

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5649603号
(P5649603)

(45) 発行日 平成27年1月7日 (2015.1.7)

(24) 登録日 平成26年11月21日 (2014.11.21)

(51) Int.Cl.

H02J 17/00 (2006.01)

F I

H02J 17/00 B

H02J 17/00 X

請求項の数 18 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-64107 (P2012-64107)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成24年3月21日 (2012.3.21)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2013-198327 (P2013-198327A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成25年9月30日 (2013.9.30)	(74) 代理人	100117787
審査請求日	平成26年2月4日 (2014.2.4)		弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100107582
			弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100118843
			弁理士 赤岡 明
		(74) 代理人	100118876
			弁理士 鈴木 順生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送電装置および送電方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電源から供給される電力を1つ以上の受電装置に伝送する送電装置であって、
前記受電装置の要求電力に基づき、前記受電装置に電力を伝送するために必須のリソースである必須割り当りリソースを前記受電装置に割り当て、割り当り可能リソース上限と前記受電装置に割り当てた前記必須割り当りリソースの総計との差分である余剰リソースを、前記受電装置の電力伝送特性に基づいて前記受電装置から選択した受電装置に割り当てる電力割当処理部と、
前記受電装置に割り当てられた必須割り当りリソースと余剰リソースを用いて、前記受電装置に前記電力を伝送する電力伝送部と、
を備えた送電装置。

【請求項 2】

電力伝送特性推定部をさらに備え、
前記電力伝送部は、1つ以上の伝送コイルを含み、前記受電装置の受電コイルとの磁気結合を介して、前記伝送コイルにより電力を伝送し、
前記電力伝送特性推定部は、前記伝送コイルと前記受電装置の受電コイルとの結合係数に基づき、前記受電装置の電力伝送特性を推定する
請求項 1 に記載の送電装置。

【請求項 3】

前記受電装置と無線通信を行い、前記受電装置で受信される電力を表す情報を取得する

無線通信部をさらに備え、

前記電力割当処理部は、前記情報を用いて、前記受電装置の電力伝送特性を計算する請求項 1 または 2 に記載の送電装置。

【請求項 4】

前記電力伝送部は、時分割により前記受電装置に電力を多重伝送し、

前記受電装置に割り当てる前記必須割り当りソースは、電力フレーム長の一部の送電時間であり、前記余剰りソースは、前記受電装置に前記送電時間を割り当てた後に残った前記電力フレーム長の残り部分の時間である

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 5】

前記電力伝送部は、周波数分割により前記受電装置に電力を多重伝送し、

前記受電装置に割り当てる前記必須割り当りソースは、使用周波数帯域に含まれる複数の周波数のうちの少なくとも 1 つの周波数と、送電装置が伝送可能な総送信電力の一部の電力であり、

前記余剰りソースは、前記受電装置に周波数を割り当てた後に残った周波数と、前記総送信電力のうち前記受電装置に前記一部の電力を割り当てた後に残った残りの電力である

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 6】

前記電力伝送部は、電力の伝送空間を空間分割して前記受電装置に電力を多重伝送し、

前記受電装置に割り当てる前記必須割り当りソースは、送電装置が伝送可能な総送信電力の一部の電力であり、

前記余剰りソースは、前記総送信電力のうち前記受電装置に前記一部の電力を割り当てた後に残った残りの電力である

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 7】

前記電力伝送特性は、前記受電装置の電力伝送効率と、前記受電装置の要求電力とに応じて定まる

請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 8】

前記電力割当処理部は、前記受電装置の要求電力と前記受電装置の電力伝送効率の商である必須送電電力に基づいて、前記受電装置に前記必須割り当りソースを割り当てる

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 9】

前記電力割当処理部は、前記必須送電電力に基づいて前記受電装置に前記必須割り当りソースを割り当てた結果、前記受電装置に割り当てる前記必須割り当りソースが足りなくなった場合は、前記受電装置の中から前記必須割り当りソースを割り当てない受電装置を選定し、選定した受電装置には前記必須割り当りソースを割り当てない

請求項 8 に記載の送電装置。

【請求項 10】

前記電力割当処理部は、前記受電装置の電力伝送効率に基づき、前記必須割り当りソースを割り当てない受電装置と割り当てる受電装置を選別する

請求項 9 に記載の送電装置。

【請求項 11】

前記電力割当処理部は、前記受電装置において電力が供給される負荷の種類及び前記負荷の駆動情報に基づき、前記必須割り当りソースを割り当てる受電装置と割り当てない受電装置を選別する

請求項 9 に記載の送電装置。

【請求項 12】

前記負荷の種類は、バッテリーからの給電によって駆動される負荷であるか、バッテリ

10

20

30

40

50

ー以外の給電源によって駆動される負荷であることを示し、

前記負荷の駆動情報は、負荷が消費する電力、負荷が要求する電力、またはバッテリー残量を表す

請求項 1 1 に記載の送電装置。

【請求項 1 3】

前記電力割当処理部は、前記受電装置の電力伝送効率に基づき前記余剰リソースを割り当てる受電装置を選択する

請求項 1 ないし 1 2 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 1 4】

前記電力割当処理部は、前記受電装置における平均伝送効率に対する瞬時伝送効率の比に基づき、前記余剰リソースを割り当てる受電装置を選択する

請求項 1 ないし 1 2 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 1 5】

前記電力割当処理部は、前記受電装置における平均要求電力に対する瞬時要求電力の比に基づき、前記余剰リソースを割り当てる受電装置を選択する

請求項 1 ないし 1 2 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 1 6】

前記電力割当処理部は、前記受電装置において電力が供給される負荷の種類及び前記負荷の駆動情報に基づき、前記余剰リソースを割り当てる受電装置を選択する

請求項 1 ないし 1 5 のいずれか一項に記載の送電装置。

【請求項 1 7】

前記負荷の種類は、バッテリーによって駆動される負荷であるか、バッテリー以外の給電源によって駆動される負荷であることを示し、

前記負荷の駆動情報は、負荷が消費する電力、負荷が要求する電力、またはバッテリー残量を表す

請求項 1 6 に記載の送電装置。

【請求項 1 8】

電源から供給される電力を 1 つ以上の受電装置に伝送する送電方法であって、

前記受電装置の要求電力に基づき、前記受電装置に電力を伝送するために必須のリソースである必須割り当りリソースを前記受電装置に割り当て、割り当可能リソース上限と前記受電装置に割り当てた前記必須割り当りリソースの総計との差分である余剰リソースを、前記受電装置の電力伝送特性に基づき前記受電装置から選択した受電装置に割り当てる割り当処理ステップと、

前記受電装置に割り当てられた必須割り当りリソースと余剰リソースを用いて、前記受電装置に前記電力を伝送する電力伝送ステップと、

を備えた送電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明の実施形態は、送電装置、受電装置および送電方法に関し、たとえば複数の受電装置に対して電力伝送用のリソースを割り当てる技術に関する。

【背景技術】

【0002】

送電コイル及び受電コイルの電磁的結合を介して行われる無線電力伝送は、その利便性により様々な機器に採用されている。無線電力伝送では、空間を介して電力の授受を行う。複数の受電装置に対して電力を伝送する場合、受電装置で受電される際の伝送効率が各々で異なる。このため、各受電装置に対して必要な電力を供給することが困難である。それに対して、複数の受電装置に対して時分割で電力を伝送するシステムにおいて、割当期間（割当機会）を、受電装置が要求する電力と結合係数（伝送効率）を基に決定する方法が知られている。公知例においては必要電力 / 伝送効率で算出される値を基に、割当期間

10

20

30

40

50

を決定する方法が採用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4544339号

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】栗井郁雄 他, “共振型ワイヤレス電力伝送に用いる共振器の比較検討”, IEICE WPT 2010-01

【非特許文献2】小林禧夫 他, “マイクロ波誘電体フィルタ”, 電子情報通信学会編, 平成19年3月30日

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の送電方法においては、割当期間を決定する算出式において伝送効率が分母にあるため、伝送効率が低い受電装置に多く割当機会を与えてしまい、システム効率が劣化するという問題があった。また、必要電力が大きい受電装置にも優先的に割当機会を与えてしまうため、受電装置間に不平等が生じるという問題もある。

【0006】

本発明の一側面は、複数の受電装置に対して必要な電力を供給しつつ、システム効率を改善することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様としての送電装置は、電源から供給される電力を1つ以上の受電装置に伝送する送電装置であって、電力割当処理部と、電力伝送部とを備える。

【0008】

前記電力割当処理部は、前記受電装置の要求電力に基づき、前記受電装置に電力を伝送するためのリソースを前記受電装置に割り当て、前記受電装置に前記リソースを割り当てた後に残ったリソースである剰余リソースを、前記受電装置の電力伝送特性に基づいて前記受電装置から選択した受電装置に割り当てる。

30

【0009】

前記電力伝送部は、前記受電装置に割り当てられた必須割り当リソースと剰余リソースを用いて、前記受電装置に前記電力を伝送する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの一例を示す図。

【図2】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの送電装置例1を示す図。

【図3】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの送電装置例2を示す図。

【図4】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの送電装置例3を示す図。

【図5】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの送電装置例4を示す図。

40

【図6】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの送電装置例4を適用した場合の構成例1, 2を示す図。

【図7】本実施形態が適用される無線電力伝送システムの送電装置例4を適用した場合の構成例3を示す図。

【図8】本実施形態の無線電力伝送装置の第一の構成例を示す図。

【図9】本実施形態の無線電力伝送装置の第一の動作例におけるフローチャート。

【図10】本実施形態の無線電力伝送装置の第一の動作例における時分割電力フレーム構成を示す図。

【図11】本実施形態の無線電力伝送装置の第一の動作例における周波数分割電力割当構成を示す図。

50

【図 1 2】本実施形態の無線電力伝送装置の第一の動作例における空間分割電力割当構成を示す図。

【図 1 3】本実施形態の無線電力伝送装置の第一の動作例における PF スケジューリング例を示す図。

【図 1 4】本実施形態の無線電力伝送装置の第二の構成例を示す図。

【図 1 5】本実施形態の無線電力伝送装置の第二の動作例におけるフローチャート。

【図 1 6】本実施形態の無線電力伝送装置の第二の動作例の変形例におけるフローチャート。

【図 1 7】本実施形態の無線電力伝送装置の第三の動作例におけるフローチャート。

【図 1 8】本実施形態の無線電力伝送装置の第三の動作例の変形例 1 におけるフローチャート。 10

【図 1 9】本実施形態の無線電力伝送装置の第三の動作例の変形例 2 におけるフローチャート。

【図 2 0】本実施形態が適用される受電装置を含む無線電力伝送システムの一例を示す図。

【図 2 1】本実施形態の無線電力伝送受電装置の第一の構成例を示す図。

【図 2 2】本実施形態の無線電力伝送受電装置の第一の動作例のフローチャート。

【図 2 3】本実施形態の無線電力伝送受電装置の第一の動作例の第一～第三の電力情報を示す図。

【発明を実施するための形態】 20

【0011】

以下、図面を参照しながら本実施の形態について詳細に説明する。

【0012】

図 1 は本実施形態に係る無線電力伝送システムの一例を示している。本実施形態は、送電装置（無線電力伝送装置）11 から、1 つまたは複数存在する受電装置 12 A、12 B、12 C に対して無線によって電力を供給するシステムに関する。

