

第2世代スマートメーターシステム の実現と今後の展望

森野友理香*
Yurika Morino
甬水佳奈子*
Kanao Homizu
深沢翔平*
Shohei Fukasawa

藤井紀帆*
Kiho Fujii

*電力システム製作所

Realization and Future Prospects of 2nd Generation Smart Meter System

要 旨

スマートメーターシステム(以下、“SMS”という。)は、各家庭や工場に設置したスマートメーター(以下、“SM”という。)から電力使用量をヘッドエンドシステム(以下、“HES”という。)へ自動的に収集(自動検針)し、運用・管理する仕組みである。三菱電機は、電力会社向けにSMSを開発・納入し、検針業務効率化に寄与してきた。近年の再生可能エネルギー(以下、“再エネ”という。)普及に伴って、電力データの高度活用や利用拡大の必要性が高まって、第2世代SMSでは自動検針の高粒度化や共同検針等の要件が追加された。当社はこれらの要件を実現するため、通信の大容量化とスループット向上、高機能化、HESのアーキテクチャー刷新による拡張性向上を実施した。今後は、これらの成果を生かして、海外展開を含む事業領域拡大を図る。

1. ま え が き

SMSは、各家庭や工場に設置したSMから電力使用量を取得し、通信ネットワークを介してHESへ自動収集・集中管理する仕組みである。2014年から導入された第1世代SMSは、遠隔自動検針による事業者の業務効率化、家庭等での省エネルギー促進、さらに電力市場制度(30分値同時同量制度、インバランス料金精算)への活用など、電力事業の基盤として重要な役割を果たしてきた。当社は電力会社向けにSMSを開発・納入し、検針業務効率化を継続的に支援している。

第1世代SMSを運用する中で、太陽光や風力発電等の再エネの普及が進んで、各地に分散設置される小規模発電・蓄電設備(分散型エネルギーリソース)への期待が高まった。これに伴って、次世代の配電プラットフォームでは、データ活用による電力ネットワーク運用の高度化、電力分野以外への電力データ利用拡大、需要側リソースの拡大に伴う取引ニーズの多様化への対応が求められるようになった。一般家庭用SMは、計量法によって10年間での交換が義務付けられており、2025年度から順次、第2世代SMSへの更新が始まる。これに先立って、国の“次世代スマートメーター制度検討会”で、カーボンニュートラル時代に向けたプラットフォームとして、第2世代SMSの仕様・機能要件が整理された⁽¹⁾。

本稿では、第2世代SMSの要件と、それを具現化した当社の開発成果について述べる。

2. 第2世代SMSの要件

第2世代SMSは、レジリエンス強化、再エネ大量導入・脱炭素化及び系統全体の需給安定化、需要家利益の向上という三つの視点を軸に要件が定義された。次にその三つの要件について述べる。

2.1 レジリエンス強化

災害や事故等による電力供給の途絶に対して、電力システムが迅速かつ正確に状況を把握し、復旧作業の効率化や被害の最小化を図ることが求められる。これに対して次の機能が追加された。

