

ホームITシステム“フェミニティ”の920 MHz帯無線による通信性能向上とHEMSプラットフォームへの展開

Enhancement of Communication Performance of "FEMINITY" Home IT System and Its Development as HEMS Platform with 920 MHz Wireless Communication

門間 信行 寺本 圭一

■ MONMA Nobuyuki ■ TERAMOTO Keiichi

東芝グループが提供しているホームIT（情報技術）システム“フェミニティ”では、中核デバイスとなるホームゲートウェイと、エアコンなどの家庭内の家電機器（以下、フェミニティ家電機器と呼ぶ）との双方に通信機能を搭載し、ネットワークを介しての操作や制御を可能にしている。通信を無線で行うための伝送メディアとしては、従来は2.4 GHz帯無線であるBluetooth[®]を用いていたが、今回、新たな伝送メディアとして920 MHz帯特定省電力無線（以下、920 MHz帯無線と略記）を追加した。

東芝の体験型展示・実証施設“Toshiba Smart Home”での920 MHz帯無線の実験で、Bluetooth[®]では届きにくいような離れた地点や障害物がある地点でも十分な電波強度で通信できることを確認した。またホームゲートウェイは、920 MHz帯無線を用いることでスマートメータとの通信に加えて複数のフェミニティ家電機器との同時通信も可能になり、エネルギー量の可視化とともに個々のフェミニティ家電機器を一括管理して運用するHEMS（Home Energy Management System）プラットフォームとして適用できるようになる。

In the Toshiba Group's "FEMINITY" home information technology (IT) system, both the home gateway, which is the core device of the system, and home appliances, such as air conditioners, are equipped with communication functions. Communication and control are implemented via these functions. Bluetooth[®] 2.4 GHz wireless communication has conventionally been used as the system's transmission medium for wireless communication.

We have now enhanced the performance of the system by adding energy-saving 920 MHz wireless communication capability. Through experiments using the Toshiba Smart Home, a facility for interactive exhibitions and demonstrations, we have confirmed that the communication waves can reach remote areas and areas located behind obstacles with sufficient strength, which has previously been difficult using Bluetooth[®]. Furthermore, the home gateway can simultaneously communicate with both a smart meter and multiple home appliances. This facilitates the use of the home gateway as a platform for a home energy management system (HEMS) by monitoring energy usage and controlling and managing all related devices.

1 まえがき

東芝グループは、家庭内ネットワークを用いたサービスとしてホームITシステム“フェミニティ”の事業展開を進めてきた^{(1),(2)}。フェミニティではホームゲートウェイを家庭内ネットワークの中核とし、エアコンや、照明機器、エネルギー計測ユニットなどのフェミニティ家電機器をホームゲートウェイと接続して、HEMSや、宅内監視、遠隔機器制御など様々なサービスを提供している。

ホームゲートウェイとこれらフェミニティ家電機器との接続に用いる伝送メディアとして、これまで無線ではBluetooth[®]、有線ではEthernet[®]を使ってきた。

今回、フェミニティをより使いやすくするために、新たな伝送メディアとして920 MHz帯無線を加えた。920 MHz帯は2012年7月から新たに国内で使用できるようになった無線帯域である。Bluetooth[®]で用いられる2.4 GHz帯に比べると伝送速度は100 kビット/s程度と劣るものの、干渉が少なく見通し通信距離が長い。更に、回り込み特性に優れているために障害物に強いうえ、同距離の通信では低消費電力であるという長所を持つ。920 MHz帯無線が持つこうした特長を生かして、センサネットワークや、M2M（Machine to Machine）通信、スマート

メータ、HEMS、BEMS（Building EMS）などの分野への応用が注目されている。

ここでは、より広範な範囲をカバーできる920 MHz帯無線を家庭内ネットワークに導入することによって生じるメリットや、その実現手法、適応事例とその効果などについて述べる。

