

制御・通信プロトコル
Chapter 4

オンデマンド型家庭内電力ネットワークのためのQoEn(エネルギー品質)を考慮した経路制御

QoEn (Quality of Energy) Aware Routing toward Energy on Demand Home Electric Network

岡部寿男 (京都大学学術情報メディアセンター)

エネルギーの情報化に向けて

京都議定書の発効以来、地球温暖化防止は全世界共通の課題として認識され、CO₂ 排出量削減に向けての省エネルギーの取り組みがエネルギー消費にかかわるあらゆるところで進められている。我が国においては、産業部門や運輸部門での改善傾向に比べ、ライフスタイルの変化に伴う民生部門（家庭・事務所）におけるエネルギー消費の増加が問題視されており、情報通信機器自体の省エネルギーに留まらず、情報通信技術を活用した省エネルギーに期待が寄せられている。そのなかで、電力ネットワークと情報ネットワークを統合し、実世界の人間の行動パターンに応じてプロアクティブ（proactive）にエネルギーを制御し、管理していく「エネルギーの情報化」の考え方が注目されている。

筆者らは、情報通信研究機構の委託研究「情報通信・エネルギー統合技術の研究開発」として、家電機器に供給される電力の流れを情報化し、生活者の行動を予測しながら供給電力を割り当てる研究を行っている^{☆1}。本稿では、その中核となっているオンデマンド型電力ネットワークの考え方と、インターネットにおけるQoSルーティングにならった、エネルギー品質(Quality of Energy)を考慮した電力の経路制御について述べる。

オンデマンド型電力ネットワーク

■ オンデマンド型電力供給の考え方

従来の電力ネットワークでは、消費機器は、コンセントにプラグを差し込むことで、電力需給がひっ迫していても限界を超えていない限り必ず電源が供給される。電力需要の総和が物理的な供給能力の限界を超えてしまった場合には、当該系統のブレーカが遮断され、全消費機器に対する電力供給が一斉に止まる。この単純だが原始的な仕組みは、電力会社による家庭への配電サービスが始まった100年以上前から基本的に変わっていない。

これに対し、エネルギーの情報化が目指す電力ネットワークでは、オンデマンド型の電力供給、すなわち消費機器が明示的に必要とする電力の量と品質をネットワーク側に提示し、ネットワーク側が、供給余力と他の消費機器からの要求とを勘案して、優先度をつけて電力を供給する。電力要求の総和がその時点での電力使用量の目標値を超えた場合でも、電力供給が滞っては困る機器には供給を続け、影響の少ない機器に対して供給を停止ないし制限することで対応する。これにより、需要が多くとも消費電力量を確実に指定した一定値内に抑えることができる。

