

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6065531号
(P6065531)

(45) 発行日 平成29年1月25日(2017.1.25)

(24) 登録日 平成29年1月6日(2017.1.6)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 Q 50/06 (2012.01)

G 0 6 Q 50/06

請求項の数 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-249089 (P2012-249089)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成24年11月13日(2012.11.13)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2013-105497 (P2013-105497A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成25年5月30日(2013.5.30)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成27年7月6日(2015.7.6)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	13/297,033	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成23年11月15日(2011.11.15)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100146776
			弁理士 山口 昭則
		(72) 発明者	カーディナス モーラ・アルヴァロ エイ
			アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
			086, サニーヴェイル, イー・イヴリン
			・アヴェニュー 958番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギー消費のプロファイリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一つまたは複数のコンピュータ・システムが；

複数の分類器を受領する段階であって、各分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測する、段階と；

最大偽警報レートを受領する段階と；

前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて、前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；

各分類器について最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記一つまたは複数の分類器のそれぞれを評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；

全体的なコストによって前記複数の分類器をランク付けする段階であって、各分類器についての全体的なコストは前記最大偽警報レートおよびその分類器についての最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階と；

前記ランク付けに基づいて前記複数の分類器から選ばれた分類器を選択する段階とを実行する、

方法。

【請求項 2】

分類器についての前記閾値が、前記最大偽警報レートを越えることなく偽警報の数を最大化することを含む、請求項 1 記載の方法。

10

20

【請求項 3】

前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

少なくとも一つの分類器が自己回帰移動平均モデルに基づく、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

一つまたは複数のコンピュータ・システムが：

自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を受領する段階であって、前記分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測するものである、段階と；

最大偽警報レートを受領する段階と；

前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；

最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記分類器を評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；

全体的なコストを決定する段階であって、前記全体的なコストは前記最大偽警報レートおよび前記最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階とを実行する、方法。

【請求項 7】

前記閾値を決定する段階が、前記最大偽警報レートを越えることなく偽警報の数を最大化することを含む、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、請求項 6 記載の方法。

【請求項 9】

各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

前記自己回帰移動平均モデルが特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、請求項 6 記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は概括的にはエネルギー消費のプロファイリングに関する。

【背景技術】**【0002】**

電力会社は、エネルギー利用者に対し、利用者が消費するエネルギーの量に応じて課金する。この請求方法は、実際に消費されたエネルギーの量を電力会社に対して過少報告しようという誘因を利用者に与える。この過少報告は一般に、エネルギー窃盗または詐取として知られる。専門家の推定によれば、エネルギー窃盗は現在、毎年の損失で数十億ドルにも上り、絶えず増え続けている。この窃盗は著しい負の帰結をもたらす。電力会社は自社のシステムに適正に投資することができず、将来のエネルギー配送ニーズに対して正確な計画を立てられない。結果として、停電がより一般的になり、これは経済発展を妨げる。さらに、実際に消費したエネルギーについて支払っている顧客に対してもエネルギー価格が人工的に上昇する。

【0003】

エネルギー消費は伝統的には、電気機械的なメーターを使って記録される。これらのメーターは、金属円板の磁場との相互作用を介して機械的にエネルギー消費を記録する。次いで、エネルギー消費は電力会社によって記録される。伝統的には、電力会社は、ディス

10

20

30

40

50

プレイを介して直接エネルギー消費を記録していた。

【0004】

より最近では、電力会社は、メーターからの定期的な送信を介してリモートでエネルギー消費を記録するようになっていく。最も最近では、電力会社は、先進計量インフラストラクチャー（AMI: Advanced Metering Infrastructure）に基づく高度なメーターを導入しつつある。これらのメーターはエネルギー消費データを過去のメーターより頻繁にしばしばリアルタイムまたはほぼリアルタイムで送信する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

AMIベースのメーターで使われる高度な技術にも関わらず、そうしたメーターもやはり不正の対象となり、エネルギー詐欺が生じる。したがって、エネルギー消費窃盗およびエネルギー消費データにおけるその他の異常を検出する進んだ方法が望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本稿では、エネルギーの異常な消費を検出する諸実施形態が記載される。指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が閾値とともに受信される。すると、自己回帰移動平均（Auto-Regressive Moving Average）モデルに基づく分類器がその情報に適用され、攻撃の尤度を表す結果が決定される。すると、その結果が解析されて、閾値を達成したかどうか判定され、前記情報はその後、攻撃を示すものとして分類される。

