

## スマートタップのデバイス技術

伊藤 伸也   櫻井 祥嗣   小原 一裕   大森 学

電子デバイス事業本部   システムデバイス事業部

地球温暖化対策として、省エネによる二酸化炭素排出量の削減の取り組みが各所でなされており、消費電力が家電機器の性能を比較する上で重要な項目の一つとなりました。また最近では、東日本大震災後の発電能力不足から、夏場には産業界のみならず一般家庭に対してもピーク時間帯に15%の消費電力を削減する目標が設定されました。これらを効果的に実現するには、家電機器の時間帯ごとの消費電力の見える化が重要になります。

本稿では、家電機器の消費電力の見える化を容易かつ正確に、工事不要でコンセント単位で実現するスマートタップのデバイス技術について解説します。

### 1 はじめに

近年では、スマートグリッド（次世代送電網）という言葉が世界中で脚光を浴びるようになりました。従来の電力網をスマート化し、太陽光発電や風力発電といった発電量に変動の大きい自然エネルギーとの調和を図りつつ、需要に応じた電力を無駄なく供給可能な省エネ社会の実現が目標となります。このためには、消費電力の見える化とそれによる全体制

御が必要となり、通信機能を持つ電力メータであるスマートメータが家庭単位ではこの役割を果たします。

スマートメータでは家庭全体の消費電力は把握出来ますが、個々の家電機器の状況は把握出来ません。節電意識を高め省エネに繋げるには、個々の家電の消費電力の把握が必要とされています。また、DR（Demand Response：需要応答）に対応し、ピーク電力の削減を実現していくには、やはり個々の家電機器

の消費電力の把握が必要となります。

スマートタップは、スマートメータよりもより細かく消費電力の見える化を実現するためのものであり、工事を必要とせず、個々の家電の消費電力をコンセント単位で把握出来るようになります。ここでは、スマートタップに必要な電力測定技術や無線技術を中心に解説します。

### 2 スマートタップの構成

スマートタップは、家電機器と宅

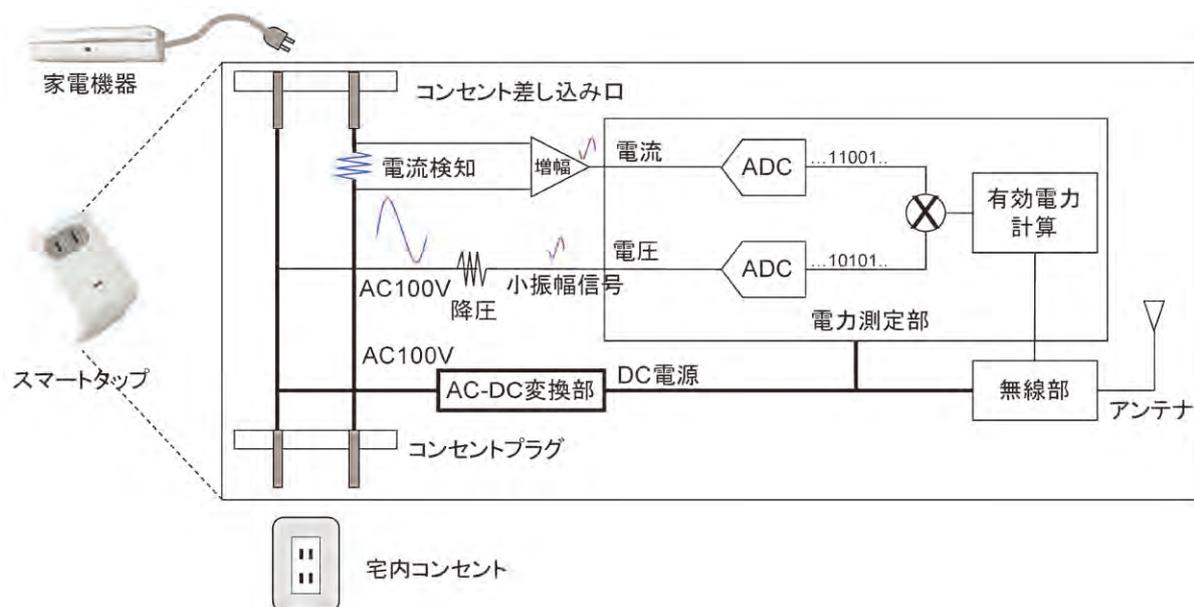


図1 スマートタップの構成

表1 無線規格の比較

無線規格	Wi-Fi <sup>*1</sup> (11b/g)	ZigBee <sup>*2</sup>	Z-Wave <sup>*3</sup>
周波数	2.4GHz	2.4GHz	950MHz
データレート	11Mbps/54Mbps	250kbps	100kbps
消費電力	×	△(※4)	○
通信距離	○	○	○
他社品との接続	○	△	○
電波干渉問題	△	×(※4)	○
トポロジー	スター	メッシュ	メッシュ
マルチベンダ	○	○	×(1社のみ)
コスト	×	△(※4)	○