■ 電力経路制御と電力のカラーリング

供給電力を品質で区別しCO₂ 排出量までも勘案した制御を行うためには、消費機器に供給される

☆1 <http://www.net.ist.i.kyoto-u.ac.jp/ice-it/>

特集 エネルギーの情報化

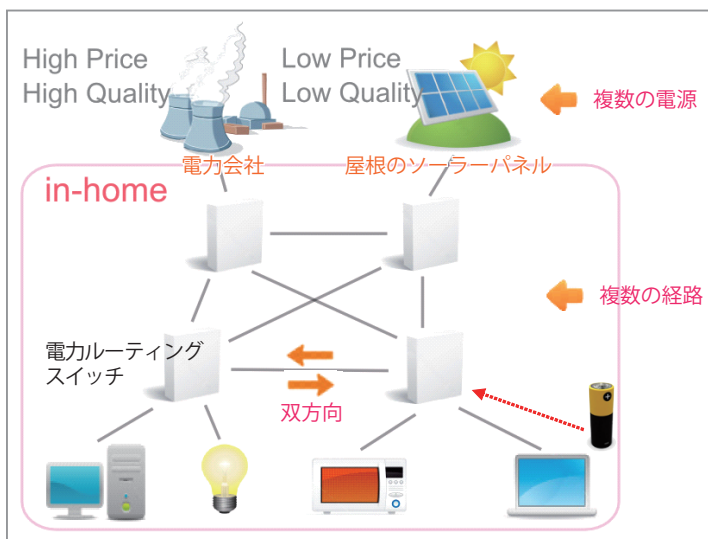


図-1 提案する家庭内電力ネットワーク

電力の流れを品質ごとに区分(カラーリング)し、その流れを情報化することが必要である。

現在の家庭内電力ネットワークは、基本的に電源は1つであり、木構造をなして各機器に分配されていて、電流の流れは一方向である。これに対し筆者らは、より自由度が高く品質保証ができる電力ネットワークとして、電力ルーティングスイッチからなる網目構造のネットワークを提案している。電力ルーティングスイッチはマトリクススイッチ(ないしは多段結合網)からなるスイッチングネットワークとして働き、通信における回線交換のようにして配線をつないで、電源から消費機器への電力経路を導く(図-1)。

さらに、1本の電線で異なる種類の電力を同時に配送することができないという物理的な制約を超えるために、系統の異なる電力を時分割多重で1本の電線上で配送する技術、さらには通信における多重化と同様にパケット化して配送する技術も研究している¹⁾。

■ 電力のカラーリングと GMPLS

ここでは GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) と電力のカラーリングの類似性について考えてみたい。MPLS (Multi-Protocol Label Switching) は IP ネットワークにおいてパケ

ットに付加されたラベルによりルーティングを行いエンドツーエンドのパス(path)を提供する技術である。GMPLSは光ネットワーク上で信号をルーティングするための技術であり、MPLSにおけるパスを作る方法を光ネットワークにおけるそれに適用することで、時分割多重や波長多重、回線交換などにより光伝送のレベルでエンドツーエンドのパスを確立することを可能とするものである。すなわち、MPLSにおいてラベルで識別されていたパスが、GMPLSでは光伝送におけるさまざまな多重化技術によるパスにも対応できるよう抽象

化・一般化されている。具体的には、MPLSにあたるPSC (Packet-Switch Capable) と呼ばれるタイプのほかに、時分割多重のTDM (Time-Division Multiplex Capable)、波長多重のLSC (Lambda-Switch Capable)、回線交換にあたるFSC (Fiber-Switch Capable)の各タイプが定義され、データの流れと制御が分離できるようになっている。

前節に述べたように、電力のカラーリングを単純に物理的に実現するのが、通信における回線交換のように電力の品質ごとに別々の配線を使って伝送する方法である。交流の伝送において異なる周波数の電力を1本の伝送線に流し周波数により分離するのはいわば波長多重と言える。電力の伝送においても時分割多重、さらにはパケット化を考慮することができるのも前述の通りである。このようにGMPLSにおいて定義されている光スイッチのタイプは、電力においてもそれぞれ対応するものを考えることができる。これにより電力ルーティングスイッチからなる電力ネットワーク上にカラーリングされた電力経路を設定するためのプロトコルとしてGMPLSを応用することができる。

エネルギーの品質

従来、家庭では、交流 100 ボルト、50Hz または 60Hz の安定した電力が常時供給されることが前提となっていた。それに対し、エネルギーの情報化では、電力会社から供給される高品質だが高コストの電力、太陽電池などから供給される安定度が低い電力、家庭用蓄電池から供給される容量に限りのある電力など多様な品質の電力を、それらの特性に合わせてプロアクティブ制御により効率よく利用することが必要である。電力の需要が電力の供給能力を上回った場合はそれらの間での調整を行うため、各消費機器がこれから必要とする電力の特性 (エネルギー品質; Quality of Energy (QoEn)) を予測的に電力ネットワークに要求し、電力ネットワークはそれらの要求に対して調整を行った上で割り当てを行う。

■ 電源が供給できる電力の品質

第 1 に必要なことは、電力を供給する電源側のエネルギーの品質の定式化、パラメータ化である。供給側における QoEn の基本パラメータとしては電力供給能力 (電圧、電流)、電力安定度 (電圧変動の割合、瞬時停電の頻度)、コスト (価格、CO₂ 負荷) が挙げられる。近年普及の進む太陽光発電、風力発電のような分散型電源では、CO₂ 負荷は小さいが、天候により出力が変動し安定度は低い。予測的なパラメータとして電力をどれくらい継続的に供給できるかの時間も考慮すべきである。

