

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6127769号
(P6127769)

(45) 発行日 平成29年5月17日(2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日(2017.4.21)

(51) Int.Cl.

H02J 13/00 (2006.01)

F 1

H02J 13/00 301A

請求項の数 9 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2013-131173 (P2013-131173)
 (22) 出願日 平成25年6月21日 (2013.6.21)
 (65) 公開番号 特開2015-6105 (P2015-6105A)
 (43) 公開日 平成27年1月8日 (2015.1.8)
 審査請求日 平成28年3月10日 (2016.3.10)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100105142
 弁理士 下田 憲次
 (72) 発明者 ▲高▼橋 悟
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 園田 俊浩
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 北島 弘伸
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】情報処理装置、情報処理方法、情報処理システムおよび情報処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の機器の各々から、外部電源の状態の情報と受電状態の情報を含む稼働状態の情報を取得する稼働情報取得部と、

前記複数の機器のうちの前記稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、前記相関性が低下しないと判定された場合に、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように制御する相関性制御部と、

前記稼働状態の情報を用いて、前記複数の機器の各々の消費電力を算出する電力算出部と、

を有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

前記複数の機器のうちの前記稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、前記相関性が低下するか否かを示す指標値を取得し、前記指標値に基づいて、前記組み合わせに対応する各機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を制御するか否かを判定する制御実行判定部を更に有することを特徴とする請求項1記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記制御実行判定部は、前記指標値と所定の指標値との比較により、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を制御するか否かを判定することを特徴とする請求項2記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記制御実行判定部は、前記指標値に応じて付与した相対順位と所定の相対順位との比較により、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を制御するか否かを判定することを特徴とする請求項2記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記指標値は、前記稼働状態の情報に対応する時刻における、前記複数の機器の各々の消費電力の合計値を含む電力情報の残りの計測回数であり、

前記制御実行判定部は、前記残りの計測回数と所定の計測回数との比較により、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を制御するか否かを判定することを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の情報処理装置。 10

【請求項 6】

前記指標値は、前記相関性が低下する前記稼働状態の変化が発生しない確率であり、
前記稼働状態の情報は、前記稼働状態が異なる状態に変化した時刻の情報を含み、

前記制御実行判定部は、稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、相関性を有する稼働状態に変化した時刻の時間差を算出し、前記時間差と、前記稼働状態の情報に含まれる時刻によって特定され且つ前記複数の機器の各々の消費電力の合計値が計測される時間間隔との比率に基づいて、前記確率を算出することを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

複数の機器の、各々の消費電力を算出する情報処理装置の情報処理方法であって、 20

複数の機器の各々から、外部電源の状態の情報と受電状態の情報とを含む稼働状態の情報を取得し、

前記複数の機器のうちの前記稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、前記相関性が低下しないと判定された場合に、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように変更し、

前記稼働状態の情報を用いて、前記複数の機器の各々の消費電力を算出する、
ことを特徴とする情報処理方法。

【請求項 8】

分電盤と、

前記分電盤に電気的に接続されている複数の機器と、

複数の機器の各々から、外部電源の状態の情報と受電状態の情報とを含む稼働状態の情報を取得する稼働情報取得部と、 30

前記複数の機器のうちの前記稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、前記相関性が低下しないと判定された場合に、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように変更する相関性制御部と、

前記稼働状態の情報を用いて、前記複数の機器の各々の消費電力を算出する電力算出部と、

を有することを特徴とする情報処理システム。

【請求項 9】

複数の機器の、各々の消費電力を算出する情報処理装置が実行する情報処理プログラムであって、 40

前記複数の機器の各々から、外部電源の状態の情報と受電状態の情報とを含む稼働状態の情報を取得し、

前記複数の機器のうちの前記稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、前記相関性が低下しないと判定された場合に、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように変更し、

前記稼働状態の情報を用いて、前記複数の機器の各々の消費電力を算出する、
処理を実行することを特徴とする情報処理プログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、情報処理装置、情報処理方法、情報処理システムおよび情報処理プログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、電力事業者側で需要家の機器のピーク電力を抑制するための方法として、デマンドレスポンス (D R ; Demand Response) が知られている。D R は、電力事業者側で電力網における需要を監視し、需要に応じて需要家の機器の電力消費を抑制する方法である。抑制方法としては、ピーク時間帯の電力料金を高くする方法や、顧客が減らした電力需要に対価を支払うことなどで需要を削減する方法などがある。

10

【0003】

D R では、顧客側の電力消費を推定するための測定器として、例えば、接続した機器の消費電力の計測が可能なスマートコンセントが用いられている。スマートコンセントは、電源タップと電力センサとを備えた機器であり、電力センサにより、コンセントに接続された機器の消費電力を計測することができる。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

20

【特許文献1】特開平5-233011号公報

【特許文献2】特開2004-280618号公報

【特許文献3】特開2005-258530号公報

【特許文献4】特開2008-310659号公報

【特許文献5】特開2010-225133号公報

【特許文献6】特開2011-172419号公報

【特許文献7】国際公開2011/021378号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

30

効果的なD R を実現するためには、電力需要の抑制量をできるだけ正確に予測できることが好ましい。しかし、各機器の消費電力を推定するために、例えば機器毎に電力センサを接続すると、設備規模が増大し、コスト面でも不利になる恐れがある。したがって、簡易な設備構成で各機器の消費電力を推定できることが好ましい。

【0006】

本発明の1つの側面では、簡易な設備構成で各機器の消費電力を推定することができる情報処理装置、情報処理方法、情報処理システムおよび情報処理プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

40

発明の一観点によれば、複数の機器の各々から、外部電源の状態の情報と受電状態の情報とを含む稼働状態の情報を取得する稼働情報取得部と、前記複数の機器のうちの前記稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、前記相関性が低下しないと判定された場合に、前記組み合わせに対応する機器のうち、少なくとも一つの機器の受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように制御する相関性制御部と、前記稼働状態の情報を用いて、前記複数の機器の各々の消費電力を算出する電力算出部と、を有する情報処理装置が提供される。

【発明の効果】**【0008】**

一実施態様によれば、簡易な設備構成で各機器の消費電力を推定することができる情報

50

処理装置、情報処理方法、情報処理システムおよび情報処理プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、情報処理システムの一例を示す図である。

【図2】図2は、情報処理装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

【図3】図3は、計測タイミングに関する初期設定情報の一例を示す図である。

【図4】図4は、機器の稼働状態および電力の供給源をパラメータとした消費電力を示すテーブルの一例である。

【図5】図5は、S103における、機器のバッテリへの充電の制御方法の一例を示すフローチャートである。 10

【図6】図6は、S103における、機器のバッテリへの充電の制御方法の一例に係るシーケンス図である。

【図7】図7は、異なる機器間で稼働状態に相関性がある場合の一例を示す図である。

【図8】図8は、複数の機器による総消費電力の時間変化の一例を示す図である。

【図9】図9は、S104における、機器間の相関性を評価し、受電状態を制御する処理の一例を示すフローチャートである。 20

【図10】図10は、S302における、相関値の算出方法の一例を示す図である。

【図11】図11は、S302における、VIFを算出する方法の一例を示す図である。

【図12】図12は、S304における、稼働状態の制御を行うか否かを判定する処理の一例を示すフローチャートである。 20

【図13】図13は、S401の処理を説明するための図である。

【図14】図14は、S403の処理の説明に用いる用語の定義を示す図である。

【図15】図15は、状態変化時刻の差が計測時間間隔の半分よりも大きい場合の、機器の稼働状態の変化の一例を示す図である。

【図16】図16は、状態変化時刻の差が計測時間間隔の半分よりも小さい場合の、機器の稼働状態の変化の一例を示す図である。 20

【図17】図17は、状態出現頻度を説明するための図である。

【図18】図18は、S307における、稼働状態の制御方法を決定する処理の一例を示すフローチャートである。 30

【図19】図19は、CPU使用率およびバッテリ残量の情報の一例を示す図である。

【図20】図20は、S308における、選択された機器の受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理の一例を示す図である。

【図21】図21は、計測タイミング毎の各機器のバッテリ残量の情報の一例を示す図である。

【図22】図22は、S506における、相関値の算出方法の一例を示す図である。

【図23】図23は、S506における、相関値の算出結果の一例を示す図である。

【図24】図24は、機器ごとの消費電力を算出する方法の一例を示すフローチャートである。 40

【図25】図25は、各計測タイミングにおける総消費電力量と機器毎の稼働状況のデータの一例を示す図である。

【図26】図26は、図25のデータから得られる、総電力情報を示す行列 y 、および稼働情報を示す行列 A' の一例を示す図である。

【図27】図27は、図26に示す行列 A' の転置行列 A'^T である。

【図28】図28は、行列 $(A'^T \times A')$ を算出した結果を示す図である。

【図29】図29は、行列 $(A'^T \times A')$ の逆行列 $(A'^T \times A')^{-1}$ を算出した結果を示す図である。

【図30】図30は、行列 $(A'^T \times y)$ を算出した結果を示す図である。

【図31】図31は、行列 X'' を算出した結果を示す図である。

【図32】図32は、図31により得られた各機器の推定消費電力を示す図である。 50

【図33】図33は、機器3aおよび機器3bの各稼働状態における推定消費電力を示すテーブルの一例である。

【図34】図34は、推定消費電力の精度の評価の一例を示すフローチャートである。

【図35】図35は、推定消費電力の精度の評価の一例を示すシーケンス図である。

【図36】図36は、S304の変形例を示すフローチャート(その1)である。

【図37】図37は、S304の変形例を示すフローチャート(その2)である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について、図1乃至図37を参照して具体的に説明する。

【0011】

図1は、情報処理システムの一例を示す図である。図1に示すように、情報処理システムは、情報処理装置1と、分電盤2と、機器3と、機器4とを有している。情報処理装置1は、分電盤2および機器3と相互に通信可能に接続されている。分電盤2は、機器3および機器4と電気的に接続されている。

【0012】

以下、情報処理システムを構成する各部の機能について説明する。

【0013】

情報処理装置1は、電力事業者が所有する、DRにより機器3への供給電力を制御するための管理装置であり、例えばサーバである。情報処理装置1は、初期設定部5と、入力装置6と、記憶部7と、稼働状態監視部8と、電源状態制御部9と、稼働情報取得部10と、相関性判定部11と、制御対象選択部12と、相関性制御部13と、電力情報取得部14と、電力算出部15と、推定評価部16と、制御実行判定部17と、出力装置18を備えている。

【0014】

初期設定部5は、制御対象となる複数の機器3の各々を識別する識別情報と、分電盤2が、機器3および機器4が消費する電力の系統毎の合計値を示す総消費電力の情報である総電力情報を計測するタイミング(計測タイミング)とを含む初期設定情報を、入力装置6を介して受信する。

【0015】

入力装置6は、例えばキーボードまたはマウス等である。初期設定部5は、入力装置6を介して受信した初期設定情報を記憶部7に格納する。

【0016】

記憶部7は、各種情報を格納するためのデータベース(DB; Data Base)として用いられる。記憶部7は、初期設定部5が入力装置6から受信した制御対象の機器3を識別する情報を格納することができる。また、記憶部7は、稼働状態監視部8または稼働情報取得部10が各機器3から受信する稼働情報を格納することもできる。

【0017】

また、記憶部7は、稼働情報取得部10が取得した各機器3の稼働情報と、電力情報取得部14が取得した、機器3および機器4が消費する電力の系統毎の合計値を示す総消費電力の情報である総電力情報を対応付けて格納することができる。また、記憶部7は、電力算出部15で算出された消費電力の情報を格納することもできる。また、記憶部7は、情報処理装置1内で実行する各種判定処理に用いられる閾値を格納することもできる。

【0018】

記憶部7は、例えばROM(Read Only Memory)またはフラッシュメモリなどの半導体メモリ、またはHDD(Hard Disk Drive)などのストレージ装置である。なお、記憶部7は格納する情報の種類毎に複数個有していても良いし、同一の記憶部として構成することもできる。

【0019】

稼働状態監視部8は、機器3の稼働状態を監視する。具体的には、稼働状態監視部8は、機器3の電源の状態がオンからオフ、またはオフからオンに変化したこと、および変化

10

20

30

40

50

イベントが発生した時刻を含む情報を各機器 3 からリアルタイムで取得する。

【 0 0 2 0 】

電源状態制御部 9 は、稼働状態監視部 8 が取得した機器 3 の稼働情報に基づいて、機器 3 が有するバッテリの充電のオン / オフを制御する。具体的には、電源状態制御部 9 は、複数の機器 3 のうち、電源の状態がオンからオフに変化した機器が存在することが検出された場合に、電源の状態がオンからオフに変化した機器の電源のバッテリが充電されないように制御する。一方、電源の状態がオフからオンに変化した機器が存在することが検出された場合には、電源の状態がオフからオンに変化した機器のバッテリが充電されるように制御する。制御方法の詳細については後述する。

【 0 0 2 1 】

稼働情報取得部 10 は、稼働情報として例えば、各機器の電源の状態の情報と、各機器の受電の状態（受電状態）の情報とが対応付けられた稼働情報をリアルタイムで取得する。ここで、各機器の電源の状態の情報とは、例えば、各機器の電源がオン、オフまたはスタンバイのいずれの状態かを示す情報である。各機器の受電状態の情報とは、例えば各機器が、交流（A C ; Alternating Current）電源から受電しているがバッテリへの充電が行われていない状態なのか、A C 電源から受電するとともにバッテリへの充電も行っている状態なのか、あるいはA C 電源から受電されておらずバッテリの電力を消費（または放電）している状態なのかを示す情報である。スタンバイの状態とは、A C 電源または機器のバッテリから一部のデバイス、例えばメモリへの電力の供給を維持したまま、機器内のその他のデバイスに対する電力の供給をオフにした状態である。

10

【 0 0 2 2 】

また、稼働情報取得部 10 は、各機器から、C P U 使用率と、バッテリ残量の情報を取得する。ここで、C P U 使用率とは、コンピュータで実行中のプログラムがC P U の処理時間を占有している割合である。バッテリ残量の情報とは、バッテリが完全に充電された状態に対する、取得時のバッテリの残量の割合であり、例えば%を単位として表わされる情報である。

20

【 0 0 2 3 】

以降の説明では、A C 電源から受電しているが充電が行われていない受電状態を「A C」、A C 電源から受電するとともにバッテリへの充電も行われている受電状態を「A C + 充電」、A C 電源からの受電もバッテリへの充電もしておらず、バッテリにより機器 3 を駆動させている受電状態を「バッテリ」と表記する。

30

【 0 0 2 4 】

たとえば、A C 電源から受電しているが充電が行われていない状態であり、且つ機器 3 のA C 電源がオンになっている稼働状態を「A C / O N」と表記する。「A C / O N」の状態では、機器 3 はA C 電源によって稼働している。また、A C 電源から受電しているが充電が行われていない状態であり、且つ機器 3 のA C 電源がオフになっている稼働状態を「A C / O F F」と表記する。また、A C 電源から受電しているが充電が行われていない状態であり、且つ機器 3 がスタンバイになっている稼働状態を「A C / スタンバイ」と表記する。

【 0 0 2 5 】

40

また、A C 電源から受電するとともにバッテリへの充電も行われている状態であり、且つA C 電源がオンになっている稼働状態を「A C + 充電 / O N」と表記する。また、A C 電源から受電するとともにバッテリへの充電も行われている状態であり、且つA C 電源がオフになっている稼働状態を「A C + 充電 / O F F」と表記する。また、A C 電源から受電するとともにバッテリへの充電も行われている状態であり、且つA C 電源がスタンバイになっている稼働状態を「A C + 充電 / スタンバイ」と表記する。

【 0 0 2 6 】

相関性判定部 11 は、稼働情報取得部 10 が取得した各機器 3 の電源の状態の情報と各機器の受電状態の情報とが対応付けられた情報に基づいて、各機器 3 の中に稼働状態に相関性を有する機器 3 の組み合わせが存在するかどうかを判定する。

50

【0027】

制御対象選択部12は、相関性判定部11による相関性の有無の判定結果に基づいて、稼働状態に相関性がある機器3の組み合わせが存在する場合に、受電状態を制御する方法を決定し、制御対象となる機器3を選択する。