【0013】

図 2 には本実施形態に係る無線電力伝送システムの送電装置の一例を示す。本実施形態の送電装置 20 は少なくとも 1 個の送電部 23 を持つ。受電側は、少なくとも 1 個の受電部を持つ 1 つまたは複数の受電装置である（後述する図 20 参照）。送電部 23 は自己共振コイル、もしくはキャパシタ及びインダクタを付加して共振するコイルを使用する。その自己共振コイルの形状は任意である。

【0014】

送電装置は、所定の電力、電圧、電流及び周波数の電力信号を送信する電力伝送駆動部 21 と、上記 1 または複数の受電装置に対して電力割当およびリソース割当のための計算を行う電力割当処理部 22 を有する。この構成では、電源は送電装置の外部に設けられている。なお受電装置の受電部も、自己共振コイル、もしくはキャパシタ及びインダクタを付加して共振するコイルを使用し、自己共振コイルの形状は任意である。

【0015】

図 2 では送電装置が 1 つで構成された例を示したが、図 3 の左のように複数の送電部 23 A、23 B、・・・23 C を用いて電力伝送を行う場合も可能である。また図 3 の右のように、それぞれ送電部 23 A、23 B、・・・23 C をもつ複数の送電装置 20 A、20 B、・・・20 C で、電力伝送を行う場合も可能である。また各送電装置を制御する制御装置 24 が配置される。図 3 の右の場合、各送電装置の電力割当処理部を、制御装置 24 に集約してもよい。また、後述する電力伝送特性推定部（図 8 参照）および無線通信部（図 14 参照）も制御装置 24 に集約してもよい。

【0016】

また、電源部も含む送電装置を図 4 および図 5 に示す。図 4 を見ると、電源から DC または AC で供給された電力が電力伝送駆動部 42 に入力され、電力伝送駆動部 42 において所定の周波数、電圧、電流を持つ電力信号を出力する。電力伝送駆動部 42 の出力電力信号 50

は電力伝送制御部 4 4 に入力されて、電力伝送制御部 4 4 によって 1 つまたは複数の受電装置へ送電部 4 1 を介して送電する。電力割当処理部 4 3 は、1 つまたは複数の受電装置に対して電力割当を行う際に、各受電装置への割りリソースの計算を行い、計算結果を電力伝送制御部 4 4 へ通知する。電力伝送制御部 4 4 は、電力割当処理部 4 3 によって計算された割りリソースに応じて送電を制御する。図 4 のような構成は、例えば机上の複数の OA 機器や PC へ無線給電を行うなどの利用シーンにおいて適用される構成である。

【 0 0 1 7 】

次に、図 5 は、図 4 の構成の電力割当処理部と電力伝送駆動部を入れ替えた構成を示している。この場合、電力伝送駆動部 4 2 A ~ 4 2 C 及び送電部 4 1 A ~ 4 1 C はそれぞれ複数備えられており、電力割当処理部 4 3 は電源 4 6 から供給される DC もしくは AC の電力を、電力割当制御部 4 3 で計算された割りリソースを基に各電力伝送駆動部 4 2 A ~ 4 2 C へ割り当てる。電力伝送駆動部 4 2 A ~ 4 2 C は電力割当処理部 4 3 から入力される DC または AC の電力に応じて所定の周波数、電圧、電流を持つ電力信号を送電部 4 1 A ~ 4 1 C へ出力する。

10

【 0 0 1 8 】

図 5 の構成の具体的な適用例を図 6 に示す。図 6 に示すように家庭内の様々な場所にある複数の受電装置に対して無線電力伝送を行う場合、図中の構成例 1 のように配線遮断部 6 1 であるブレーカーに電源と電力割当処理部を備える構成や、構成例 2 のように太陽光発電やバッテリーなどの分散電源部 6 2 に電源と電力割当処理部を備えて受電装置へ送電する構成などがあり得る。この場合、配線遮断部 6 1 や分散電源部 6 2 の送電電力によって電力をマネジメントすることができる。例えば、配線遮断部 6 1 で電力割当処理を行う場合は、宅内契約電力の上限値を超えないように電力割当を実施し、分散電源部 6 2 で電力割当処理を行う場合は各分散電源部 6 2 の発電量や充電容量によって電力割当を実施できる。

20

【 0 0 1 9 】

また、図 6 に示した構成例 1、2 以外にも図 5 の構成例は幅広く適用できる。例えば、図 7 に示すように電気自動車への集合駐車場で無線電力伝送を行う場合は、電力施設 7 1 から複数台へ送電する際に供給可能な電力から割りリソースを決定する際に、本提案方式を採用することができる。

【 0 0 2 0 】

30

図 8 は本実施形態の無線電力伝送装置（送電装置）の第一の構成例を示す。この無線電力伝送装置は、送電部 4 1 と、電力伝送制御部 4 4 と、電力伝送駆動部 4 2 と、電力割当処理部 4 3 と、電力伝送特性推定部 4 5 から構成される。電力伝送用コイル 4 1 および電力伝送制御部 4 4 は、たとえば割りリソースに基づき受電装置に電力を伝送する電力伝送部に相当する。

【 0 0 2 1 】

送電部 4 1 は、電力伝送のアンテナとして使用する電力伝送用コイルである。電力伝送駆動部 4 2 は、外部電源に基づき、所定の周波数、電圧、電流を持つ電力信号を生成して、電力伝送用コイルへ向けて出力する。電力割当処理部 4 3 は、複数の受電装置に対して電力割当を行う際にリソース割当の計算を行う。電力伝送制御部 4 4 は、電力割当処理部 4 3 によって決定された各受電装置に対する割りリソースに応じて電力伝送を制御する。電力伝送特性推定部 4 5 は、各受電装置の電力伝送効率を推定する。

40

【 0 0 2 2 】

ここで、割りリソースは、たとえば、時分割多重を行う場合は割当期間、周波数分割多重を行う場合には周波数と各周波数に割り当てる送電電力、また空間分割多重を行う場合には割り当てる空間が割りリソースにそれぞれ該当する。

【 0 0 2 3 】

また、時分割や空間分割多重以外に同一周波数で伝送する方法として、受電装置の負荷インピーダンスを必要電力に合わせて制御する方法が考えられる。

【 0 0 2 4 】

50

本実施形態ではこれらの多重方法のいずれにおいても適用可能な電力割当の算出方法を提案する。

【 0 0 2 5 】

図 9、図 10、図 11、図 12、図 13 および図 14 を用いて、本実施形態の無線電力伝送装置の第一の動作例について説明する。

【 0 0 2 6 】

図 9 に第一の動作例におけるフローチャートを記す。

【 0 0 2 7 】

(ステップ 1 : 電力伝送特性の推定)

第一の動作例では、まずステップ 1 として電力伝送特性推定部 45 によって電力伝送効率の推定を行う。電力伝送効率を推定する方法として、例えば電力伝送用コイルに入力された電力信号がインピーダンスの不整合により反射された際の当該反射の周波数特性を用いて推定することが可能である。

10

【 0 0 2 8 】

磁気共鳴型と呼ばれる無線電力伝送方式は、共振器間結合バンドパスフィルタとほぼ同一の等価回路であらわされることが知られている(非特許文献 1)。この磁気共鳴型の無線電力伝送方式では、送受電間が結合している場合に、反射周波数特性に 2 つの極小値が検出される。この反射特性の極小値は、共振器間結合バンドパスフィルタにみられる磁気壁、電気壁と呼ばれる 2 つの共振モードによって現れる(非特許文献 2)。共振器間結合バンドパスフィルタでは、2 つの共振モードとコイル間結合係数 k とは以下のような式が

20

【数 1】

$$k = \frac{f_{high}^2 - f_{low}^2}{f_{high}^2 + f_{low}^2}$$

【 0 0 2 9 】

なお、 f_{low} 及び f_{high} は 2 つの極小となる周波数の内、それぞれ低い方と高い方の極小となる周波数を示す。よって、反射の周波数特性から 2 つの極小となる周波数を測定し、この式を用いることで結合係数を推定することが可能となる。

30

【 0 0 3 0 】

この結合係数を用い、送電装置の電力伝送用コイルの共振の強度を示す Q 値 (Q_1) と、受電装置の電力伝送用コイルの Q 値 (Q_2) を用いて、以下の式により理論上の伝送効率 η を算出することが可能である。

【数 2】

$$\eta = \frac{2 + k^2 Q_1 Q_2 - 2\sqrt{1 + k^2 Q_1 Q_2}}{k^2 Q_1 Q_2}$$

【 0 0 3 1 】

本提案における電力伝送特性推定部 45 は、上記の方法に限らず、他の方法を用いて伝送効率を推定してもよい。

40

【 0 0 3 2 】

(ステップ 2 : 受電装置の送電可不可判断)

次にステップ 2 として、推定した伝送効率を用いて、受電装置が伝送可能範囲内に存在するかを判定する。伝送効率が著しく劣化している場合は送電を行わないこととする。それによって、システム全体での伝送効率の著しい劣化を防ぐことが可能である。受電装置が伝送可能範囲内に存在するか否かを判断する方法として、ステップ 1 で推定した伝送効率を閾値判定することが可能である。判定する閾値を伝送効率閾値と定義すると、この伝送効率閾値は受電装置の接続台数によって動的に変えることも可能である。例えば、接続

50

台数が複数存在する場合は、伝送効率閾値を例えば80%など高く設定することでシステム伝送効率を改善することができる。また、接続台数が1台など少数の場合には、伝送効率閾値を50%などに低く設定して伝送効率が劣化している受電装置に対しても電力伝送を行うことが可能となり、多様な受電装置に合わせて電力伝送が可能となる。伝送効率閾値は上記の値に限らず設定することができる。

【0033】

(ステップ3：受電装置の要求電力読み出し)

ステップ2において伝送可能範囲内に受電装置が存在しない場合は再度ステップ1へ戻り、伝送可能範囲内に存在する場合はステップ3に移行する。ステップ3では、あらかじめメモリに保存しておいた受電装置の要求電力情報を読みだす。この要求電力情報は次のステップ4での割り当りソース計算時に使用する。この要求電力情報は、例えばバッテリーへの充電を行う場合はバッテリーが要求する電力を指し、バッテリーへの充電ではなく、負荷に給電する場合は、負荷が要求する電力もしくは負荷が消費する電力が該当する。

【0034】

(ステップ4：必須送電電力の計算・余剰割り当りソースの計算)