【0007】

加えて、前記自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発達させるよう、トレーニング・データを使って分類器をトレーニングするために機械学習を利用する諸実施形態が提供される。データを分類するために前記自己回帰移動平均モデルで使われるパラメータの有効性を評価する諸実施形態も提供される。

【0008】

本発明の目的および利点は、請求項において具体的に指摘される要素および組み合わせによって実現され、達成されるであろう。上記の一般的な記述および以下の詳細な記述はいずれも例示的で、説明のためのものであって、特許請求される本発明を制約するものではないことは理解しておくべきである。

【図面の簡単な説明】

【0009】

本開示内に見出されるこれらの革新、実施形態および/または例を合理的な程度に記述し、例解するために、一つまたは複数の付属の図面を参照することがある。一つまたは複数の付属の図面を記述するために使われる追加的な詳細または例は、特許請求される発明のいずれか、ここに記載される諸実施形態のいずれか、また本開示内で提示される任意の革新の現在理解されるところの最良の形態の範囲を限定するものと考えべきではない。

【図1】個別的な諸実施形態のためのシステムを示す図である。

【図2】異常なエネルギー消費のシナリオを表すグラフである。

【図3】エネルギー消費をプロファイリングするプロセスを記述する図である。

【図4】エネルギー消費をプロファイリングするモデルを発展させるために分類エンジンをトレーニングするために機械学習を利用するプロセスを記述する図である。

【図5A】エネルギー消費をプロファイリングするためのモデルを評価するプロセスを記述する図である。

【図5B】エネルギー消費をプロファイリングするための二つ以上のモデルを評価するプロセスを記述する図である。

【図6】個別的な諸実施形態のためのネットワーク・システムを示す図である。

【図7】個別的な諸実施形態のためのコンピュータ・システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本稿において開示される諸実施形態は、異常なエネルギー消費を検出するために機械学習を利用する方法を提供する。いくつかの実施形態では、機械学習は、トレーニング・データを使って分類器をトレーニングすることによって自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発展させるために利用されてもよい。さらなる諸実施形態では、データを分類するための自己回帰移動平均モデルを使って、それらのパラメータの有効性が解析されてもよい。

【 0 0 1 1 】

図 1 は、個別的な諸実施形態のための例示的なシステムを示している。個別的な諸実施形態では、本システムは一つまたは複数のメーター 1 0 を有していてもよい。いくつかの実施形態では、メーター 1 1 0 はエネルギー消費データを記録および送信してもよい。個別的な諸実施形態では、メーター 1 1 0 は先進計量インフラストラクチャー (AMI) 技術を利用してよい。さらなる諸実施形態では、このエネルギー消費データは記録されるにつれて送信されてもよい。いくつかのさらなる実施形態では、このエネルギー消費データは記録されるにつれてリアルタイムで送信されてもよい。他のさらなる実施形態では、このエネルギー消費データは記録され、記憶され、その後送信されてもよい。いくつかのさらなる実施形態では、このエネルギー消費データはデータのストリームとして送信されてもよい。他のさらなる実施形態では、このエネルギー消費データはデータの packets として送信されてもよい。

10

【 0 0 1 2 】

個別的な諸実施形態では、メーター 1 1 0 によって記録され、送信されるエネルギー消費データは、ある時点で消費されるエネルギーの量に限定されていてもよい。さらなる実施形態では、エネルギー消費データは追加的データを含んでいてもよい。この追加的データは、どの機器または装置が電気を消費しているかを識別する情報を含んでいてもよい。この追加的データはまた、個人の身元 (アイデンティティ)、アドレス、電話番号、地理的座標などを含むデータ・セットのソースを識別する情報も含んでいてもよい。