(1) 停電検知・復旧検知

30分値や5分値の計量データ、メーターの動作状況を確認するポーリング機能を活用し、停電や復旧状況を検知することによって停電状況を早期に把握する。

(2) 遠隔アンペア制御機能

災害時や需給ひっ迫時に遠隔で需要家のアンペア値(契約電流の上限値)を制御し、面的に需要を抑制する。これによって、広域での計画停電を回避可能にする。

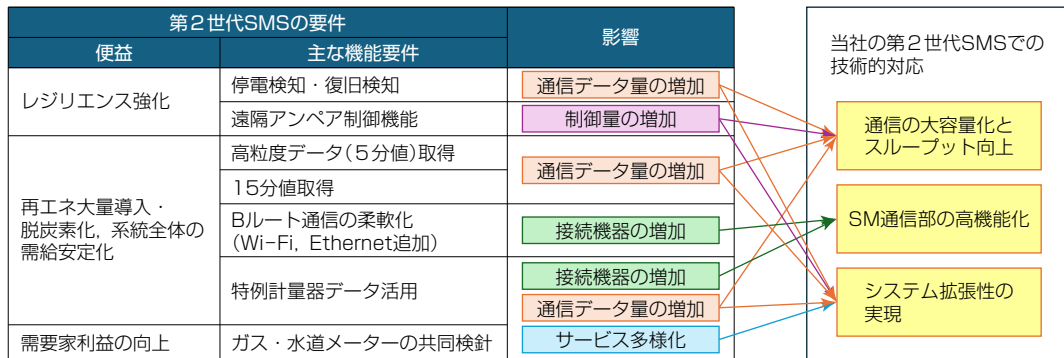


図2-当社の第2世代SMSでの技術的対応

3.1 通信の大容量化とスループット向上の実現

2章で述べたとおり、第2世代SMSでは、従来の30分値連係に加えて、再エネ大量導入・脱炭素化及び系統全体の需給安定化、需要家利益の向上のため、高粒度データ(5分値)の連係、検針粒度の細分化(15分値追加)、特定計量・共同検針対応が追加になった。SM通信部(以下、“通信部”という。)1台当たりの920MHz帯での通信頻度は第1世代SMSと比較して10倍に増大(図3)しており、無線輻輳(ふくそう)が懸念されるため、通信の大容量化とスループット向上が必要である。

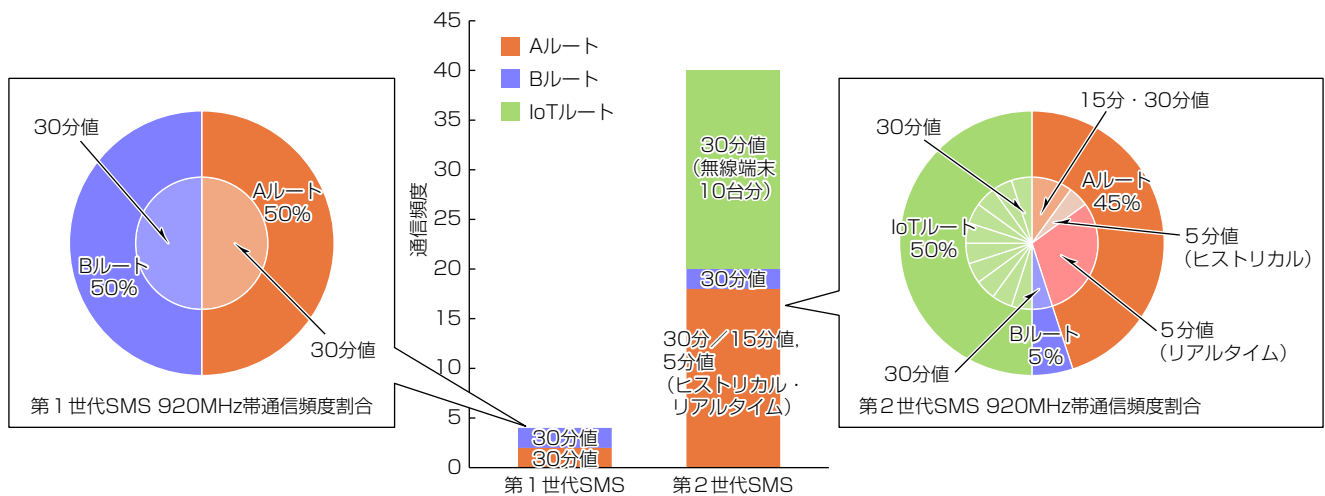


図3-第1世代及び第2世代SMSでの通信部1台当たりの920MHz帯通信頻度の比較

第1世代SMSで、当社はAルート(SM~送配電事業者間)に920MHz帯のGFSK(ガウス型周波数偏移変調)方式(100kbps)を適用したが、第2世代SMSでは、OFDM(直交周波数分割多重)方式(300~600kbpsマルチレート)を追加した(図4)。通信速度を上げることで単位時間当たりに送信できるデータ量を増やして、通信時の無線占有時間を減らすことによる通信スループット向上を狙った。