■ 消費機器が要求する電力の品質

個々の機器が消費する電力についても、その量だけでなく要求される品質について定式化が必要である。消費側における QoEn のパラメータとしては、供給側のそれに対応して、消費電力量、電圧安定度、要求の価値を考慮することにする。ここで要求の価値とは、その要求を満たすことによって得られる人間の満足度、あるいはその要求を満たさないことによって損なわれる人間の生活の品質 (Quality of Life) を

数値化したものである。要求の価値としては、その要求を受け付けることによるプラスの価値に加え、その要求をいったん受け付けたあと途中で中断することの可否と中断した場合のマイナスの価値も考慮することにする。たとえばノート PC の充電のような要求は通常は中断可能であるが、バッテリーの残量が少ないノート PC で重要な作業を行っているような状況では中断ができないことを明示的に指定する。

さらに、消費機器からの要求のパラメータ化に時間に関する要素を加える。各消費機器が予測した、要求がどれくらいの時間継続するかの持続時間、および要求の緊急度を表す猶予時間、すなわち要求をすぐに受け付けなかった場合開始をどれくらい待たせることができるかの時間もパラメータに加える。緊急度の低い要求には、たとえば分散型電源など低 CO₂ 負荷の電力に供給余力があるときのみ受け付けるようにすることで、CO₂ 排出を最小化することができる。

各機器が提示する消費電力の要求は必ずしも一種類ではなく、最低限これだけの電力が必要で現状これだけの電力の供給を受けているがさらに余力があればこれだけ欲しいというような段階的なものであるのが普通である。そこで、上述のパラメータで記述された複数の要求の優先度付きリストとその時点で実際に受けている供給の組を扱う。

■ 電力配送経路の品質

電源から消費機器まで、電力は電線を通じて配送される。電源から消費機器までの経路上の配線およびスイッチの許容電力の最小値が、その経路の許容電力であり、これが電力を配送する経路の品質を表すパラメータの第 1 である。これは通信ネットワークにおける帯域に相当する。

電線では、その太さや材質、そして長さによって決まる抵抗があり、電流が流れると電力が熱として配線上で消費される。電線に加え電力ルーティングスイッチでの抵抗も無視できない。経路上の各配線およびスイッチでの抵抗の和がその経路でのロスであり、これが経路の品質を表すパラメータの第 2 で

クラス	受電機器の使用電力	給電機器の最小出力電力
クラス0	0.44 ~ 12.95W	15.4W
クラス1	0.44 ~ 3.84W	4.0W
クラス2	3.84 ~ 6.49W	7.0W
クラス3	6.49 ~ 12.95W	15.4W
クラス4	(未定義)	(未定義)

表-1 PoEの給電クラス

ある。これは通信ネットワークにおけるリンクの長さあるいは遅延に相当する。

もう1つ、経路の信頼性に関するパラメータも考慮に入れることにする。配線が多重化されているか、スイッチの部品が二重化されているか、スイッチに安定した電力が供給されているかなどに相当する。

PoEとオンデマンド型電力供給

■ PoEとPoE+

通信と電力を融合するオンデマンド型家庭内電力ネットワークの考え方は必ずしも新しいものではなく、通信のためのインタフェースに電力供給の機能を付加したものとして、USBやIEEE1394、PoE (Power over Ethernet) などの実用例がある。ここではPoEおよびその拡張であるPoE+におけるオンデマンド型の電力供給について紹介する。

PoEは、LANの配線で用いられるUTPケーブルを通じて、イーサネットとしての接続とともに-48V系の直流の電力供給を行う技術であり、IEEE802.3afとして2003年6月に標準化された。無線LANアクセスポイントやVoIP (Voice over IP) 端末などに用いられている。PoE+はカテゴリ5e以上のUTPケーブルを用いてより大きな電流を流せるようにした拡張規格であり、IEEE802.3atとして2009年9月に標準化されている。高出力の無線LANアクセスポイントやネットワークカメラなどに用いられている。

PoEでは、給電側機器 (PSE; Power Source Equipment) に受電側機器 (PD; Powered Device) がUTPケーブルを介して接続されると、まずPSE