2 現状システムの無線利用における問題と対策

Bluetooth[®]は2.4 GHz帯を用いる無線である。従来のホームゲートウェイに搭載しているBluetooth[®]の見通し通信距離は100 mであり、距離の面では一戸の住宅であれば十分にカバーできる能力を持っている。

しかし、2.4 GHz帯無線は回り込み特性が弱く、厚い壁や、床、家具などの障害物があるとその影になる場所では通信できないことがある。結果として、親機と子機の一対だけでは一戸の住宅全体をカバーできない場合も確認されている。

また、マンションのような新築物件に導入する際には、ユーザーの入居前にホームゲートウェイ及びフェミニティ家電機器を設置する機会が多い。このとき、設置作業時には問題なく通信できても、ユーザーの入居後に後から運び込まれた家具

などが通信上の障害物となって通信不良を起こすケースもあり、問題になる可能性がある。

このような場合の対策として、中継器用にホームゲートウェイをブリッジモードに設定してアクセスポイントとして増設する方法が有効であるが、ユーザーの購入負担増となってしまう。

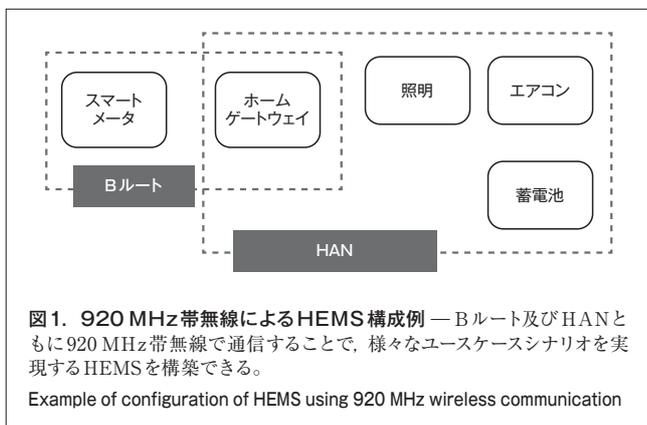
東芝グループはこうした問題の解決手段として、920 MHz帯無線を用いることにした。920 MHz帯無線の回り込みやすい特性を生かして、住宅内全体をカバーできるようにすることが狙いである。

3 920 MHz帯無線導入によるHEMS構成

スマートメータの情報伝達のルートには、電力会社とスマートメータを結ぶAルート、スマートメータと家庭内機器を結ぶBルート、及び電力会社と電力会社に集まったデータを活用する第三者を結ぶCルートがある。

920 MHz帯無線は、スマートコミュニティ・アライアンス(JSCA)内に設置されたスマートハウス・ビル標準・事業促進検討会による運用ガイドラインでBルートを構成する伝送メディアの一つとして定められている⁽³⁾。東芝グループのホームゲートウェイは、既に多くの電力会社が採用を決定している920 MHz帯無線通信方式のWi-SUN (Wireless Smart Utility Network) をベースとしたBルート通信に、2014年9月から対応している。

家庭内機器どうしを結ぶネットワークはHAN (Home Area Network) と呼ばれる。従来の製品では、Bluetooth⁽⁴⁾やEthernet⁽⁴⁾を用いたHANを対象に制御システムを構築していたが、今回、920 MHz帯無線によるHANを新たに導入した。HANに接続されるフェミニティ家電機器の通信アダプタに920 MHz帯無線を導入することで、Bルート及びHANともに920 MHz帯無線で通信できるようになる(図1)。この結果、スマートメータから取得する計測データに基づきフェミニティ家電機器へのエネルギー抑制制御を行うなどのユースケースシナリオを実現するHEMSシステムを構築できる。



