

# 三菱通信ゲートウェイ“smartstar”

岡 稔久\* 小林正典\*  
佐藤浩司\*  
小西将和\*

Mitsubishi Communication Gateway "smartstar"

Toshihisa Oka, Koji Sato, Masakazu Konishi, Masanori Kobayashi

## 要 旨

近年、HEMS(Home Energy Management System)等のエネルギー管理サービスや、各種センサデバイスからのデータ収集・蓄積と、蓄積データに基づく分析・制御を行うIoT(Internet of Things)サービスなどが注目されている。こうした中、宅内デバイスやセンサ機器が収容されるネットワークとクラウドをつなぐ通信ゲートウェイ装置は、機器を制御する様々なサービスのための中継機器として重要な役割を担っている。

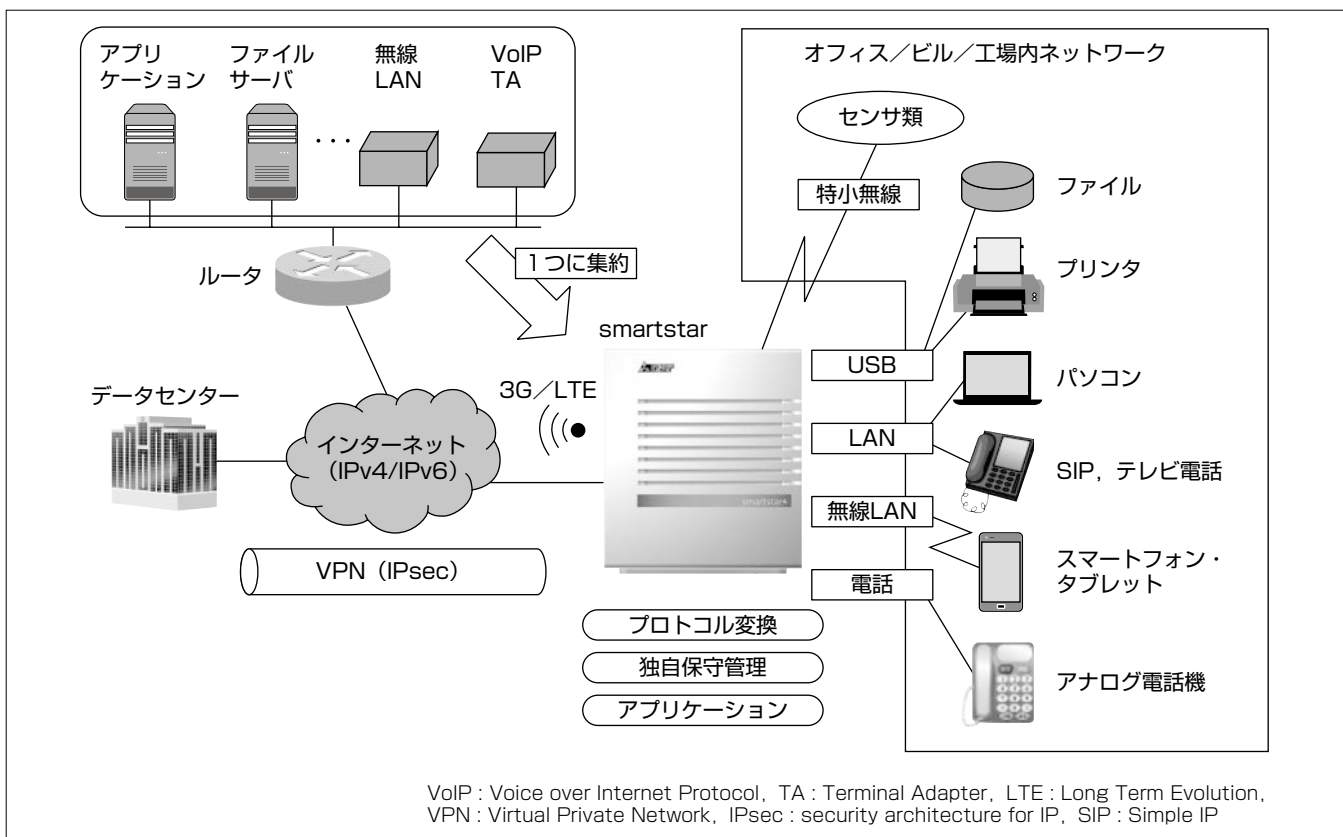
三菱電機が2014年4月に発売した通信ゲートウェイ“smartstar”は、様々なネットワークインタフェースを収容する双方向1 Gbpsのルータ機能、柔軟な機能追加を可能とするOSGi<sup>(注1)</sup>プラットフォームを実装し、家庭だけで