20

【 0 0 1 3 】

個別的な諸実施形態では、メーター 1 1 0 によって送信されたエネルギー消費データは収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 によって受信されてもよい。個別的な諸実施形態では、収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 は実質的に同じ物理的位置にあってもよい。他の実施形態では、収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 は異なる物理的位置にあってもよい。個別的な諸実施形態では、収集器 1 2 0 は変電所 1 3 0 の物理的な構成要素であってもよい。他の実施形態では、収集器 1 2 0 は変電所 1 3 0 とは別個の構成要素であってもよく、地上ベースのネットワーク、無線ネットワークなどのいずれであれ、ネットワークを通じて変電所 1 3 0 と通信してもよい。

30

【 0 0 1 4 】

個別的な諸実施形態では、メーター 1 1 0 によって送信されたデータを受信する一つの収集器 1 2 0 および一つの変電所 1 3 0 だけがあってもよい。他の実施形態では、メーター 1 1 0 によって送信されたデータを受信する一つだけの収集器 1 2 0 および複数の変電所 1 3 0 があってもよい。他の実施形態では、メーター 1 1 0 によって送信されたデータを受信する複数の収集器 1 2 0 および一つだけの変電所 1 3 0 があってもよい。他の実施形態では、メーター 1 1 0 によって送信されたデータを受信する複数の収集器 1 2 0 および複数の変電所 1 3 0 があってもよい。

40

【 0 0 1 5 】

個別的な諸実施形態では、収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 は、受信したエネルギー消費データを記録し、送信してもよい。さらなる実施形態では、収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 は、エネルギー消費データが記録されるにつれて該エネルギー消費データを送信してもよい。いくつかのさらなる実施形態では、収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 は、エネルギー消費データが記録されるにつれて該エネルギー消費データをリアルタイムで送信してもよい。他のさらなる実施形態では、収集器 1 2 0 および変電所 1 3 0 はエネルギー消費データを記録し、記憶し、その後送信してもよい。いくつかのさらなる実施形態では、

50

収集器 120 および変電所 130 はこのエネルギー消費データをデータのストリームとして送信してもよい。他のさらなる実施形態では、収集器 120 および変電所 130 はこのエネルギー消費データをデータの packets として送信してもよい。

【0016】

個別的な諸実施形態では、収集器 120 および変電所 130 はメーター 110 によって受信されたエネルギー消費データをネットワーク 140 に送信してもよい。さらなる実施形態では、メーター 110 はエネルギー消費データを直接、ネットワーク 140 に送信してもよい。個別的な諸実施形態では、ネットワーク 140 はイントラネット、エクストラネット、仮想閉域網 (VPN: virtual private network)、ローカル・エリア・ネットワーク (LAN: local area network)、無線 LAN (WLAN: wireless LAN)、広域ネットワーク (WAN: wide area network)、都市圏ネットワーク (MAN: metropolitan area network)、インターネットの一部、セルラー技術ベースのまたはその他のネットワーク 110 またはそのようなネットワーク 140 の二つ以上の組み合わせであってもよい。本開示は、任意の好適なネットワーク 140 を考えている。個別的な諸実施形態では、ネットワーク 140 は受信したエネルギー消費データをデータ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 に送信してもよい。

【0017】

個別的な諸実施形態では、データ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 は、実質的に同じ物理的位置にある。他の実施形態では、データ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 は異なる物理的位置にある。個別的な諸実施形態では、記憶装置 160 はデータ・センターおよびサーバー 150 の物理的な構成要素である。他の実施形態では、記憶装置 160 はデータ・センターおよびサーバー 150 とは別個の構成要素であり、データ・センターおよびサーバー 150 と、地上ベースのネットワーク、無線ネットワークなどのいずれであれ、ネットワークを通じて通信する。

【0018】

個別的な諸実施形態では、ネットワーク 140 によって送信されたデータを受信する一つの記憶装置 160 および一つのデータ・センターおよびサーバー 150 だけがあってもよい。他の実施形態では、ネットワーク 140 によって送信されたデータを受信する一つの記憶装置 160 および複数のデータ・センターおよびサーバー 150 があってもよい。他の実施形態では、ネットワーク 140 によって送信されたデータを受信する複数の記憶装置 160 および一つのデータ・センターおよびサーバー 150 があってもよい。他の実施形態では、ネットワーク 140 によって送信されたデータを受信する複数の記憶装置 160 および複数のデータ・センターおよびサーバー 150 があってもよい。

