

ワイヤレス電力伝送システム用 制御通信技術

Wireless Communication Technology for Control of Wireless Power Transfer/Transmission System

尾林 秀一 工藤 浩喜

■OBAYASHI Shuichi ■KUDO Hiroki

プラグインハイブリッド電気自動車 (PHEV) や電気自動車 (EV) の電池の充電作業は、ユーザーにとって煩わしく、その改善が課題となっている。この課題を解決し、PHEVやEVの普及を促進する対策の一つとして、充電ケーブルが不要となるkW級のワイヤレス電力伝送が検討されている。

東芝は、PHEVやEV向けのワイヤレス電力伝送において、送電側と受電側を結ぶ無線通信を用い、負荷インピーダンスの変動などに対する安定した制御を行うための制御通信技術を開発した。また、この開発成果に基づき、米国SAE International (自動車技術者協会) やIEC (国際電気標準会議)、国内の各機関などで進められている制御通信技術の標準規格化活動にも参画している。

Users of electric vehicles (EVs) and plug-in hybrid EVs (PHEVs) find it troublesome to charge the battery using connecting cables. As a solution to this issue, kilowatt-class wireless power transfer without any charging cables is under consideration to accelerate the dissemination of EVs and PHEVs.

Toshiba has developed a wireless communication technology for EVs and PHEVs to achieve stable control of wireless power transfer even when load impedance fluctuations occur. With this technology as a basis, we are actively participating in standardization activities for wireless communication between EVs and PHEVs and wireless chargers, as a member of related domestic and overseas organizations including the Society of Automotive Engineers (SAE International) and the International Electrotechnical Commission (IEC).

1 まえがき

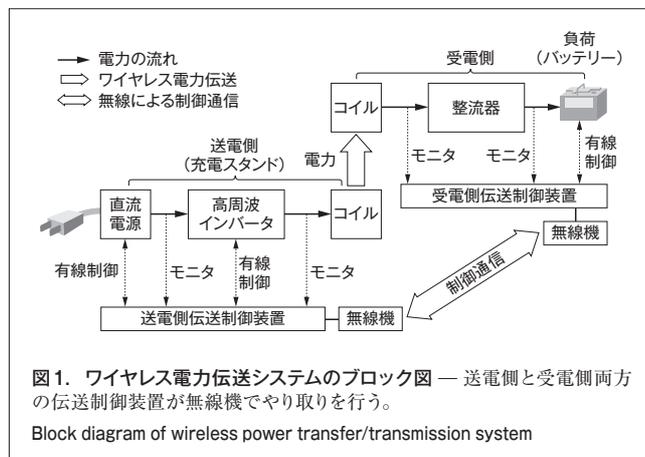
近年、家庭などで二次電池に充電し、電池で走る間はEVとしてモータで走り、それ以上の長距離走行にはエンジンを用いるPHEVが登場している。また、モータだけを搭載する純粋なEVも本格的な実用が始まった。一方、普及への課題の一つとして、充電作業の煩わしさを感じさせない仕組みが必要とされており、ワイヤレス電力伝送を用いた非接触給電への期待が大きい。

PHEVやEVの充電に必要なkW級の大電力を高効率で伝送するためには、送電と受電両方の電力伝送制御装置の間で制御信号を無線通信でやり取りすることが必要になる。また、公衆充電設備などを想定すると、認証や設備の割当て確認などを行うためにも、無線通信を用いることが考えられる。

ここでは、東芝が開発した、PHEVやEV向けのワイヤレス電力伝送に用いる制御通信技術と、米国SAE InternationalやIEC、国内の各機関などで進められている制御通信技術の標準規格化活動の動向について述べる。

2 伝送制御装置の役割

ワイヤレス電力伝送システムのブロック図を図1に示す。送電側である充電スタンドは直流電源、高周波インバータ、及び



コイルから構成され、受電側はコイル、整流器、及び負荷であるバッテリーから構成される。直流電源から供給される直流電力を高周波インバータで高周波の交流電力に変換し、送電側コイルに入力する。送電側コイルと磁気結合した受電側コイルで高周波交流電力を受電し、整流器を通して直流電力に変換されてバッテリーへ供給される。