※1：Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標です。

※2：ZigBeeは、ZigBee Alliance, Inc.の登録商標です。

※3：Z-Waveは、Sigma Designs, Inc.の登録商標です。

※4：2.4GHz帯では、△・×となりますが、950MHz帯をサポートするICを使用する場合は、Z-Waveと同等。

内コンセントの中間に配置され、検知した電圧と電流から消費電力を計算し、その結果を無線通信にて送信します。ゆえに、スマートタップは、宅内の差し込みコンセントから家電機器のコンセントプラグとの間の電氣的接続をするACアダプタ部に、AC100V系の電力測定部、測定結果等の通信を行うための無線部とアンテナ、ならびにこれらのスマートタップ内部の回路を駆動するためのDC電源を生成するAC/DC変換部から構成されます(図1)。

スマートタップの実現には、電源回路、無線通信、組込アプリ技術など幅広く理解する必要があります。以下に、スマートタップを実現する上で特に重要となる3点に関してそれぞれの基本的な内容を解説していきます。

### ①消費電力測定

AC100V系の消費電力を最も簡単に測定する方法は、電流のみを検知し、それに100Vの固定値とみなした電圧を乗じることです。たとえば、1Aの電流を検知した際には、100Wとします。しかしながら、この方法では、実際には家電機器の消費電力を正確には測定出来ません。それは、家電機器の力率を無視しているからです。力率は、電圧と電流の位相差 $\theta$ のときの $\cos \theta$ と定義されます。このとき、完全な抵抗性負

荷のように電圧と電流が同相とならない限り、 $\theta = 0$ とならず力率は1よりも小さな値となってしまいます。ゆえに、上記の簡単な方法の例では、家電機器の力率が0.7のとき、実際の消費電力は70Wであるにも関わらず、測定結果として100Wを表示してしまいます。また、電圧の揺らぎによる測定誤差も出てしまいます。以上から、家電機器の消費電力の正確な測定には、電流と電圧の双方を用い、力率を考慮した電力(有効電力)を計算する必要があります。この計算は、ADCにてデジタル化して行います。また、基板レイアウト等にて、電圧と電流の位相のズレにも一定の配慮が必要です。次に、電流と電圧をどのように検知するかについてみていきます。

AC100V系での電流の検知には、CT(Current Transformer)センサーとシャント抵抗のいずれかを使用することが一般的です。CTセンサーは、磁気コアにコイルを巻いた変流器構造をとり、電流測定対象のケーブルを挟み込み、磁気コア中に流れる磁束の検知値から換算することにより電流を検知します。非接触で電流測定が出来る反面で、その原理上小型化と低価格化が難しく、大電流を扱いかつ筐体サイズの制約の緩い電力メータや分電盤での測定には向きますが、スマートタップのよ

うな簡単に家電機器の消費電力の測定をするものには必ずしも向いていません。

一方、シャント抵抗は、温度変化に対する抵抗値の変動が少ない特殊な合金(銅、マンガン、ニッケル等から構成)で作られ、シャント抵抗を流れる電流により生じる電位差により、電流値を測定することが出来ます。たとえば、500 $\mu\Omega$ のシャント抵抗を宅内コンセントと家電機器の間に直列に挿入したとき、その間に流れる電流が1Aであれば、500 $\mu\text{V}$ の電圧に換算されることにより電流を検知出来ます。一般的に、シャント抵抗による電位差は無視できる程度の小さな値となりますので、増幅してからADCに入力する構成をとります。シャント抵抗の値は、大きくすれば検知可能な電流値を小さく出来ますが、発熱量が大きくなるというトレードオフがあります。ゆえに、使用範囲や発熱を考慮した筐体設計との協調が必須となります。

以上から、一般家庭でも使える簡易型に見える化を狙った当社のスマートタップでは、CTセンサーよりも小型かつ安価に出来るシャント抵抗を利用しています。

電圧の検知は、電流よりも簡単であり、ADCにて入力可能な範囲の小振幅信号となるように降圧します。この際、抵抗の定格に注意が必要で

す。

上記に加えて、商品化の際には量産工程にて、各スマートタップの使用部品毎のバラツキを考慮した、電力測定精度を補正する工程が必要となります。

## ②無線通信

表1は、宅内機器向けの無線規格の代表例であるWi-Fi, ZigBee, Z-Waveの3つを、現時点の国内でスマートタップを使用する観点で比較したものです。

宅内コンセントの設置位置は、一般的に部屋の隅にあり、かつ、家電機器や家具により遮蔽されています。更には、宅内にはドアや壁による遮蔽もあります。従って、宅内を広く無線通信にてカバーするための工夫が求められます。その一方で、送信される電力データのサイズは一般的に数十バイト程度と小さく、また、送信間隔は数秒から1時間程度と非常に長いため、無線通信に要求されるデータレートは極めて低くなります。