【0028】

相関性制御部13は、相関性を有する機器3の組み合わせが存在し、且つ組み合わせに対応する各機器の前記稼働状態が同一となった場合に、稼働状態の相関性を有する組み合わせに対応する各機器3の少なくとも一つの機器の受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように変更する制御を実行する。この制御により、情報処理装置1は、稼働状態の相関性を低下させることができる。受電状態を変更する方法については後述する。

10

【0029】

電力情報取得部14は、分電盤2から総電力情報を取得し、取得した総電力情報を記憶部7に格納する。

【0030】

電力算出部15は、電力情報取得部14が取得した総電力情報と、稼働情報取得部10が取得した稼働情報とに基づいて、各機器の消費電力を算出し、算出した消費電力の値を記憶部7に格納する。

【0031】

推定評価部16は、電力算出部15により算出された各機器の推定消費電力の値の精度を算出し、所定の基準を満たすかどうかを評価する。精度の評価方法については後述する。

20

【0032】

制御実行判定部17は、複数の機器3のうちの稼働状態に相関性を有する機器の組み合わせについて、組み合わせに対応する2台の機器3の稼働状態の相違が発生するか否かを示す指標値を取得する。また、制御実行判定部17は、取得した指標値に基づいて、2台の機器3の受電状態を切り替える制御を行うか否かを決定する。

【0033】

出力装置18は、情報処理装置1による処理結果を出力することができる。出力装置18は、例えば液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイまたは有機ELディスプレイ等の表示装置である。

30

【0034】

初期設定部5、稼働状態監視部8、電源状態制御部9、稼働情報取得部10、相関性判定部11、制御対象選択部12、相関性制御部13、電力情報取得部14、電力算出部15、推定評価部16、および制御実行判定部17は、例えばCPU(Central Processing Unit)やMPU(Micro-Processing Unit)等のプロセッサにより実現することができる。より具体的には、例えば半導体メモリやHDD等の記憶媒体に格納された情報処理プログラムをCPUやMPU等のプロセッサに読み出して、情報処理プログラムの各処理を実行することにより実現することができる。

【0035】

分電盤2は、通信機能を備えた電力メーターであり、例えばスマートメーターである。分電盤2は、入出力インターフェースである入出力IF20を介して、情報処理装置1と相互に通信したり、機器3の電力消費を制御したりすることができる。機器3は、需要家が所有する、電力消費の制御対象となる機器であり、交流電源から供給された供給電力の少なくとも一部が充電されるバッテリを備えている。機器3は、例えばパーソナルコンピュータ(PC:Personal Computer)などの情報処理端末である。図1では、機器3の一例として、機器3a, 3b, 3cおよび3dの各々が分電盤2に電気的に接続されている。

40

【0036】

また、各機器3には、電力制御クライアント30がそれぞれ備えられている。電力制御クライアント30は、情報処理装置1と相互に通信する際に用いられる機器3の入出力イ

50

ンターフェースである。電力制御クライアント 30 は、情報処理装置 1 の稼働状態監視部 8 および稼働情報取得部 10 に稼働情報をリアルタイムで送信する。例えば、電力制御クライアント 30 は、機器 3 の稼働状態が変化するイベントが発生した場合には、変化後の稼働情報とともに、変化した時刻を通知することができる。

【0037】

また、電力制御クライアント 30 は、情報処理装置 1 の電源状態制御部 5 から受信した制御信号に基づいて、機器 3 の電源をオンまたはオフにするように制御する。図 1 の例では、電力制御クライアント 30 の一例として、機器 3a には電力制御クライアント 30a, 機器 3b には電力制御クライアント 30b, 機器 3c には電力制御クライアント 30c, 機器 3d には電力制御クライアント 30d がそれぞれ備えられている。 10

【0038】

機器 4 は、需要家が所有するものの、電力消費の制御対象ではない機器であり、例えばサーバやプリンタなどの情報処理装置である。図 1 では機器 4 の一例として、機器 4a および機器 4b が分電盤 2 に電気的に接続されている。

【0039】

次に、本発明の実施形態における情報処理システムの動作について説明する。

【0040】

図 2 は、情報処理装置 1 が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

【0041】

まず、初期設定部 5 は、制御対象となる機器と、総電力情報の計測タイミングに関する情報とを設定する (S101)。 20

【0042】

図 3 は、計測タイミングに関する初期設定情報の一例を示す図である。図 3 に示すように、例えば、計測開始時刻 t_s として「2011/11/11 9:00」、計測終了時刻 t_e として「2011/11/11 14:00」、計測時間間隔 t として「15分」、データ計測回数 n_{max} として「21回」、相関性評価用データ数として「10 [個/一稼働状態]」をそれぞれ設定することができる。各パラメータについては後述する。

【0043】

初期設定部 5 は、入力装置 6 を介して受信した、各機器の識別情報と、稼働状態監視部 8 から受信した、総消費電力の計測タイミングに関する情報とを記憶部 7 に格納する。取得した情報を記憶部 7 に格納することにより、S101 の処理が完了する。 30

【0044】

続いて、分電盤 2 は、各機器 3 の消費電力の合計値を示す総電力情報の計測を開始し、稼働状態監視部 8 および稼働情報取得部 10 は、稼働情報の取得を開始する (S102)。具体的には、まず電力情報取得部 14 は、初期設定部 5 により設定された計測開始時刻、計測開始時刻および計測時間間隔の各情報を分電盤 2 に通知する。そして、分電盤 2 は、電力情報取得部 14 から通知された計測開始時刻に総電力情報の計測を開始し、計測時間間隔毎に総電力情報を計測する。

【0045】

一方、稼働情報取得部 10 は、計測開始時刻および計測開始時刻の情報を各機器 3 に通知する。そして、各機器 3 の電力制御クライアント 30 は、各々の稼働情報をリアルタイムで稼働状態監視部 8 および稼働情報取得部 10 に送信する。これにより、情報処理装置 1 は、総電力情報および稼働情報を収集することができる。 40

【0046】

続いて、稼働状態監視部 8 は、機器 3 の稼働状態を監視し、電源状態制御部 9 は、稼働状態監視部 8 が取得した機器 3 の稼働情報に基づいて、機器 3 のバッテリへの充電のオン/オフを制御する (S103)。また、S103 と並行して、相関性判定部 11 は、異なる機器 3 同士の相関性を評価し、相関性制御部 13 は、評価結果に基づいて機器 3 の受電状態を制御する (S104)。S104 は、S103 とのスレッド処理により実行される処理である。 50

【0047】

まず、S103の処理の背景について説明する。

【0048】

図4は、機器の稼働状態および受電状態をパラメータとした消費電力を示すテーブルの一例である。図4を参照しながら、機器3のバッテリへの充電のオン／オフの制御方法と、各機器の消費電力を推定する手段として用いる重回帰分析との関係について説明する。

【0049】

図4(a)は、機器が充電機能とスタンバイ機能とを有さない場合における、消費電力を示すテーブルの一例である。図4(a)に示すように、機器の電源の状態は2状態(オンまたはオフ)のいずれかのみであり、機器の受電状態は「AC」のみである。機器は、「AC/ON」のときのみ消費電力として電力値Wacの電力を消費する。一方、「AC/OFF」のときは電力が機器に供給されないので、機器が消費する電力はゼロである。したがって、推定すべき説明変数は1個(Wac)のみである。すなわち、Wacが明らかになれば、機器の各稼働状態における消費電力を推定することができる。

【0050】

図4(b)は、充電機能とスタンバイ機能とを有し、機器の電源がオンまたはスタンバイのときだけでなく、電源がオフのときにもバッテリへの充電を行うことができる機器の消費電力を示すテーブルの一例である。図4(b)に示すように、機器の受電状態が「AC+充電」の場合、機器は、オン、スタンバイ、オフのいずれかの稼働状態をとることができる。

10

【0051】

また、「AC/ON」のときは、AC電源からの電力の供給が行われるため、機器はWacの電力を消費する。「AC/スタンバイ」のときも、AC電源からの電力の供給が行われるため、機器はWstbの電力を消費する。

20

【0052】

「AC+充電/ON」のときは、AC電源から機器の稼働のための電力に加えてバッテリへ充電するための電力Wchも供給されるため、機器はWac+Wchの電力を消費する。「AC+充電/スタンバイ」のときも同様に、AC電源から稼働のための電力の供給に加えて電力Wchも供給されるため、機器はWstb+Wchの電力を消費する。一方、「AC+充電/OFF」のときはWacが供給されないため、機器はWchの電力のみを消費する。

30

【0053】

「バッテリ」は、コンセントとAC電源との間の電力経路が遮断され、バッテリまたはAC電源によって機器を稼働させる場合である。「バッテリ」の場合は新たな電力の供給が行われないため、電源の稼働状態に関わらず機器の消費電力はゼロである。

【0054】

機器の受電状態が「AC+充電」の場合、機器の稼働状態に関わらずWchが消費電力の値に含まれている。そのため、各稼働状態における消費電力の値は、互いに相関性を有することとなる。この相関性が存在すると、各機器の消費電力を推定する重回帰分析を行った場合に、分析結果が異常値を示す不具合(多重共線性の問題と呼ばれている)が発生し、各機器の消費電力を正確に算出、推定することが困難となる問題が発生し得る。

40

【0055】

一方、本発明の一実施形態によれば、各機器の消費電力の推定を行う際に、分電盤2に接続されている各機器のうち、電源がオンからオフに変化した機器に対して、バッテリへの充電を行わないように制御する。図4(c)は、機器の電源の状態がオフのときにバッテリへの充電を行わないように制御した場合における、消費電力を示すテーブルの一例である。図4(c)に示すように、機器の受電状態が「AC+充電」の場合、機器の電源の状態がオフのときにバッテリへの充電を行わないように制御すると、消費電力が発生するのは「AC/ON」、「AC/スタンバイ」、「AC+充電/ON」、「AC+充電/スタンバイ」の4通りの状態となる。

【0056】

50

したがって、「A C / O N」のときの消費電力値Wacと、「A C + 充電 / O N」のときの消費電力値Wac + Wchとの差分(Wac + Wch) - Wacを求めることによってWchを導出することができる。あるいは、「A C / スタンバイ」のときの消費電力値Wstbと、「A C + 充電 / スタンバイ」のときの消費電力値Wstb + Wchとの差分(Wstb + Wch) - Wstbを求めることによってWchを導出することもできる。

【0057】

このように、電源がオンからオフに変化した機器に対してバッテリへの充電を行わないように制御すると、機器の受電状態が「A C + 充電」の場合における機器の稼働状態が3状態(オン、スタンバイ、オフ)から2状態(オン、スタンバイ)に減少するため、説明変数を1個減らすことができる。これにより、機器の稼働状態間の相関性を、説明変数を1個減らさなかった場合よりも低下させることができ、多重共線性の問題の発生を回避しながら消費電力をより正確に推定することができる。

【0058】

次に、S103で実行する、機器の稼働状態を監視し、受電状態を制御する方法について、図5および図6を参照しながら説明する。

【0059】

図5は、S103における、各機器3のバッテリへの充電の制御方法の一例を示すフローチャートである。図6は、S103における、各機器3のバッテリへの充電の制御方法の一例に係るシーケンス図である。

【0060】

まず、図6の(a)に示すように、情報処理装置1の稼働状態監視部8は、各機器3の電力制御クライアント30に、電源の状態の変更を検知した際の通知を依頼する。各機器3の電力制御クライアント30は、通知することを受諾する場合は、稼働状態監視部8に受諾する旨の信号を返送する。

【0061】

続いて、図5に示すように、稼働状態監視部8は、スレッド処理により各機器3の稼働状態を、各機器3からの受信信号を監視しながら、各機器3のうち、電源がオンからオフに変化した機器3が存在するかどうかを判定する(S201)。電源がオンからオフに変化した機器3が存在すると判定された場合(S201肯定)、S202に進み、図6の(b)に示すように、情報処理装置1の電源状態制御部9は、各機器3のうち、電源がオンからオフに変化した機器3aに対してバッテリの充電の停止命令を送信し、バッテリへの電力供給(充電)を行わないように制御する。一方、電源がオンからオフに変化した機器3が存在しないと判定された場合(S201否定)、S203に進み、稼働状態監視部8は、電源がオフからオンに変化した機器3が存在するかどうかを判定する。

【0062】

電源がオフからオンに変化した機器3が存在すると判定された場合(S203肯定)、図6の(c)に示すように、情報処理装置1の電源状態制御部9は、各機器3のうち、電源がオフからオンに変化したと判定された機器3aに対してバッテリの充電の開始命令を送信し、バッテリの充電を行うように制御する(S204)。一方、電源がオフからオンに変化した機器3が存在しないと判定された場合(S203否定)、S201に戻る。

【0063】

S202またはS204の処理を実行した後、稼働状態監視部8は、監視を終了する時刻かどうかを判定する(S205)。稼働状態監視部8は、監視を終了する時刻か否かの判定を、例えば、初期設定部がS101で設定した計測終了時刻の情報に基づいて行うことができる。

【0064】

監視を終了する時刻であると判定された場合(S205肯定)、稼働状態監視部8は、監視を終了し、S105へ進む。監視を終了すると、機器の電源がオンからオフに変化した場合に、バッテリへの充電が行われるようになる。一方、監視を終了する時刻でないと判定された場合(S205否定)、S201に戻る。

10

20

30

40

50

【0065】

図5および図6によれば、電源がオンからオフに変化した機器3が存在するかどうかを判定し、電源がオンからオフに変化した機器3が存在しなかった場合に、電源がオフからオンに変化した機器3が存在するかどうかを判定する処理を行っている。すなわち、電源がオンからオフに変化した機器3が存在するかどうかを判定する処理を優先して行っているため、電源がオンからオフに変化してからバッテリへの充電を行わないようとする制御を開始するまでのタイムラグを短縮することができる。当該タイムラグを短縮できるため、各機器の推定消費電力の精度の向上を図ることができる。なお、電源がオフに変化してからバッテリへの充電が停止するまでのタイムラグが無視できる程度であれば、S203の処理を実行してからS201の処理を実行することも可能である。 10

【0066】

以上のようにして、S103の処理において、機器の稼働状態を監視し、バッテリへの充電を制御することができる。

【0067】

続いて、S104の処理について説明する。

【0068】

S104において、相関性判定部11は、機器3間の相関性を評価する。そして、相関性を有する機器3の組み合わせが存在する場合に、相関性制御部13は、相関性を低下させるために機器3の少なくとも一つの受電状態を、他の機器の受電状態と異なるように制御する。以下、異なる機器3間で稼働状態に相関性がある場合の問題点について、図7および図8を参照しながら説明する。 20

【0069】

図7は、異なる機器3間で稼働状態に相関性がある場合の一例を示す図である。図7は、時刻t1、t2、t3、t4およびt5における機器3a、機器3bおよび機器3cの稼働状態を示しており、時間経過がt1、t2、t3、t4、t5の順であるものとする。まず、機器3aおよび機器3bを参照すると、図7に示すように、時刻t1、t2およびt4では、機器3aおよび機器3bの稼働状態がともに「AC/ON」であり、稼働状態が同一であることがわかる。このことから、機器3aと機器3bとの間で稼働状態に相関性を有していると判定することができる。一方、機器3cは、どの時刻においても他の機器3a、3bと同一の稼働状態とはなっていない。このことから、機器3cは、他の機器3a、3bとの間で稼働状態に相関性を有していないと判定することができる。 30

【0070】

異なる機器3の稼働状態は、例えば、会社の昼休みの時間帯にPCをスタンバイに設定するルールがある場合や、夜間はPCの電源をオフにし、朝の時間帯にPCの充電を行う習慣がある場合に同じ稼働状態になる可能性がある。あるいは、データの移行作業等において、複数のPCを用いて作業を行った場合においても、複数のPC同士が同じ稼働状態になる可能性がある。