は低電圧をかけてインピーダンスを測定しPDがPoE対応であるかを識別する。PoE対応である場合、さらに電圧を変化させてPDが必要とする電力量を表-1に示す4クラス(クラス1からクラス3の3段階と消費電力量分類非対応のクラス0)のうちのいずれかに分類する。このチェックは物理層レベルで行われる。これにより、PD側が電源を持たずPoEによる給電がなければ動作しないものであっても識別が可能であるとともに、PoE非対応機器に対しては給電を行わず標準のイーサネットとして動作する設計となっている。PoEの最大電流は0.35A、電圧はPSE側が44~57V、PD側が37~57Vとなっている。PD側で保証されている最大受電電力は12.95Wである。

PoEには、UTPケーブルの4対のうち、10base-Tおよび100base-TXで使われている2対を給電とデータ伝送で共用するtype Aと、使われていない2対を利用するtype Bがあり、どちらを使用するかはPSE側が決定する。

PoE+はPoEに対して上位互換性を持つ拡張規格であり、物理層は以下の点が改良されている。まずPSE側の電圧を50~57Vと限定し、かつカテゴリ5eのUTPを用いるようにすることで、PD側の電圧を42.5~57Vとした。最大電流が0.35Aから0.6Aに増量したことで、PD側での最大受電能力はPoEの約2倍の25.5Wとした。さらに4対のケーブルを用いてtype Aとtype Bの両方でその2倍の51Wまでの電力を送るモードも備えている。電力クラスの分類については、PoEの物理層での検出・識別に加え、データリンク層のプロトコルであるLLDP-MED (Link Layer Discovery Protocol-Media Endpoint Device) を用いて電力配分の0.1W単位での微調整やPDへの電力供給の優先順位をPD側からPSEに伝えることができるようになっていた。さらに接続後も継続的な動的再ネゴシエーションを行い、供給される電力の値の変更をPD側から要求できるようになっている。

■ PoE によるオンデマンド型電力供給

PoE による電力供給は、エネルギーの情報化におけるオンデマンド型電力供給を考える上で多くの示唆を与えてくれる。PoE では、まったく電力が供給されていない状態の消費機器が電力ネットワークに接続された場合に、電力ネットワークの側から物理層のプロトコルで消費機器が必要とする電力量を簡易的に識別しそれに合わせた電力を供給する。その上で、PoE+ においては消費機器の起動後には消費機器側からデータリンク層のプロトコルで細かい電力調整ができるようになっている。

多くの PSE 製品ではポートごとに給電の優先順位を設定できるようになっており、電力使用量が給電能力を上回った場合には、最も優先順位の低いポートへの給電を停止するような動作をする。PoE+ では接続後に動的に必要な電力量やその優先度を電力ネットワークに広報して変更することができる。

このように PoE および PoE+ は、オンデマンド型電力ネットワークにおける消費機器と電力ネットワークの間のプロトコル、通信の用語で言えば UNI (User-Network Interface) として求められる機能の大部分を定義し実装していると見ることができる。反面、PoE は消費機器とその直上のスイッチとの間の 1 ホップでの電力供給しか考えておらず、エネルギーの情報化で目指す、電源から消費機器までの電力経路を導くためのプロトコル、通信の用語で言えば NNI (Network-Network Interface) については考えられていない。また PoE で扱える電力の品質は電力量と優先度のみであり、CO₂ 負荷を考慮した電力のカラーリングのようなことまで考えるにはプロトコルの拡張が必要である。

■ 家庭内直流給電の可能性

言うまでもなく家庭内の電力供給は、我が国においては交流 100V、50Hz または 60Hz、諸外国においても電圧は 100V ~ 240V、周波数は 50Hz または 60Hz と、大きな相違なく世界的に共通化されている。一方、通信の世界では電話機に対する -48V の局給電が古くから用いられており、PoE に

おける直流給電もこの延長上にある。

省エネ志向の高まりとともに、家庭内の電源供給を直流化するいわゆる DC ハウスが注目されている。弱電機器のほとんどは最終的には直流で動作しており、交流・直流変換のためのトランスをそれぞれに内蔵している。太陽電池や蓄電池などの家庭用の分散電源も内部的には直流で動作するものが多い。家庭内の電力の配送を直流化することにより交流・直流変換のロスを最小化し省エネルギー化を図ろうという考え方である。