以上から、データレートを低くし使用帯域を狭くし、更に所要S/Nの低い変調方式を利用することにより、物陰にも電波が届き易くしつつ低消費電力を実現する規格がスマートタップには向きます。ゆえに、既に世の中に広く普及しているWi-Fiは、既存のWi-Fi環境を利用できるという利点がありますが、オーバスペックかつ消費電力が大きいという問題があります。そこで、ZigBeeやZ-Waveといった狭帯域通信向けの規格に目を向ける必要があります。

ZigBeeでは、IEEE802.15.4規格に基づく物理層・MAC層の上に、上位層と特定アプリケーション向けデータ交換フォーマット等を規定するSmart Energy等のプロファイルが定められ、これらをサポートするICが複数ベンダから供給されています。一方、Z-Waveは全層が米Sigma Designs社の独自規格であり、コマンドレベルの規定も存在します。そのため、他社製のスマートタップや無線機能付きセンサーとの

接続性がZ-Waveでは保証されますが、ZigBeeではその限りではありません。その反面、ZigBeeでは独自機能を盛り込んだ商品開発が容易です。

無線周波数に関しては、電波の回折・干渉と送信電力の観点で、2.4GHzよりも950MHzの方がスマートタップの実現に有利です。一例として、950MHzの場合、外付けのPA (Power Amplifier) 無しでも通信距離を長く出来、低コスト・低消費電力になります。現状、ZigBeeにて日本における950MHz帯を正式サポートしている1チップICが無いため、表1に示すように、Z-Waveが有利となります。ただし、ZigBeeにても当該周波数をサポートする1チップICが今後出現することにより、この点の差は無くなっていくと思われます。

