削減が提案されている．家庭での待機電力削減のためには，電源プラグをコンセントから抜く，スイッチ付電源タップを利用する，といった方法がある．しかし，これらの方法では，機器がリモコン等による遠隔起動操作を受け付けられない状態になってしまい，本来備わっている利便性が損なわれる結果になっている．

そこで，筆者らのグループでは，コンセントから抜いた状態に匹敵するほど低い消費電力で，外部からの起動信号を待ち受けることができるウェイクアップ IC[2] を用いて，家電機器の遠隔電源制御システムを試作した[1]．このシステムは起動信号を送信する起動信号送信モジュールと，交流 100V の供給を制御する電源制御モジュールからなる．

本システムの起動信号は 2.4GHz 帯の電波を使用する．よく知られるように 2.4GHz 帯は ISM バンドと呼ばれ比較的自由に利用でき，家庭内で同周波数帯を使用する機器も多い．そのため，本システムの起動信号は家庭内の機器から電波干渉を受ける懸念がある．筆者らは，本遠隔電源制御システムが家庭内で電波干渉をどの程度受けるか，また電波干渉を受ける場合その影響がどの様に表れるかについて検証を行った．本稿では，その結果を述べ，家庭環境における設置条件を明らかにする．

本論文の構成は以下の通りである．2 章では，試作した遠隔電源制御システムについて述べる．3 章で検証内容について述べ，4 章で検証結果を示す．5 章で検証結果について考察し，6 章でまとめる．

2. 低消費電力ウェイクアップ IC を使った遠隔電源制御システム

ここでは評価対象である遠隔電源制御システムについて説明する．はじめに本システムの全体図を図 1 に，図 1 に含まれる 2 つのモジュールの外観を図 2 に示す．

起動信号送信モジュール (図 2 左) は，USB でパソコンと接続され，パソコンからの指示により図 3 に示すような起動信号を送信する．起動信号の ‘H’ レベルの各部分は，2.4GHz の無線 LAN フレームで構成される．電源制御モジュール (図 2 右) は，起動信号の受信に成功すると，交流 100V を通電する仕組みになっている．実験時は本モジュールに電球を接続し，点灯・消灯の目視により受信の成否を確認した．また，図 2 にある ON・OFF ボタ

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

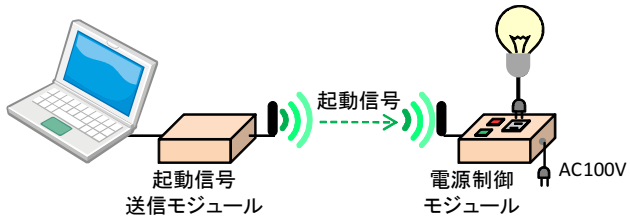

図 1　評価対象とする遠隔起動システムの構成

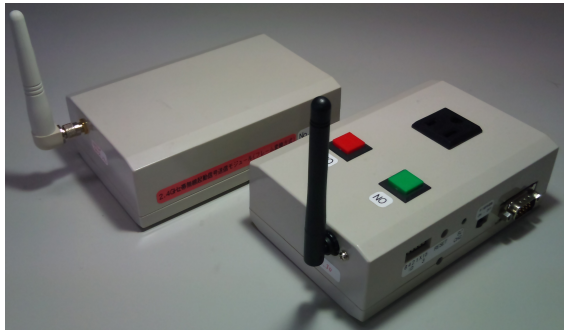

図 2　起動信号送信モジュール (左) と電源制御モジュール (右) の外観

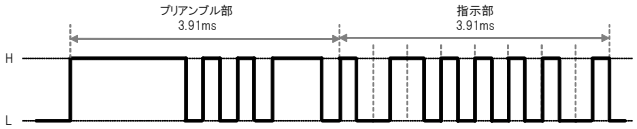

図 3　起動信号送信モジュールから送信される起動信号の例

ンでも通電と切断の操作ができる．

3. 家庭環境での披干渉評価

本検証の目的は，試作した遠隔電源制御システムに対する家庭内機器から発せられた電波による影響について評価することである．そこで，実際の家庭で起こりがちな環境を想定し，その環境下で起動信号の到達性を調べた．以降，3.1 節にて評価を行った住居と設置した家電機器について述べ，3.2 節にて評価手順を述べる．