次に、ステップ4として電力割当処理部43により必須送電電力及び余剰割り当りソースの計算を行う。以降のステップ4～ステップ6はすべて電力割当処理部43によって行われ、これらの手順を通して割り当りソースが決定される。たとえば、以下の式により算出される各受電装置kに対する必須送電電力情報 $P_{need}[k]$ によって割り当りソースが決定される。

【数3】

$$P_{need}[k] = \frac{P_{req}[k]}{\eta[k]} \cdot \cdot \cdot (1)$$

【0035】

ここで、 $P_{req}[k]$ 及び $\eta[k]$ は、受電装置kにおける要求電力情報と伝送効率情報をそれぞれ表す。上記の(1)式で計算される結果は、受電装置の動作する必要最低限の電力を供給するために必要な送電電力を表す。よって、この必須送電電力情報 $P_{need}[k]$ をすべての受電装置に対して満足する必要がある、これを基に割り当りソースのスケジューリングを行う必要がある。この $P_{need}[k]$ から算出される必須割り当りソースと、割当可能リソース上限との差分である余剰割り当りソースを割り当てる方法を工夫することにより、各受電装置に必要な電力を届けつつ、システム効率を改善することが可能となる。

【0036】

なお、上記の必須送電電力情報 $P_{need}[k]$ の計算方法は一例であり、多重方法によっても異なる。以降では、多重方法による必須送電電力情報の計算方法と、余剰割り当りソースの計算方法を記す。

【0037】

(時分割多重における余剰割り当りソースの計算)

時分割多重の場合は、割り当りソースは送電継続時間である。例えば、図10のように1電力フレーム長を T_{frame} として受電装置kに対して送電継続時間 $T_{need}[k]$ を割り当てるとする。この場合、(1)式により算出される必須送電電力情報 $P_{need}[k]$ と送電電力上限 P_{Tx_max} を用いて、受電装置kに対する必須送電継続時間 $T_{need}[k]$ が以下の式で計算される。

【数4】

$$T_{need}[k] = \frac{P_{need}[k] * T_{frame}}{P_{Tx_max}} \cdot \cdot \cdot (2)$$

【0038】

電力伝送を行う受電装置すべてに対して(2)式を用いて必須送電継続時間 $T_{need}[k]$ を

計算する。この $T_{need}[k]$ がまず各受電装置に対する割り当りリソースとなる。また受電装置総数を N とし、以下の式により各受電装置の必須送電継続時間の総和 T_{total_need} を計算する。

【数 5】

$$T_{total_need} = \sum_{k=1}^N T_{need}[k] \cdot \cdot \cdot (3)$$

【0039】

(3)式により計算された T_{total_need} は全受電装置が安定動作に必要な必須送電継続時間である。この T_{total_need} と電力フレーム長である T_{frame} の差をとることで、時分割多重における余剰割り当りリソース T_{rem} を算出する。

10

【数 6】

$$T_{rem} = T_{frame} - T_{total_need} \cdot \cdot \cdot (4)$$

【0040】

(4)式により算出される余剰割り当りリソース T_{rem} が負の場合は(ステップ4-1のNO)、受電装置数 N に対して必要となる送電能力が足りないため、 T_{rem} が正になるまで、受電装置の内、電力伝送を行わないいずれか1つもしくは複数の受信端末を選定する(ステップ4-2)。

20

【0041】

このとき電力伝送を行わない受電装置を選定する方法はどんな方法でもよく、例えばバッテリーを搭載した受電装置の場合は、バッテリー残量が多い受電装置を選定することも可能である。また、推定した伝送効率 $\eta[k]$ を用いて選定することも可能である。システム効率を改善するためには、他の受電装置と比較して $\eta[k]$ が最も小さい受電装置に対して電力伝送を行わないようにすることで、高いシステム効率を達成することが可能となる。また、受電装置を使用するユーザが定義した優先度を用いて、電力伝送を行う受電装置と行わない受電装置を分類してもよい。 T_{rem} が正の場合、余剰割り当りリソース T_{rem} が、ステップ5にて割り当りリソースを決定する際に用いられる。

【0042】

30

(周波数分割多重における余剰割り当りリソースの計算)

周波数分割多重の場合は、図11に示すように割り当りリソースは、周波数及び各周波数に割り当てる電力である。それぞれを割当周波数及び割当電力と定義して説明する。割当が可能な周波数分割数の上限を N_f とし、各割当周波数を $f[m]$ ($1 \leq m \leq N_f$)、各周波数の割当電力を $P_f[m]$ とすると、まず受電装置台数 N は N_f 以下に制限される。

【0043】

ここで、周波数分割を実現する方法は、図3の左または右に示すように共振周波数の異なる複数の電力伝送用コイルを用いてもよく、また各受電装置に対してマッチングをとる周波数を変えることで周波数分割を実現することができる。本提案では周波数分割ができればいかなる方法でも適用可能である。

40

【0044】

A) $N_f = N$ の場合

受電装置台数 N が N_f 以下の場合、割当周波数 $f[m]$ の内、受電装置台数分だけ割り当てる。各受電装置の各割当周波数における伝送効率 $\eta[m][k]$ をステップ1で推定する必要がある。各受電装置に割り当てる割当周波数 $f[m]$ は、システム効率が最大となるように決定されるのが望ましい。

【0045】

例えば、まず(I)各受電装置において伝送効率が最大となる割当周波数を選定する。次に(II)受電装置 k の割当周波数を比較し、もし割当周波数が他と一致していなければその割当周波数で電力伝送を行う。もし割当周波数が他の受電装置(例えば k')と一致

50

している場合は、他の受電装置 k' と受電装置 k の当該割当周波数における伝送効率を比較し、伝送効率の高い受電装置が、当該割当周波数における割当機会を獲得する。(III) 割当機会が得られなかった受電装置は当該割当周波数の次に伝送効率が高い割当周波数を選定し、他の受電装置と割当周波数が一致していないかを再度確認する。この(II) (III)の手順を繰り返すことでシステム効率が最大となる各受電装置における割当周波数を決定することが可能となる。また上記以外の方法でも適用可能である。

【0046】

各受電装置に対する割当周波数がすべて決定したら、以下の式により受電装置 k に対する必須送電電力 $P_{need}[k]$ を計算する。このとき、割当周波数を $f[m']$ とすると、

【数7】

$$P_{need}[k] = \frac{P_{req}[k]}{\eta[f[m']][k]} \cdots (5)$$

【0047】

となる。(5)式の全受電装置の総和を P_{total_need} とすると、 P_{total_need} は全受電装置に必要な電力を供給するための必須送電電力である。

【数8】

$$P_{total_need} = \sum_{k=1}^N P_{need}[k] \cdots (6)$$

【0048】

この P_{total_need} と送電電力上限(送電最大電力)である P_{Tx_max} の差をとることで周波数分割多重における余剰割当リソース P_{rem} を算出する。

【数9】

$$P_{rem} = P_{Tx_max} - P_{total_need} \cdots (7)$$

【0049】

上式により算出される余剰割当リソース P_{rem} が負の場合は(ステップ4-1のNO)、受電装置数 N に対して必要となる送電能力が足りないこととなる。このため、 P_{rem} が正になるまで、受電装置の内、電力伝送を行わない1つもしくは複数の受電装置を選定する(ステップ4-2)。時分割多重の際と同様に、電力伝送を行わない受電装置を選定する方法はどんな方法でもいい。たとえば、システム効率が最も高くなるように受電装置を選定することが好ましい。 P_{rem} が正の場合、余剰割当リソース P_{rem} が、ステップ5にて割当リソースを決定する際に用いられる。

【0050】

B) $N_f < N$ の場合

受電装置台数が N_f より大きい場合は、割当周波数 $f[m]$ の数だけ、受電装置に周波数を割り当てる。このとき割り当てる受電装置を選定する方法は、システム伝送効率が最大となるように選定する方法が好ましい。ただし、またバッテリーを搭載した受電装置の場合はバッテリー残量によって選定してもよく、また受電装置を使用するユーザが定義した優先度を用いて選定してもよい。

【0051】

各受電装置に対する割当周波数の選定方法や割当電力の決定方法は $N_f = N$ の場合に記述した方法と同様の方法が適用可能である。この時の必須送電電力 $P_{need}[k]$ 及び必須送電電力の総和 P_{total_need} 及び余剰割当リソース P_{rem} は前述した式と同様の方法が適用可能である。

【0052】

なお、周波数分割多重を実現する際に、受電装置の伝送効率もしくは要求電力の時間変動に応じて割当周波数を動的に変更することで、システム効率を改善することが可能であ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 5 3 】

(空間分割多重における余剰割りソースの計算)

空間分割多重の場合は、図 1 2 に示すように割りソースは空間(方向)と各空間に割り当てる電力であり、これらをそれぞれ割り空間及び割り電力と定義して説明する。割り可能な空間分割数の上限を N_s とし、各割り空間を $s[n]$ ($1 \leq n \leq N_s$)、各割り空間における割り電力を $P_s[n]$ とすると、まず受電装置台数 N は N_s 以下に制限される。

【 0 0 5 4 】

ここで空間を分割する方法は、例えば磁気共鳴型無線電力伝送を仮定した場合、図 3 の左または右に示すように、送電装置の電力伝送用コイルをアレー化して空間内の磁束方向を制御する方法がある。その際、制御する磁束方向に依存して伝送効率が変化するため、磁束方向により空間分割を実現することが可能である。

【 0 0 5 5 】

例えば送電装置の電力伝送用コイルアレーを用いて空間分割を実現する場合、伝送効率を推定するために各受電装置の電力伝送用コイルの方向を推定する必要がある。その方法としては、送電装置の電力伝送用コイルアレーのコイルを 1 つずつ用いて受電装置の電力伝送用コイルとの結合係数を前述した方法により計算し、送電装置におけるすべての電力伝送用コイルと受電装置の電力伝送用コイルとの結合係数を推定することにより、各受電装置の電力伝送用コイルの方向を推定することが可能である。送電装置の電力伝送用コイルアレーにより制御可能な磁束方向は電力伝送用コイルの数に依存するため、 N_s は送電装置の電力伝送用コイルの数と等しい。また、コイルアレー以外の方法でも空間分割多重を実現することも可能である。コイルの向きを制御するようにしてもよい。

【 0 0 5 6 】

A) $N_s = N$ の場合

受電装置台数が N_s 以下の場合は、割り空間 $s[n]$ の内、受電装置台数分だけ割り当てる。各受電装置の各割り空間における伝送効率 $\eta[n][k]$ をステップ 1 で推定する必要がある。各受電装置に割り当てる割り空間 $s[n]$ は、システム効率が最大となるように決定されるのが望ましい。