なく、工場・ビルにおける省エネルギーなど様々なクラウドサービスへの対応と、容易なシステム構築を可能とした。

一方で、クラウドサービスの進化に伴い、多様な端末機器や通信方式への対応や、データ加工や暗号化等、高い計算処理能力へのニーズが高まってきている。これらの要求に対応するため、当社は2014年度に通信ゲートウェイsmartstarの機能・性能をさらに進化させる開発を行った。

本稿では、各種サービスの実現に向けた課題を挙げるとともに、それらを解決するsmartstarの強化ポイント、それらを支える技術について述べる。

(注1) OSGiは、OSGi Allianceの登録商標である。



## 通信ゲートウェイ“smartstar”

通信ゲートウェイsmartstarは、有線/無線LANやUSB等による多様なデバイスの接続、アプリケーションソフトウェアの追加を可能とし、従来は複数の汎用通信装置・パソコンで構成されていたシステムをsmartstar 1台で実現する。追加するアプリケーションソフトウェアの例としては、既存システムと新規システム間のプロトコル変換機能、保守・管理機能、各種センサの情報収集・見える化機能、遠隔監視機能などがある。

### 1. ま え が き

パソコン、スマートフォン、タブレット端末といった我々人間が直接操作して“ネットワークサービスを使うための端末機器”に加え、スマート家電、スマートメータ、センサ、監視カメラなど、ネットワークに接続されることで新たな付加価値を生み出すネットワークデバイスが次々に現れている。さらに、これらネットワークデバイスと連携して実現されるサービスも多様化の一途をたどっている。

このようなネットワークデバイスやサービスの多様化に伴って通信ゲートウェイに対して求められる柔軟性や処理性能は高まりつつあるが、それに対応するため、通信ゲートウェイsmartstarの機能・性能を強化した。

本稿では、通信ゲートウェイsmartstarによって実現できるサービスの適用事例と課題、強化したsmartstarの機能・性能及びそれらの構成技術について述べる。

### 2. 適用事例

#### 2.1 家庭向け電力管理への適用<sup>(1)</sup>

HEMSと通信ゲートウェイを宅内に設置し、各種家電機器や住設機器の情報を収集することで、家庭内の消費電力を可視化するとともに、太陽光発電システムや電気自動車による発電・蓄電との連携制御が実現できる。

さらに家庭内の複数機器の情報を組み合わせることで、居住者の生活に基づいた家電機器の節電やピークシフト制御が実現できる。

また、電力会社やハウスペンダーなどが用意するクラウドと連携することによって、遠隔監視、地域情報配信サービスといった幅広いサービスが実現できる(図1)。

クラウドは、このようなサービスを容易に構築できる手段である一方、家庭内の情報をクラウドに送信することに対して、プライバシーやセキュリティの観点で利用がためられることもある。

これを解決するために、宅内のHEMSシステムとクラウドで処理を分担し、クラウドに送信するデータをHEMSで選別し、プライバシーにかかわるデータの処理・蓄積は宅内のHEMSのみで実現することが有効である。ネットワーク接続が可能な宅内機器の種類や数が増えるにつれ、このようなデータ処理・データ蓄積の役割を

担うHEMSシステムに求められる処理能力や、蓄積能力は高まってきている。

当社のHEMSシステムの例では、smartstarの発売を開始した2014年4月時点で接続可能な機器の種類は7種類(ルームエアコン、エコキュート、IHクッキングヒーター、冷蔵庫、エアフロー環気システム、ヒートポンプ式冷温水システム、液晶テレビ)であったのに対し、本稿執筆時点では14種類(前記7種類に加え、EV用パワーコンディショナ、ダクト用換気扇、カウンターアローファン、ロスナイセントラル換気システム、バス乾燥・暖房・換気システム、レンジフードファン、ハウジングエアコン)へと倍増している。