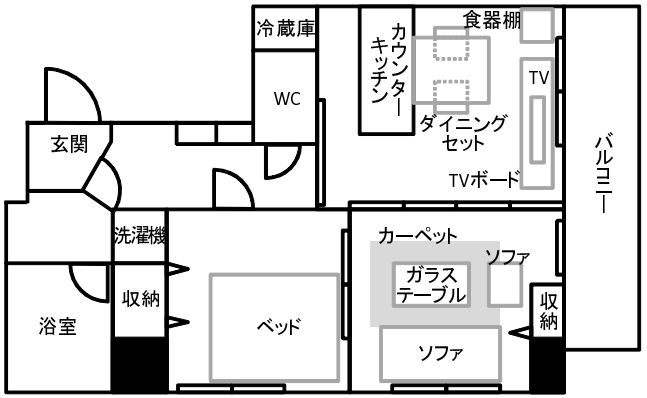

図 4　マンションの間取り図

表 1　マンションの物件情報

諸元	内容
面積	41.0m^2 2DK
構造	鉄筋コンクリート造
内壁	軽量鉄骨と石膏ボード、またはコンクリート壁と石膏ボード

3.1 評 価 環 境

3.1.1 評価に使用した住宅

本検証には表 1 に示すマンションを使用し，その間取りは図 4 の通りである．なお，什器についてはマンションに初めから設置されていたものをそのまま使用した．

総務省統計局の資料[4] によれば，このマンションの広さは共同住宅の全国平均値 (47.92m^2) とほぼ同じである．また，一戸建て住宅 (平均 128.64m^2) の多くが 2 階建てであると仮定すれば，1 階あたりの面積は 50m^2 から 70m^2 程度と考えられる．よって，面積の観点では，本評価場所での評価結果は他の住宅にも適用できると考えらえる．

3.1.2 家庭内に設置した家電機器

一般家庭で利用される家電機器から発せられる電波の影響を調べるため，表 2 に示す機器を使用した．2 つの電子レンジは内部構造が異なり，電子レンジ (小) はトランス式，電

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

表 2 評価に使用した家電機器

種別	製品名	通信仕様
電子レンジ（小）	NE-EH212	-
電子レンジ（大）	NE-W303	-
ゲーム機	PlayStation3	IEEE 802.11 b/g
	ワイヤレスコントローラ	Bluetooth
無線 LAN ルータ	WZR-HP-AG300H	IEEE 802.11 a/b/g/n
ワイヤレスキーボード・マウス	MK320	独自規格
ノートパソコン	dynabook RX3	IEEE 802.11 a/b/g/n

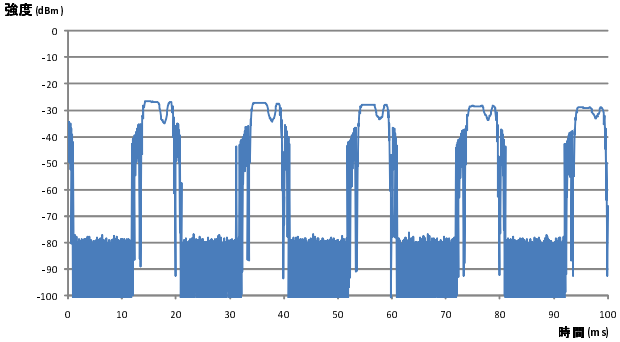

図 5 電子レンジ (小) が発する電波の時間変化

子レンジ (大) はインバータ式である．この構造の違いに起因して発する電波のパターンが異なっており，図 5 と図 6 に示すような電波が観測できる．ワイヤレスキーボード・マウスについては，独自の無線方式を使用しており，通信中にチャネルは変化せず，出力は他の機器よりも弱い．その他の通信仕様に従う機器については，各仕様で規定している通りの電波を発する．

3.1.3 モジュールおよび家電機器の配置

本遠隔電源制御システムは起動信号送信モジュールと電源制御モジュールで構成されるが，各々のモジュールを設置する場所によって起動信号の到達性や干渉の影響が異なると考えられる．そこで，家庭内で機器を操作することを想定して複数の場所に設置した (図 7)．