図4のとおり、通信部は第1世代SMSから第2世代SMSへの移行に当たる混在期でもネットワークを維持していく必要がある。混在期でもネットワークを維持できるように、GFSKとOFDMの同時待ち受け及びGFSKとOFDMの選択送信を可能とした。それに加えて、第2世代SMSの通信部間では通信品質が確保できる場合に積極的にOFDMを使用する仕組みを導入し、OFDMの中でも通信速度を300~600kbpsの範囲で可変とする適応変調も適用し、通信の大容量化とスループット向上を実現した。

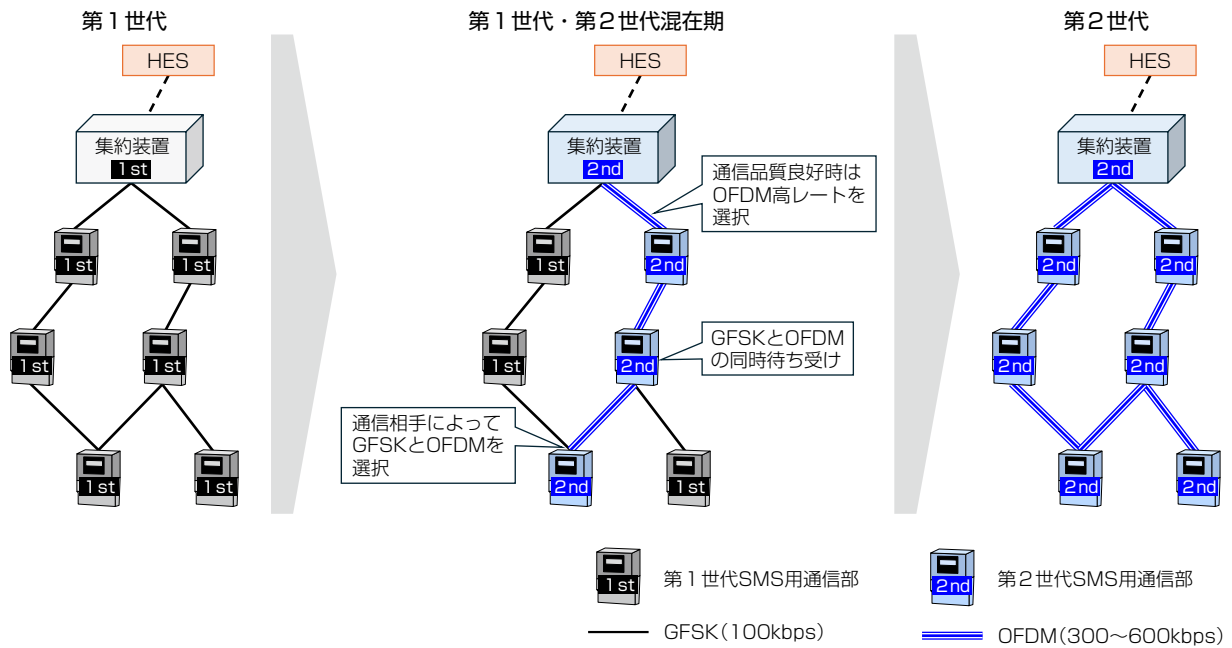


図4-当社の第1世代及び第2世代SMSのネットワーク構成

3.2 通信部の高機能化の実現

第2世代SMSでは、再エネ大量導入・脱炭素化及び系統全体の需給安定化を支えるため、Bルートの利便性向上・柔軟性向上を狙ったWi-Fi 2.4GHz(無線)方式や、特例計量器データの活用に向けたIoTルートが追加された。これに伴って、各種ガイドライン⁽³⁾⁽⁴⁾への対応や接続機器の増加に対応するための通信部の処理性能向上が求められた。

開発時は制度立ち上げの過渡期によって仕様策定と並行して進める必要があったが、チップベンダーを巻き込んだ開発推進や、当社が第1世代SMSで導入したICE無線端末開発の知見を生かして、各種ガイドラインへの対応を実現した。