バッテリーは充電状況に応じて負荷インピーダンスが変動するが、送電側及び受電側のコイル間の位置がずれた場合や、送電側と受電側で共振周波数がずれた場合でも、送電側から見た負荷インピーダンスが変動する。そこで、変動する負荷イン

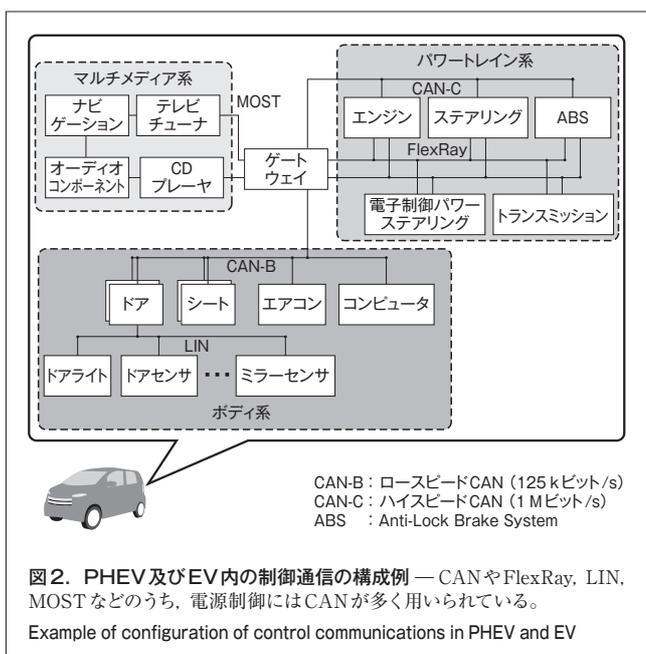
ピーダンスに対してバッテリーの要求する電圧と電流を安定して供給するために、また、過大な電力供給を防止するために、伝送制御装置による無線通信を介した伝送制御が必須となる。

具体的には、送電側の伝送制御装置は、直流電源の出力電力を制御して受電側の負荷に供給される電力を調整する。また、受電側の伝送制御装置は、負荷に供給される電力をモニタして異常がないかをチェックし、その情報を送電側の伝送制御装置に制御通信を用いてフィードバックする。前記以外にも、伝送制御装置は各部の温度モニタによる異常状態の検出、発熱防止などの安全制御、及びユーザー認証や課金情報のやり取りなども行う。

3 制御通信に必要な条件と無線通信規格の選定

PHEVやEV内には、図2のように複数の制御通信が搭載されている。エンジンやモータなどパワートレイン系の制御にはCAN (Controller Area Network) やFlexRay^(注1)、ボディ系の制御にはCANやLIN (Local Interconnect Network)、及びナビゲーションシステムなどのマルチメディア系にはMOST (Media Oriented Systems Transport) などの通信規格が用いられる。

また、PHEVやEVの電源周りの通信規格について見てみると、急速充電規格であるCHAdeMO^(注2)(Charge de Move) は、CANを物理層とした独自の伝送制御プロトコルを採用している。このことから、PHEVやEV向けワイヤレス電力伝送の制御通信には、少なくともCANと同等の、1 Mビット/s程