【 0 0 5 7 】

例えば、まず (I) 各受電装置において伝送効率が最大となる割り空間を選定する。次に (II) 受電装置 k の割り空間を比較し、もし割り空間が他と一致していなければその割り空間で電力伝送を行う。もし割り空間が他の受電装置(例えば k')と一致している場合は、他の受電装置 k' と受電装置 k の当該割り空間における伝送効率を比較し、伝送効率の高い受電装置が当該割り空間における割り機会を獲得する。(III) 割り機会が得られなかった受電装置は当該割り空間の次に伝送効率が高い割り空間を選定し、他の受電装置と割り空間が一致していないかを再度確認する。この (II) (III) の手順を繰り返すことでシステム効率が最大となる各受電装置における割り空間を決定することが可能となる。また上記以外の方法でも適用可能である。

【 0 0 5 8 】

各受電装置に対する割り空間がすべて決定したら、以下の式により受電装置 k に対する必須送電電力 $P_{need}[k]$ を計算する。このとき、割り空間を $s[n']$ とすると、

【数 1 0】

$$P_{need}[k] = \frac{P_{req}[k]}{\eta[s[n']][k]} \cdots (8)$$

となる。上式の全受電装置の総和を P_{total_need} とすると、 P_{total_need} は全受電装置に必要な電力を供給するための必須送電電力である。

【数 1 1】

$$P_{total_need} = \sum_{k=1}^N P_{need}[k] \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

【0059】

この P_{total_need} と、送電電力上限（送電最大電力）である P_{Tx_max} の差をとることで空間分割多重における余剰割りリソース P_{rem} を算出する。

【数 1 2】

$$P_{rem} = P_{Tx_max} - P_{total_need} \cdot \cdot \cdot \quad (10)$$

10

【0060】

上式により算出される余剰割りリソース P_{rem} が負の場合は（ステップ4 - 1のNO）、受電装置数 N に対して必要となる送電能力が足りないことになる。このため、 P_{rem} が正になるまで、受電装置の内、電力伝送を行わない1つもしくは複数の受電装置を選定する（ステップ4 - 2）。時分割多重や周波数分割多重などの際と同様に、電力伝送を行わない受電装置を選定する方法はどんな方法でもよい。たとえば、システム効率が最も高くなるように受電装置を選定することが好ましい。 P_{rem} が正の場合、余剰割りリソースが、ステップ5にて割りリソースを決定する際に、用いられる。

【0061】

20

B) $N_s < N$ の場合

受電装置台数が N_s より大きい場合は、割当空間 $s[n]$ の数だけ受電装置に割り当てる。このとき割り当てる受電装置を選定する方法は、システム伝送効率が最大となるように選定する方法が好ましいが、またバッテリーを搭載した受電装置の場合はバッテリー残量によって選定してもよく、また受電装置を使用するユーザが定義した優先度を用いて選定してもよい。

【0062】

各受電装置に対する割当空間の選定方法や割当電力の決定方法は $N_s = N$ の場合に記述した方法と同様の方法が適用可能である。この時の必須送電電力 $P_{need}[k]$ 及び必須送電電力の総和 P_{total_need} 及び余剰割りリソース P_{rem} は、前述した式と同様の方法が適用可能である。

30

【0063】

なお、空間分割多重を実現する際に、受電装置の伝送効率もしくは要求電力の時間変動に応じて割当空間を動的に変更することで、システム効率を改善することが可能である。

【0064】

（ステップ5：割りリソースのスケジューリング）

ステップ4において、必須割りリソース（時分割多重の場合は必須送電継続時間 T_{total_need} 、周波数分割多重の場合は周波数と必須送電電力 P_{total_need} 、及び空間分割多重の場合は空間と必須送電電力 P_{total_need} ）と、余剰割りリソース（時分割多重の場合は T_{rem} 、周波数分割多重の場合は残りの周波数と P_{rem} 、及び空間分割多重の場合は P_{rem} ）を計算した。

40

【0065】

その結果を用いてステップ5では割りリソースの各受電装置への電力スケジューリングを実行する。以降は多重方法に限らず、受電装置 k に対する必須割りリソースを $R_{need}[k]$ 、全受電装置に対する総必須割りリソースを R_{total_need} 、余剰割りリソースを R_{rem} と記述することとする。

【0066】

まず各受電装置における必須割りリソース $R_{need}[k]$ は必ず割り当てることで、受電対象となるすべての受電装置に対して、要求電力を供給することが可能となる。本提案では、必須割りリソースを割り当てつつ、余剰割りリソース R_{rem} をシステム効率が改善するよう

50

に各受電装置に割り当てる方法が特徴である。この余剰割りリソース R_{rem} は受電装置が必要とする電力を供給する上で余力となる送電能力である。この余剰割りリソース R_{rem} を各受電装置で均等に分配してもシステム効率の改善は得られない。かといって、必須割りリソースを計算する際に使用した式である要求電力 / 伝送効率を基に割り当てる場合は、伝送効率が劣化している受電装置に対して優先的に割り当てることを意味するため、システム伝送効率が劣化する。そこで、余剰割りリソースの場合は、必須割りリソースで計算した方法とは異なる評価基準を基に、余剰割りリソースのスケジューリングを行う。以下、詳細を示す。

【 0 0 6 7 】

(1) システム効率を最大化する余剰割りリソースの割り当方法は、最も伝送効率の高い受電装置に対して余剰割りリソースをすべて割り当てる方法が挙げられる。

10

【 0 0 6 8 】

(2) また、各受電装置に対する公平性を確保しつつシステム効率を改善する方法として、各受電装置の伝送効率の比に応じて余剰割りリソースを割り当てる方法が挙げられる。

【 0 0 6 9 】

(3) また、無線通信における無線リソースのスケジューリング方法として広く知られるPF (Proportional Fairness) スケジューリングを用いてもよい。無線通信におけるPFスケジューリングは、時間変動するチャネルにおいて、例えば評価関数として信号対雑音比であるSNRを用いた場合、平均SNRが高いユーザに対して送信機会を多く割り当てる方式である。平均SNRに対する瞬時SNRの比を評価基準として採用することで、各ユーザはSNRが高い瞬間にデータを送信する機会を得ることができる。これにより、各ユーザに対して公平に送信機会を割り当てつつも高い伝送レートを実現することが可能である。これを本提案の電力伝送における余剰割りリソースのスケジューリングアルゴリズムとして適用することで、さらにシステム効率を改善しつつ各受電装置への公平性も維持することが可能となる。また、図 1 3 に示すように、評価基準とするのは平均伝送効率に対する瞬時伝送効率を用いてもよい。また、平均要求電力に対する瞬時要求電力を用いてもよく、システムに合わせて評価基準を選定すればよい。

20

【 0 0 7 0 】

さらに、平均伝送効率を算出する際に、忘却係数 (平滑化係数) を用いてどの程度の過去の伝送効率情報を用いるかを導入することによって、伝送効率の変動速度に応じて適応的な電力スケジューリングを行うことができる。

30

【 0 0 7 1 】

なお、平均伝送効率 η_{ave} は、各サンプルタイミング t_i に ($0 < i < N$) おける瞬時伝送効率を η_i とすると、以下の式によって算出できる。

【 数 1 3 】

$$\eta_{ave} = \frac{\sum_{k=0}^N \eta_k}{N}$$

40

【 0 0 7 2 】

このとき、 N の大きさは、値を格納するメモリの容量に依存する。そのため、この計算方法は、長い時間で平均をとる場合には好ましくない。そこで、移動平均を適用することも可能である。移動平均は様々な方法があるが、どんな方法でも適用可能である。例えば、指数移動平均 (Exponential Moving Average: EMA) を用いると、下記のような式で平均伝送効率 (EMA) が算出される。

【 数 1 4 】

$$\eta_{ave} = \alpha \eta_i + (1 - \alpha) \eta'_{ave}$$

50

(α : 平滑化係数 ($0 < \alpha < 1$)、 η'_{ave} : 更新前の平均伝送効率)

【0073】

この場合、保存が必要なデータは更新前の平均伝送効率と平滑化係数のみであるので、メモリ容量を節約できる。上記の移動平均法以外の方法でも可能である。

【0074】

(4) また、受電装置を使用するユーザが各受電装置に優先度を設けた場合は、その優先度に応じて余剰割りリソースを割り当てることも可能である。その際にシステム効率を改善する手法としては、PFスケジューリングにユーザ定義の優先度による重みづけを行ったWeighted PFスケジューリングを採用する方法が挙げられる。このアルゴリズムを用いると、ユーザが定義した優先度を考慮しつつ、システム効率を改善し、かつ受電装置間での公平性も維持することが可能である。

10

【0075】

以上の方法により、必須割りリソース及び余剰割りリソースを割り当てることでシステム効率を改善することが可能である。なお、余剰割りリソースは上記に説明した方法以外の割り当方法を実装することも可能である。例えば、バッテリーを搭載した受電装置に対しては、バッテリー残量を優先度として採用してもよい。

【0076】

(ステップ6 : 割り当結果を基にした電力制御)

ステップ5において決定された割りリソースのスケジューリング結果を基に、各受電装置に供給するリソースの制御を行い、送電準備を行う。送電準備が整い次第、スケジューリング結果通りに送電パラメータの調整を行い、各受電装置に対して電力伝送を開始する。

20

【0077】

(本実施形態の無線電力伝送装置の第二の構成例)

図14は本実施形態の無線電力伝送装置の第二の構成例を示す。図14によると無線電力伝送装置は、電力伝送用コイル51と、電力伝送駆動部52と、電力割り処理部53と、伝送制御部54と、無線通信部56、通信用アンテナ57から構成される。

【0078】

電力伝送用コイル51は、電力伝送のアンテナとして使用する。電力伝送駆動部52は、電力伝送用コイルへ向けて、所定の周波数、電圧、電流を持つ電力信号を出力する。電力割り処理部53は、複数の受電装置に対して電力割りを行う際にリソースの割り計算を行う。電力伝送制御部54は、電力割り処理部53によって決定された各受電装置に対する割りリソースに応じて電力伝送を制御する。無線通信部55は、電力伝送効率に関する伝送情報を受電装置とやり取りする。通信用アンテナ57は、無線通信部56による通信用のアンテナである。

30

【0079】

ここで、割りリソースは、時分割多重を行う場合は割り期間、周波数分割多重を行う場合には周波数と各周波数に割り当てる送電電力、また空間分割多重を行う場合には割り当てる空間と各空間に割り当てる送電電力が、割りリソースにそれぞれ該当する。また、時分割や空間分割多重以外に同一周波数で伝送する方法として、受電装置の負荷インピーダンスを必要電力に合わせて制御する方法が考えられる。本実施形態ではこれらの多重方法のいずれにおいても適用可能な電力割当の算出方法を提案する。

40

【0080】

図15および図16を用いて、本実施形態の無線電力伝送装置の第二の動作例について説明する。図15に第二の動作例におけるフローチャートを記す。第二の動作例での各ステップは第一の動作例の各ステップとほぼ同様の方法を適用可能であるため、異なる点を詳細に述べる。