【0071】

図8は、複数の機器による総消費電力の時間変化の一例を示す図である。図8(a)、図8(b)とともに、横軸が時間、縦軸が機器3aおよび機器3bの総消費電力を示している。図8(a)に示すように、12:00から12:15の間は、機器3aの稼働状態はAC/ON、機器3bの稼働状態は「AC/OFF」である。すなわち、稼働状態が互いに異なっている。このため、12:00から12:15の間における総消費電力 X_A が明らかになれば、機器3aのAC/ONの場合の消費電力を X_A と推定することができる。また、12:15から12:30の間は、機器3aの稼働状態は「AC/OFF」、機器3bの稼働状態は「AC/ON」である。すなわち、この時間帯も稼働状態が互いに異なっているため、12:15から12:30の間における総消費電力 X_B が明らかになれば、機器3bの「AC/ON」の場合の消費電力を X_B と推定することができる。 40

【0072】

一方、図 8 (b) に示すように、12:00 から 12:15 の間は、機器 3a の稼働状態は「AC / ON」、機器 3b の稼働状態は「AC / ON」である。すなわち、稼働状態は同一である。このため、12:00 から 12:15 の間における総消費電力 X_c が明らかになつても、 X_c を分離して機器 3a および機器 3b の消費電力を各々推定するのが困難となる可能性がある。

【0073】

このように、異なる機器間で稼働状態が同じになることにより、機器が異なる説明変数同士が相関性を有する場合においても、各機器の消費電力を推定する重回帰分析を行った場合に多重共線性の問題が発生し、各機器の消費電力を正確に算出、推定することが困難となる問題が発生し得る。このため、各機器の消費電力を正確に算出、推定するためには、異なる機器間で稼働状態が同じになることを抑え、相関性を低下させることが好ましい。
10

【0074】

続いて、S104 で実行する機器間の相関性を低下させる制御の方法について、図 9 乃至図 10 を参照しながら説明する。

【0075】

図 9 は、S104 における、機器間の相関性を評価し、受電状態を制御する処理の一例を示すフローチャートである。

【0076】

S102 で、総電力情報の計測および稼働情報の取得をそれぞれ開始した後、蓄積されたデータの数が S101 で設定した相関性評価用データ数に達した場合、相関性判定部 11 は、これまで取得したデータを格納先の記憶部 7 から読み出す (S301)。
20

【0077】

続いて、相関性判定部 11 は、読み出したデータを用いて、一方の機器が有する任意の稼働状態と他方の機器が有する任意の稼働状態とを組み合わせ、全ての組み合わせのパターン毎に相関値を算出する (S302)。

【0078】

ここで、相関値の算出方法の一例を説明する。

【0079】

図 10 は、S302 における、相関値の算出方法の一例を示す図である。図 10 (a) は、各取得タイミングにおける機器毎の稼働状態のデータを表で表したものである。各データは、図 1 に示す機器 3a、機器 3b および機器 3c の、各取得タイミングにおける機器毎の稼働状況を示している。表の縦軸はデータを取得した時刻を表し、下段へ進むほど取得タイミングが新しくなる。図 10 に示すデータは、図 3 に示す初期設定情報に従って取得されたデータの一例である。相関値の算出に用いるデータ数は、予め設定した図 3 の相関性評価用データ数に示すように、一稼働状態あたり 10 個である。
30

【0080】

$A_{1,1}$, $A_{1,2}$, $A_{1,3}$ および $A_{1,4}$ は、機器 3a の稼働状態を示すパラメータである。 $A_{1,1}$ の項目には、機器 3a が「AC / ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC / ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{1,2}$ の項目には、機器 3a が「AC / スタンバイ」の状態である場合に「1」が表示され、「AC / スタンバイ」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{1,3}$ の項目には、機器 3a が「AC + 充電 / ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC + 充電 / ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{1,4}$ の項目には、機器 3a が「AC + 充電 / スタンバイ」の状態である場合に「1」が表示され、「AC + 充電 / スタンバイ」の状態でない場合に「0」が表示される。
40

【0081】

また、 $A_{2,1}$, $A_{2,2}$, $A_{2,3}$ および $A_{2,4}$ は、機器 3b の稼働状態を示すパラメータである。 $A_{2,1}$ の項目には、機器 3b が「AC / ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC / ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{2,2}$ の項目には、機器
50

3 b が「 A C / スタンバイ」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C / スタンバイ」の状態でない場合に「 0 」が表示される。 A ₂ ₃ の項目には、機器 3 b が「 A C + 充電 / ON」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C + 充電 / ON」の状態でない場合に「 0 」が表示される。 A ₂ ₄ の項目には、機器 3 b が「 A C + 充電 / スタンバイ」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C + 充電 / スタンバイ」の状態でない場合に「 0 」が表示される。

【 0 0 8 2 】

また、 A ₃ ₁ , A ₃ ₂ , A ₃ ₃ および A ₃ ₄ は、機器 3 c の稼働状態を示すパラメータである。 A ₃ ₁ の項目には、機器 3 c が「 A C / ON」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C / ON」の状態でない場合に「 0 」が表示される。 A ₃ ₂ の項目には、機器 3 c が「 A C / スタンバイ」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C / スタンバイ」の状態でない場合に「 0 」が表示される。 A ₃ ₃ の項目には、機器 3 c が「 A C + 充電 / ON」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C + 充電 / ON」の状態でない場合に「 0 」が表示される。 A ₃ ₄ の項目には、機器 3 c が「 A C + 充電 / スタンバイ」の状態である場合に「 1 」が表示され、「 A C + 充電 / スタンバイ」の状態でない場合に「 0 」が表示される。

【 0 0 8 3 】

相関値を表す指標としては、例えば分散拡大係数 (Variance Inflation Factor、以下、 V I F と呼称する) を用いることができる。 V I F は、例えば以下の式 (1) および式 (2) により算出することができる。

式 (1) ;

$$R_{i,j} = \frac{\sum_{t=1}^T (a_{i,t} - \bar{a}_i)(a_{j,t} - \bar{a}_j)}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (a_{i,t} - \bar{a}_i)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^T (a_{j,t} - \bar{a}_j)^2}}$$

$R_{i,j}$: 稼働状態 i, j 間の相関係数

$a_{i,t}$: 取得タイミング t における稼働状態 i のダミー変数

\bar{a}_i : a_{it} の平均値

T : 取得タイミングの総数

【 0 0 8 4 】

式 (2) ;

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_{i,j})^2}$$

図 1 1 は、 S 3 0 2 における、 V I F を算出する方法の一例を示す図である。図 1 1 (a) の上側の表は、 A ₁ ₁ の取得タイミング毎の稼働状態 $a_{1,1,1}, a_{1,1,2}, \dots, a_{1,1,10}$ 、および A ₂ ₂ の取得タイミング毎の稼働状態 $a_{2,2,1}, a_{2,2,2}, \dots, a_{2,2,10}$ を図 1 0 (a) から抽出したデータを示している。図 1 1 (a) によれば、式 (1) における T の値は T = 10 である。

【 0 0 8 5 】

まず、図 1 1 (a) の上側に示すデータを用いて A ₁ ₁ および A ₂ ₂ の各稼働状態の平均値を算出する。 A ₁ ₁ の各稼働状態の平均値は、図 1 1 (a) の下側の表に示すよう

、
式 (3) ;

10

20

30

40

50

$$a_{11} = 0.4$$

と算出される。また、 $A_{1,1}$ の各稼働状態の平均値は、図 11 (a) の下側の表に示すように、

式 (4) ;

$$a_{22} = 0.2$$

と算出される。

続いて、相関係数 $R_{1,1}, 2,2$ の分子を算出する。図 11 (a)、式 (3) および式 (4) を用いると、図 11 (b) に示すように、 $R_{1,1}, 2,2$ の分子は、

式 (5) ;

$$\sum_{t=1}^{10} (a_{11,t} - \bar{a}_{11})(a_{22,t} - \bar{a}_{22}) = -0.8$$

と算出される。

続いて、相関係数 $R_{1,1}, 2,2$ の分母を算出する。図 11 (b) のデータを用いると、図 11 (c) に示すように、 $R_{1,1}, 2,2$ の分母は、

式 (6) ;

$$\sqrt{\sum_{t=1}^{10} (a_{11,t} - \bar{a}_{11})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^{10} (a_{22,t} - \bar{a}_{22})^2} \approx 1.959542$$

と算出される。

よって、 $A_{1,1}$ および $A_{2,2}$ の相関係数 $R_{1,1}, 2,2$ は、式 (5) および式 (6) を用いると、

式 (7) ;

$$R_{11,22} = \frac{\sum_{t=1}^{10} (a_{11,t} - \bar{a}_{11})(a_{22,t} - \bar{a}_{22})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{10} (a_{11,t} - \bar{a}_{11})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^{10} (a_{22,t} - \bar{a}_{22})^2}} \approx \frac{-0.8}{1.959542} \approx -0.40825$$

と算出され、VIF は、式 (7) を用いると、

式 (8) ;

$$VIF = \frac{1}{1 - R_{11,22}^2} \approx \frac{1}{1 - (-0.40825)^2} \approx 1.2$$

と算出される。

【0086】

以上 の方法で、機器 3a、機器 3b および機器 3c の稼働情報を示すパラメータ間の全ての組み合わせにおける VIF を算出すると、例えば図 10 (b) に示すデータを得ることができる。以上のようにして VIF を算出することができる。

【0087】

図 9 に戻り、S302 で相関値を算出した後、相関性判定部 11 は、相関値が閾値を超える稼働状態の組み合わせが存在するかどうかを判定する (S303)。例えば VIF の閾値を $VIF = 1.0$ に設定し、図 10 (b) を参照すると、 $A_{1,1}$ および $A_{2,1}$ の組み合わせにおける VIF の値が正の無限大 (INF) を示しており、閾値を超えていいる。そのため、相関性判定部 11 は、相関値が閾値を超える組み合わせが存在すると判定する。なお、相関値が閾値を超える稼働情報の組み合わせが複数存在する場合は、該当する全ての機器を制御対象の候補とすることができます。また、VIF の閾値は、分電盤 2 に接続されている機器の台数等に応じて適宜設定することができる。

【0088】

相関値が閾値を超える稼働状態の組み合わせが存在しないと判定した場合 (S303 否定)、S310 に移る。S310 の処理については後述する。一方、相関値が閾値を超える

10

20

30

40

50

る稼働状態の組み合わせが存在すると判定した場合 (S303 肯定)、制御実行判定部 17 は、相関値が閾値を超える稼働状態の組み合わせの各々について、切り替え制御を行うか否かを決定する (S304)。以下、S304 の処理について、図 12 を参照しながら説明する。

【0089】

図 12 は、S304 における、稼働状態の制御を行うか否かを決定する処理の一例を示すフロー チャートである。まず、S401 の処理について説明する。

【0090】

図 13 は、S401 の処理を説明するための図である。図 13 の横軸は時間を示している。図 13 (a) 中の 2 つの帯は、機器 3a および機器 3b の稼働状態の時間変化の一例を示している。稼働状態のうち、A_{1,1} および A_{2,1} が高い相関性を有すると判定された組み合わせを示している。また、2 つの帯が時間軸に沿って延在する方向に対して垂直方向に延びる複数の点線の目盛は、計測タイミングである。最も左側の計測タイミングが現在の時刻を示しており、最も左側の計測タイミングが計測終了時刻を示している。すなわち、現在の時刻の時点では、現在の時刻と計測終了時刻との間の時間帯が、残りの計測時間である。

10

【0091】

図 13 (b) は、計測タイミング毎にプロットした残りの計測回数と、時刻との関係を示している。図 13 (b) に示すように、残りの計測回数は、時間の経過とともに減少し、計測終了時刻においてゼロとなる。

20

【0092】

図 13 (c) は、相違が発生する可能性を示す指標と時刻との関係を示している。図 13 (c) に示すように、稼働状態の相違が発生する可能性は、時間の経過とともに減少していく。時間が経過して現在の時刻が計測終了時刻に近くなると、残りの計測回数が少なくなっているため、計測タイミングにおいて稼働状態の相違が出現する可能性は低くなる。

【0093】

そこで、計測終了時刻に近い時刻に閾値 (1 点鎖線) を定め、閾値から計測終了時刻までの時間帯では、稼働状態の相違が発生する可能性がゼロになるものと見做す。そして、制御実行判定部 17 は、現在時刻がこの時間帯の中にある場合には、機器の稼働状態の切り替え制御を抑制しないようにする。データの計測期間には限りがあるため、稼働状態の相違が出現する前に時間切れとなると、稼働状態の切り替え制御を行う機会を逸することとなり、相関性を低減させることができなくなる。上述の方法によれば、相関性が解消される可能性が低くなる計測期間の終盤で、強制的に稼働状態の切り替え制御を行うことができるため、上述の問題の解決を図ることができる。

30

【0094】

そこで、制御実行判定部 17 は、予め設定した残りの計測回数の閾値を用いて、残りの計測回数が当該閾値よりも少ないか否かを判定する (S401)。残りの計測回数は、S401 の判定を行う時点における残りの計測回数であり、初期設定情報のデータ計測回数 n_{max} から既に計測した回数を減じることによって算出することができる。例えば、データ計測回数を 21 回とし、計測を開始して 4 回目に 2 つの機器 3 の稼働状態がともに同じ稼働状態を示したときに S401 の処理を行う場合、図 3 を参照すると、残りの計測回数は、21 - 4 = 17 [回] と算出することができる。一方、閾値は、例えば相関性を有する稼働状態 (例えば A_{1,1} および A_{2,1}) が出現しなかった最長の時間に基づいて設定することができる。

40

【0095】

残りの計測回数が所定の閾値よりも少ない場合 (S401 肯定)、稼働状態の相違が発生する可能性は低いと判断し、稼働状態の切り替え制御を行うと判定する (S407)。一方、残りの計測回数が所定の閾値以上である場合 (S401 否定)、制御実行判定部 17 は、残りの計測回数が十分あり、相関性を有する稼働状態の相違が発生する可能性を有

50

していると判断する。そして、S 4 0 2 以降の、稼働状態の相違が発生しない確率を算出する処理に移行する。例えば、残りの計測回数が 17 回で、所定の閾値を 5 回と設定した場合、17 回 5 回であるため、S 4 0 1 否定と判定される。

【0096】

S 4 0 2 において、制御実行判定部 17 は、相関性を有する稼働状態の組み合わせの中から一つを選択する。

【0097】

続いて、制御実行判定部 17 は、選択した稼働状態の組み合わせについて、過去の状態変化時刻と計測時間間隔とから状態変化時間差率を算出する (S 4 0 3)。以下、S 4 0 3 の処理について説明する。

【0098】

図 14 は、S 4 0 3 の処理の説明に用いる用語の定義を示す図である。図 14 の横軸は時間を示しており、2つの帯は、機器 3 a および機器 3 b の稼働状態の時間変化の一例を示している。2つの帯が時間軸に沿って延在する方向に対して垂直方向に延びる複数の点線の目盛は、計測タイミングである。稼働状態のうち、機器 3 a の稼働状態 A_{1,1} と、機器 3 b の稼働状態 A_{2,1} とが高い相関性を有すると判定された組み合わせを示している。図 14 に示すように、稼働状態 A_{1,1} および A_{2,1} が高い相関性を有する場合であっても、ある稼働状態から稼働状態 A_{1,1} または A_{2,1} に変化する時刻は同じであるとは限らず、異なることが多い。以降では、ある稼働状態から高い相関性を有する稼働状態に変化する時刻を「状態変化時刻」と呼び、2つの状態変化時刻の時間差を「状態変化時刻の差」と呼ぶこととする。また、計測タイミングの間隔を「計測時間間隔」と呼ぶこととする。

【0099】

図 15 は、状態変化時刻の差が計測時間間隔の半分よりも大きい場合の、機器の稼働状態の変化の一例を示す図である。図中の3つの点線は、計測タイミング T₁、T₂、および T₃ を示している。状態変化時刻の差が計測時間間隔の半分よりも大きい場合、図 15 (a) に示すように、A_{1,1} と A_{2,1} とが相関 (同期) する計測タイミングは T₃ のみであり、T₂ では機器 3 b の稼働状態が A_{2,2} であるため、相関していない。図 15 (b) は、状態変化時刻の差が図 15 (a) の場合と同一で、状態変化時刻が異なる場合の例である。図 15 (b) の場合でも、においても同様である。A_{1,1} と A_{2,1} とが相関 (同期) する計測タイミングは T₃ のみであり、T₂ では相関していない。