また、この要件への対応によって、通信部1台当たりに接続する機器数が第1世代SMSと比較して増加(図5)しており、これに対応するため、メモリー・CPUパワーの増強を行った。さらに、ソフトウェア機能の共通化を行うことでソフトウェア処理負荷の低減を図って、多数の機器が接続された状態でも安定動作できるようにした。

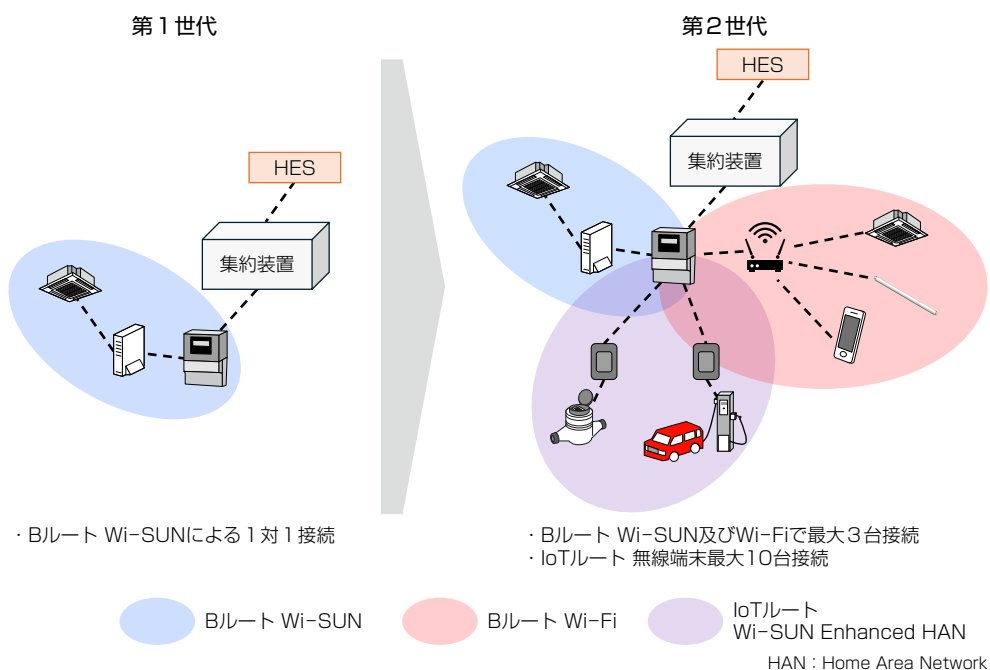


図5-第1世代及び第2世代SMSでの通信部1台当たりの外部機器接続構成の比較

3.3 処理データ増大、サービス多様化に対応するシステム拡張性の実現

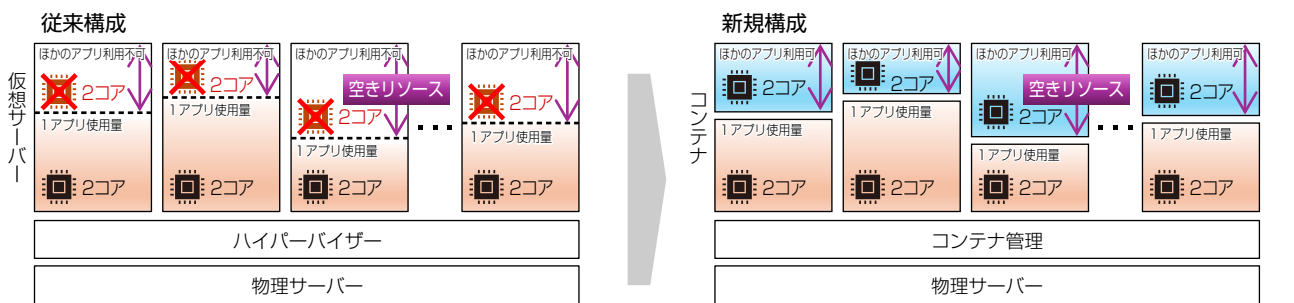
2章に示したレジリエンス強化を目的とした遠隔アンペア制御での大量データ制御、再エネ大量導入・脱炭素化及び系統全体の需給安定化を支える5分値・15分値の高粒度データ取得や特例計量器データ活用、需要家利益の向上のための共同検針をはじめとする将来的なサービス多様化に対応するためには、システムに拡張性を持たせる必要がある。この開発ではHESのアーキテクチャーを刷新し、データベース構成の見直しとコンテナ仮想化技術の導入を実施した。