【0081】

(ステップ1 : 電力伝送特性の収集)

第二の動作例では、まずステップ1として無線通信部56を利用して、各受電装置の電

50

力伝送効率の収集を行う。第一の動作例では、反射周波数特性を用いた結合係数 k の推定により、理論上の伝送効率を推定した。この場合、電力伝送用コイル間での伝送効率を推定することは可能であるが、受電装置のインバータなどの内部機器でのロスやインピーダンスミスマッチングによるロスを考慮できないため、実際に負荷に供給されるまでの伝送効率とは異なる。

【0082】

そこで第二の動作例では、例えば受電装置において負荷に供給される電力を測定し、その値（電力伝送特性情報）を受電装置の無線通信部によりフィードバックすることで、負荷に供給されるまでの伝送効率を算出する。これにより、ステップ4で計算する必須送電電力計算の誤差精度を改善することができる。ステップ1でフィードバックされる電力伝送特性に関する情報は、伝送効率が計算可能なパラメータであればどのパラメータをフィードバックしてもよい。

10

【0083】

（ステップ2：受電装置の送電可不可判断）

ステップ2の受電装置が伝送可能範囲に存在するかの送電可不可判断は、第一の動作例のステップ2と同様の方法で実現可能である。

【0084】

（ステップ3：受電装置の要求電力の収集）

ステップ3では、受電装置の要求電力を受電装置の無線通信部から送電装置へフィードバックするステップである。第一の動作例では、事前にメモリに保存した受電装置のみ要求電力情報を得ることを想定していたが、第二の動作例では受電装置からフィードバックすることで、いかなる受電装置に対しても本提案方式が適用可能となる。

20

【0085】

（ステップ4～6：割当制御全体）

ステップ4～6以降は第一の動作例と同様の手順を適用可能である。ステップ4～6において、第二の構成例では無線通信部を有するため、より伝送効率や要求電力の時間変動に合わせたスケジューリング機構を導入することが可能である。また、第一の構成例における第一の動作例では、伝送効率推定のために送電を停止するかもしれない伝送効率を劣化させる必要があったが、無線通信機を有するため送電を停止することなく伝送効率情報を得ることができる。

30

【0086】

図16に第二の動作例におけるフローチャートの変形例を示す。図16では、図15のステップ1とステップ3が統合されている。図15の動作フローでは2度にわけて無線通信部を使用する必要があるが、図16に示す変形例では、電力伝送特性情報と要求電力情報を1度に収集することで、手順の簡略化が可能となる。ステップ4以降は、図15の第二の動作例のフローチャートと、図16の変形例のフローチャートは同一である。

【0087】

図17を用いて、本実施形態の無線電力伝送装置の第三の動作例について説明する。図17に第三の動作例におけるフローチャートを記す。第三の動作例では、第二の動作例の各ステップに対し、さらにステップ3-1として受電装置負荷情報の収集処理が追加されている。これにより第二の動作例と比べて、ステップ4での受電不可端末の選定や、ステップ5での余剰割当リソース割当の計算方法が異なるものとなっている。以下、詳細を説明する。

40

【0088】

（ステップ1～3：電力伝送特性の収集・受電装置の送電可不可判断・受電装置の要求電力の収集）

第三の動作例におけるステップ1～3は、第二の動作例と同一の方法を適用可能である。

【0089】

（ステップ3-1：受電装置負荷情報の収集）

50

第三の動作例ではステップ 3 - 1 として、受電装置の負荷情報を無線通信部 5 6 により収集する手順が追加されている。受電装置の負荷情報とは例えば以下が挙げられる。

- 負荷の種類
- 負荷の値
- 負荷駆動情報
- バッテリーの場合はバッテリー残量
- バッテリーの場合は充電方法及び充電レート（普通充電か急速充電か）

【 0 0 9 0 】

負荷の種類とは、受電装置がバッテリーを搭載しておりバッテリーへの充電を行うデバイスなのか、バッテリーを搭載せず例えばCPU等の負荷に給電しつつ動作させるデバイスなのか、バッテリーへの充電とともに負荷への給電も行うデバイスなのかを示す。

10

【 0 0 9 1 】

負荷の値とは、電力が供給される負荷インピーダンスの値を示す。

【 0 0 9 2 】

負荷駆動情報とは、受電装置の負荷が駆動しているか否かを示す情報である。

【 0 0 9 3 】

また、バッテリーの場合はバッテリーの残量や、急速充電等も実現可能であるため、バッテリーへの充電方法（定電圧充電、定電流充電）と充電レート情報も含む。

【 0 0 9 4 】

これらの負荷情報を、ステップ 4 ~ 5 において、特に受電不可端末の選定と余剰割り当りソースの割り当方法に使用する。

20

【 0 0 9 5 】

（ステップ 4：必須送電電力の計算・余剰割り当りソースの計算）

ステップ 4 において、多重方法によって異なるが、前述した（ 1 ）式等により、必須送電電力の計算を行う。このときの、要求電力 $P_{req}[k]$ は負荷の種類によって異なる。

【 0 0 9 6 】

例えば、負荷に電力を給電しつつ動作する受電装置（以下給電端末）の場合は、負荷の消費電力が $P_{req}[k]$ に該当する。バッテリーへ充電する受電装置（以下充電端末）の場合は、バッテリーが要求する電力が $P_{req}[k]$ に該当する。バッテリーに充電しつつ、負荷にも電力を給電する受電装置（以下充給電端末）の場合には、負荷の消費電力 + バッテリーの要求電力が $P_{req}[k]$ に該当する。

30

【 0 0 9 7 】

その後、ステップ 4 では時分割多重の場合は（ 4 ）式、周波数分割多重の場合は（ 7 ）式、空間分割多重の場合は（ 1 0 ）式により、余剰割り当りソースを計算する。この余剰割り当りソースが負になった場合は、受電不可端末の選定を行う必要がある。

【 0 0 9 8 】

このとき、受電可能な受電デバイスは給電端末、充給電端末、充電端末の順に優先される。これは、給電端末の場合は電力供給が途切れるとバッテリーを搭載していないために電源OFF状態となってしまうことが理由である。一方、充給電端末と充電端末はバッテリーを持ちうるため一時的に無線による電力供給が途切れてもバッテリーからの電力供給で賄える。このため、優先度が低く、受電不可端末として選定されやすい。さらに、充給電端末及び充電端末が複数存在する場合は、バッテリー残量の少ない端末が優先的に受電可能とし、バッテリー残量が多い端末を受電不可端末として選定する。これにより、バッテリー残量がなくなる機会を防止することが可能である。

40

【 0 0 9 9 】

ただし、負荷の種類が同一であり、充給電端末及び充電端末においてバッテリー残量に大きな差がない場合には、第一の動作例及び第二の動作例のように伝送効率を基準として受電不可端末を選定してもよい。

【 0 1 0 0 】

（ステップ 5：割り当りソースのスケジューリング）

50

次にステップ5における余剰割りリソースの割り方法にも、この負荷情報を用いて割り方法を変えることで、さらに公平性を得ることができる。余剰割りリソースの割りは基本的には、伝送効率を基にスケジューリングすることでシステム効率を向上することができ、さらにPFスケジューリング等の公平性を考慮したスケジューリング機構の導入により、システム効率の改善と、受電デバイス間の公平性を確保することができる。しかし、例えばバッテリー残量がない受電装置の伝送効率が常に低い場合は、割り機会が得られず再度バッテリー残量がなくなる可能性もある。そこで、バッテリー残量を優先度としてWeighted PFスケジューリングを行う等の方法により、バッテリー残量が少ない受電装置に対して優先的に割り当てることが可能である。

【0101】

10

逆に、バッテリー残量がフル充電に近い受電装置を優先してもよい。これはフル充電近の受電装置に優先的に割り当てて、当該受電装置をフル充電にしてしまうことで割り候補から外すことができ、結果として他の受電装置に対する割りリソースを増加させることが可能である。これらは、各受電装置のバッテリー残量に応じて動的に変えることが可能である。

【0102】

図18に第三の動作例におけるフローチャートの変形例1を示す。図18では、図17のステップ3とステップ3-1が統合されている。図17では2度にわけて無線通信部を使用する必要があるが、図18に示す変形例では、要求電力情報と負荷情報を1度に収集することで手順の簡略化が可能となる。ステップ4以降は、図17の第三の動作例のフローチャートと図18のフローチャートは同一である。

20

【0103】

図19に第三の動作例におけるフローチャートの変形例2を示す。図19では、図17のステップ1とステップ3とステップ3-1が統合されている。図17では3度にわけて無線通信部を使用する必要があるが、図19に示す変形例では、電力伝送特性情報と要求電力情報と負荷情報を1度に収集することで手順の簡略化が可能となる。ステップ4以降は、図17の第三の動作例のフローチャートと図19のフローチャートは同一である。

【0104】

図20は本実施形態に適用される無線電力伝送システムの受電装置の一例を示す。

【0105】

30

本実施形態に適用される受電装置は、1つまたは複数の受電部を持つ受電装置であり、無線によって電力を供給される受電装置である。図20の構成以外にも、幅広く種々の構成を適用可能である。図20の左の受電装置は、受電部101と、整流器102と、負荷部103と、電力制御部104と、無線通信部105を備える。図20の右には、複数の受電部101A、101B、・・・101Cを備える受電装置の構成を示す。

【0106】

図21に本実施形態の無線電力伝送受電装置の第一の構成例を示す。本実施形態は、無線により電力を受け取る受電部101と、受電部101から得られる高周波の電力信号をDCに変換する整流器102と、整流器102に接続された負荷部（負荷装置）103と、負荷部103において消費される電力をモニタする電力制御部104と、電力制御部104において算出されたフィードバック情報（第三の電力情報あるいは要求電力情報）を送電装置へ送信するための無線通信部105から構成される無線電力伝送受電装置において適用される。ここでは負荷部（負荷装置）103は受電装置の内部に設けられているが、受電装置の外部に設けられても良い。

40

【0107】

ここで、本実施形態の電力制御部104では、負荷部103における消費電力である第一の電力情報をモニタする。次に、ユーザによって入力されるか、もしくは受電装置の種類または負荷部103の種類によって決定される第一の優先度から、第二の電力情報を算出する。最後に、モニタした第一の電力情報と算出した第二の電力情報を基に、第三の電力情報を算出して、無線通信部105を用いて送電装置へ送信する。

50

【0108】

なお、本実施形態の受電装置における負荷部103は以下の3つのケースが想定される。

case 1. バッテリーを搭載していないデバイスにおいて供給された電力のみを使って駆動する負荷（給電端末に相当）

case 2. 電力が充電されるバッテリー（充電端末に相当）

case 3. バッテリーと供給された電力を使って駆動する負荷の組み合わせ（充給電端末に相当）

【0109】

本実施形態では、これらすべてのケースに適用可能である。本実施形態の第一の電力情報は、これらの負荷の種類によって多少異なる。例えばcase1の場合は負荷における消費電力を指し、case2ではバッテリーに充電される充電電力もしくはバッテリーが要求する要求電力を指し、case3では負荷における消費電力とバッテリーでの充電電力もしくは要求電力の和で算出される電力を指す。なお、本実施形態では上記の3ケース以外にも電力を消費するデバイスに対して広く適用可能である。第二の電力情報および第三の電力情報の詳細については後述する。