一方，家電機器の設置場所についても複数の可能性が考えられる．例えば，1 つの機器を使用する場合と複数の機器を同時に使用する場合である．単身世帯であれば複数の機器を同

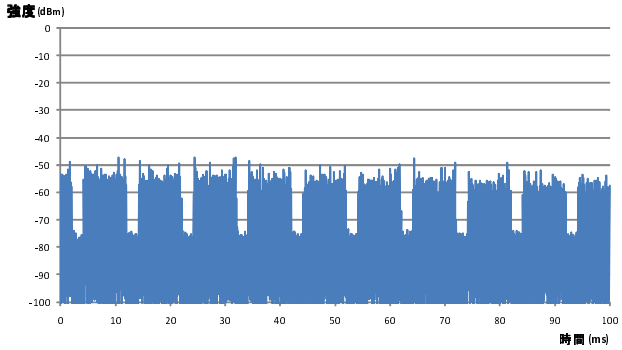

図 6 電子レンジ (大) が発する電波の時間変化

表 3 電波干渉源の組み合わせ (2 つの場合)

番号	干渉源 1	干渉源 2
1	ノートパソコン	ワイヤレスキーボード・マウス
2	PlayStation3, ワイヤレスコントローラ	ワイヤレスキーボード・マウス

時に使用するケースは少ないと考えられるが，複数人が生活する場合には同時に使用する可能性もある．本検証では，家電機器からの干渉をより大きく受ける可能性がある場合について検証することとし，表 2 に挙げた家電機器を組み合わせて使用した．その際，住宅面積から居住者数を 3 名とし，その内 1 名は本システムを操作するものとした．また，ノートパソコンおよび PlayStation3 はネットワークに接続する機能を持っているため，無線 LAN アクセスポイントを設置して家庭内 LAN を構築した．一連の条件を踏まえた家電機器の組み合わせを表 3 と表 4 に，設置場所を図 8 に示す．図 8 の A から F までの記号の意味は表 5 の通りである．

3.2 評価手順

前節のモジュールおよび家電機器の配置で述べた全ての組み合わせについて，以下の手順で評価した．手順 (1) にて各家電機器を動作させる際には，表 6 の通り操作した．

(1) 家電機器を動作させる．
(2) 起動信号を 1 回送信する．
(3) 電球が点灯するか否かを確認する．

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

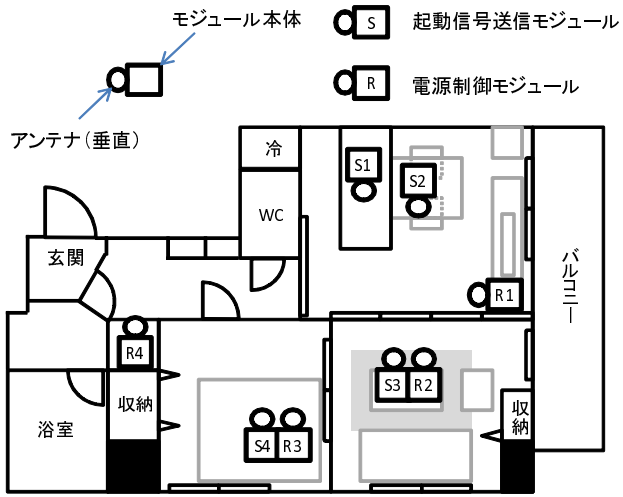

図 7 モジュールの設置場所

表 4 電波干渉源の組み合わせ (3 つの場合)

番号	干渉源 1	干渉源 2	干渉源 3
3	PlayStation3 本体と ワイヤレスコントローラ	ノートパソコン	ワイヤレスキーボード・マウス
4	電子レンジ (小)	ノートパソコン	ワイヤレスキーボード・マウス
5	電子レンジ (小)	PlayStation3 本体と ワイヤレスコントローラ	ワイヤレスキーボード・マウス
6	電子レンジ (大)	ノートパソコン	ワイヤレスキーボード・マウス
7	電子レンジ (大)	PlayStation3 本体と ワイヤレスコントローラ	ワイヤレスキーボード・マウス

表 5 家電機器の設置場所 (図 8 の凡例)