HEMSでは一定周期で各機器の情報を取得・蓄積する必要があるため、処理性能や蓄積可能なデータ容量に対する要求が高くなってきている。具体的には、通信ゲートウェイのCPU及び内部メモリの処理高速化と、ストレージ容量の拡大が求められてきている。

#### 2.2 工場・ビル向け電力管理への適用

工場への適用では、FEMS(Factory Energy Management System)と通信ゲートウェイ装置とを連携したエネルギー管理サービスが考えられる。各機器からの電力検針データを収集することによって、企業の管理部門で管理する生産スケジュールに合わせ、エネルギー需要に応じた機

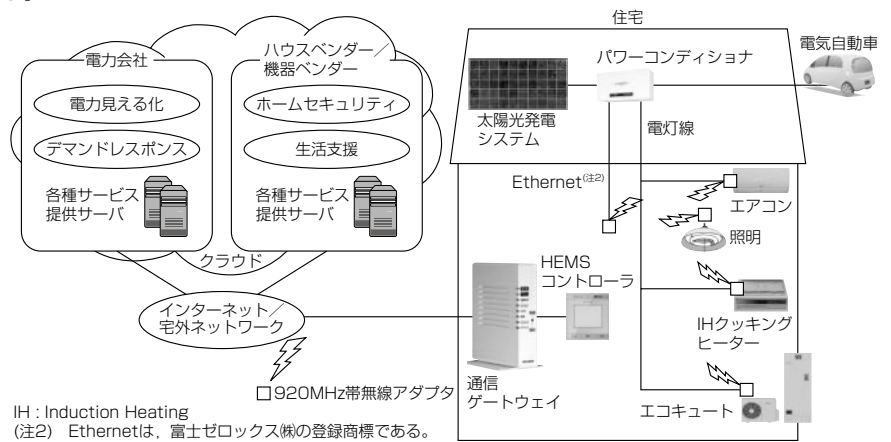


図1. HEMS適用時の実現サービス

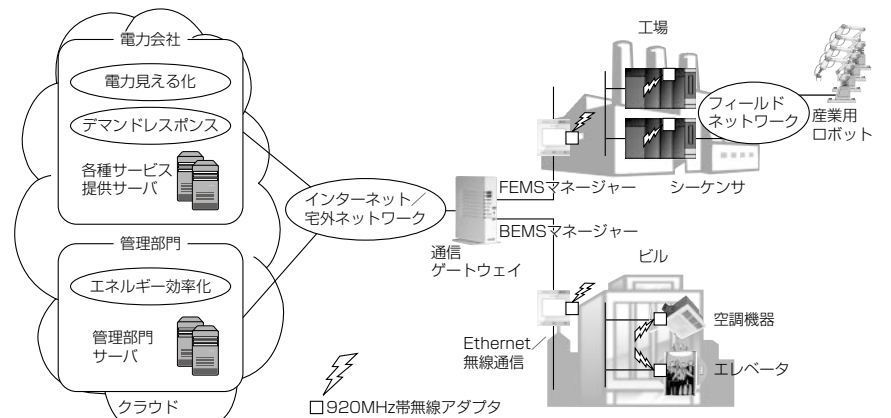


図2. FEMS/BEMS適用時の実現サービス

器制御サービスが実現できる(図2)。FEMSマネージャーと呼ばれる装置が各機器からのデータを収集し、通信ゲートウェイがクラウドとの通信を中継する。

ビル管理でも、通信ゲートウェイ装置とBEMS(Building Energy Management System)によって、同様のサービスが考えられる(図2)。例えば、ビル内の空調、エレベーターなどの系統別制御、フロアごとの電力見える化、デマンドレスポンスによる電力消費抑制サービスである。ここでも、通信ゲートウェイ装置は管理情報を集中するBEMSマネージャーとクラウドとの中継を担うこととなる。