そのような家庭内電力ネットワークのための技術としては、残念ながら PoE および PoE+ は力不足である。最大の問題は、扱える電力がたかだか 50W 程度であることである。この制約は、そもそも通信のための線であって電力を通すにはまったく不向きな UTP ケーブルを用いて給電を行おうとしていることによる。しかし物理層の制約を切り離して PoE および PoE+ の考え方を捉えれば、オンデマンド型の直流給電に必要な要素技術の多くを備えている。PoE の拡張として、プロトコルはそのままに太い電線を用いて大電流を流すような規格についても検討している。

電力経路制御における資源予約

電力消費機器が、自身の要求する QoEn (エネルギー品質) を満たす電力供給を受けられるようにするためには、電源から電力の割り当てを受けるとともに、電源から消費機器まで電力を流すための経路を確保する必要がある。ここではこのような予約を、インターネットにおける資源予約プロトコルである RSVP (Resource reSerVation Protocol) を応用して行う方法について述べる。

■ インターネットにおける資源予約

インターネットで音声や動画像などの実時間伝送を行うことは古くから研究されている。IntServ (Integrated Service) は、IP ネットワークにおい

て通信フローごとに帯域などのネットワーク資源を確保してから通信を開始することにより QoS (Quality of Service) を保証するための枠組みであり、IntServ における資源予約プロトコルとして RSVP が標準化されている。RSVP はスケラビリティに問題があり、インターネットにおける資源予約プロトコルとしてそのまま用いられることはほとんどないが、RSVP を MPLS 用に拡張した RSVP-TE (RSVP for Traffic Engineering) は、ISP におけるトラフィックエンジニアリングや IP-VPN サービスで用いられている。

RSVP はコンテンツ受信者が資源予約を行う仕組みを持つ受信者主導の資源予約プロトコルである。RSVP による資源予約では、送信者から受信者への片方向の経路を予約する。その流れは次の通りである。

1. 送信者は、コンテンツ配信に必要な QoS を掲示し、受信者に向けて PATH メッセージを送る。PATH メッセージには、コンテンツ配信に必要な QoS パラメータが含まれている。経路は、QoS を満たす経路が選ばれるが、その経路計算は、QoS ルーティングプロトコルに任されており、RSVP 自体には経路制御プロトコルは含まれていない。
2. PATH メッセージを受け取った受信者が送信者に RESV (reservation) メッセージを返すことにより予約が開始される。受信者が同一のコンテンツに対する複数の PATH メッセージを受け取っている場合には、その中から最も都合のよいものを選んで RESV メッセージを返す。RESV メッセージは、PATH メッセージに含まれる、PATH メッセージが受信者に届くまでに経由したルータの IP アドレスのリストを逆にたどりながら送信者まで送られる。RESV メッセージには、コンテンツ配信に必要な QoS パラメータが含まれている。RESV メッセージを受け取ったルータは、要求された QoS を満たすのに十分なリソースを持っているか、受信者が資源予約できる権限を持

っているかを判断し、予約を許可する場合は物理的な帯域を割り当て、RSVP メッセージを上流のルータに転送する。RESV メッセージがコンテンツ送信者まで返れば、すべてのホップで要求される QoS を満たすネットワーク資源が確保されたことになり、送信者から受信者まで要求される QoS を保証するエンドツーエンドのパイプラインが形成される。

コンテンツ配信がマルチキャストにより行われる場合には、上記の手順は以下のように修正される。

1. では PATH メッセージもマルチキャストで送られる。2. では、RESV メッセージがコンテンツを配信するマルチキャスト木を構成するルータまで到達した時点で、予約がマージされマルチキャスト木に組み込まれる。このように、マルチキャストによる配信では、1つの送信者からコンテンツの配信を受ける受信者が多数いる場合でも、経路の予約の処理がマルチキャスト木上のルータに分散され、送信者が過負荷に陥ることはない。