第2世代SMSに適用されるHESでは、上位システムからの大量制御や高粒度データの追加取得に伴って、処理対象データ量の増大が見込まれる。このため、スケールアウト可能な構成への移行が不可欠であった。従来は、RDB(リレーショナルデータベース)だけで構成していたものを、HESで扱うデータ特性を踏まえて、分散型NoSQL(Not Only Structured Query Language)データベースとRDBを併用する構成とした。これによって、処理負荷を分散し、大量データ処理に最適なデータベース構成とした。NoSQLにはCassandra^(注4)を採用し、スケールアウトによる容易な拡張性を確保している。

また、従来の物理サーバー及び仮想マシン環境では、アプリケーション(以下“アプリ”という。)がインフラと密結合していたため、サービス拡張への迅速な対応が困難であった。特に、固定的なリソース割当てによって、余剰リソースがあっても、柔軟に活用できない課題があった。これに対して、新アーキテクチャーでは、コンテナ仮想化技術を導入し、アプリの高密度配置と動的なリソース割当てを可能とした(図6)。これによって、リソースの効率的な集約と配分を実現した。さらに、Kubernetes^(注5)によるオーケストレーションを採用し、障害発生時のコンテナ自動復旧を行うことで、高可用性を確保した。この開発ではHESのアプリを機能部位ごとにコンテナ化し、特定のコンテナを追加・変更することで、部分的な機能追加や変更を容易にしている(図7)。また、オンプレミス環境とクラウド環境の双方に対応し、適用先の要件に合わせて最適な実行環境を選択できる柔軟性を備えた。

(注4) Cassandraは、The Apache Software Foundationの登録商標である。

(注5) Kubernetesは、The Linux Foundationの登録商標である。

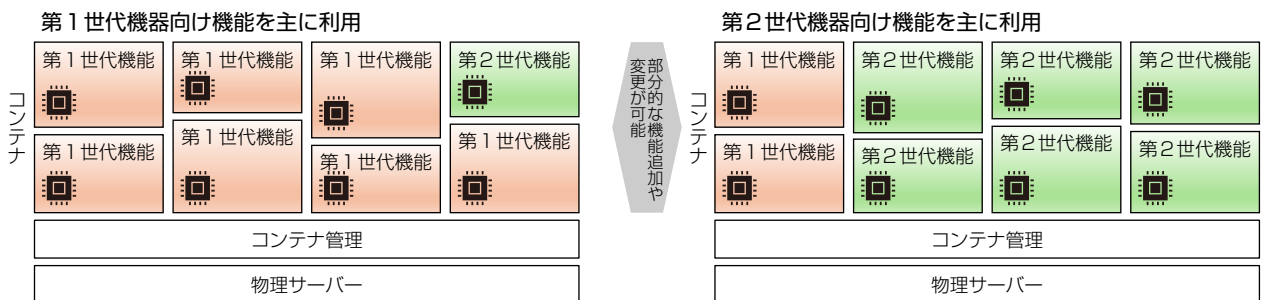


構成例 物理サーバー：48コア、仮想サーバー：4コア×12、一つのアプリのコア使用量：2コア

従来の構成では、空きリソースをほかのアプリで利用できないため、最大で12個のアプリしか同時に動作させることができなかった。

コンテナ化した新しい構成では、空きリソースをほかのアプリで利用可能になるため、最大で24個のアプリが同時に動作可能になった。従来の構成と比較してリソースの利用率が2倍に向上した。