FEMS/BEMSともに、メンテナンスの容易性を高めるため、WAN(Wide Area Network)側通信に3G/LTEを採用するケースがある。また、制御情報の収集と処理を通信ゲートウェイに集約することでシステムを効率化することも考えられ、通信ゲートウェイには、多様な通信インタフェースの実装と処理性能の向上が求められてきている。

### 3. 市場での課題と要求

これまでに述べた各適用事例でも、ネットワークデバイスの多様化とサービスの多様化は、サービスの実現方式に対しても新たな要求条件を生み出している。全てをクラウド上の処理で実現する形態から、各ネットワークデバイス側でほとんどの処理を実現する形態まで、用途に応じて適切な実現形態が選択できる必要がある。なかでも図3に示すような、クラウドとネットワークデバイスの間に、データ処理を行うことができる装置を配置する分散処理形態は、クラウドサービスとネットワークデバイスの双方に必要な処理リソースを低減できるとともに、プライバシー・セキュリティに関する課題を解決できる点で有効な手段である。

この分散処理形態では、通信ゲートウェイは通信のルーティングやセキュリティだけではなく、アプリケーションに応じたデータの分析/管理/収集、機器制御等の機能が求められる。したがって、CPU処理性能やストレージ性能の向上は必須となる。また、無線を中心に多様なインタフェースに対応することも必要となる。一方で、従来通信ゲートウェイに求められている、小型化、省電力化とも両

立させなければならない。

4章では、この課題への対応として実施した、通信ゲートウェイ装置smartstarの機能・性能強化について述べる。

## 4. 通信ゲートウェイの機能・性能強化

### 4.1 smartstarの主要諸元

通信ゲートウェイsmartstarの主要諸元を表1に示す。3章で挙げた市場課題に応えるため、CPU及び内部メモリの性能の向上(約3.9倍)、無線LANオンボード化と5GHz帯対応、ストレージ容量拡大(2倍)を実現している。

次に、強化ポイントである処理性能向上、無線LAN通信機能強化、ストレージ容量拡大、小型化について述べる。

### 4.2 処理性能向上<sup>(2)</sup>

処理性能向上に向け、通信ゲートウェイsmartstarに、より高性能なCPUを搭載した。表2に新旧機種に搭載したCPUの比較と、実際に新旧の機種上でJavaベンチマークソフトを動作させた結果を示す。

CPUコアはクロックが高速化されるとともに、クロックあたりの処理能力も2倍となっている。このため、コア数が1個から2個となったことも踏まえると、処理性能は約5.5倍(= (2,250×2)/812.5)となる計算だが、実際には約3.9倍にとどまっている。DDR(Double Data Rate)メモリのアクセス速度向上はDDR2(375MHz)からDDR3(533MHz)へ約1.4倍であることや、SMP(Symmetric Multi Processing)処理のオーバーヘッドによって、単純に5.5倍とはならないと考えられる。

なお、処理性能3.9倍が単純にSMP処理のオーバーヘッドであったとみなすと、アムダールの法則から、使用したJavaベンチマークプログラムの並列度が6割程度であったこととなる。

このように、HEMSで要求された2倍の処理性能向上に対して、純粋にアプリケーションの処理性能として3.9倍の処理性能向上を実現した。

なお、smartstarには、CPUコアに加えてパケット転送エンジンも搭載しているため、CPU負荷を上げることなく、クラウドとの間で暗号化を用いたVPN通信を1Gbpsで高速に転送できる。

### 4.3 2.4GHz/5GHz帯無線LAN通信機能強化

今回の開発では従来のsmartstarの無線LAN機能を強化し、2.4GHzに加えて5GHz帯にも対応した。無線LANの仕様を表3に述べる。レガシー仕様と呼ばれる普及済のIEEE 802.11b/g/aにも対応し、市場機器との互換性を確保した。また、スマートフォンの内線端末化など、音声通信における品質確保に有利な5GHzのIEEE 802.11a/n/acに対応し、用途に応じて適切な周波数帯を選択可能とした。