【0019】

個別的な諸実施形態では、データ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 によって受信されるエネルギー消費データはデータ・センターおよびサーバー 150 において解析されてもよい。他の実施形態では、データ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 によって受信されるエネルギー消費データは記憶装置 160 において解析されてもよい。他の実施形態では、データ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 によって受信されるエネルギー消費データはデータ・センターおよびサーバー 150 および記憶装置 160 の両方において解析されてもよい。個別的な諸実施形態では、データ・センターおよびサーバー 150 ならびに記憶装置 160 によって合同してまたは独立に行われる解析は、図 3、図 4、図 5 A および図 5 B において説明される方法の任意のものまたは全部からなってもよい。

【0020】

図 2 は、異常なエネルギー消費の例示的なシナリオを表すグラフ 210 を示している。個別的な諸実施形態では、軸 220 は時間を表し、よって、軸 220 に沿った変位は時間の変化を表す。時間は、ミリ秒、秒、時間などを問わず、いかなる時間に基づく単位を使って記述されてもよい。個別的な諸実施形態では、軸 230 は電力消費を表し、よって軸 230 に沿った変位は電力消費の変化を表す。電力消費は、キロワット時、ワット時、メ

10

20

30

40

50

ガジュール、馬力などを問わず、いかなるエネルギーに基づく単位を使って記述されてもよい。

【 0 0 2 1 】

個別的な諸実施形態では、正常なデータ・セット 2 4 0 は、諸時点における電力消費の情報を含んでいてもよい。個別的な諸実施形態では、正常なデータ・セット 2 4 0 は、個人の身元〔アイデンティティ〕、住所、電話番号、地理的座標などを含む当該データ・セットのソースのような追加的な情報を含んでいてもよい。さらなる実施形態では、正常なデータ・セット 2 4 0 は、一つだけのソースから導出された情報を含んでいてもよい。一方、他の実施形態では、正常なデータ・セット 2 4 0 は、複数のソースから導出された情報を含んでいてもよい。

10

【 0 0 2 2 】

個別的な諸実施形態では、異常なデータ・セット 2 5 0 は異常な電力消費データを表していてもよい。他の実施形態では、異常なデータ・セット 2 5 0 は、個人の身元〔アイデンティティ〕、住所、電話番号、地理的座標などを含む当該データ・セットのソースのような追加的な情報を含んでいてもよい。さらなる実施形態では、異常なデータ・セット 2 5 0 は、一つだけのソースから導出された情報を含んでいてもよい。一方、他の実施形態では、異常なデータ・セット 2 5 0 は、複数のソースから導出された情報を含んでいてもよい。

【 0 0 2 3 】

個別的な諸実施形態では、そのような異常な電力消費データは一つの原因のみを有していてもよい。その原因は、装置の誤動作、エネルギー利用者による自分のエネルギー使用量の変更、エネルギー利用者による自分の真のエネルギー使用料に関するデータの偽造などのいずれでもよい。さらなる実施形態では、データ・セット 2 5 0 は電力消費における異常な減少、増加またはゆらぎを表していてもよい。

20

【 0 0 2 4 】

図 3 は、エネルギー消費をプロファイリングする例示的なプロセスを記述している。指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が、受領または取得される (3 1 0)。個別的な諸実施形態では、この情報は正常データ・セット 2 4 0、異常データ・セット 2 5 0 または両方を含んでいてもよい。個別的な諸実施形態では、受領された情報は一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されるエネルギー消費と関連付けられてもよい。さらなる実施形態では、前記情報は、ネットワーク 1 4 0 から受信されたものであってもよい。その後、エネルギー消費に関連付けられた閾値が受領または取得される (3 2 0)。個別的な諸実施形態では、この閾値は、電力会社が容認するつもりのある偽警報の最大数を表していてもよい。次いで、前記情報に分類器が適用されて、結果を決定する (3 3 0)。個別的な諸実施形態では、この分類器は、自己回帰移動平均 (ARMA: Auto-Regressive Moving Average) モデルを使って前記情報に適用される。他の実施形態では、ARMA モデル以外のアルゴリズムが使用されてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均 (MA: Moving Average) モデル、自己回帰 (AR: Auto-Regressive) モデル、自己回帰積分移動平均 (ARIMA: Auto-Regressive Integrated Moving Average) モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均 (ARMAX: Auto-Regressive Moving Average with exogeneous inputs) モデル、線形回帰 (LR: Linear Regression) モデルおよび隠れマルコフ (HM: Hidden Markov) モデルがある。モデルの目標は、次の時間ステップにおいて受け取るエネルギー消費値を予測することであってもよい。個別的な諸実施形態では、ARMA モデルは下記のアルゴリズム第 1 に基づいていてもよい。