【0100】

図 16 は、状態変化時刻の差が計測時間間隔の半分よりも小さい場合の、機器の稼働状態の変化の一例を示す図である。図 16 中の3本の点線は、計測タイミング T₁、T₂、および T₃ を示している。

【0101】

状態変化時刻の差が計測時間間隔の半分よりも小さい場合、図 16 (a) に示すように、T₃ だけでなく T₂ においても A_{1,1} と A_{2,1} とが相関している。図 16 (b) は、状態変化時刻の差が図 16 (a) の場合と同一で、状態変化時刻が異なる場合の例である。図 16 (b) の場合でも、T₂ および T₃ において、A_{1,1} と A_{2,1} とが相関している。

【0102】

図 15 および図 16 からわかるように、計測タイミングにおいて相関性を有する 2 つの稼働状態の相違が発生する可能性は、状態変化時刻の差が大きいほど高くなる。

【0103】

そこで、計測時間間隔に対する、状態変化時刻の差の比率を、「状態変化時間差率」と定義する。状態変化時間差率は、1 回の計測タイミングにおいて、稼働状態の相違が発生する確率に相当する。制御実行判定部 17 は、この状態変化時間差率を、計測タイミングで稼働状態の相違が出現する可能性を占う上で指標として用いる。

【0104】

状態変化時間差率を d とすると、制御実行判定部 17 は、以下の式 (9) を用いて d を算出することができる。

10

20

30

40

50

式(9)；

$$d = (\text{状態変化時刻の差の平均}) / (\text{計測時間間隔})$$

ここで、状態変化時刻の差の平均は、2つの機器の稼働状態の変化が2回以上発生した場合における時間差の平均を示している。また、計測時間間隔は、S101で設定された計測時間間隔の値を用いることができる。例えば、状態変化時刻の差の平均を3分、計測時間間隔を15分とすると、dは、 $d = 3 / 15 = 0.2$ と算出することができる。

【0105】

以上のようにして、S402の処理を実行する。

【0106】

図12に戻り、S403の処理の後、制御実行判定部17は、過去の計測回数および相関性を有する稼働状態の出現回数から、状態出現頻度を算出する(S404)。

10

【0107】

図17は、状態出現頻度を説明するための図である。図17に示す表の見方は、図14乃至図16と略同様であるので、説明を省略する。状態出現頻度は、計測タイミングの数に対する相関性を有する稼働状態の組み合わせの少なくとも一方の状態が出現する頻度の割合である。状態出現頻度をfとすると、以下の式(10)を用いてfを算出することができる。

式(10)；

$$f = (\text{相関性を有する稼働状態の出現回数}) / (\text{過去の計測回数})$$

ここで、相関性を有する稼働状態の出現回数は、例えば、計測タイミングにおいて $A_{1,1}$ または $A_{2,1}$ の少なくとも一方の状態が検出された回数である。相関性を有する稼働状態の出現回数および過去の計測回数は、S404の判定を行う時点以前に計測され、蓄積されたデータを用いることができる。図17(a)の例では、過去の計測回数が10回であり、そのうち、 $A_{1,1}$ または $A_{2,1}$ の少なくとも一方の状態が出現した回数が6回である。よって、 $f = 6 / 10 = 0.6$ と算出される。一方、図17(b)の例では、過去の計測回数が10回であり、そのうち、 $A_{1,1}$ または $A_{2,1}$ の少なくとも一方の状態が出現した回数が2回である。よって、 $f = 2 / 10 = 0.2$ と算出される。

20

【0108】

続いて、制御実行判定部17は、状態変化時間差率、状態出現頻度および残りの計測時間に基づいて、相違が出現しない確率を算出する(S405)。相違が出現しない確率をpとすると、pは、以下の式(11)を用いて算出することができる。

30

式(11)；

$$p = (1 - d) ^ (f \times \text{残りの計測回数})$$

ここで、「 $^$ 」はべき乗であり、「 $f \times \text{残りの計測回数}$ 」は、計測終了時刻までの残りの計測タイミングにおいて、相関性を有する稼働状態が出現する回数の予測値を示している。例えば、残りの計測回数を17回とし、 $d = 0.2$ 、 $f = 0.25$ とすると、pは、 $p = (1 - 0.2) ^ (0.25 \times 17) = 0.39$ と算出することができる。なお、pの算出方法は上述の方法に限定されるものではなく、他の方法を用いても構わない。pは、指標値の一例である。

【0109】

40

続いて、制御実行判定部17は、稼働状態の相違が出現しない確率が所定の閾値以上であるか否かを判定する(S406)。稼働状態の相違が出現しない確率が所定の閾値以上であると判定された場合(S406肯定)、制御実行判定部17は、稼働状態の切り替え制御を行うと判定する(S407)。その後、S409に移る。一方、稼働状態の相違が出現しない確率が所定の閾値以上ではないと判定された場合(S406否定)、制御実行判定部17は、稼働状態の切り替え制御を行わないと判定する(S408)。その後、S409に移る。

【0110】

S409において、制御実行判定部17は、切り替え制御を行う全ての組み合わせを選択したか否かを判定する。切り替え制御を行う全ての組み合わせを選択したと判定された

50

場合 (S 4 0 9 肯定)、S 3 0 5 に移る。一方、制御を行う全ての組み合わせを選択したと判定されなかった場合 (S 4 0 9 否定)、S 4 0 2 に戻り、S 4 0 2 以降の処理を再び実行する。

【0 1 1 1】

以上のようにして、S 3 0 4 の処理を実行する。

【0 1 1 2】

機器 3 に対して受電状態を切り替える制御を頻繁に行うと、機器 3 のユーザの利便性が低下し、ユーザの心理的負担が大きくなる恐れがある。このため、機器 3 のユーザにとつては、切り替え制御の頻度はできるだけ少ない方が望ましい。ユーザの負担は、切り替え制御の頻度を下げるこことによりある程度低減させることができる。しかし、稼働状態が変化する頻度は機器のスタンバイ設定の条件や使用状況等によって異なるため、全ての機器に一律で切り替え制御の頻度を下げても、相関性を十分に解消できない可能性がある。

10

【0 1 1 3】

そこで、S 3 0 4 の処理によれば、稼働状態の相関性が計測終了時刻までに解消されそうか否かを、稼働状態の相違が出現しない確率を用いて推定することができる。そして、相関性が解消されない確率が比較的高いと判定された場合に、対応する機器 3 に対して切り替え制御を実行する。これにより、機器 3 毎に最適な方法で切り替え制御の回数を削減することが可能となるため、相関性を十分に解消できるようになり、ユーザの負担の低減も図ることができる。

【0 1 1 4】

20

また、上述の方法によれば、稼働状態の相違が出現しない確率の絶対値に基づいて、稼働状態の切り替え制御を行うか否かを判断している。このため、切り替え制御が必要であると推定される稼働状態の組み合わせに対して、例外なく切り替え制御を行うことができる。

【0 1 1 5】

図 9 に戻り、S 3 0 4 の処理の後、制御対象選択部 1 2 は、S 3 0 4 の処理の結果、相関性を有する稼働状態の組み合わせのうち、一つでも制御を行うと判定されたのか否かを判定する (S 3 0 5)。相関性を有する稼働状態の組み合わせのうち、一つでも制御を行うと判定された場合 (S 3 0 5 肯定)、S 3 0 6 に移る。一方、S 3 0 4 の処理の結果、制御を行うと判定された組み合わせが一つもなかった場合 (S 3 0 5 否定)、S 3 1 0 に移る。

30

【0 1 1 6】

S 3 0 6 では、制御対象選択部 1 2 は、制御を行うと判定された組み合わせから、一つを選択する。S 3 0 6 の処理の後、制御対象選択部 1 2 は、稼働状態の制御方法を決定する (S 3 0 7)。以下、稼働状態の制御方法を決定する処理について、図 1 7 を参照しながら説明する。

【0 1 1 7】

図 1 8 は、S 3 0 7 における、稼働状態の制御方法を決定する処理の一例を示すフローチャートである。

【0 1 1 8】

40

まず、稼働情報取得部 1 0 は、相関性を有する各機器から C P U 使用率およびバッテリ残量の情報を取得する (S 5 0 1)。図 1 0 に示す例では、A ₁ ₁ および A ₂ ₁ の組み合わせが抽出されたため、A ₁ ₁ に対応する機器 3 a および A ₂ ₁ に対応する機器 3 b を制御対象の候補とする。稼働情報取得部 1 0 は、機器 3 a および機器 3 b の C P U 使用率およびバッテリ残量の情報を取得する。具体的には、稼働情報取得部 1 0 は、機器 3 a の電力制御クライアント 3 0 a および機器 3 b の電力制御クライアント 3 0 b に C P U 使用率およびバッテリ残量の情報を要求する信号を送信する。信号を受信した電力制御クライアント 3 0 a および電力制御クライアント 3 0 b は、稼働情報取得部 1 0 に C P U 使用率およびバッテリ残量の情報を含む応答信号を送信する。応答信号を受信した稼働情報取得部 1 0 は、取得した情報を記憶部 7 に格納する。

50

【0119】

続いて、相関性判定部11は、バッテリ残量が所定の閾値 C_{L_1} 以上で、かつCPU使用率が所定の閾値 U_h 以下を満たすかどうかを判定する(S502)。相関性判定部11は、機器3aおよび機器3bのCPU使用率およびバッテリ残量の情報と、判定の基準として用いる閾値 C_{L_1} および閾値 U_h とを記憶部7から読み出し、上述の条件を満たすかどうかを判定する。

【0120】

バッテリ残量が所定の閾値 C_{L_1} 以上で、かつCPU使用率が所定の閾値 U_h 以下を満たすと判定された場合(S502肯定)、相関性を有する各機器のいずれかを選択し、バッテリ駆動に切り替える方法を制御方法として決定する(S503)。なお、バッテリ駆動とは、機器の受電状態を図4(b)または図4(c)に示す「バッテリ」の状態にすることを意味する。

【0121】

以上のようにして、稼働状態の制御方法を決定する。

【0122】

図9に戻り、制御対象選択部12は、制御対象の機器を選択し、相関性制御部13は、選択した機器の受電状態をバッテリ駆動に切り替える制御を開始する(S308)。バッテリ駆動に切り替える場合、機器のバッテリ残量が十分でない場合、切り替えてから短時間のうちにバッテリ切れとなる可能性がある。また、電源の種類、例えば商用電源を一例とする外部電源(AC電源)と機器内蔵のバッテリのいずれによって機器が稼働されているかによって、CPUの動作クロック周波数を変更する機器が知られている。そのため、機器のCPUの使用率が高いときにバッテリ駆動に切り替えた場合、CPUの処理のパフォーマンスが低下してしまう恐れもある。そこで、S307では、制御対象選択部12は、各機器のバッテリ残量およびCPU使用率に基づいて、バッテリ駆動に切り替える機器を選択する。具体的には、例えば相関性を有する各機器のバッテリ残量を比較し、バッテリ残量が最も多い機器をバッテリ駆動に切り替える対象として選択する。バッテリ残量が最も多い機器が複数存在する場合は、当該機器のCPU使用率同士を比較し、CPU使用率が最も低い機器をバッテリ駆動に切り替える対象として選択する。

【0123】

続いて、図18のS502からS503を経てS307に至るまでの処理を、図19および図20を参照しながら具体例を用いて説明する。

【0124】

図19は、CPU使用率およびバッテリ残量の情報の一例を示す図である。図19は、機器3a、機器3bおよび機器3cのバッテリ残量およびCPU使用率を示している。

【0125】

図18のS502において、閾値 C_{L_1} を50%、閾値 U_h を50%と設定した場合、機器3aのバッテリ残量が所定の閾値 C_{L_1} 以上で、かつCPU使用率が所定の閾値 U_h 以下の条件を満たす。このため、S502ではS502肯定と判定され、制御対象選択部12は、相関性を有する各機器のいずれかを選択し、バッテリ駆動に切り替える方法を制御方法として決定する(S503)。その後、図9のS308に移る。

【0126】

S308では、まずバッテリ残量を比較する。図19を参照してバッテリ残量を比較すると、バッテリ残量が最も多い機器は機器3aおよび機器3b(ともに80%)であることがわかる。次に、機器3aおよび機器3cのCPU使用率を比較すると、機器3aのCPU使用率が20%であるのに対し、機器3cのバッテリ残量は60%である。すなわち、CPU使用率は機器3aよりも機器3cの方が高いことがわかる。このため、制御対象選択部12は、バッテリ駆動に切り替える対象として、CPU使用率がより低い機器3aを選択する。そして、相関性制御部13は、選択された機器3aについて、受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。

【0127】

10

20

30

40

50

このように、各機器のバッテリ残量に基づいてバッテリ駆動に切り替える機器を選択することにより、バッテリ切れを引き起こす可能性が最も低い機器を選択できるため、受電状態の切り替え制御に起因するバッテリ切れを抑えることができる。また、各機器のCPUの使用率に基づいてバッテリ駆動に切り替える機器を選択することにより、パフォーマンスの低下を引き起こす可能性が最も低い機器を選択できるため、受電状態の切り替え制御に起因するパフォーマンスの低下を抑えることができる。

【0128】

図20は、S308における、選択された機器の受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理の一例を示す図である。図9のS304では、図10のデータに基づいて、相関値が閾値を超える組み合わせとしてA_{1,1}およびA_{2,1}が抽出された。そして、図9のS307では、図18のデータに基づいて、受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する対象として、機器3aが選択された。そこで、相関性制御部13は、図19(a)に示すように、11回目の取得タイミングにおいて、機器3aおよび機器3bの稼働状態がともに「AC/ON」、すなわち、A_{1,1}およびA_{2,1}の稼働状態がともに「1」となった場合に、機器3aの稼働状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。すると、図19(b)に示すように、A_{1,1}の稼働状態が「1」から「0」に変化し、A_{2,1}の稼働状態「1」と異なる状態となる。このため、取得タイミング1回目から11回目までに取得したA_{1,1}およびA_{2,1}に関する稼働状態のデータ群の範囲において、両者の相関性を低下させることができる。

【0129】

なお、11回目の取得タイミングにおいて、A_{1,1}およびA_{2,1}の稼働状態が異なる場合、相関性制御部13は、機器3aの稼働状態をバッテリ駆動に切り替える処理を行わなくて良い。その場合、相関性制御部13は、切り替える処理を行わずにS309を経て再びS302に戻り、12回目の取得タイミング以降の処理を実行していく。そして、12回目の取得タイミング以降において、選択された相関性を有する複数の機器の稼働状態がともに「1」となった場合に、いずれかの機器の稼働状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行すればよい。

【0130】

図18に戻り、バッテリ残量が所定の閾値C_{L,1}以上で、かつCPU使用率が所定の閾値U_h以下を満たさないと判定された場合(S502否定)、制御対象選択部12は、相関性を有する各機器のバッテリ残量の合計が所定の閾値C_{L,2}以上であるかどうかを判定する(S504)。

【0131】

S504において、バッテリ残量の合計が所定の閾値C_{L,2}以上であると判定された場合(S504肯定)、制御対象選択部12は、バッテリ残量が最も多い機器を取得タイミング毎に選択し、バッテリ駆動に切り替える方法を制御方法として決定する(S505)。その後、図9のS308に移る。

【0132】

続いて、S502からS505を経てS307に至るまでの処理を、図21を参照しながら具体例を用いて説明する。

【0133】

図21は、計測タイミング毎の各機器のバッテリ残量の情報の一例を示す図である。図21は、機器3a、機器3bおよび機器3cのバッテリ残量を取得タイミングの時刻t₁、t₂、t₃毎に示しており、時間経過がt₁、t₂、t₃の順であるものとする。

【0134】

S502の判定に用いる閾値C_{L,1}を50%と設定した場合、時刻t₁ではいずれの機器もバッテリ残量が50%を下回っており、所定の閾値C_{L,1}に満たない。このため、S502ではS502否定と判定され、S504に進む。