(注1) FlexRayは、Daimler Chrysler AGの登録商標。
(注2) CHAdeMOは、CHAdeMO協議会の登録商標。

表1. 無線通信規格の仕様

Specifications of wireless communication standards

規格	周波数帯	伝送レート	距離
Bluetooth [®] 2.0+EDR	2.4 GHz	1 ~ 3 Mビット/s	1 ~ 10 m
Bluetooth [®] Low Energy	2.4 GHz	1 Mビット/s	1 ~ 10 m
ZigBee ^(注4)	2.4 GHz	250 kビット/s	10 ~ 100 m
RFID	135 kHz, 13.56 MHz, 433 MHz, 860~960 MHz, 2.45 GHz	~ 5 kビット/s, ~ 10 kビット/s, ~ 30 kビット/s, ~ 500 kビット/s	数cm ~ 5 m
IEEE 802.11a	5.2 GHz	54 Mビット/s	数十m
IEEE 802.11b	2.4 GHz	11/22 Mビット/s	数十m
IEEE 802.11g	2.4 GHz	54 Mビット/s	数十m
IEEE 802.11n	2.4 GHz, 5.2 GHz	150 ~ 600 Mビット/s	数十m

EDR : Enhanced Data Rate

度の伝送レートが必要であると予想される。

無線通信規格の仕様の一覧を表1に示す。これから、Bluetooth[®]^(注3)及び無線LANは十分な伝送レートを持つことがわかる。また、伝送距離に関しては、送電装置である充電スタンドとPHEVやEV間の距離はせいぜい数m、最大でも数十m程度であることから、RFID (Radio Frequency Identification) の一部の規格を除いた全ての通信規格が適用可能である。無線LANに関してはIEEE 802.11a (電気電子技術者協会規格802.11a)を除いて屋外利用が可能であるため、結果としてBluetooth[®]又は802.11b/g/nが適用可能であると判断できる。

4 制御フレームの構成

ここでは、制御通信の候補規格の一つであるBluetooth[®]を利用した検討について述べる。

図3のように、制御フレームは、フレーム確認用フィールド、フレーム制御用フィールド、データフィールド、及び誤り検出の四つに大きく分けられる。

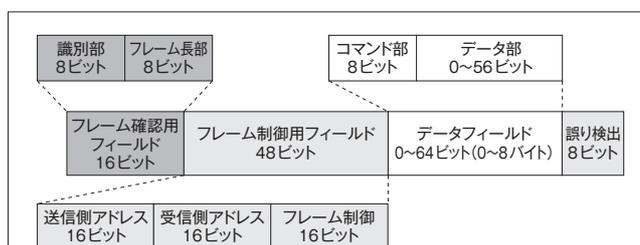
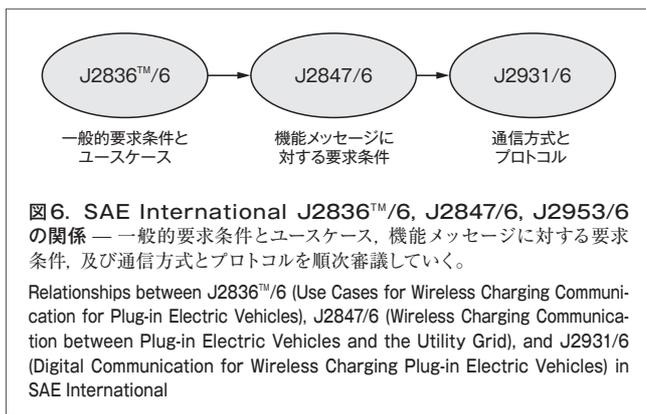


図3. 制御フレームの構成 — ワイヤレス電力伝送の伝送制御に用いられる制御フレームは、フレーム確認用フィールド、フレーム制御用フィールド、データフィールド、及び誤り検出で構成される。

Configuration of control communication frame for wireless power transfer

(注3) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。
(注4) ZigBeeは、ZigBee Allianceの米国及びその他の国における登録商標。



けられている(図6)。

J2836™/6では、2011年の秋から、一般的要求条件とユースケースを議論してきた。典型的な無線充電システムの構成に即して、充電設備と自動車側の間で、送受電の充電パッドの位置合せが適切であることの通知、充電の開始要求の通知、及び充電の開始と終了の通知などを行うことを述べている。また、自動車の近くに設置されている充電設備を見つける機能を求めている。