10

【0110】

図22および図23を用いて、本実施形態の無線電力伝送受電装置の第一の動作例について説明する。図22に、当該第一の動作例におけるフローチャートを記す。

【0111】

20

本実施形態の第一の動作例では、受電開始前から受電終了までの動作を説明する。本実施形態の無線電力伝送受電装置が受電を開始する前に、ステップ1として送電装置からの通信信号もしくは電力信号により、送電装置の近接を認識する必要がある。もし受電装置がバッテリーを有さない場合やバッテリー残量がゼロになっている場合は通信信号を受信できないため、送電装置からの試し送電によって電力供給を受けて送電装置の存在を確認する。もし受電装置がバッテリーを有していて、さらにバッテリー残量がゼロではない場合は、無線通信によって送電装置の検出を行ってよい。

【0112】

次にステップ2として、第三の電力情報の算出を行う。第三の電力情報とは送電装置側では要求電力として受信される情報である。この第三の電力情報の決定方法は図23を用いて後述するが、第三の電力情報によって期待される割りリソースの増減を受電装置側でコントロールすることができる。第三の電力情報が0になった場合は受電を終了するが、第三の電力情報が0でない場合は、次のステップに移行する。

30

【0113】

次にステップ3ではステップ2で算出した第三の電力情報を送電装置に送信する。第三の電力情報を送信すると、ステップ4で割当待機に遷移する。このとき割当がなければステップ2の第三の電力情報を算出するモードに遷移する。割当があればステップ5の受電に移る。ステップ5の受電はある一定期間に区切られた電力フレーム内で受電されるが、電力フレームが終了するとステップ2に戻る。ステップ2で再度第三の電力情報の計算を行い、第三の電力情報が0になった場合は受電が終了する。第三の電力情報が0でない場合は再度ステップ3に入ってループする。

40

【0114】

ステップ2を詳細に説明するための図が図23である。ステップ2は第三の電力情報を送信するステップであるが、このとき第三の電力情報の算出方法を説明する。

【0115】

第三の電力情報は送電装置では受電装置が要求する電力情報として認識される。つまり、本実施形態の無線電力伝送受電装置では第三の電力情報を意図的に増減させることで、受電装置側で割りリソースのコントロールを可能とする。

【0116】

第三の電力情報は、第一の電力情報と第二の電力情報から算出される。第一の電力情報

50

とは、負荷での消費電力もしくはバッテリーの要求電力を指す。つまり、第一の電力情報は、負荷部にとって常時給電を維持するための必須となる電力情報である。次に、第二の電力情報は、第一の優先度情報と第一の電力情報から算出される。この第二の電力情報は優先度に応じて増減する電力情報であり、例えば図 2 3 に示すような式で算出される。

【0117】

第二の電力情報 (P12) = 第一の優先度情報 (A1) × 第一の電力情報 (P11)

第一の優先度情報 (A1) は -1 以上の値をとり、すなわち第二の電力情報 (P12) の値域は $-P11 \leq P12$ となる。

【0118】

さらに第三の電力情報は下記の式によって算出される。

10

【0119】

第三の電力情報 (P13) = 第一の電力情報 (P11) + 第二の電力情報 (P12)

第二の電力情報 (P12) の値域が $-P11 \leq P12$ であるので、第三の電力情報 (P13) の値域は $P13 \geq 0$ である。つまり、第二の電力情報 (P12) は必要電力を指す第一の電力情報を第一の優先度情報に応じて増減させるための電力情報であり、負荷が必要とする電力以下で給電する場合は第二の電力情報が負に設定し、負荷が必要とする電力以上で給電する場合は第二の電力情報が正の場合に設定することで、第一の電力情報に示される負荷が必要とする電力に応じて制御することが可能となる。

【0120】

さらに、第一の優先度情報は固定値でも変動値でも適用可能である。例えば図 2 2 のステップ 4 で割り当てられなかった受電装置に対しては第一の優先度情報を増加させるか、もしくは割り当てられた受電装置に対しては第一の優先度情報を減少させるように値を更新することで、割当機会の少ない受電装置にリソースを割り当てることが可能となりリソース割当に公平性を持たせることができる。

20

【0121】

この第一の優先度情報は、ユーザからの入力手段を持つ構成においてユーザからの入力によって設定されたり、受電装置のデバイスの種類や負荷の種類によって任意に設定される値を用いたりしてもよい。

【0122】

なお、第一の優先度情報及び第二の電力情報、第三の電力情報を算出する方法はこれに限らず、逸脱しない範囲内でその他の式を用いてもよい。

30

【0123】

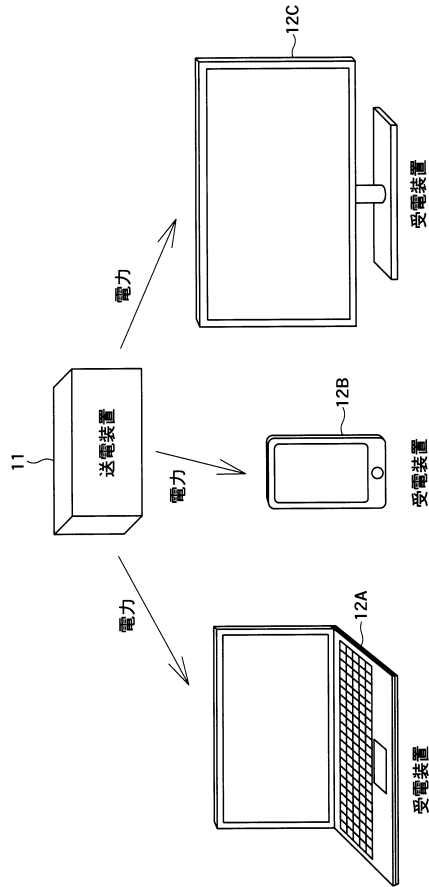
以上に述べた本発明の実施形態は、無線電力伝送技術に幅広く適用可能であり、また有線による電力供給技術やスマートグリッドなどにも応用可能である。

【0124】

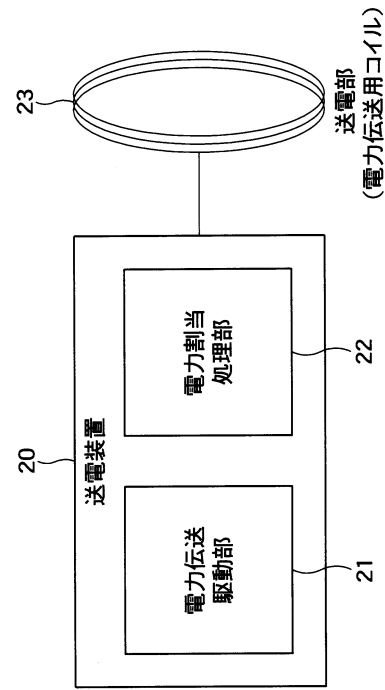
なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