【0135】

S504の判定に用いる閾値C_{L,2}を100%と設定した場合、時刻t₁における各機

10

20

30

40

50

器のバッテリ残量の合計を算出すると、 $40\% + 35\% + 30\% = 105\%$ と算出される。よって、S 504 では S 504 肯定と判定され、S 505 に進む。

【0136】

S 505において、制御対象選択部12は、バッテリ残量が最も多い機器を選択し、バッテリ駆動に切り替える処理を取得タイミング毎に実行する方法を制御方法として決定する。S 505の処理の後、図9のS 307に移る。

【0137】

S 307では、取得タイミング毎に取得タイミング毎にバッテリ残量が最も多い機器を選択し、バッテリ駆動に切り替える処理を実行する。

【0138】

まず、図21を参照し、時刻t1における各機器のバッテリ残量を比較すると、機器3aのバッテリ残量が最も多いことがわかる。そこで、制御対象選択部12は、機器3aを選択され、バッテリ駆動に切り替える対象として選択する。そして、相関性制御部13は、選択された機器3aについて、受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。

【0139】

続いて、時刻t1の後の取得タイミングである時刻t2において、各機器のバッテリ残量を比較すると、機器3bのバッテリ残量が最も多いことがわかる。そこで、制御対象選択部12は、機器3bを選択され、バッテリ駆動に切り替える対象として選択する。そして、相関性制御部13は、選択された機器3bについて、受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。

10

【0140】

続いて、時刻t2の後の取得タイミングである時刻t3において、各機器のバッテリ残量を比較すると、機器3cのバッテリ残量が最も多いことがわかる。そこで、制御対象選択部12は、機器3cを選択され、バッテリ駆動に切り替える対象として選択する。そして、相関性制御部13は、選択された機器3cについて、受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。バッテリ制御への切り替えは、例えば、互いに相関性を有すると判定された各機器の稼働状態が一致した場合に切り替えを行い、稼働状態が一致しない場合は待機することにより行う。

20

【0141】

このように、取得タイミング毎に、更新されたバッテリ残量の情報に基づいてバッテリ残量が最も多い機器を選択し、バッテリ駆動に切り替える処理を実行することにより、バッテリ切れが起きる可能性が最も低い機器を最新の情報に基づいて選択できるため、上述の問題を抑えることができる。

30

【0142】

なお、選択した機器の稼働状態が、相関性を有する他の機器の稼働状態と異なっている場合は、当該機器の稼働状態をバッテリ駆動に切り替える処理を行わない。その場合、相関性制御部13は、バッテリ残量が2番目に多い機器を選択し、切り替え処理を行うことができる。あるいは、当該取得タイミングでの切り替え処理をスキップし、次の取得タイミングでバッテリ残量が最も多い機器を再選択する方法を探ることもできる。

40

【0143】

図18に戻り、S 504において、バッテリ残量の合計が所定の閾値C_{L2}を満たさないと判定された場合(S 504 否定)、相関性判定部11は、次の取得タイミングまで充電した場合の、別の機器の全ての稼働状態との相関値を算出する(S 506)。なお、相関値を算出する対象となる機器は、図9のS 303で相関値が閾値を超えると判定された稼働状態の組み合わせに対応する機器である。

【0144】

S 504の判定で各機器のバッテリ残量の合計が所定の閾値を満たさないと判定された場合、各機器のバッテリ残量が十分でないことが予想される。バッテリ残量が十分でない状態で機器の駆動方法をバッテリ駆動に切り替えると、既に説明したように、切り替えてから短時間のうちにバッテリ切れとなる可能性がある。

50

【0145】

そこで、本実施形態では、次の取得タイミングまで充電を行って機器のバッテリ残量を増やした後に、バッテリ駆動に切り替える処理を実行する。ただし、充電することによって他の機器との稼働状態の相関性が発生し、新たな多重共線性の問題を引き起こす可能性もあり得る。このため、次の取得タイミングにおいて想定される稼働状態を考慮して他の機器との相関性を評価し、相関性が最も小さくなるような機器を選択する。

【0146】

図22は、S506における、相関値の算出方法の一例を示す図である。図22に示す表の見方は図10と略同様であるため、説明は省略する。図22は、10回目の取得タイミングから次の取得タイミングである11回目の取得タイミングまで機器3aの充電を行った場合を想定している。この場合、11回目の取得タイミングにおける機器3aの稼働状態は「AC+充電/ON」である。よって、図22(a)に示すように、機器3aの稼働状態「AC+充電/ON」の11回目の取得タイミングの欄には「1」が表示される。

10

【0147】

一方、機器3b、3cは、次の取得タイミングでは、全ての稼働状態において「1」または「0」のいずれかの値を取り得る。図22(b)は、11回目の取得タイミングにおける機器3b、3cの各稼働状態が「1」である場合の、機器3b、3cの稼働情報を示している。図22(c)は、11回目の取得タイミングにおける機器3b、3cの各稼働状態が「0」である場合の、機器3b、3cの稼働情報を示している。

【0148】

20

S506において、相関性判定部11は、機器3aの稼働情報A_{1,3}と、次の取得タイミングで取り得るデータを考慮した、機器3b、3cの16通りの稼働情報との組み合わせについて相関性を算出する。具体的には、図22(a)に示す機器3aの稼働情報A_{1,3}と、図22(b)に示す機器3bおよび機器3cの稼働情報A_{2,1}, A_{2,2}, A_{2,3}, A_{2,4}, A_{3,1}, A_{3,2}, A_{3,3}, A_{3,4}との相関値を算出する。また、図22(a)に示す機器3aの稼働情報A_{1,3}と、図22(c)に示すA_{2,1}, A_{2,2}, A_{2,3}, A_{2,4}, A_{3,1}, A_{3,2}, A_{3,3}, A_{3,4}との相関値を算出する。

【0149】

同様に、相関性判定部11は、機器3bの「AC+充電/ON」に係る稼働情報A_{2,3}と、次の取得タイミングで取りうるデータを考慮した、機器3a、3cの16通りの稼働情報との組み合わせについて相関性を算出する。また、相関性判定部11は、機器3cの「AC+充電/ON」に係る稼働情報A_{3,3}と、次の取得タイミングで取りうるデータを考慮した、機器3a、3bの16通りの稼働情報との組み合わせについて相関性を算出する。

30

【0150】

図23は、S506における相関値の算出結果の一例を示す図である。各列の項目A_{1,3}, A_{2,3}およびA_{3,3}は、次の取得タイミングまでに充電を行う機器の稼働情報を示すパラメータである。各行の項目A_{1,1}, A_{1,2}, ..., A_{3,4}は、次の取得タイミングまでに充電を行う機器以外の機器の稼働情報を示すパラメータである。図23(a)は、充電する機器を除く他の機器の、次の取得タイミングにおける稼働状態が「1」になると仮定した場合を示している。図23(b)は、充電する機器を除く他の機器の、次の取得タイミングにおける稼働状態が「0」になると仮定した場合を示している。

40

【0151】

図23(a)および図23(b)を参照すると、全データを通じて機器3aを充電した場合(A_{1,3})に最も大きい相関値を示すのは、図23(a)における機器3bのA_{2,2}と組み合わせた場合(VIF=2.909)である。また、機器3bを充電した場合(A_{2,3})に最も大きい相関値を示すのは、図23(a)における機器3aのA_{1,2}と組み合わせた場合(VIF=2.455)である。また、機器3cを充電した場合(A_{3,3})に最も大きい相関値を示すのは、図23(a)における機器3bのA_{2,3}と組み合わせた場合(VIF=1.454)である。

50

【0152】

図18に戻り、S506の処理の後、相関性判定部11は、算出した相関値の算出結果に基づいて、全ての相関値が所定の閾値 V_{th} 以下に収まる機器が存在するかどうかを判定する(S507)。 V_{th} の値を例えば $V_{th} = 10$ とし、図23(a)および図23(b)を参照すると、全ての相関値が10以下であることから、S507の判定式を満たしていることがわかる。このように、全ての相関値が所定の閾値 V_{th} 以下に収まる機器が存在する場合(S507肯定)、制御対象選択部12は、相関値が最も小さい機器を選択し、バッテリ充電後にバッテリ駆動に切り替える方法を制御方法として決定する(S508)。S508の処理の後、図9のS308に移る。

【0153】

一方、全ての相関値が所定の閾値 V_{th} 以下となる機器が存在しない場合(S507否定)、相関性判定部11は、所定の時間待機する(S509)。その後、再びS501に戻り、S501以降の処理を実行する。

【0154】

図9のS308では、相関値が最も小さい機器を選択し、バッテリ充電後にバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。まず、制御対象選択部12は、図23(a)および図23(b)を参照して、機器3aを充電した場合に示す最も大きい相関値($VIF = 2.909$)と、機器3bを充電した場合に最も大きい相関値($VIF = 2.455$)と、機器3cを充電した場合に最も大きい相関値($VIF = 1.454$)とを比較する。そして、相関値が最も小さい機器3cを充電対象として選択する。続いて、相関性制御部13は、選択された機器3bについて、次の取得タイミングまで充電を行った後、受電状態をバッテリ駆動に切り替える処理を実行する。

【0155】

このように、各機器のバッテリ残量の合計が所定の閾値を満たさない場合に、ある機器を次の取得タイミングまで充電した場合における他の機器との相関性を評価し、評価結果に基づいて充電する機器を選択する。そして、選択した機器に対して所定の時間充電した後に、受電状態を変更する。これにより、充電しても多重共線性を起こしにくい機器を選択することができるため、各機器のバッテリ残量に関わらず各機器の消費電力をより正確に推定することができる。また、バッテリ駆動に切り替える前に充電を行うため、切り替えてから短時間のうちにバッテリ切れとなる可能性を低減させることができる。

【0156】

S308の処理を実行した後、相関性制御部13は、相関値が閾値を超える全ての組み合わせを選択したか否かを判定する(S309)。全ての組み合わせを選択していないと判定された場合(S309否定)、S306に戻り、S306以降の処理を再び実行する。

【0157】

一方、全ての組み合わせを選択したと判定された場合(S309肯定)、稼働状態監視部8は、監視を終了する時刻かどうかを判定する(S310)。稼働状態監視部8は、S205の処理と同様に、監視を終了する時刻か否かの判定を、例えば、初期設定部がS101で設定した計測終了時刻の情報に基づいて行うことができる。

【0158】

監視を終了する時刻であると判定された場合(S310肯定)、図2のS105に移る。一方、監視を終了する時刻でないと判定された場合(S310否定)、S302に戻り、S302以降の処理を再び実行する。

【0159】

以上のようにして、図2のS104において、機器間の相関性を評価し、受電状態を制御することができる。

【0160】

本発明の実施形態によれば、相互に相関性を有する各機器のいずれかを選択し、選択した機器をバッテリ駆動に切り替えることにより、バッテリ駆動に切り替えた機器の消費電

10

20

30

40

50

力をゼロにすることができる。これにより、機器同士の相関性を低下させることができるために、機器の消費電力を回帰分析により推定する際に問題となる多重共線性を抑制し、推定精度の向上を図ることができる。

【0161】

図2のS103およびS104の処理が終了すると、分電盤2は、各機器3の消費電力の合計値を示す総電力情報の計測を終了し、稼働状態監視部8および稼働情報取得部10は、稼働情報の取得を終了する(S105)。

【0162】

続いて、電力算出部15は、取得した総電力情報および稼働情報を用いて、機器3毎の推定消費電力を算出する(S106)。機器3毎の推定消費電力は、例えば図22(b)の例で説明すると、相関性判定部11が機器間の稼働状態の相関性の有無を判定するためには用いた取得タイミング1回目から10回目までの第1の稼働状態の情報と、第1の稼働状態の情報を取得した後に、相関性制御部13による受電状態の制御の下で、取得タイミング11回目以降に取得した第2の稼働状態の情報とに基づいて算出する。以下、S106の処理について説明する。

【0163】

図24は、機器ごとの消費電力を算出する方法の一例を示すフローチャートである。まず、電力算出部15は、記憶部7に格納されている総電力情報yおよび各機器3の稼働情報A'を読み出す(S901)。

【0164】

総電力情報yは、計測タイミング毎に分電盤2によって計測された総電力値の時系列データであり、行列y

式(12)；

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix}$$

により表すことができる。なお、行列yの行は、計測タイミングの各時刻における総電力値を表しており、行番号が大きくなるほど総電力値のデータを取得した時刻が新しいことを示している。すなわち、式(12)では、 y_1 が最初に取得した総電力の値であり、 y_t が最後に取得した総電力の値である。行列yの各要素は、後述の重回帰分析を行う際の目的変数として用いられる。

【0165】

稼働情報A'は、各機器3の稼働情報の時系列データであり、式(13)の行列A'；

$$A' = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & \cdots & a_{1,M} & a_{1,Z} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & \cdots & a_{2,M} & a_{2,Z} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & \cdots & a_{3,M} & a_{3,Z} \\ a_{4,1} & a_{4,2} & a_{4,3} & \cdots & a_{4,M} & a_{4,Z} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ a_{t,1} & a_{t,2} & a_{t,3} & \cdots & a_t & a_{t,Z} \end{bmatrix}$$

10

により表すことができる。行列 A' の各要素は、後述の重回帰分析を行う際の説明変数として用いられる。

【0166】

ここで、行列 A' の列は、機器 3, 4 の稼働状態の違いを表している。例えば、1 列目 (a_{1,1} ~ a_{z,1}) は、機器 3 a が「AC / ON」の状態、2 列目は、機器 3 a が「AC / スタンバイ」の状態、3 列目は、機器 3 a が「AC + 充電 / ON」の状態、最右列は、機器 4 のいずれかが稼働している状態を表している。行列 A' の各要素に代入される値は、機器 3 または機器 4 が当該稼働状態になっているかどうかを時系列で示している。すなわち、当該稼働状態になっている場合は「1」、当該稼働状態になっていない場合は「0」が代入される。総電力情報 y および各機器の稼働情報 A' は同一の取得タイミングで取得されたものである。このため、行列 y と行列 A' とは、同じ行番号同士で対応関係を有している。

20

【0167】

続いて、電力算出部 15 は、読み出した総電力情報 y および稼働情報 A' に基づいて、 $y = A' \times X' = A' \times X'' + E$ を満たす行列 X'' を算出する (S902)。以下、行列 X'' を算出する方法について説明する。

【0168】

30

まず、本実施形態における重回帰分析による推定対象である各機器 3 の消費電力は、以下の式 (14) に示す行列 X' で表すことができる。

式 (14) ;

$$x' = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \cdots \\ x_M \\ Z \end{bmatrix}$$

40

ここで、x₁、x₂、…、x_M は各機器 3 の消費電力、Z は、機器 4 の消費電力の合計を示している。

【0169】

50

式(12)～式(14)から、総電力量、稼働状態、および各機器の消費電力の関係は、重回帰式を行列 $y = A' \times X'$ で表した形態、すなわち
式(15)；

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & \cdots & a_{1,M} & a_{1,Z} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & \cdots & a_{2,M} & a_{2,Z} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & \cdots & a_{3,M} & a_{3,Z} \\ a_{4,1} & a_{4,2} & a_{4,3} & \cdots & a_{4,M} & a_{4,Z} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ a_{t,1} & a_{t,2} & a_{t,3} & \cdots & a_t & a_{t,Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ \vdots \\ x_M \\ x_Z \end{bmatrix} \quad 10$$

で表すことができる。

S 605 に続く S 606 では、最小二乗法による重回帰分析を行い、式(15)から(
 $y - A' \times X'$)の行の二乗和を最小化する X' を算出する。 20

【0170】

ここで、行列 X' の算出方法について、総電力情報 y および稼働情報 A' のデータの一例を用いて説明する。

【0171】

図25は、各取得タイミングにおける総電力量と機器毎の稼働状況のデータの一例を示す図である。図25は、図1に示す機器のうち、制御対象となる機器を機器3a、機器3b、制御対象でない機器を4a、4bと設定した場合の、各取得タイミングにおける総電力量と機器毎の稼働状況のデータを示している。2011年11月1日9:00が最初の取得タイミングであり、取得タイミング間のインターバルは15minである。取得したデータ数は、稼働情報を示すパラメータ1個あたり21個である。総電力量の単位はW(ワット)である。 30