図6- HESの従来のサーバー構成とコンテナ化した新規構成



HESは第1世代機器と第2世代機器を収容し、各世代の機器台数に応じて、対応するアプリのコンテナ数を調整可能

図7- 利用機能に合わせたコンテナアプリの配置

4. 当社事業領域拡大に向けて

当社は、今後の事業領域拡大を見据えて、第2世代SMSでは、Aルートに複数通信方式対応可能な通信部を開発した⁽⁵⁾。従来の集約装置方式は、1台の集約装置配下に多数の通信部を接続できる一方、集約装置のハードウェアが通信部と比較して大型であり、設置場所が制限される。この制約を解消するため、集約装置相当の機能を備えて、1:N無線と920MHz無線マルチホップを併載する複数通信方式を備えた通信部を新たに開発した(図8)。この複数通信方式対応通信部はほかの通信部と同等サイズで、通信部300台の収容が可能である。

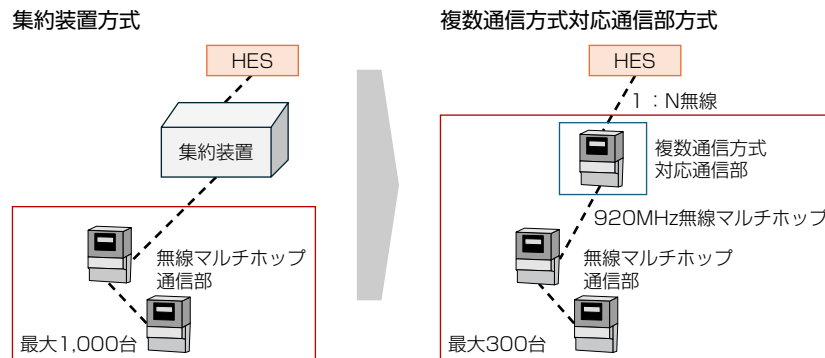


図8-集約装置方式と複数通信方式対応通信部方式

海外展開による事業拡大に向けては、各国の電波法・通信規格に起因する周波数帯の差異、現地通信キャリア仕様の違いや、計量部仕様の差異に対応する必要があります。当社は国内開発との共通化を最大限に図りつつ、差異による変更範囲を最小化する設計思想で開発を実施する。通信仕様の差異については、各国の制度・技術要件に精通する現地ベンダーと、共同で通信部の開発を実施する。計量部仕様の差異については、仕様ごとに計量データ処理機能の分離を行い、仕様変更時の影響範囲を最小化する設計を採用する。これらのアプローチによって、各国の制度・技術要件を満たしつつ、海外市場特有の短納期に対応し、迅速な開発の完遂を目指す。

5. む す び

第2世代SMSでは、5分値・15分値の高粒度データ取得、通信方式の追加、共同検針等の高度化要件が追加された。これらを実現するため、当社は、通信の大容量化とスループット向上、通信部の高機能化、HESのアーキテクチャー刷新による拡張性の向上を実施した。今後は、開発した第2世代SMSを提供し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献するとともに、これらの技術を生かして海外展開を含む事業領域拡大を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：次世代スマートメーター制度検討会 取りまとめ (2022)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/jisedai_smart_meter/pdf/20220531_1.pdf
- (2) 三菱電機：電力ICTソリューション「BLEnDer」
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/ict-power-system/business/solution1/>
- (3) 経済産業省：EMS・アグリゲーションコントローラー スマートメーターBルート(低圧スマート電力量メーター)運用ガイドライン[第5.0版] (2022)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/jisedai_smart_meter/pdf/20220531_2.pdf
- (4) 経済産業省：特定計量(IoTルート)運用ガイドライン【第1.0版】(2024)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/jisedai_smart_meter/pdf/20220531_4.pdf
- (5) 深沢翔平, ほか：通信システム、通信端末、通信装置、制御方法、およびプログラム, 特許第7646106号 (2025)