J2836™/6は、2013年2月に承認された。これを受け、機能メッセージへの要求条件をまとめるためのJ2847/6がスタートした。J2847/6での議論に引き続き、制御通信に用いる通信方式とプロトコルがJ2931/6で審議される。

6.2 IEC/TC69/JPT 61980-1 SG2とJWG V2G CI

ISO(国際標準化機構)と共同で設けられているIEC/TC(専門委員会)69/JPT(合同プロジェクトチーム)61980-1では、PHEV/EV向けワイヤレス電力伝送の国際標準規格化に向けた議論を行っている。この委員会の下で、制御通信方式に対し、ユースケースや、充電・制御シーケンス、状態遷移、プロトコル、メッセージ、及び物理層についての要件を審議するSG(サブグループ)2が、2013年3月に正式に発足した。

一方、IEC/TC69とのJWG(合同ワーキンググループ)であるISO/TC22/SC(分科委員会)3/JWG1(以下、JWG V2G CIと呼ぶ)では、車両と有線充電ステーション間の通信インタフェース(Vehicle to Grid Communication Interface: V2G CI)の標準化を行ってきたが、2012年11月に、無線充電ステーションに対してもV2G CIを審議するためのSGを立ち上げる方針を決めた。

前述のJPT 61980-1 SG2では、これらのJWG V2G CI傘下のSGとの連携を意識した議論を行っている。例えば、自動車の近くに設置されている充電設備を見つける機能や、課金などのための認証機能などは、JWG V2G CIで審議し、JPT 61980-1 SG2では、いわゆるCommand & Controlと呼ばれる電力伝送の開始命令や開始と終了の通知などに関する規定を審議する、といった分担が提案され、議論を行っている。

JPT 61980-1 SG2は、2014年初頭に技術仕様書(TS)、2014年秋に最初の委員会原案(CD)、及び2016年半ばに投票用委員会原案(CDV)をそれぞれ発行することを目標としている。

6.3 日本国内の標準規格化動向と東芝の活動

ブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF)⁽²⁾の中に設けられたワイヤレス電力伝送WG(ワーキンググループ)のWPT標準開発部会では、kW級のワイヤレス電力伝送の国内標準規格をARIB(電波産業会)標準規格としてまとめるため活動している。

また、JARI(一般財団法人日本自動車研究所)の非接触給電サブWGの傘下に、2012年10月に非接触給電制御通信TG(タスクグループ)が設けられた。このTGには、BWFのワイヤレス電力伝送WG、JSAE(公益社団法人自動車技術会)のV2G CI関係委員会からもメンバーが参加しており、前記のIEC JPT 61980-1 SG2に対応する国内委員会として活動している。SAE Internationalの各TF、サブTFへは、メンバー各団体のほか、JARIのサブWG、TGからも意見を表明している。

当社は、BWFのワイヤレス電力伝送WGのリーダーとして標準規格化と制度化の議論を主導する一方、米国SAE InternationalのTFやサブTF及びJARIの非接触給電制御通信TGのメンバーとして、研究開発に立脚した制御通信の標準規格化活動を積極的に行っている。

7 あとがき

PHEVやEV向けのワイヤレス電力伝送に用いる制御通信技術について、必要な条件、使用する無線通信方式の比較、及びフレーム構成や通信手順について述べた。今後も、関連技術の開発や標準規格化活動などを通して、PHEVやEV向けワイヤレス電力伝送技術の実用化と普及に貢献していく。

文 献

- (1) SAE International. <<http://www.sae.org/>>, (accessed 2013-04-19).
- (2) ブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF). <<http://bwf-yrp.net/>>, (参照 2013-04-19).



尾林 秀一 OBAYASHI Shuichi

研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー研究主幹。アンテナ伝搬、マイクロ波回路及び無線電力伝送の研究・開発に従事。電子情報通信学会、IEEE、SAE International会員。Wireless System Lab.



工藤 浩喜 KUDO Hiroki

研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー。無線プロトコル及び無線電力伝送の研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。Wireless System Lab.