暗号化方式はWi-Fi Allianceのセキュリティロードマップに準拠した機能をサポートし、アンテナは2.4GHz/5GHz

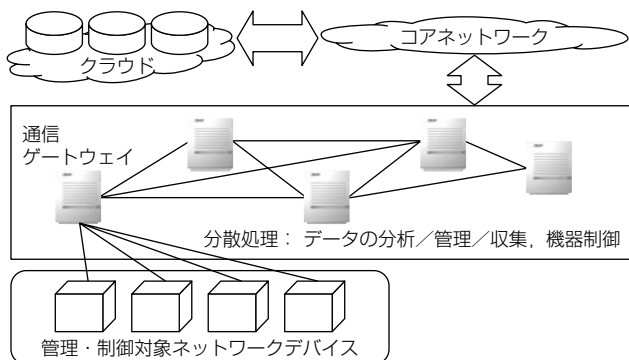


図3. 通信ゲートウェイによる分散処理形態

表1. smartstarの主要諸元

項目	仕様	
WAN	ポート種別	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T
	コネクタ/ポート数	RJ45/1ポート(速度設定: Auto) MDI/MDI-X自動検出
LAN	ポート種別	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T
	コネクタ/ポート数	RJ45/4ポート(速度設定: Auto) MDI/MDI-X自動検出/固定設定
無線LAN	コネクタ形状	オンボード実装
	種別	b/g/n 2.4GHz 3×3MIMO ≥300Mbps a/n/ac 5GHz 3×3MIMO ≥800Mbps
アナログ電話	RJ11/2ポート	
システム	CPU	ARM Cortex A9 <sup>(注3)</sup> 900MHzデュアルコア
	内部メモリ	512MB
	フラッシュメモリ	256MB
USB	ポート数	2ポート(USB2.0)
	コネクタ形状	A型レセプタクル
PBX機能 (予定)	基本通話	NTT東西ひかり電話サポート
		32ch同時接続
		着信鳴り分け 発信者番号通知
	ビデオ通話	5メディア/端末
付加サービス	保留, キャッチホン, 内線転送 コールピックアップ, コールパーク	
ブロード バンド ルーター 機能	インターネット 接続	PPPoE
		常時接続, 自動接続
		Un-numbered PPPoE
	ルーティング, 変換, Proxy	IPv4/IPv6ルーティング
		DNS Proxy
		VPNパススルー機能
		動的・静的NAPT, 静的NAT
	VPN	IPv4/6 IPsec
		L2TP over IPv4 IPsec
	無線LAN AP	WPS2.0対応
アドレス配布	DHCPサーバ	
サーバ機能	Webサーバ	サーバレット対応
保守機能	ログ管理	通信ログ, 装置ログ
		装置起動情報
遠隔保守	VPN・HTTPSによるリモート操作	
Java <sup>(注4)</sup> 機能	Java仮想マシン	J2SE (Java8, CompactProfile1)
	OSGiフレームワーク	OSGi R4.2準拠
デバイス ドライバ	USBデバイス	マストストレージ
		USBシリアル変換 3G/LTE dongle(予定)
ハード ウェア諸元	動作環境条件	0~40℃, 20~80%(但し, 結露しないこと)
	電源	AC100V (50/60Hz)
	消費電力	15W以下
	電波障害規格	VCCIクラスB規格
	外形寸法	40(W)×168(H)×172.9(D)(mm) (ACアダプタ, スタンドを除く)
	質量(付属品含まず)	0.5kg以下(ACアダプタ含まず)

RJ45: Registered Jack 45, MDI: Medium Dependent Interface, MDI-X: MDI Crossover, MIMO: Multi Input Multi Output, PBX: Private Branch Exchange, PPPoE: Point to Point Protocol over Ethernet, DNS: Domain Name Server, NAPT: Network Address Port Translation, NAT: Network Address Translation, L2TP: Layer 2 Tunneling Protocol, AP: Access Point, WPS: WiFi Protected Setup, DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol, HTTPS: HyperText Transfer Protocol Secure, J2SE: Java 2 platform Standard Edition, VCCI: Voluntary Control Council for Interference by information technology equipment