設置場所	機器
A	ノートパソコン
B_{pc}	ワイヤレスキーボード・マウス (PC と接続して使用)
B_{ps3}	ワイヤレスキーボード・マウス (PlayStation3 と接続して使用)
C	PlayStation3 本体
D	PlayStation3 ワイヤレスコントローラ
E	電子レンジ (大) もしくは 電子レンジ (小)
F	無線 LAN アクセスポイント

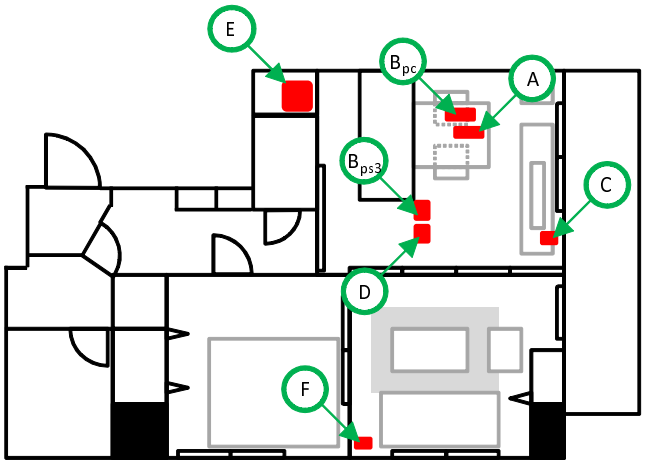

図 8 家電機器の設置場所

表 6 評価時の家電機器の操作

家電機器	操作内容
ノートパソコン	Web ブラウザでニュースサイトを閲覧する．1 つのニュースについて 25 秒間程度閲覧し，次のニュースに移動する．
ワイヤレスキーボード・マウス (PC と接続して使用)	マウスを継続的に動かす．
ワイヤレスキーボード・マウス (PlayStation3 と接続して使用)	マウスを継続的に動かす．
PlayStation3 本体	起動直後の画面を表示しておく．
PlayStation3 ワイヤレスコントローラ	継続的にスティックを操作する．
電子レンジ (大)	レンジ (700W) で運転する．
電子レンジ (小)	レンジ (750W) で運転する．
無線 LAN アクセスポイント	デフォルト設定で電源オンの状態とする．

(4) 電球が点灯した場合，電源制御モジュールの OFF ボタンを押して消灯する．
(5) 起動信号を 100 回送信するまで手順 (2) から (4) を繰り返す．
(6) 家電機器を停止させる．
(7) 電球の点灯回数を記録する．

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

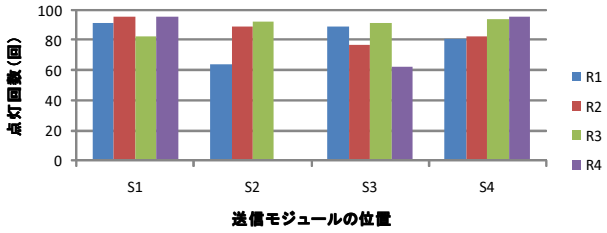

図 9 評価結果（組番号 1）

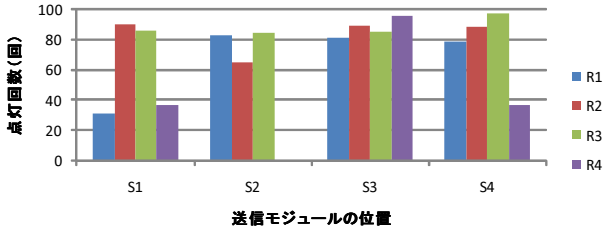

図 10 評価結果（組番号 2）

4. 評価結果

結果は図 9 から図 15 のとおりである．各図のタイトルに付した「組番号」は表 3 と表 4 の番号に対応する．

5. 考　　察

無線 LAN 機器 (ノートパソコンと無線 LAN アクセスポイント) を動作させたとき (組番号 1) は電子レンジを動作させたとき (組番号 4〜7) に比べて，電球の点灯回数が多くなる傾向があった．この理由には以下の 2 つが考えられる．

第一に，干渉電波の時間的な密度の違いである．図 5 と図 6 で示したように，電子レンジが電波を発しない時間は長くても 10ms 程度である．これに対して，無線 LAN 機器では通信時には短い間隔で電波を発するが，無通信時にはビーコン間隔 (100ms 程度) にまで広がる．表 6 に示したように，今回の評価手順ではニュースサイトを閲覧して通信しない状態