## ③法規制への適合

スマートタップの商品化には、電気用品安全法に基づくPSE認証の取得と、電波法に基づくTELEC認

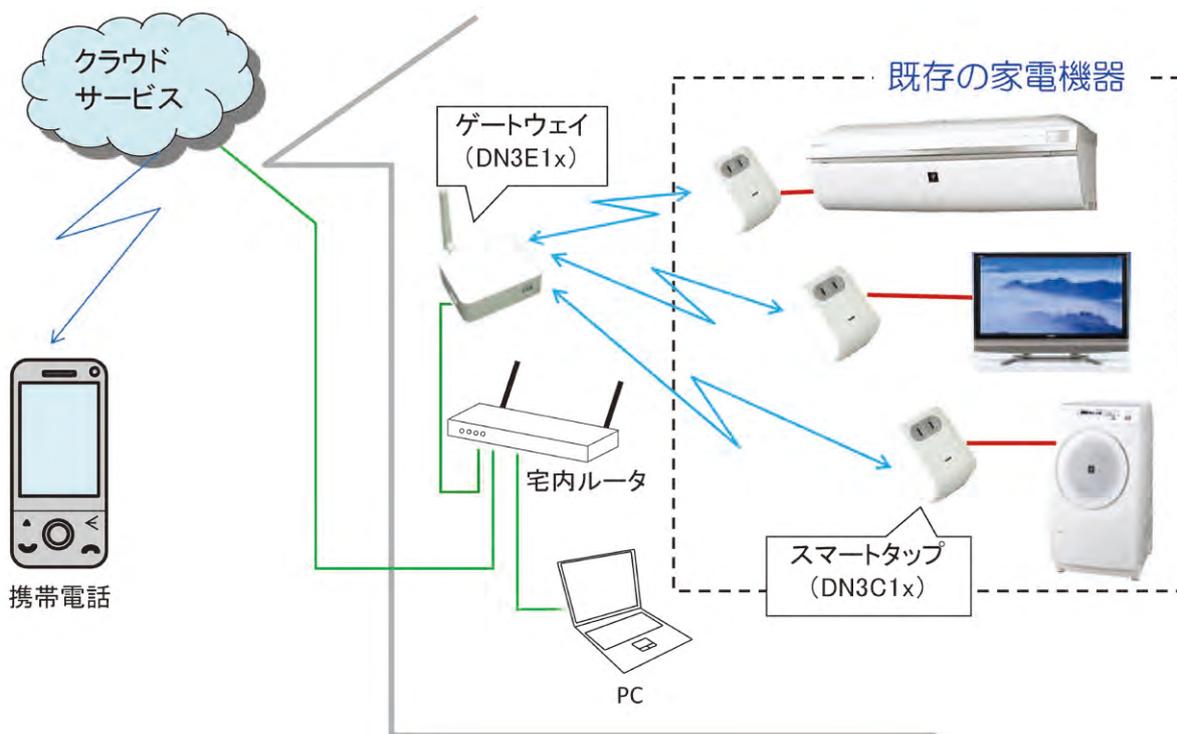


図2 スマートタップを用いた見える化システムの構成例

表2 スマートタップ【DN3C1x】の仕様

項目	仕様
入力電圧	AC100V
定格電力	1500W
定格周波数	50/60Hz
測定電圧範囲	80~125V
測定最大電流	15A
測定誤差	5%以下
無線規格	Z-Wave
無線周波数	950MHz帯
サイズ	56×69×35mm
重量	80g

表3 ゲートウェイ【DN3E1x】の仕様

項目	仕様
Ethernet	10/100Mbps
	Auto MDI/MDIX
ポート数	1 (LAN/WAN切替可)
最大接続数	231
電源	DC5V
無線規格	Z-Wave
無線周波数	950MHz帯
サイズ	75×60×23mm
重量 (本体のみ)	70g

証の取得が必須となります。

まず、PSE認証に関しては、電気用品安全法における「その他の差込み接続器」として分類されており、その要件をすべて満足する安全性等が求められます。ゆえに、無線制御により様々な制御をすることが技術的には可能ですが、その商用化の際には慎重に規制への適合性を検討しなければなりません。次に、認証に関しては、無線部にて使用する周波数や送出電力やスペクトラムマスク等の規格を満たす必要があります。なお、一般的に、スマートタップは、950MHz帯の規格であるARIB-STD-T96か2.4GHz帯の規格であるARIB-STD-T66にて認証を受けています。

### 3 クラウドサービスとの連携

図2は、スマートタップによる電力の見える化をクラウドサービスと連携して実現した際の構成例を示したものです。本構成では、ゲートウェイが無線通信にて各タップの電力データを収集し、それをEthernetで接続される宅内ブロードバンドルータを介して、インターネット上のクラウドサービスを実現するサーバに送信します。サーバではこの電力データをデータベースに蓄積し、携帯電話やパソコンからの要求に応じて電力データを視覚化したWEB

ページを生成します。また、ゲートウェイとクラウドサービスをスマートタップ以外のホームコントロール製品やセンサーと連携することも可能です。その際は、携帯電話等から家電機器の操作を行うことや、センサーの状態に基づく制御をクラウドサービスから指示することも可能となります。

## 4 当社スマートタップとゲートウェイの紹介

当社は、電力の見える化を実現する機器として、スマートタップDN3C1xとゲートウェイDN3E1xを2010年12月より製品化しております。これらの製品は、無線規格としてZ-Waveを採用しており、業界で初めて日本市場向けの認証を取得しました。仕様の詳細を表2と表3に示します。無線周波数として、電波が混雑している2.4GHz帯ではなく、950MHz帯を利用しており、WiFiや電子レンジの影響を受けません。スマートタップDN3C1xは、安全性、無線性能、デザイン性に配慮しつつも56×69×35mmの小型化を実現しています。さらにメッシュネットワークにおけるルータとしても動作し、ゲートウェイと直接は通信出来ない位置のスマートタップとも、別のスマートタップを中継して通信をすることが出来、家庭内

を広くカバー出来ます。一方、ゲートウェイDN3E1xは、最大231台のスマートタップと接続することが可能であり、各スマートタップの電力情報をSSL (Secure Socket Layer)にてセキュアにクラウドサービスにアップロードします。これにより、専用端末を必要とすることなく、どこからでも携帯電話やパソコンからクラウドサービスに接続するだけで電力情報を見ることが出来ます。また、異常状態をサービス側が検知した際には、メール等にて利用者に知らせることも可能です。

## 5 おわりに

様々なデバイス技術やIT技術を駆使し、新しいスマートグリッド関連サービスが日々生まれています。今後のサービスの普及には、二方向での技術革新が必要となります。まず、普及のための小型化と低価格化です。次に、可視化した電力情報と宅内無線ネットワークを活用した制御を行い、省エネに留まらず、安全・安心な生活を支援するサービスへの拡張です。

今後は、スマートタップをさらに進化させ、小型化・低価格化とともに、センサーと連携した制御を実現する高機能デバイスとサービスの実現に取り組んでいきます。