■ RSVP による電力資源予約

インターネットにおけるコンテンツを、電力ネットワークにおける電力と読み替えて、RSVP に従って電力資源予約を実現することを考えよう。受信者主導である RSVP をそのまま電力資源予約に適用すると、電力供給者である電源が供給可能な電力品質を掲示し、消費機器が自身の要求品質に合う電力を選んで予約する手続きとなる。この手続きでも、電源が提供する電力の品質 (QoEn) と電力消費機器の要求する QoEn が一致していればうまくいく。しかし、このような送信側が先に QoEn パラメータを提示する方法では、送信側が提示する電力の QoEn が消費機器が要求する電力の QoEn を超えている場合には、過剰な電力が供給されてしまうことになる。このような齟齬が生じるのは、インターネットにおけるコンテンツ配信では、送信者の側が配信されるコンテンツの品質を 1つまたは少数決定し受信者側がその中から選択するのに対し、電力の供

給では消費側が要求する電力のエネルギー品質(QoEn)にきっちり合わせて電力が供給されるべきであるからである。

そこで、次のようにして、RSVPの送信者と受信者の役割はそのままに、別のプロトコルで消費機器が電源に電力の要求を伝えることにより、電源側が、消費機器の要求するQoEnに合わせた電力を配送することを可能にする。RSVPによる電力資源予約の流れは以下ようになる(図-2)。

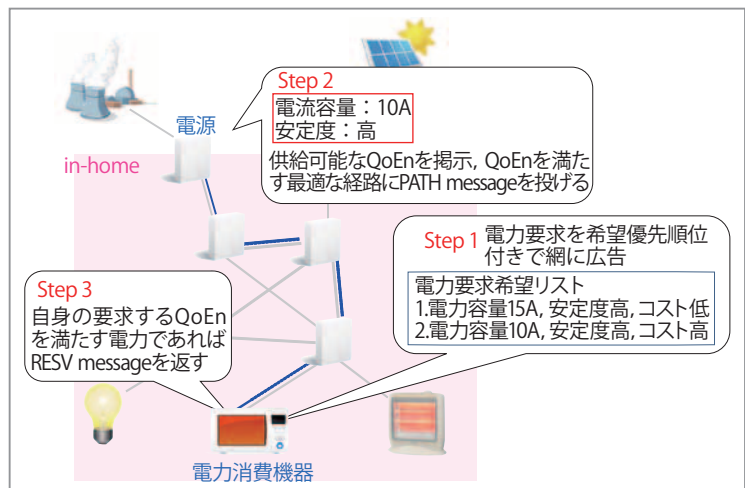


図-2 電力資源予約の流れ

1. 電力消費機器は、自らの特性とその時点での需要に応じたQoEnを掲示し、電源に向けてREQ (request) メッセージを送る。REQメッセージには、パラメータ化された希望優先順位付きの電力要求のリストと実際に受けている供給の組が含まれている。REQメッセージは、同一データリンクであればLLDP-MEDのようなデータリンク層のマルチキャストプロトコルに載せて広告され、ルータを超える場合はIPマルチキャストにより広告されるものとする。
2. REQメッセージを受け取った電源は、要求のリストの中から供給可能なものを選択し、QoEnパラメータ化して、それを含めて電力消費機器に向けてPATHメッセージを送る。PATHメッセージが送られる経路は、適当なルーティングプロトコルに従いQoEnを満たす経路が選ばれるようにする。
3. PATHメッセージを受け取った電力消費機器は、その電力の供給を受ける場合はRESVメッセージを返す。RESVメッセージは、PATHメッセージに含まれる電力ルータのアドレスのリストを逆にたどりながら電源まで送られる。RESVメッセージを受け取った電力ルータは、要求されたQoEnを満たすのに十分なリソースを持っているか、電力消費機器が資源予約できる権限を持っているかを判断し、予約を許可する場合は物理的な電力経

路を割り当て、RESVメッセージを上流のノードに転送する。RESVメッセージが電源まで返れば、すべてのホップで要求されるQoEnを満たす電力経路資源が確保されたことになり、電源から消費機器まで要求されるQoEnを保証できるエンドツーエンドの電力経路が形成される。