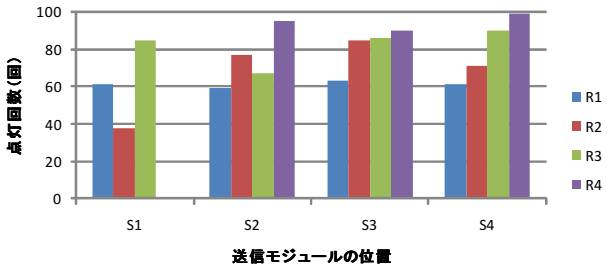

図 11 評価結果（組番号 3）

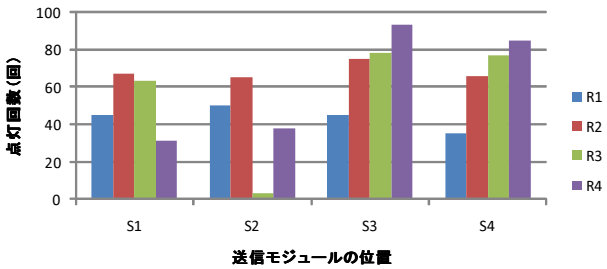

図 12 評価結果（組番号 4）

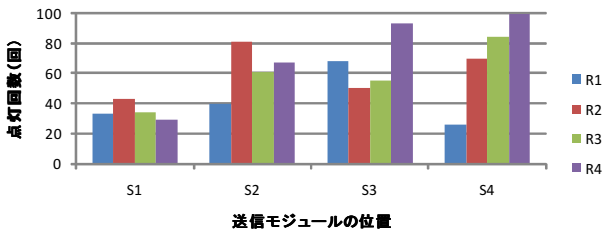

図 13 評価結果（組番号 5）

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

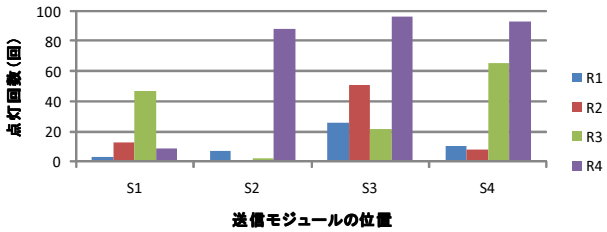

図 14 評価結果（組番号 6）

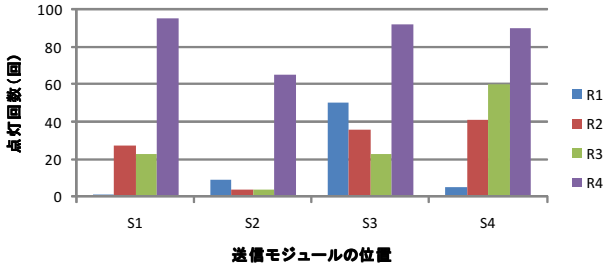

図 15 評価結果（組番号 7）

が 25 秒間程度継続することから，無線 LAN 機器から発せられる電波の時間的密度は十分低かったものと考えられる．このため，起動信号が到達しやすくなったと考えられる．

第二に，干渉電波の強さの違いである．今回の評価では，全ての組においてワイヤレスキーボード・マウスの電波は継続的に発せられていたが，他の機器が発する電波に比べると非常に弱い (図 16)．このため，ワイヤレスキーボード・マウスの電波は影響をほとんど与えず，電子レンジもしくは無線 LAN 機器が発する電波の影響が支配的だったものと考えられる．その結果，第一の理由により，無線 LAN 機器と電子レンジとの間で点灯回数に差が生じたと考える．

同様に，Bluetooth 機器 (PlayStation3 本体とワイヤレスコントローラ) を動作させたとき (組番号 2) も，電子レンジ (組番号 4〜7) に比べて電球の点灯回数が多くなる傾向があった．これについても干渉電波の時間的密度の差として説明できる．Bluetooth は周波数ホッピングを行いながら継続的に電波を発するが，転送すべきデータが無い場合には電波を発し