40

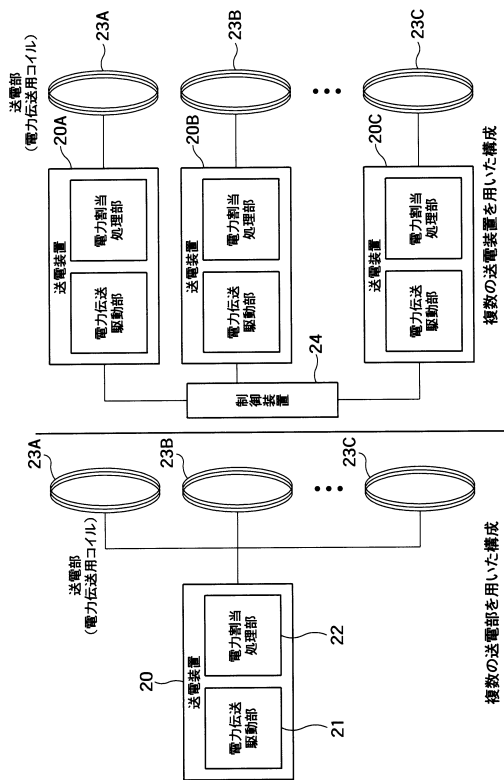
【図 1】



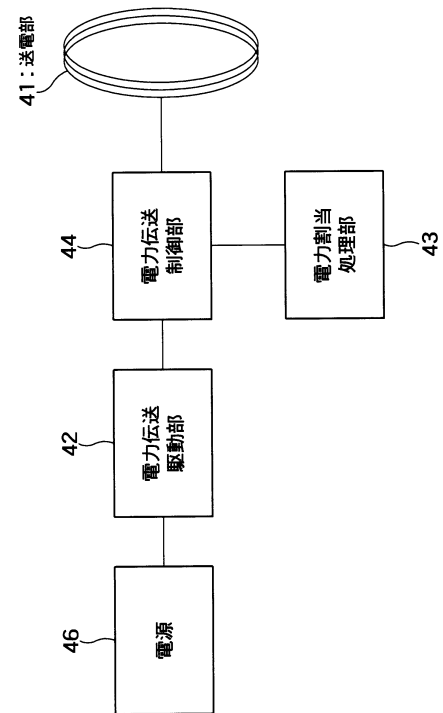
【図 2】



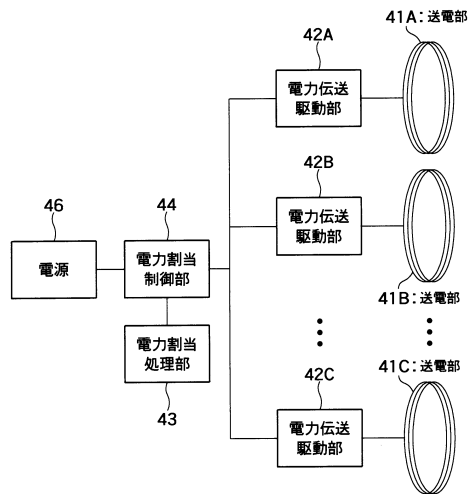
【図 3】



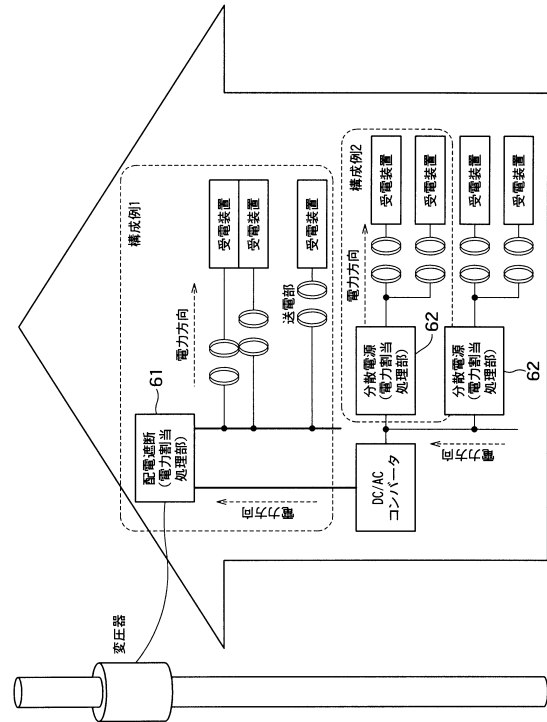
【図 4】



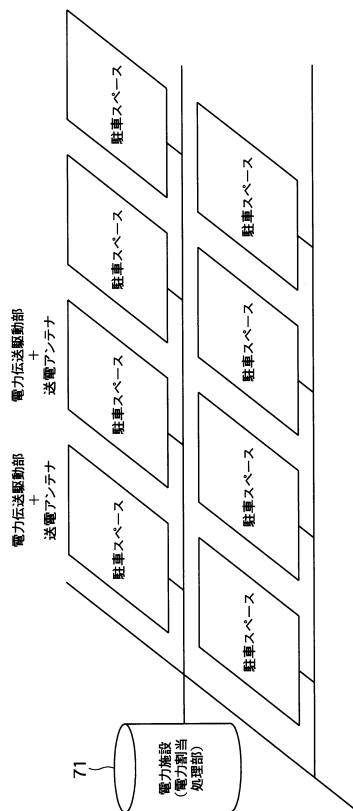
【図 5】



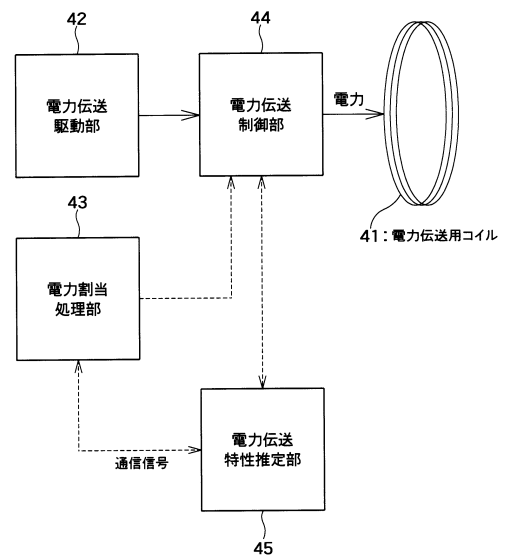
【図 6】



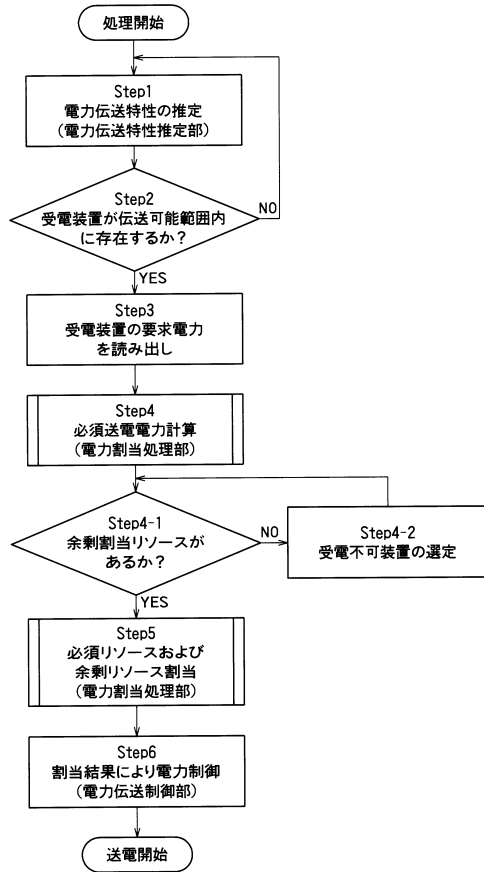
【図 7】



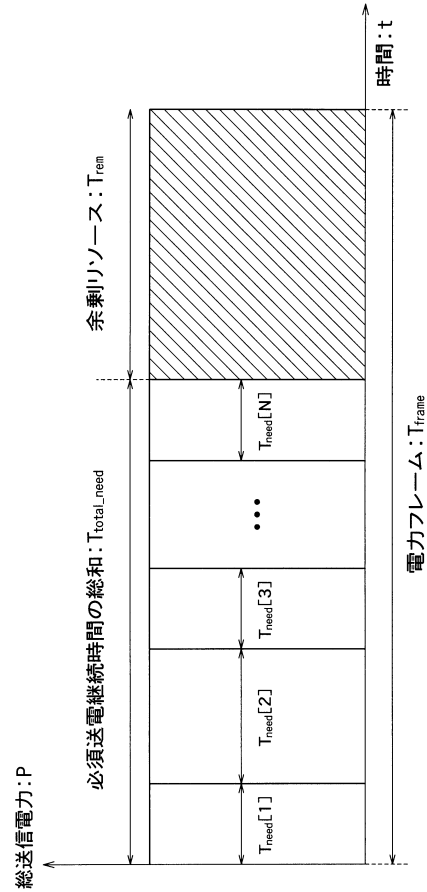
【図 8】



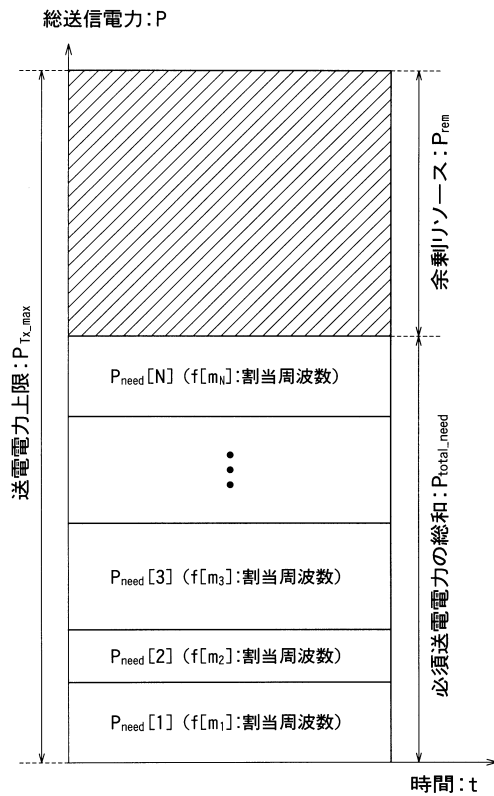
【図 9】



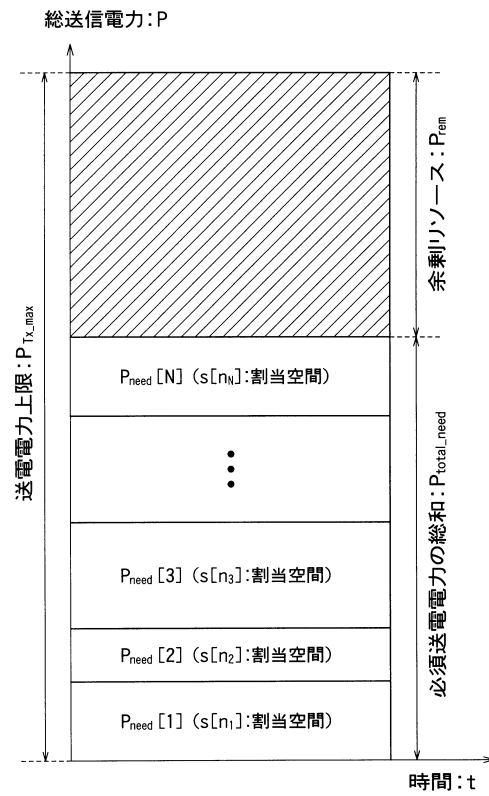
【図 10】



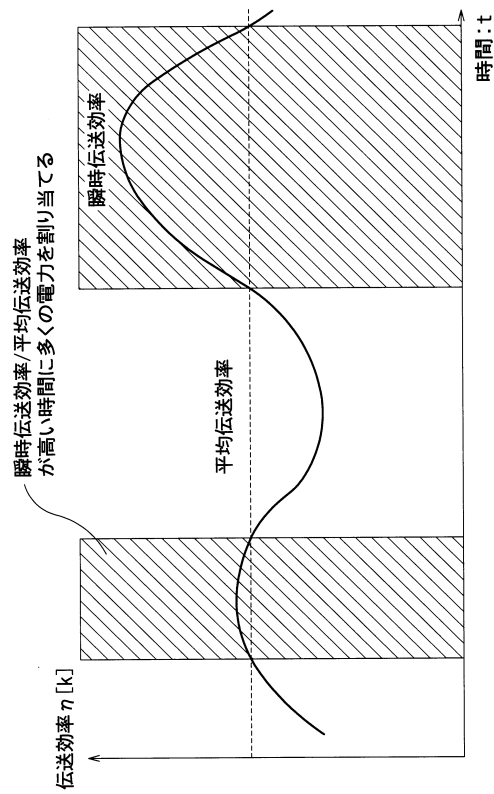
【図 11】



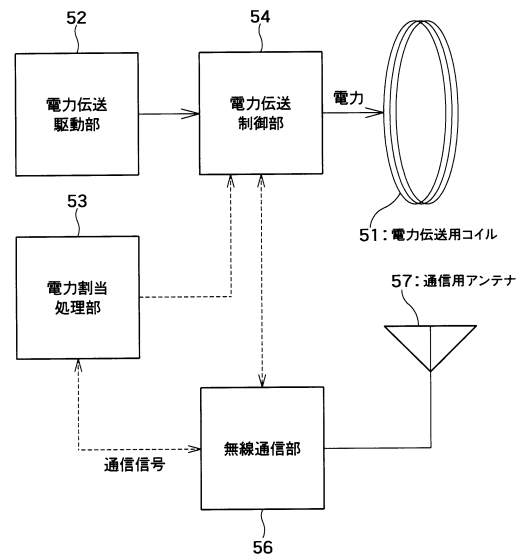
【図 12】



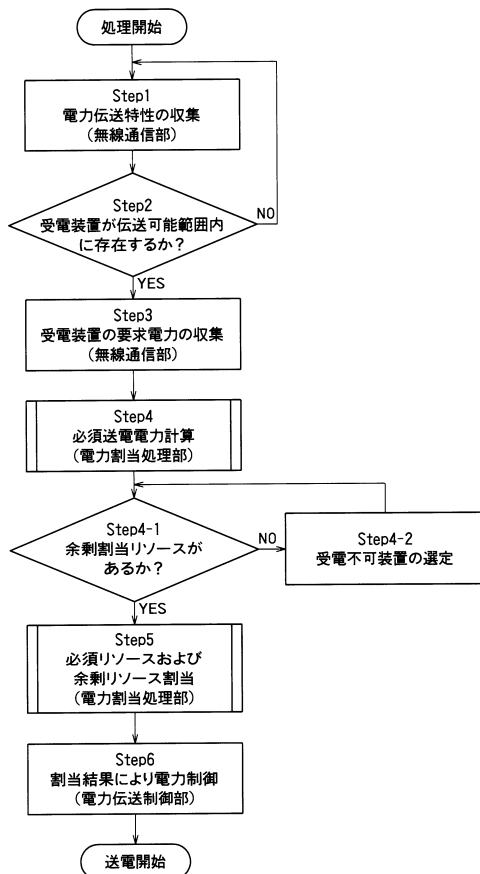
【図13】



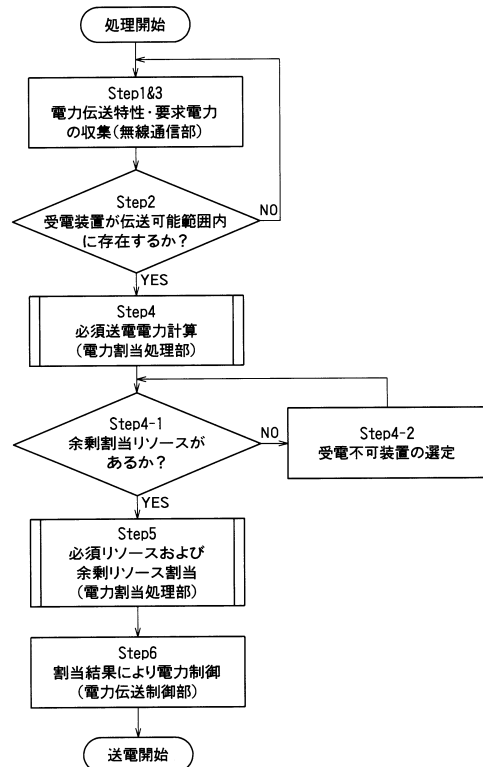
【図14】



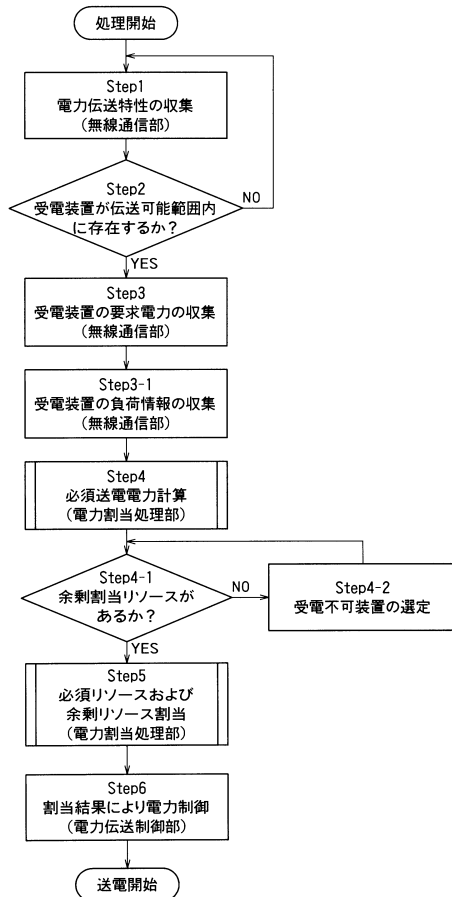
【図15】



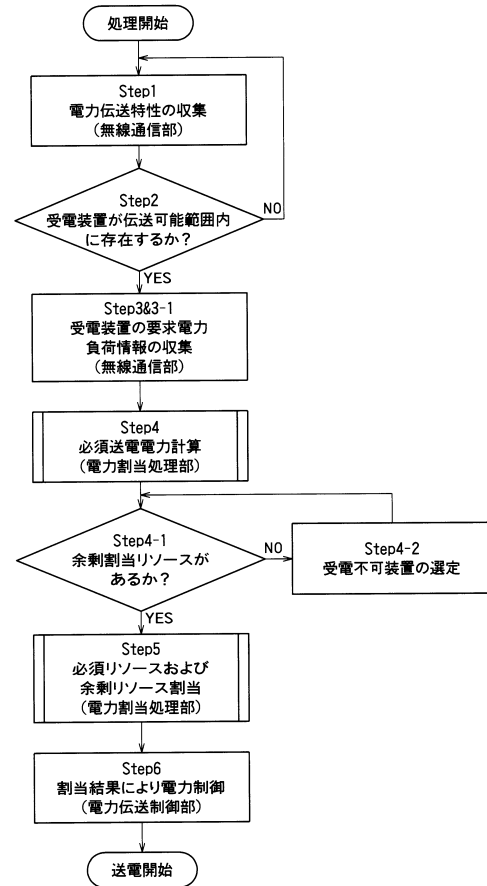
【図16】



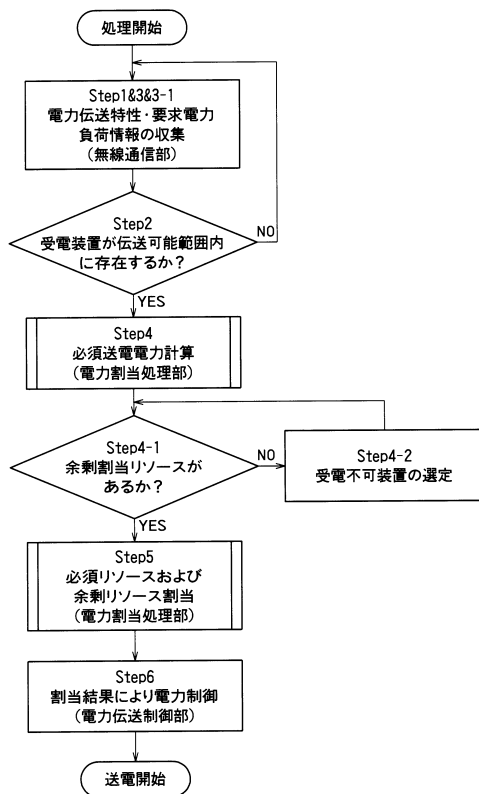
【図 17】



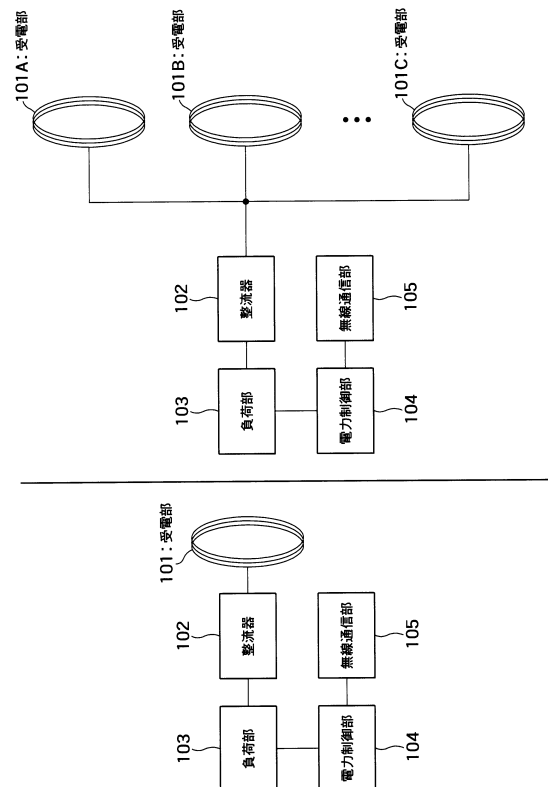
【図 18】



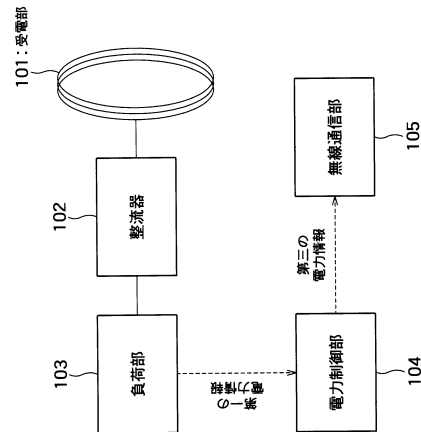
【図 19】



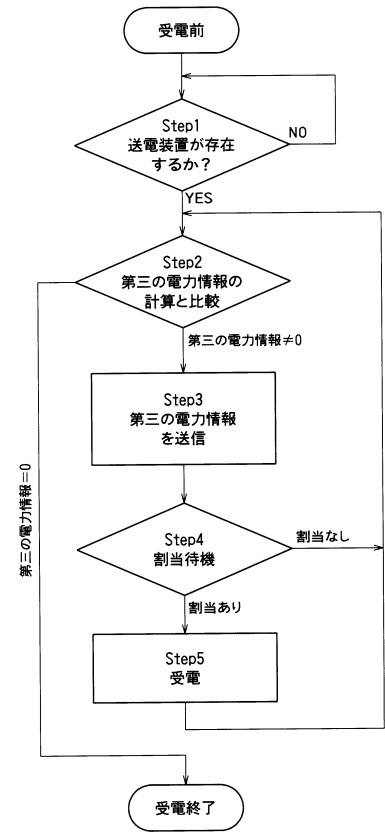
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】

デバイス名	第一の電力情報	第一の優先度情報	第二の電力情報	第三の電力情報