【0172】

$A_{1,a}$, $A_{1,b}$, $A_{1,c}$ および $A_{1,d}$ は、機器3aの稼働情報を示すパラメータである。 $A_{1,a}$ の項目には、機器3aが「AC/ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC/ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{1,b}$ の項目には、機器3aが「AC/スタンバイ」の状態である場合に「1」が表示され、「AC/スタンバイ」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{1,c}$ の項目には、機器3aが「AC+充電/ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC+充電/ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{1,d}$ の項目には、機器3aが「AC+充電/スタンバイ」の状態である場合に「1」が表示され、「AC+充電/スタンバイ」の状態でない場合に「0」が表示される。 40

【0173】

また、 $A_{2,a}$, $A_{2,b}$, $A_{2,c}$ および $A_{2,d}$ は、機器3bの稼働情報を示すパラメータである。 $A_{2,a}$ の項目には、機器3bが「AC/ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC/ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{2,b}$ の項目には、機器3bが「AC/スタンバイ」の状態である場合に「1」が表示され、「AC/スタンバイ」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{2,c}$ の項目には、機器3bが「AC+充電/ON」の状態である場合に「1」が表示され、「AC+充電/ON」の状態でない場合に「0」が表示される。 $A_{2,d}$ の項目には、機器3bが「AC+充電/スタンバイ」の状態である場合に「1」が表示され、「AC+充電/スタンバイ」の状態でない場合に「0」が表示される。 50

」が表示される。

【0174】

また、 A_z の項目は、機器4a, 4bの稼働状態を示している。なお、図25は、機器4a, 4bをまとめて機器4と示している。機器4a, 4bはDRの制御対象外の機器であり、電力制御クライアント30を有していない。図26に示す例では、機器4a, 4bとともに稼働している前提で、 A_z の項目には全ての取得タイミングにおいて「1」が代入されている。

【0175】

A_z の項目には、機器4a、機器4bのいずれかの電源がオンの状態の場合に「1」が表示され、オフの状態である場合に「0」が表示される。

10

【0176】

図26は、図25のデータから得られる、総電力情報を示す行列 y 、および稼働情報を示す行列 A' の一例を示す図である。図26に示すように、図25のデータから、21行1列の行列 y 、21行9列の行列 A' を得ることができる。

重回帰分析において、 $y = A' \times X'$ の式は、誤差を示す行列 E を含む形で表現すると、式(16)；

$$y = A' \times X' = A' \times X'' + E$$

と表すことができる。ここで、 X'' は、誤差を持たない値によって構成される行列である。

【0177】

式(16)によれば、誤差を示す行列 E を構成する各要素の値が小さいほど $A' \times X''$ は y をより正確に表していることとなるため、 E が最小となるような X'' を求めることが好ましい。誤差を示す行列 E の大きさを示す E の絶対値を二乗すると、

式(17)；

$$|E|^2 = e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \cdots + e_M^2$$

と表され、 E の各要素 $e_1, e_2, e_3, \dots, e_M$ の各々の二乗和となる。このため、当該二乗和が最小となる X'' を求めることが好ましい。式(17)の二乗和は、行列 E の転置行列 E^T を用いると、 $E \times E^T$ と表すことができる。そして、 $E \times E^T$ が最小となる X'' は、

20

式(18)；

$$X'' = (A'^T \times A')^{-1} \times (A'^T \times y)$$

で表すことができる。すなわち、 A' の転置行列 A'^T と、行列 $(A'^T \times A')$ の逆行列である $(A'^T \times A')^{-1}$ とを算出し、算出した転置行列 A'^T と、 $(A'^T \times A')^{-1}$ と、 y とを式(18)に代入することにより、 X'' を算出することができる。

30

【0178】

図27は、図26に示す行列 A' の転置行列 A'^T である。図27に示すように、行列 A' から、9行21列の転置行列 A'^T を得ることができる。

【0179】

続いて、図26の行列 A' および図27の転置行列 A'^T から $A'^T \times A'$ を算出する。

40

【0180】

図28は、行列 $(A'^T \times A')$ を算出した結果を示す図である。図28に示すように、図26の行列 A' および図27の転置行列 A'^T から、9行9列の行列 $(A'^T \times A')$ が算出される。

【0181】

続いて、図28の行列 $(A'^T \times A')$ から逆行列 $(A'^T \times A')^{-1}$ を算出する。図29は、行列 $(A'^T \times A')$ の逆行列 $(A'^T \times A')^{-1}$ を算出した結果を示す図である。図29に示すように、行列 $(A'^T \times A')$ の逆行列 $(A'^T \times A')^{-1}$ として、9行9列の行列を得ることができる。

50

【0182】

続いて、図27に示す行列 y と、図28に示す行列 A' 、 T とから行列 $(A', {}^T \times y)$ を算出する。図30は、行列 $(A', {}^T \times y)$ を算出した結果を示す図である。図30に示すように、行列 $(A', {}^T \times y)$ として、9行1列の行列を得ることができる。

【0183】

続いて、図29に示す逆行列 $(A', {}^T \times A')$ 、 ${}^{-1}$ と、図30に示す行列 $(A', {}^T \times y)$ とを式(18)に代入すると、行列 X'' を算出することができる。図31は、行列 X'' を算出した結果を示す図である。図31に示すように、行列 X'' として、9行1列の行列を得ることができる。この行列 X'' の各要素が、稼働状態毎の推定消費電力を示している。

10

【0184】

図32は、図31により得られた各機器の推定消費電力を示す図である。図32の各数値は、図32に示す行列 X'' の各要素を有効数字3桁で表したものである。

【0185】

図4(c)を参照すると、 X_{1a} および X_{2a} は、「AC/ON」のときの消費電力値 W_{ac} に対応している。また、 X_{1b} および X_{2b} は、「AC/スタンバイ」のときの消費電力値 W_{stb} に対応している。また、 X_{1c} および X_{2c} は、「AC+充電/ON」のときの消費電力値 $W_{ac} + W_{ch}$ に対応している。また、 X_{1d} および X_{2d} は、「AC+充電/スタンバイ」のときの消費電力値 $W_{stb} + W_{ch}$ に対応している。

【0186】

このように、行列 X'' を導出することによって、以上の4つの稼働状態における推定消費電力を機器毎に算出することができる。

20

【0187】

図24に戻り、行列 X'' を算出した後、「AC+充電/OFF」の状態の消費電力を算出する(S903)。S902では、電源がオンからオフに変化した機器に対してバッテリへの充電を行わないように制御することにより、「AC+充電/OFF」の状態を除外した稼働環境の下で推定消費電力の算出を行った。そこで、S903では、推定消費電力を算出した結果に基づいて、除外した「AC+充電/OFF」の状態における消費電力を算出する。

【0188】

30

図4(c)を参照すると、「AC+充電/OFF」の状態の消費電力 W_{ch} は、例えば(1)：「AC/ON」のときの消費電力値 W_{ac} と、「AC+充電/ON」のときの消費電力値 $W_{ac} + W_{ch}$ との差分 $(W_{ac} + W_{ch}) - W_{ac}$ を求めるによつて W_{ch} の推定値を導出する方法、または

(2)：「AC/スタンバイ」のときの消費電力値 W_{stb} と、「AC+充電/スタンバイ」のときの消費電力値 $W_{stb} + W_{ch}$ との差分 $(W_{stb} + W_{ch}) - W_{stb}$ を求めるによつて W_{ch} の推定値を導出する方法

によって算出することができる。

【0189】

なお、算出した W_{ac} 、 W_{stb} 、 $W_{ac} + W_{ch}$ 、 $W_{stb} + W_{ch}$ の各値はそれぞれ誤差を含んでいるため、(1)の方法により求めた W_{ch} と(2)の方法により求めた W_{ch} とは、必ずしも同一の値になるとは限らない。そこで、例えば

40

(3)：(1)の方法により求めた W_{ch} と、(2)の方法により求めた W_{ch} との平均値を求めるによつて W_{ch} の推定値を導出する方法

によって算出することもできる。(3)の方法によれば、(1)の方法により求めた W_{ch} の誤差の大きさと、(2)の方法により求めた W_{ch} との誤差の大きさによらず、より正確な推定値を導出することが可能となる。

【0190】

図33は、機器3aおよび機器3bの各稼働状態における推定消費電力を示すテーブルの一例である。図33は、図4(b)に示すテーブルの各項目に算出した値を代入したも

50

のである。図33(a)が、機器3aの各稼働状態における推定消費電力を示しており、図33(b)が、機器3bの各稼働状態における推定消費電力を示している。なお、図33(a)および図33(b)中の「AC+充電/OFF」の状態の消費電力は、(3)の方法を用いて算出したものである。

【0191】

以上のようにして、S106の処理を実行することができる。

【0192】

再び図2に戻り、S106の処理を実行した後、推定評価部16は、記憶部7に格納されている推定消費電力の精度評価を行うタイミングを示す情報に基づいて、現在の時刻が精度評価を行うタイミングかどうかを判定する(S107)。推定消費電力の精度評価を行うインターバルとしては、機器ごとの消費電力を算出するインターバルよりも大きい方が好ましく、例えば2~3時間、あるいは1日おきとしても良い。

10

【0193】

現在の時刻が推定消費電力の精度評価を行うタイミングでないと判定された場合(S107否定)、推定評価部16は、所定の時間が経過するまで待機状態を維持し、所定の時間が経過した後に再びS107を実行する。

【0194】

一方、現在の時刻が推定消費電力の精度評価を行うタイミングであると判定された場合(S107肯定)、推定評価部16は、推定消費電力の精度を算出する(S108)。

【0195】

20

上述の通り、S106で算出した推定消費電力は回帰計算により算出されたものであるため、算出された値には誤差が含まれている。そこで、推定消費電力の値と実際の消費電力の値とを定期的に比較しながら誤差を制御することで、推定消費電力の推定精度の向上を図ることができる。

【0196】

以下、推定消費電力の精度を評価方法の一例について、図35および図36を参照しながら説明する。

【0197】

図34は、推定消費電力の精度の評価の一例を示すフローチャートである。図35は、推定消費電力の精度の評価の一例を示すシーケンス図である。

30

【0198】

まず、図34に示すように、情報処理装置1は、バッテリへの充電の制御を停止させる(S701)。バッテリへの充電の制御を停止させるのは、後の処理で「AC+充電/OFF」のときの実際の消費電力の値を取得できるようにするためである。図36に示すように、S701において、情報処理装置1の稼働状態監視部8は、電源の状態が変化した際の通知の解除を、機器3aの電力制御クライアント30aおよび機器3bの電力制御クライアント30bに要求する。電力制御クライアント30aおよび30bは、要求を受諾する旨の応答を返信する。

【0199】

続いて、電力情報取得部14は、分電盤2から消費電力情報を取得する(S702)。具体的には、図35に示すように、情報処理装置1の電力情報取得部14は、分電盤2に総電力情報を要求する信号を送信する。総電力情報を要求する信号を受信した分電盤2は、電力情報取得部14に総電力情報を送信する。総電力情報を受信した電力情報取得部14は、取得した情報を推定評価部16に送信する。

40

【0200】

その後、稼働情報取得部10は、各機器の稼働情報を取得し、記憶部7に格納する(S703)。具体的には、図35に示すように、情報処理装置1の稼働情報取得部10は、機器3a, 3bに各々の稼働情報を要求する信号を送信する。各機器の稼働情報を要求する信号を受信した機器3a, 3bは、稼働情報取得部10に各機器の稼働情報を送信する。各機器の稼働情報を受信した稼働情報取得部10は、取得した情報を記憶部7に格納す

50

る。

【0201】

続いて、推定評価部16は、稼働情報に対応する推定消費電力情報を記憶部7から取得する(S704)。記憶部7には、S105で算出した機器ごとの推定消費電力の値が予め格納されている。図35に示すように、情報処理装置1の推定評価部16は、S703で取得した稼働情報に対応する各機器の推定消費電力の情報を記憶部7の中から抽出し、推定評価部16に送信する。

【0202】

その後、推定評価部16は、推定消費電力の合計値と、総消費電力との差分を算出する(S705)。具体的には、推定評価部16は、S704で記憶部7から抽出された各機器の推定消費電力の値を合計して合計値を算出する。そして、推定評価部16は、合計値とS702で取得した総消費電力の値との差分を算出する。この差分が、推定消費電力の精度に相当する。

【0203】

ここで再び図2に戻り、推定評価部16は、算出した推定消費電力の精度が基準を満たすかどうかを判定する(S109)。

【0204】

S109では、図34に示すように、推定評価部16は、S705で差分を算出した後、差分の値が所定の閾値以下かどうかを判定する(S706)。所定の閾値は、電力事業者側が所望する精度レベルに応じて適宜設定することができる。差分が所定の閾値以下であると判定された場合(S706肯定)、推定評価部16は、次の評価タイミングになるまで待機し(S707)、処理を終了する。一方、差分が所定の閾値よりも大きいと判定された場合(S706否定)、S708に移り、受電状態の制御および推定消費電力の算出を再び実行するため、図2に示すように、S109からS102に戻り、S102以降の処理を再び繰り返す。

【0205】

以上のようにして、推定消費電力の精度の評価を行うことができる。

(変形例)

次に、S304の処理における、稼働状態の切り替え制御を実行する稼働状態の組み合わせを決定する方法の変形例について説明する。なお、変形例を実現するための情報処理システムは、図1および図2に例示されている情報処理システムの構成を用いることができるため、重複部分についての説明を省略する。

【0206】

図12に示す方法では、稼働状態の相違が出願しない確率と所定の閾値とを比較することによって、稼働状態の切り替え制御を行うか否かを判定する。これに対して変形例では、稼働状態の相違が出現しない確率に応じて付与した相対順位に基づいて、稼働状態の切り替え制御を行うか否かを判定することを特徴としている。

【0207】

図36および図37は、S304の変形例を示すフローチャートである。処理を開始してからS401の処理でS401否定と判定され、S405に至るまでの処理については、図12で説明した処理と同様であるため、説明を省略する。

【0208】

S405の処理の後、制御実行判定部17は、全ての組み合わせを選択したか否かを判定する。全ての組み合わせを判定していないと判定された場合(S801否定)、S402に戻り、S402以降の処理を再び実行する。一方、全ての組み合わせを選択したと判定された場合(S801肯定)、制御実行判定部17は、稼働状態の相違が出現しない確率を算出した全ての組み合わせの各々に相対順位を付与する(S802)。例えば、制御実行判定部17は、全ての組み合わせについて相違が出現しない確率を算出した後、全ての組み合わせからなる集合の中で、確率が最も高い組み合わせに対して相対順位として1位を付与する。そして、当該集合の中のその他の組み合わせに対して、確率が高い順番に

10

20

30

40

50

2位以降の相対順位を付与していく。S 802の処理の後、図38のS 803に移る。

【0209】

一方、処理を開始してからS 401の処理でS 401肯定と判定され、S 407で制御を行うと判定された後は、S 305に移る。

【0210】

図37のS 803において、制御実行判定部17は、相関性を有する稼働状態の組み合わせの中から一つを選択する(S 402)。

【0211】

続いて、制御実行判定部17は、選択した組み合わせの相対順位が、所定の順位よりも上位か否かを判定する(S 804)。選択した組み合わせの相対順位が、所定の順位よりも上位であると判定された場合(S 804肯定)、制御実行判定部17は、選択した稼働状態の組み合わせに対して制御を行うと判定する(S 805)。その後、S 807に移る。一方、選択した組み合わせの相対順位が、所定の順位以下であると判定された場合(S 804否定)、制御実行判定部17は、選択した稼働状態の組み合わせに対して制御を行わないと判定する(S 807)。その後、S 807に移る。

【0212】

S 807において、制御実行判定部17は、全ての組み合わせを選択したか否かを判定する。全ての組み合わせを選択したと判定された場合(S 807肯定)、S 305に移る。一方、制御を行う全ての組み合わせを選択したと判定されなかった場合(S 807否定)、S 802に戻り、S 802以降の処理を再び実行する。