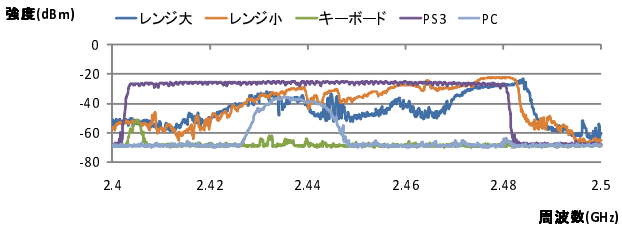

図 16 家電機器が発する電波の強さ (R1 にて測定)

ない．このため，時間的密度が電子レンジに比べて低かったものと考えられる．

電子レンジ (小) の動作時 (組番号 4，5) は，電子レンジ (大) の動作時 (組番号 6，7) に比べて電球の点灯回数が多かった．これは，電子レンジ (小) では動作中に電波を発しない時間が 10ms 程度あるのに対して (図 5)，電子レンジ (大) では 2ms 程しかない (図 6)．図 3 で示したように，起動信号は約 8ms であるため，電子レンジ (大) では干渉無く受信することは困難である．

各組み合わせにおいて，“S1→R4” と “S2→R4” については，他の配置に比べて結果が安定していない．これには以下の理由が考えられる．まず，電源制御モジュールが起動信号送信モジュールから比較的離れた位置に設置されているうえ，壁に囲まれている．また，設置場所は細い廊下で隔てられている．このため，透過や反射により減衰した不安定な起動信号しか到達しなかったものと考えられる．これらの作用は人の位置や什器の向きなどに影響をうけるため，評価結果にばらつきが生じたと考えられる．また，“S1” と “S2” は金属性のキッチンシンク付近に位置するため，その影響を受けたと考えらえる．

一方，電子レンジ動作時 (組番号 4〜7) において，電源制御モジュールを “R4” に設置すると点灯回数が増加する傾向が見られる．これは電子レンジからの干渉電波が電源制御モジュールに到達しにくかったことが理由と考えられる．

本検証を通じ，電子レンジがその実装方式に関わらず大きな影響を与えることがわかった．ただし，電子レンジは長時間稼働させる機器ではないため，起動信号送信時に電子レンジが動作している可能性は低いと考えられ，家庭内での共存という観点では大きな問題にはならない．さらに，電子レンジ使用中であっても到達する場合があることが確認できたので，起動信号を適切に再送すれば，電子レンジの動作時であっても起動信号の到達性は改善する．また，設置場所については，電波干渉源からなるべく離すこと，遮蔽物をなくすこと

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MBL-59 No.4
Vol.2011-CDS-2 No.4
2011/9/5

が有効と考えられる．

以上の考察から電源制御モジュールの設置条件について考えると，

- 強い電波を発する機器からなるべく離して設置する
- 遮蔽物が少ない場所に設置する
- 連続した電波を発する機器と同時に使用しない

の 3 点に注意が必要である．

6. おわりに

本実験では，低消費電力な起動信号の待受けを実現する電源制御モジュールへの家庭内機器からの電波干渉の影響を調べ，無線 LAN や Bluetooth の電波環境下で概ね良い結果が得られた．また，電子レンジとの同時使用のためには，キッチン付近に電源制御モジュールを設置しない等の設置の工夫が必要になる，という知見が得られた．

今後の課題としては，2.4GHz 帯以外の周波数帯域を利用することで電波干渉のリスクを低減することや，電波干渉に強い起動信号送信方法の開発により 2.4GHz 帯機器との共存性を高めることを考えたい．

謝辞　本研究の一部は，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推進事業」の一環として実施したものである．

参 考 文 献

1) Kogawa, T., Ishihara, T., Ogura, K., Umeda, T. and Sakamoto, T.: Low Power Consumption Wireless Wake-up Module Controlling AC Power Supply at Household Appliances, *IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)* (2011).
2) Umeda, T. and 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. IEEE*, pp.663 –666 (2007).
3) (財) 省エネルギーセンター：平成 20 年度待機時消費電力調査報告書 (2011).
4) 総務省統計局：平成 20 年住宅・土地統計調査 (2011).
http://http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/index.htm (オンライン, 2011 年 7 月).

© 2011 Information Processing Society of Japan