4 Bルート及びHANへの対応

4.1 通信プロトコルの概要

Wi-SUN方式によるBルート通信に対応するためには、Wi-SUNアライアンスが規定するBルート向けプロファイル規格「Wi-SUN Profile for ECHONET Lite」に準拠する必要がある。また、その上位機器操作プロトコルとなるECHONET Lite⁽⁴⁾規格適合性認証、及びアプリケーションレベルの挙動を規定したSMA認証(スマート電力量メータ・HEMSコントローラ間アプリケーション通信インタフェース仕様適合性認証)についても対応が必須となる(いずれも一般社団法人 エコーネットコンソーシアムにより規定されている⁽⁴⁾)。

Wi-SUNアライアンスでは、HAN通信に対応する仕様についても規格化が進んでいる。HAN仕様はBルート仕様の構成要素を多く採用しており、ホームゲートウェイのようなコントローラ機器が比較的容易に二つのネットワークへ個々に接続できるよう配慮されている。

ホームゲートウェイは920 MHz帯の通信モジュール(6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks) 層を含む)を仮想通信デバイス化することにより、上位の通信スタックからは基本的に他の通信デバイスと同様に扱うことができる。ただし、Bルートについては、他の通信デバイスとのブリッジやルーティングを実施することが前述の運用ガイドラインで禁止されているため、BルートとHANにおける個々の通信デバイスは分離されている。

4.2 ホームゲートウェイの動作

ホームゲートウェイは、Bルートについては親ノードであるスマートメータに接続される子ノードとして、HANについては子ノードである各フェミニティ家電機器が接続される親ノードとして動作する。また、MAC (Media Access Control) 層でのこれに則した異なる動作への対応に加え、上位層でのPANA (Protocol for Carrying Authentication for Network Access, RFC5191⁽⁵⁾) 認証動作では、Bルート使用時にはPaC (PANAクライアント)、HAN使用時にはPAA (PANA認識エージェント)として機能し、同時に稼働することも可能になっている。

PANA認証完了後、ECHONET Lite⁽⁴⁾通信を行うデーモンプログラムが起動され、ホームゲートウェイはHEMSコントローラとして、スマートメータ及びフェミニティ家電機器に対する動作を開始する。

4.3 アプリケーションの動作

アプリケーションはECHONET Lite⁽⁴⁾ライブラリを用いてスマートメータ及びフェミニティ家電機器の制御を行う。ECHONET Lite⁽⁴⁾ライブラリは920 MHz帯無線によるBルート及びHAN、並びにBluetooth⁽⁴⁾及びEthernet⁽⁴⁾によるHANの全てに共通となるように実装した。すなわち、通信相手機器を特定するID(識別情報)を指定すれば、ECHONET Lite⁽⁴⁾ライブ

タリが自動的に相手機器が接続されているネットワークを判別し、920 MHz帯無線によるBluetooth^(†)及びEthernet^(†)によるHANのうちの適切なインタフェースに振り分け、それぞれの通信路を経由して通信を行う。このため、アプリケーションからは通信相手の機器が属するネットワークを意識することなく制御を行うことができる。

5 利用方法

ここでは920 MHz帯無線のHANを使用して家電サービスを利用する方法について述べる。

5.1 家電機器との接続方法

5.1.1 Bluetooth^(†)の場合 比較のために、Bluetooth^(†)通信の場合について先に述べる。

まず、Bluetooth^(†)通信アダプタを装着したフェミニティ家電機器を初期登録モードにセットする。Bluetooth^(†)通信アダプタは初期登録モードにセットされるとホームゲートウェイからの機器検索に応答する動作モードに入る。

次に、ユーザーがホームゲートウェイの設定画面を開いて機器検索を実行すると、初期登録モードにセットしたフェミニティ家電機器を検出する。ユーザーがそのフェミニティ家電機器に対して接続を指示すると、ホームゲートウェイは指定されたフェミニティ家電機器に対して接続処理を実行する。すなわち、Bluetooth^(†)の場合、見かけ上フェミニティ家電機器をホームゲートウェイ側から接続しに行く形となり、初期登録モード完了後には、フェミニティ家電機器側からホームゲートウェイへ接続する形態となる。