(注3) Cortexは, ARM Ltd.の登録商標である。  
(注4) Javaは, Oracle Corp.の登録商標である。

表2. アプリケーション処理能力比較

項目	従来CPU	新CPU	比較
CPUコア	ARM11	ARM CortexA9	
	650MHz	900MHz	1.4倍
	シングル	デュアル(SMP)	2.0倍
コア当たりのDMIPS値	812.5 DMIPS (1.25DMIPS/MHz)	2,250 DMIPS (2.5DMIPS/MHz)	2.8倍
Javaベンチマーク	6,541	25,256	3.9倍

DMIPS: Dhrystone Million Instruction Per Second

表3. 無線LANの仕様

項目	仕様
準拠規格	IEEE 802.11ac/a/b/g/n
周波数帯域	b/g/n 2.4GHz 3×3MIMO a/n/ac 5GHz 3×3MIMO
	2.4GHz帯と5GHz帯切替機能具備
最大伝送速度 (理論値)	(1) 1,300Mbps(11ac: 3×3MIMO)
	(2) 450Mbps(11n: 3×3MIMO)
	(3) 54Mbps(11a, 11g)
	(4) 11Mbps(11b)
	ただし, 同時通信時は1,300Mbps(11ac: 3×3MIMO)と300Mbps(11n: 2×2MIMO)の組合せとなる。
セキュリティ	(1) 暗号化 ①WPA2-PSK(AES) ②WPA2/WPA <sup>(注5)</sup> -PSK(TKIP/AES) ③WEP(64/128bit)
	(2) SSIDステルス(ANY接続拒否)
	(3) MACアドレス制限機能
アンテナ	(1) 2.4GHz/5GHz共用小型マルチアンテナ: 3本 (2) 2.4GHzアンテナ: 2本

WPA: WiFi Protected Access, PSK: Pre-Shared Key, AES: Advanced Encryption Standard, TKIP: Temporal Key Integrity Protocol, WEP: Wired Equipment Privacy, SSID: Service Set Identifier, MAC: Media Access Control  
(注5) WPA, WPA2は, Wi-Fi Allianceの登録商標である。

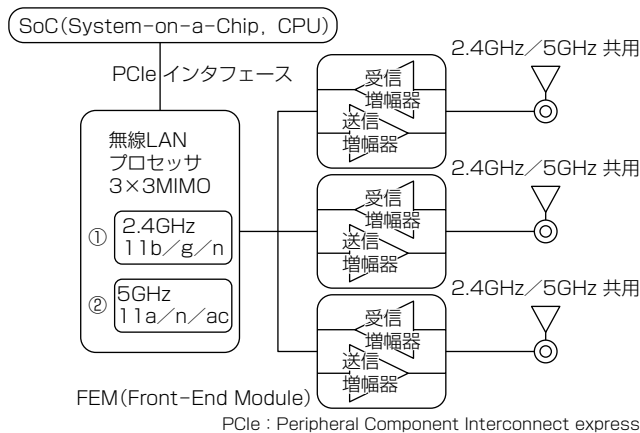


図4. 無線LAN部のブロック図

共用小型マルチアンテナを3本実装する。5GHz帯はW52(5.2GHz: 36~48ch), W53(5.3GHz: 52~64ch), W56(5.6GHz: 100~140ch)の3帯域をカバーするため, 500MHzの広帯域アンテナ設計が必要になる。

図4は無線LAN部のブロック図を示し, 図中に示すとおり, ①②の無線LAN回路を持つ。図の①②は3×3MIMOをサポートしたデュアルバンド対応の無線LANチップをオンボード化した回路であり, 排他的にどちらか一方を選

表4. メモリ容量比較

	従来機	今回開発機
内部メモリ容量(MB)	256	512
内 Java用	50	256
フラッシュメモリ容量(MB)	128	256
内 Java用	37	165 + a

表5. ファイルシステム比較

	JFFS2	UbiFS
マウント時間	パーティション全体をスキャンしてインデックスを作成するため、容量に比例して低速	インデックス情報を保持するため、パーティション全体スキャンは不要であり、高速
内部メモリ消費	インデックス情報を内部メモリに配置するため、フラッシュメモリ容量に比例してメモリを消費	インデックス情報をフラッシュメモリに配置するため、メモリ消費は少ない
書き込み速度	ライトスルー方式で、書き込みは低速	ライトバック方式で、高速に書き込みが可能