【0213】

以上のようにして、S 304の処理を実行する。

【0214】

上述の方法によれば、切り替え制御を行う稼働状態の組み合わせの数が予め決められているため、制御を行うか否かの判断は、稼働状態の相違が出現しない確率の絶対値によらない。このため、切り替え回数の削減量を常に一定に保つことができる。

【0215】

以上、本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明は特定の実施例に限定されるものではなく、種々の変形や変更が可能である。例えば、S 304では、稼働状態の相違が出現しない確率と所定の閾値とを比較することによって、稼働状態の切り替え制御を行うか否かを判定しているが、稼働状態の相違が出現する確率と所定の閾値とを比較することによって、稼働状態の切り替え制御を行うか否かを判定することもできる。また、例えば、本実施形態では、相関値を表す指標としてVIFを用いたが、例えば、式(1)に示す相関係数 $R_{i,j}$ を、相関値を表す指標として用いることもできる。あるいは、式(2)に示すVIFの分母成分(トレランスと呼ばれている)である $(1 - R_{i,j}^2)$ を、相関値を表す指標として用いることもできる。

【符号の説明】

【0216】

1：情報処理装置

2：分電盤

3：機器

4：機器

5：初期設定部

6：入力装置

7：記憶部

8：稼働状態監視部

9：電源状態制御部

10：稼働情報取得部

11：相関性判定部

12：制御対象選択部

10

20

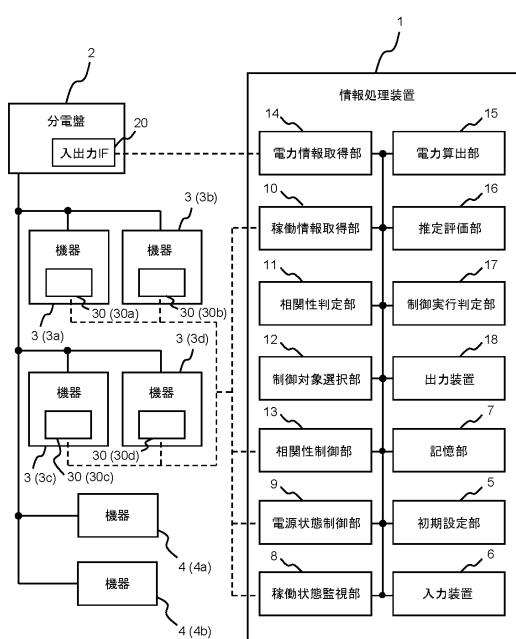
30

40

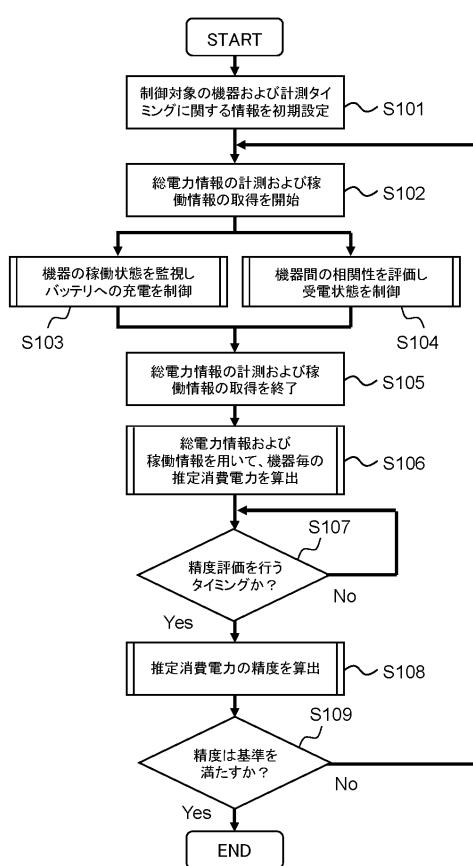
50

- 1 3 : 相関性制御部
 1 4 : 電力情報取得部
 1 5 : 電力算出部
 1 6 : 推定評価部
 1 7 : 制御実行判定部
 1 8 : 出力装置
 2 0 : 入出力 I/F
 3 0 : 電力制御クライアント

【図1】



【図2】



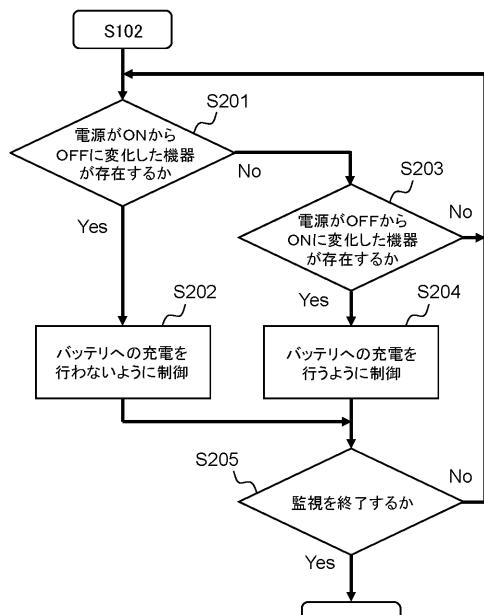
【図3】

項目	設定情報
計測開始時刻 t_s	2011/11/11 9:00
計測終了時刻 t_e	2011/11/11 14:00
計測時間間隔 Δt	15分
データ計測回数 n_{max}	21回
相関性評価用データ数	10[個／一稼働状態]
残存計測回数の閾値	5回
相違が出願しない確率の閾値	

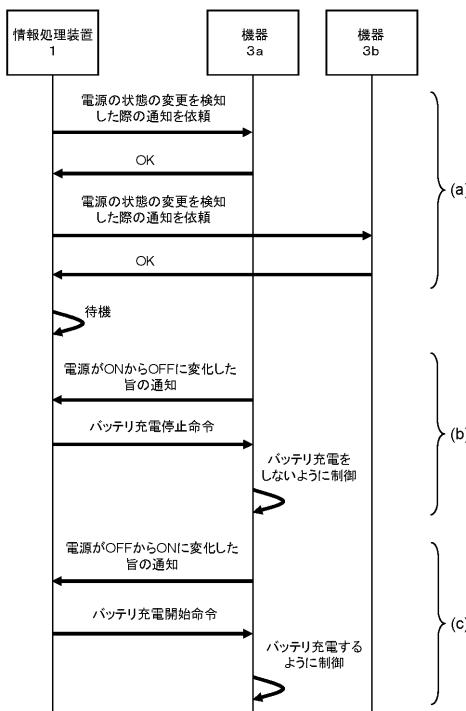
【図4】

(a)			
	ON	OFF	
AC	Wac	0	
(b)			
	ON	スタンバイ	OFF
AC	Wac	Wstb	0
AC+充電	Wac+Wch	Wstb+Wch	Wch
バッテリ	0	0	0
(c)			
	ON	スタンバイ	OFF
AC	Wac	Wstb	0
AC+充電	Wac+Wch	Wstb+Wch	0
バッテリ	0	0	0

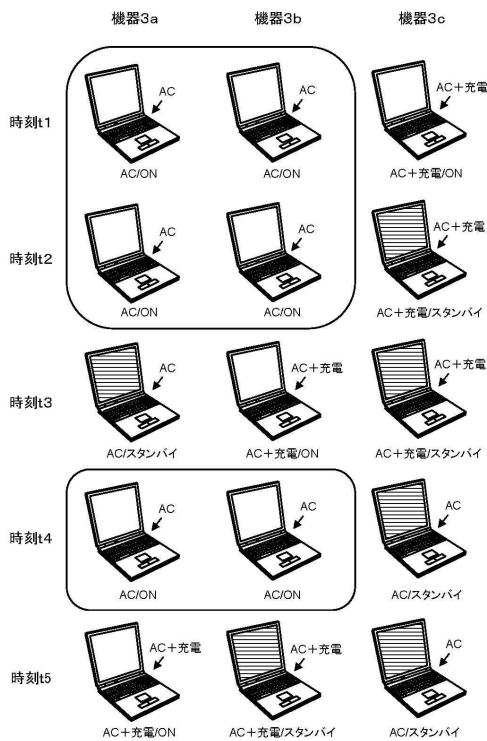
【図5】



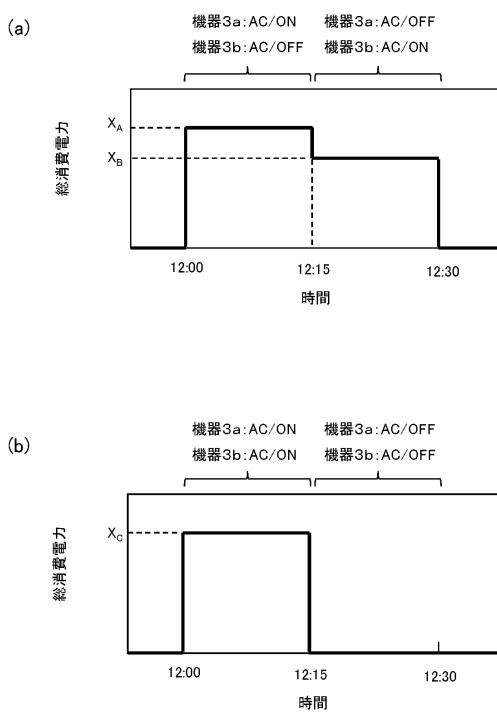
【図6】



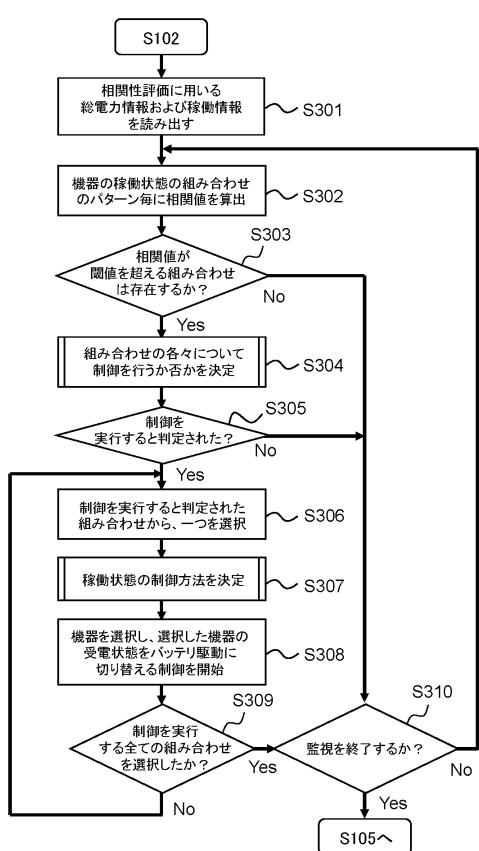
【図7】



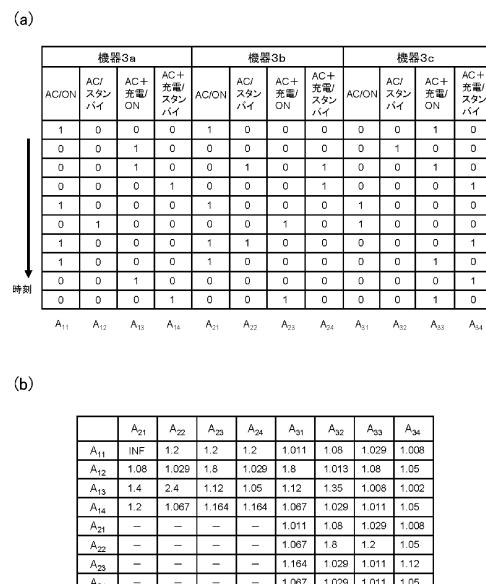
【図8】



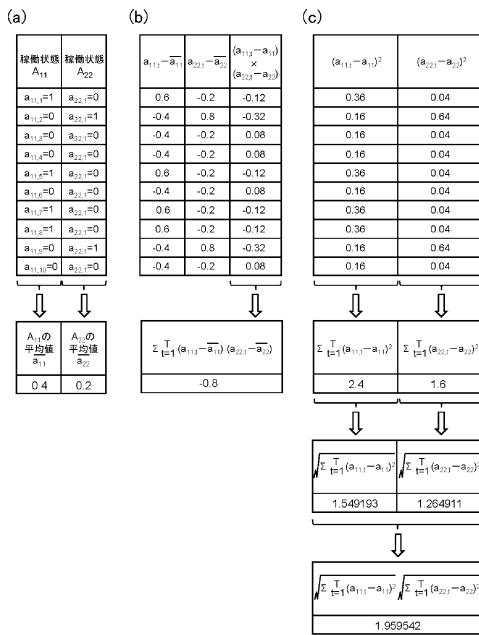
【図9】



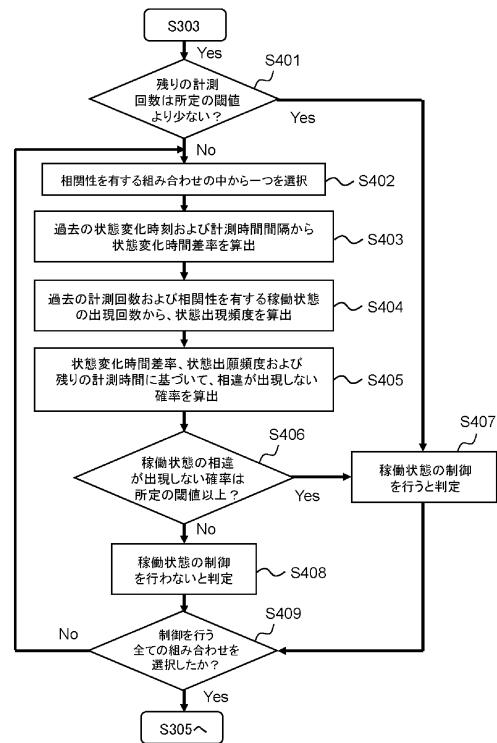
【図10】



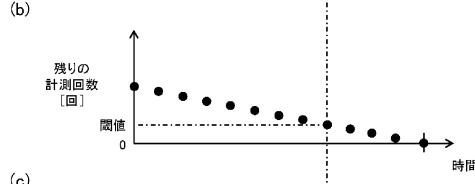
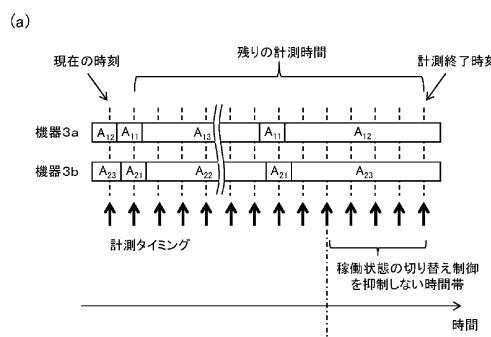
【図11】



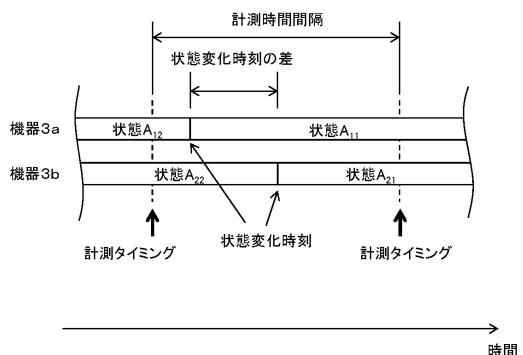
【図12】



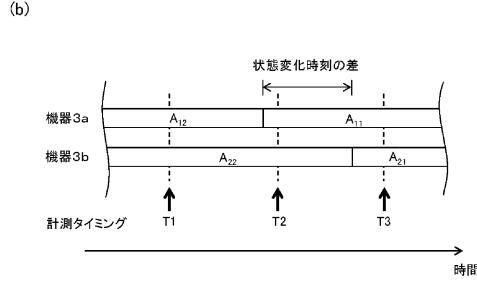
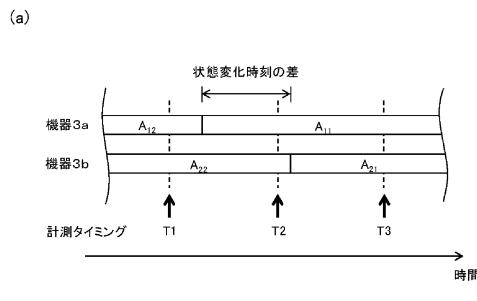
【図13】