5.1.2 920 MHz帯無線の場合 一方、920 MHz帯無線通信の場合は逆に、フェミニティ家電機器に装着された920 MHz帯無線通信アダプタ（以下、HANアダプタと呼ぶ）がホームゲートウェイに接続を試みる形態となる。

まず、HANアダプタを初期登録モードに設定すると、HANアダプタは複数のチャネルに対してペアリングID（ネットワークID）を含むスキャンを実行して接続先のノードを検索する。次に、ホームゲートウェイの設定画面（図2）から接続を指示する。ホームゲートウェイはHANアダプタが実行するスキャンを受入れ可能な場合、そのHANアダプタとの920 MHz帯通信の確立とPANA認証を実施する。接続が成功するとECHONET Lite^(†)での通信が可能になる。

5.2 アプリケーションの利用

ECHONET Lite^(†)通信が可能になれば、前述したようにアプリケーションからはBluetooth^(†)やEthernet^(†)で接続された機器とHANアダプタで接続された機器はまったく同様に扱うことができる。このため、東芝グループの家電制御サービスであるSimpleHEMSや“フェミニティ倶楽部”が提供する各フェミニティ家電機器向けのサービスコンテンツをそのまま利用できる。



図2. HANアダプタを装着したフェミニティ家電機器の接続設定画面 — フェミニティ家電機器は認証IDとパスワードによって識別され、ホームゲートウェイに接続される。

Graphical user interface (GUI) display to establish connection between home gateway and FEMINITY appliances with home area network (HAN) adapter



図3. エアコン制御サービス画面の例 — 接続する伝送メディアの種類に関わらず、共通の画面でフェミニティ家電機器を操作したり動作状態に関する情報を取得したりできる。

Example of GUI display for control of multiple air conditioners

一つのホームゲートウェイにBluetooth^(†)通信アダプタを装着したエアコン1台、及びHANアダプタを装着したエアコン2台を接続し、SimpleHEMSが提供するエアコン向けコンテンツから制御する例を図3に示す。接続に用いる伝送メディアが異なってもコンテンツは共通であり、ユーザーは伝送メディアの違いを意識することなくサービスを利用できる。

6 実証実験

HANに対応したホームゲートウェイの通信性能を確認するために、東芝の体験型展示・実証施設“Toshiba Smart Home”で実験を行った。Toshiba Smart Homeは一戸建ての住宅を模擬したもので、実際に生活できるよう家具や家電なども備えた状態で運用されており、実住居に近い環境となっている。

実証実験でのフェミニティ家電機器の設置場所を表1に、レイアウトを図4に示す。住宅2階の倉庫内に置かれたホームゲートウェイから、住宅1階の各箇所に置かれた家電機器について、920 MHz帯で接続を試み、通信の可否を判定した。また、電波強度も測定した。

結果を表2に示す。ホームゲートウェイから宅内でもっとも遠く離れた箇所①、及びクローゼット内のように障害物の多い箇所②でも、920 MHz帯無線では問題なく接続できた。電波強度も一般に良好な通信状態の目安とされる約-90 dBm以上という条件に対して余裕があり、良好であった。

前述したように、Bluetooth^(TM)を用いた場合は回り込み特性が弱いために、住宅において異なる階間の通信では広い範囲をカバーできない場合が多い。これに対して、今回の実験ではホームゲートウェイと家電機器の間には倉庫の扉や、壁、床、

各種家具、家電といった様々な障害物が存在したが、それらの障害物があっても良好な通信ができた。また、920 MHz帯無線を用いた場合でもBluetooth^(TM)家電向けのサービスコンテンツを問題なく利用でき、通信性能上も支障なかった。これらの結果から、920 MHz帯無線の導入目的であった、住宅内において直接カバー可能な通信範囲の拡大を実現できることを確認した。