択して使用する。このように、2.4GHzと5GHzを切り替え式としたのは、通信ゲートウェイに求められる小型化要求を満たすためである。

4.4 ストレージ容量拡大

通信ゲートウェイの役割が増えるに従い、多数のセンサ・家電・機器から収集する情報の蓄積と管理を行うためのストレージ性能が求められてきている。新しいsmartstarでは、表4に示すとおり内部メモリとフラッシュメモリの容量を倍増させることで、より多くの情報処理を可能としている。

また、通信ゲートウェイにおけるフラッシュメモリの書き込み回数と容量が増加することを考慮し、ファイルシステムをJFFS2(Journaling Flash File System 2)からUbiFS(Unsorted block image File System)に変更することで装置安定性を向上させた。表5に両者の比較を示す。UbiFSは、動作性能・メモリ消費ともにJFFS2より優れており、容量が大きく、書き込み頻度と書き込みファイル数が多いフラッシュファイルシステムの場合にも適している。

4.5 小型化

通信ゲートウェイの開発で、設置容易性を向上するための小型化を行った。小型化の課題は、オンボード化した無線LANアンテナの小型化と性能の両立である。

アンテナに要求される性能は①放射効率、②MIMO性能確保のためのアンテナ相関、③金属部品との干渉度合の3つで規定されるが、これらの性能要件を限られたアンテナ実装面積で実現する必要がある。今回、2.4GHz/5GHzを統合した共用小型マルチアンテナを基板上の配線で構成するオンボードアンテナとして実装した。このアンテナは2.4GHz帯に対応する素子と5GHz帯に対応する素子の2

つの分岐導体を持ち、2.4GHzと5GHzの相互共振を利用することによって、2.4GHz単体アンテナと同等のサイズで2.4GHz/5GHz両対応と小型化の両立を図った。

1つ目の性能要件である放射効率性能確保のため、5GHz分岐導体を基板端に、2.4GHz導体を5GHz導体と地導体の間に配置し、かつ先端を屈曲させる構造とした。その結果、2.4GHz/5GHzの各アンテナで良好な放射効率性能を確認した。また、2つ目の性能要件であるアンテナ相関性能確保のために、シミュレーションによるアンテナ間隔、配置(向き)、周辺グラウンド形状の最適化を行いアンテナ間の結合を低減、各アンテナ間の相関係数0.2以下の良好な性能を実現した。3つ目の無線LANモジュール(金属)の干渉対策に関しては、モジュール挿入部に拡張グラウンドを設けることによって、放射パターンへの影響を低減させ、金属部品の干渉が少ないアンテナ性能を確保した。

その結果、1,300mm<sup>2</sup>の限られた実装エリアで性能と小型化を両立させ、140×165(mm)の基板面積にホームゲートウェイの全ての機能を実装できた。

5. むすび

クラウドサービス、IoTサービスの発展によって、様々な機器を連携させ、新たな付加価値をユーザーに提供することができるようになりつつある。しかし、より柔軟で、より高度なクラウドサービス、IoTサービスが期待される中、三菱通信ゲートウェイsmartstarにも、更なる機能拡張が求められていることから、各種プロトコルの追加や新たなサービスを提供するアプリケーションの追加を容易に実現するための機能・性能強化を実施し、プラットフォーム改善を実現した。

今後、様々な機器がインターネットにつながる場合の大きな課題であるセキュリティ確保や、クラウドセンターとの通信コスト最適化に向け、なりすましや盗聴を防ぐ認証技術、及び安定性と通信コスト低減を実現する無線ホッピング技術をsmartstarに搭載することなども考えられる。

三菱通信ゲートウェイsmartstarは、更なる機能充実を通じて、新しいクラウドサービス、IoTサービスの実現の一助となるべく、進化を継続させる。

参考文献

- (1) 西尾俊介, ほか: HEMS対応三菱通信ゲートウェイ, 三菱電機技報, 88, No. 6, 337~342 (2014)
- (2) 中原敏光, ほか: 次世代ホームゲートウェイ向け2.4GHz/5GHzデュアルバンド無線LAN技術, 三菱電機技報, 88, No. 6, 354~359 (2014)