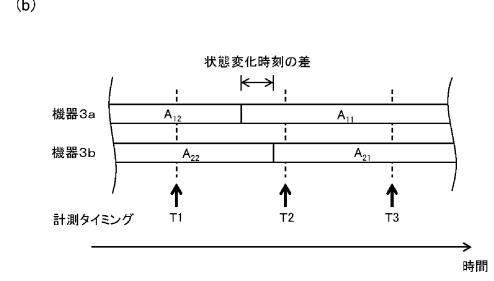
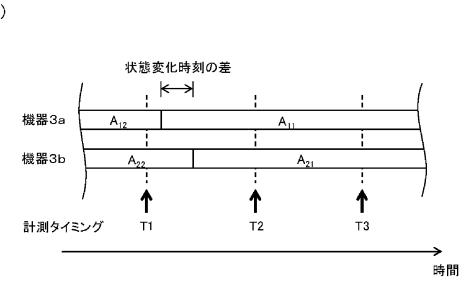
【図14】



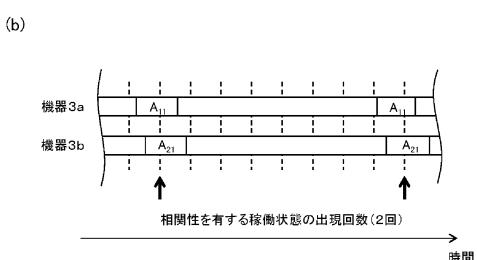
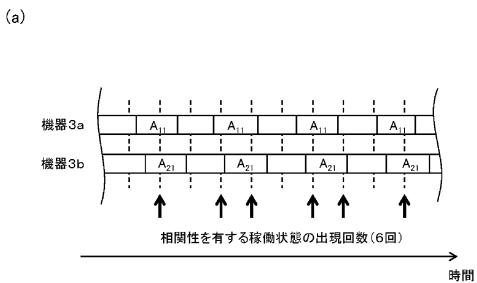
【図15】



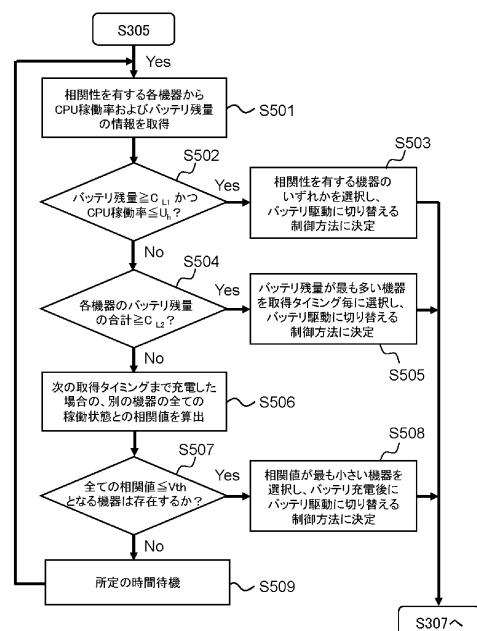
【図16】



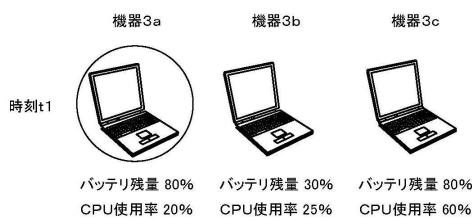
【図17】



【図18】



【図19】



【図20】

(a)

AC/ON	機器3a			機器3b			機器3c				
	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

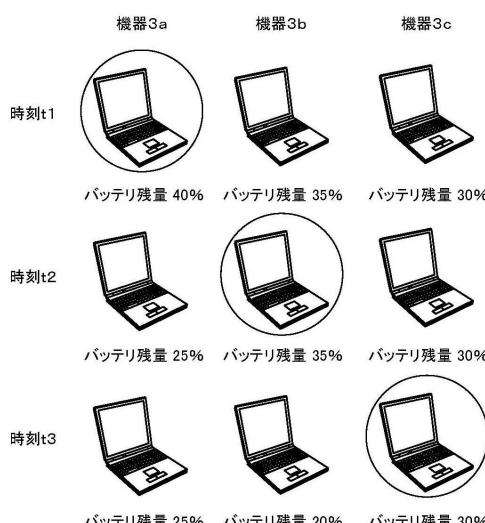
時刻
11回目の取得タイミング
A₁₁ A₁₂ A₁₃ A₁₄ A₂₁ A₂₂ A₂₃ A₂₄ A₃₁ A₃₂ A₃₃ A₃₄

(b)

AC/ON	機器3a			機器3b			機器3c				
	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0

時刻
11回目の取得タイミング
A₁₁ A₁₂ A₁₃ A₁₄ A₂₁ A₂₂ A₂₃ A₂₄ A₃₁ A₃₂ A₃₃ A₃₄

【図21】



【図22】

(a)

AC/ON	機器3a			機器3b			機器3c			
	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

時間
11回目の取得タイミング
A₂₁ A₂₂ A₂₃ A₂₄ A₃₁ A₃₂ A₃₃ A₃₄

(b)

AC/ON	機器3a			機器3b			機器3c			
	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

時間
11回目の取得タイミング
A₂₁ A₂₂ A₂₃ A₂₄ A₃₁ A₃₂ A₃₃ A₃₄

(c)

AC/ON	機器3b			機器3c			
	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	AC+充電/スタンバイ	AC/ON	AC/スタンバイ	AC+充電/ON	
1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0

時間
11回目の取得タイミング
A₂₁ A₂₂ A₂₃ A₂₄ A₃₁ A₃₂ A₃₃ A₃₄

【図23】

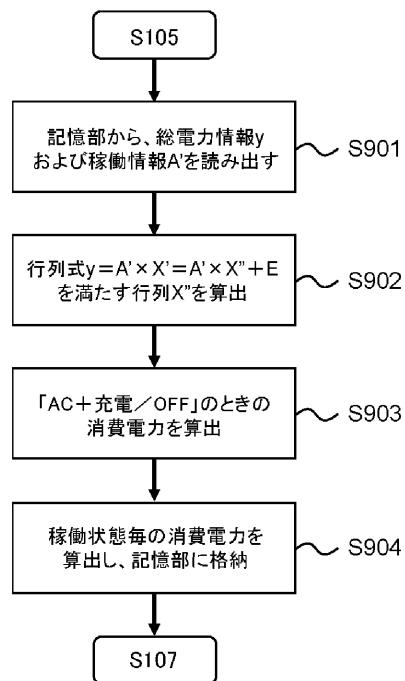
(a)

	充電する機器		
	A ₁₃	A ₂₃	A ₃₃
A ₁₁	—	1.023	1.010
A ₁₂	—	2.455	1.227
A ₁₃	—	1.001	1.005
A ₁₄	—	1.415	1.023
A ₂₁	1.107	—	1.010
A ₂₂	2.909	—	1.073
A ₂₃	1.001	—	1.454
A ₂₄	1.175	—	1.023
A ₃₁	1.001	1.415	—
A ₃₂	1.636	1.061	—
A ₃₃	1.005	1.073	—
A ₃₄	1.048	1.001	—

(b)

	充電する機器		
	A ₁₃	A ₂₃	A ₃₃
A ₁₁	—	1.273	1.005
A ₁₂	—	1.364	1.091
A ₁₃	—	1.164	1.073
A ₁₄	—	1.061	1.002
A ₂₁	1.485	—	1.005
A ₂₂	1.636	—	1.364
A ₂₃	1.145	—	1.227
A ₂₄	1.018	—	1.002
A ₃₁	1.145	1.061	—
A ₃₂	1.212	1.039	—
A ₃₃	1.033	1.001	—
A ₃₄	1.001	1.164	—

【図24】



【図25】

時刻	総電力	機器3a								機器3b								機器4							
		A _{1a}	A _{1b}	A _{1c}	A _{1d}	A _{2a}	A _{2b}	A _{2c}	A _{2d}	A _{3a}	A _{3b}	A _{3c}	A _{3d}	A _{4a}	A _{4b}	A _{4c}	A _{4d}	A _{1a}	A _{1b}	A _{1c}	A _{1d}	A _{2a}	A _{2b}	A _{2c}	A _{2d}
2011/1/1 9:00	15.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 9:15	93.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 9:30	147.8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 9:45	94.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 10:00	91.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 10:15	14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 10:30	75.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 10:45	53.9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 11:00	132.3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 11:15	94.8	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 11:30	62.7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 11:45	64.1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 12:00	105.3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 12:15	14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 12:30	85.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 12:45	42.9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 13:00	68.0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 13:15	45.1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 13:30	16.9	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 13:45	38.0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011/1/1 14:00	16.8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON
↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON
↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON
↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON

【図26】

行列 y (21行 1列)								行列 A' (21行 9列)								
A _{1a}	A _{1b}	A _{1c}	A _{1d}	A _{2a}	A _{2b}	A _{2c}	A _{2d}	A _{1a}	A _{1b}	A _{1c}	A _{1d}	A _{2a}	A _{2b}	A _{2c}	A _{2d}	
15.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
93.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
147.8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
94.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
91.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
75.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
53.9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
132.3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
94.8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
62.7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
84.1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
105.3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
86.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
42.9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
68.0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
45.1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16.9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
38.0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16.8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON
↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON
↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON
↑ AC/ON
↑ AC+充電/ON

【図27】

行列 A'^T (9行21列)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

【図28】

行列 $A'^T \times A'$ (9行9列)

4	0	0	0	1	1	1	1	4
0	4	0	0	1	1	1	1	4
0	0	2	0	0	0	1	0	2
0	0	0	2	0	0	1	0	2
1	1	0	0	3	0	0	0	3
1	1	0	0	0	3	0	0	3
1	1	1	1	0	0	8	0	8
1	1	0	0	0	0	0	2	2
4	4	2	2	3	3	8	2	21

【図29】

行列 $(A'^T \times A')^{-1}$ (9行9列)

A_{1a}	A_{1b}	A_{1c}	A_{1d}	A_{2a}	A_{2b}	A_{2c}	A_{2d}	A_z
0.49	0.24	0.07	0.07	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	0
0.24	0.49	0.07	0.07	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	0
0.07	0.07	0.63	0.13	0.11	0.11	0.04	0.09	-0.2
0.07	0.07	0.13	0.63	0.11	0.11	0.04	0.09	-0.2
-0.2	-0.2	0.11	0.11	0.72	0.39	0.27	0.46	-0.2
-0.2	-0.2	0.11	0.11	0.39	0.72	0.27	0.46	-0.2
-0.1	-0.1	0.04	0.04	0.27	0.27	0.35	0.3	-0.2
-0.3	-0.3	0.09	0.09	0.46	0.46	0.3	1.07	-0.2
0	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.26

【図30】

行列 $A'^T \times y$ (9行1列)

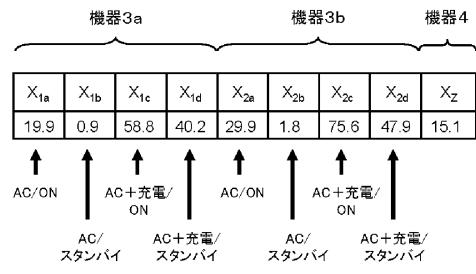
295.4
219.5
223.4
186.2
156.0
71.7
845.9
146.8
1394.9

【図31】

行列X" (9行1列)

19.9
0.9
58.8
40.2
29.9
1.8
75.6
47.9
15.1

【図32】



【図33】

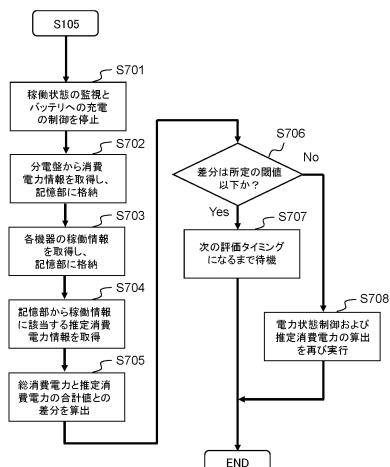
(a)

電源状態 受電状態	ON	スタンバイ	OFF
AC	19.9	0.9	0
AC+充電	58.8	40.2	39.1
バッテリ	0	0	0

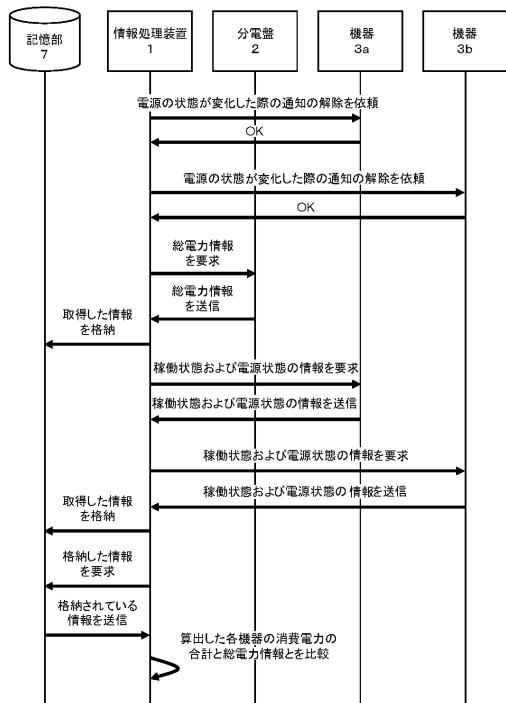
(b)

電源状態 受電状態	ON	スタンバイ	OFF
AC	29.9	1.8	0
AC+充電	75.6	47.9	45.9
バッテリ	0	0	0

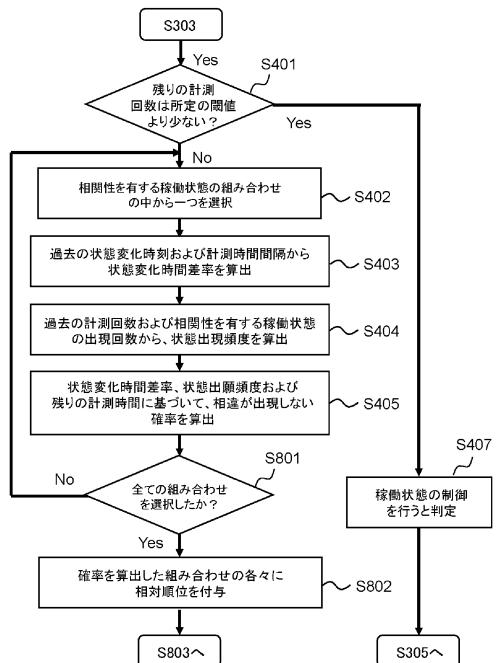
【図34】



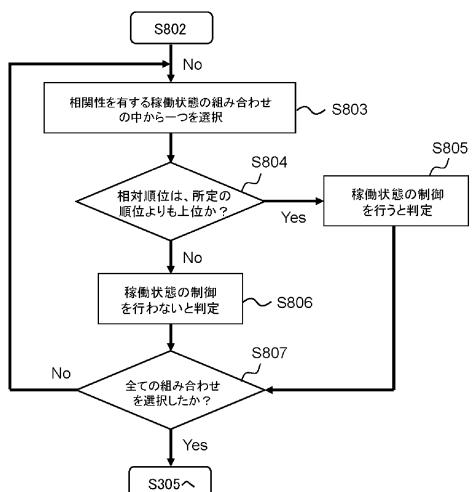
【図35】



【図36】



【図37】



フロントページの続き

(72)発明者 寺西 佑太

福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内

審査官 安井 雅史

(56)参考文献 特開2011-254583 (JP, A)

特開2001-349909 (JP, A)

特開2011-239551 (JP, A)

特開2010-225133 (JP, A)

特開2014-87189 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 11/00 - 11/66

21/00 - 22/10

35/00 - 35/06

G06F 19/00

G06Q 10/00 - 10/10

30/00 - 30/08

50/00 - 50/20

50/26 - 99/00

H02J 3/00 - 5/00

13/00

H03J 9/00 - 9/06

H04Q 9/00 - 9/16