7 あとがき

これまで展開していた家庭内ネットワークサービスに、新たな伝送メディアとして920 MHz帯無線を導入した。

Toshiba Smart Homeでの実験で、従来用いていた伝送メディアであるBluetooth^(TM)では届きにくいような、実住居環境における障害物がある地点でも十分な電波強度で通信できることを確認した。今後、HEMSプラットフォームとしての適用拡大を進める。

文献

- (1) 平原茂利夫 他. ホームネットワークを活用した家庭内省エネ技術—フェミニティTM電力モニターサービス, 東芝レビュー. **63**, 10, 2008, p.7-10.
- (2) 一色正男 他. 次世代ITマンションシステム, 東芝レビュー. **61**, 10, 2006, p.37-40.
- (3) JSCA スマートハウス・ビル標準・事業促進検討会. HEMS-スマートメーターブルート(低圧電力メーター)運用ガイドライン[第2.0版]. 経済産業省, 2014, ホームページ. <http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoujo/smart_house/pdf/006_s03_00.pdf>, (参照 2015-06-09).
- (4) エコネットコンソーシアム. “認証制度”. エコネットコンソーシアムホームページ. <http://www.echonet.gr.jp/kikaku_ninsyo/index.htm>, (参照 2015-08-19).
- (5) Forsberg, D. et al. Protocol for Carrying Authentication for Network Access (PANA). Internet Engineering Task Force (IETF), 2008. <<https://tools.ietf.org/rfc/rfc5191.txt>>, (accessed 2015-08-19).

- Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標。
- Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。
- ECHONETLiteは、一般社団法人 エコネットコンソーシアムの商標。

表1. 実証実験に使用した機器と設置場所

Types and locations of devices used in communication tests

実験箇所 (図4中の記号)	機器	設置場所
★	ホームゲートウェイ	2階倉庫内
①	フェミニティ家電機器	LDKテーブル上
②	フェミニティ家電機器	LDKクローゼット内
③	フェミニティ家電機器	アイランドキッチン上(LDK中央付近)
④	フェミニティ家電機器	アイランドキッチン上(LDK窓側)
⑤	フェミニティ家電機器	テレビ台上
⑥	フェミニティ家電機器	1階の階段下廊下(床置き)

LDK: Living Room, Dining Room, Kitchen

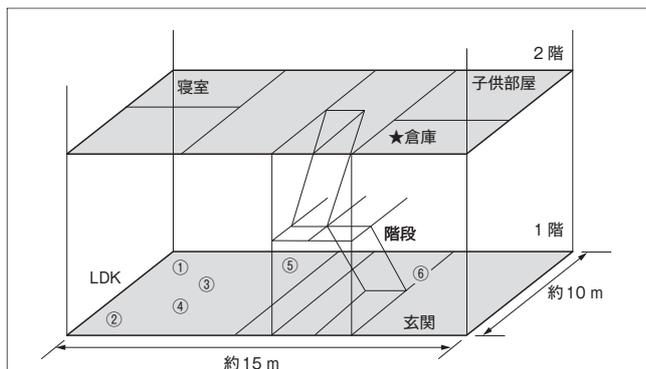


図4. Toshiba Smart Homeのレイアウト及び実証実験に使用した機器の設置場所—2階の倉庫にホームゲートウェイ、1階の様々な箇所にフェミニティ家電機器を配置した。

Layout of Toshiba Smart Home and locations of devices in communication tests

表2. 各実験箇所での通信結果

Results of communication tests

実験箇所	通信可否	電波強度*(dBm)
①	可	-73
②	可	-78
③	可	-69
④	可	-69
⑤	可	(測定せず)
⑥	可	(測定せず)

*5回測定した平均値



門間 信行 MONMA Nobuyuki

東芝ライテック(株) 照明電材事業本部 住空間技術部。
ホームネットワークシステムの設計・開発に従事。情報処理学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



寺本 圭一 TERAMOTO Keiichi

東芝ライテック(株) 照明電材事業本部 住空間技術部参事。
情報処理・通信技術の製品応用に従事。情報処理学会、照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.