ユーザ-1	P11	A1 (≥ -1)	P21 = (P11 × A1)	P31 = (P11 + P21)
ユーザ-2	P12	A2 (≥ -1)	P22 = (P12 × A2)	P32 = (P12 + P22)
ユーザ-3	P13	A3 (≥ -1)	P23 = (P13 × A3)	P33 = (P13 + P23)
ユーザ-4	P14	A4 (≥ -1)	P24 = (P14 × A4)	P34 = (P14 + P24)

フロントページの続き

- (72)発明者 工 藤 浩 喜
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 出 口 典 孝
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 庄 木 裕 樹
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 大 舘 紀 章
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小 川 健一郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 杉田 恵一

- (56)参考文献 特開2009-268311(JP,A)
特表2009-524399(JP,A)
特開2011-188733(JP,A)
特開2011-193707(JP,A)
特表2012-519460(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0298297(US,A1)
国際公開第2013/098948(WO,A1)
A. Jalali, R. Padovani, R. Pankaj, Data Throughput of CDMA-HDR a High Efficiency-High Data Rate Personal Communication Wireless System, Vehicular Technology Conference Proceedings, 2000. VTC 2000-Spring Tokyo. 2000 IEEE 51st, 米国, IEEE, 2000年 5月15日, Vol.3, p.1854-1858

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 17/00
H04W 72/12