電力消費機器からの要求に対し、電源の側が予約の開始を決定することになるので電源側主導といえる。

予約の開始を電源側にしたことにより、電力ネットワークの障害からの復旧時などに、電力消費機器からの要求が電源に一度に届くような場合でも、電源の側は、適当な優先順位に従って電力消費機器を選び、1つずつPATHメッセージを送ることで、電源側や電力ネットワークが過負荷になることを避けられる。

また、電力消費機器が複数の品質の電力の要求をそれぞれに優先度をつけて提示し、電源の側が、多数の電力消費機器からの要求の中から供給可能な電力の範囲で取捨選択することで、エネルギーの情報化の要件である、消費電力量を確実に指定した一定量内に抑えることを可能とする。この仕組みをうまく使うと、電力消費機器に支払う価格を掲示させ、電源は高い価格を掲示した電力消費機器に電力を供給するという競売モデルも実現可

能である。さらに、すでに別の電源から電力の供給を受けている消費機器に対しても、より条件のよい(たとえば同じ電力量で低CO₂負荷の)電力の供給が可能な場合には、電源側から予約して横取りすることで、最適化が図れる。

■ 電力経路制御の GMPLS との親和性

GMPLSによる電力カラーリングと合わせて考えると、前節で述べたRSVPによるオンデマンド型電力配送のための経路制御は、GMPLS上で、OSPF-TE (TE Extension to OSPF) のようなQoSを区別できる経路制御プロトコルをRSVP-TEに組み合わせればよいという考えに至る。実際、OSPF-TEでは、各リンクの長さ、最大帯域と未予約帯域、ならびに各リンクのクラス分け(カラーリング)をTLV (Type/Length/Value) と呼ばれる三つ組で広告する仕組みを持っており、QoSやポリシーによる制約条件下での経路制御が行える。またRSVP-TEでは、帯域などの品質が保証された経路の予約をRSVPに準じて行えるだけでなく、設定優先度 (setup priority) および維持優先度 (hold priority) を用いて、経路予約においてすでに割り当て済みの他の予約を横取りすることができるか否かや、逆に他の予約により横取りされるか否かを制御することができる。これらを組み合わせ、帯域を電力に読み替えて実現される電力経路制御では、電源側がOSPF-TEによりQoSと経路のロスを考慮した最適な経路を選択し、次いでRSVP-TEにより電源から消費機器までの経路が予約されることで、GMPLSに従って電力スイッチングルータからなるネットワーク上で物理的な経路が設定される。

展望

以上述べたように、エネルギーの情報化のためのオンデマンド型電力ネットワークの考え方は、MPLSやRSVPなど、インターネットにおける品質保証のために考えられてきたことの多くがそのま

まに近い形で応用できることが分かってきた。実用可能な技術であることを理解してもらうために、PoEを独自拡張する形で回線交換型の電力ルーティングスイッチのプロトタイプおよび消費機器用オンデマンド電力アダプタを試作し、本会創立50周年記念全国大会などでデモ展示も行っている²⁾。

イノベーションは異分野との交流、融合により創発されると言われる。かつてインターネットの技術は、通信の専門家ではない計算機科学者らを中心に、電話系のネットワークのアンチテーゼとして開発され、成功を収めた。筆者は電力の分野は素人であるが、それだからこそ既成概念にとらわれずにできることもあろうと考えて研究を開始し、従来は縁のなかつた分野の研究者たちと交流して刺激を受けている。本稿が、電力を専門としない研究者がこの分野に参入するための一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) Hikihara, T. : Power Router and Packetization Project for Home Electric Energy Management, Santa Barbara Summit on Energy Efficiency (2010).
- 2) 柴田知輝, 藤本 圭, 坂井一美, 小山洋一, 岡部寿男: オンデマンド型家庭内電力ネットワークのための電力ルーティングスイッチ, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2010) シンポジウム (2010).

(平成22年6月30日受付)

岡部寿男 (正会員) okabe@i.kyoto-u.ac.jp

1988年京大大学院工学研究科修士課程修了。博士(工学)。現在、京都大学学術情報メディアセンター教授。国立情報学研究所客員教授。インターネットアーキテクチャ、ユビキタスネットワーク、ネットワークセキュリティの研究活動に取り組む。