30

40

【数 1】

$$Y_{K+1} = \sum_{i=1}^p A_i Y_{k-i} + \sum_{j=0}^q B_j (V_{k-j} - \gamma) \quad (1)$$

【0025】

個別的な諸実施形態では、ARMAモデルは、特定のエネルギー消費者に関連付けられたパラメータの集合を利用してもよい。特定のエネルギー消費者は、エネルギー消費のいかなる測定可能なブロックを含んでもよい。たとえば、家、家の中の部屋、オフィスビル、オフィスビル内のフロア、集合住宅、集合住宅の一戸、単一構造内の個別の回路、単一の電力コンセント、複数の建物の複合体（たとえば複数の寮からなるブロック）、都市ブロック、小都市、配電網のセクターまたは上述したものの任意の一部である。

10

【0026】

ARMAモデルでは、変数は次のように定義される。 Y_{K+1} は予測されるエネルギー消費； A_i は自己回帰の重み； p は自己回帰項の数； B_j は移動平均の重み； q は移動平均項の数； V_k は実際のエネルギー消費 Y_k とモデルからの予測されたエネルギー消費 Y_{K+1} との間の誤差； γ は、ARMAプロセスに関しての平均における変化を表すパラメータである。前のARMAパラメータがエネルギー消費に適合すれば、 γ は0より小さいまたは0に実質的に等しいはずであり、 γ は異常ではない可能性が高い。しかしながら、前のARMAパラメータがエネルギー消費に適合しない場合、 γ は0より大きくなるはずであり、 γ は異常である可能性が高い。個別的な諸実施形態では、 γ は一般化された尤度比試験を通じて決定されてもよい。個別的な諸実施形態では、一般化された尤度比試験は、下記に示すアルゴリズム第2を利用して最大を決定してもよい。ここで、 γ は0より大きい。

20

【数 2】

$$\sum_{i=1}^N \left(\frac{\varepsilon_i \gamma}{\sigma} - \frac{\gamma^2}{2\sigma} \right) \quad (2)$$

30

【0027】

この一般化された尤度比試験では、 γ は上述したパラメータであり、 ε_i は誤差である。この誤差は、ARMAモデルによって予測された値（ \hat{Y} 付きの Y ）と各ステップについての受領された値 Y との間の差である。 N は時間ステップの数であり、 σ は誤差の標準偏差である。

【0028】

結果が決定されたのち、その結果は閾値と比較されて、その結果が該閾値を達成したかどうか判定される（340）。個別的な諸実施形態では、結果が閾値を達成したと言えるのは、閾値より大きい場合である。他の実施形態では、結果が閾値を達成したと言えるのは、閾値に実質的に等しい場合である。次いで、その情報は、エネルギーの異常な消費を示すものとして分類される（350）。結果が閾値を達成した場合、その情報は、エネルギーの異常な消費を積極的に示すものとして分類される。結果が閾値を達成しなかった場合には、その情報は、エネルギーの異常な消費を示さないものとして分類される。個別的な諸実施形態では、異常な電力消費情報は、一つまたは複数の原因を有していてもよい。その原因は、装置の誤動作、エネルギー利用者による自分のエネルギー使用量の変更、エネルギー利用者による自分の真のエネルギー使用料に関するデータの偽造（たとえば「攻撃」）などのいずれでもよい。さらなる実施形態では、攻撃を示す異常な電力消費情報はエネルギー消費の低下を表していてもよい。

40

【0029】

50

図4は、エネルギー消費のプロファイリングのためにモデルを発達させるよう例示的な分類エンジンをトレーニングするために機械学習を利用するための例示的なプロセスを記述している。エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データが受領または取得される(410)。個別的な諸実施形態では、受領された情報は一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されたエネルギー消費と関連付けられてもよい。さらなる実施形態では、前記情報は、記憶装置160から受領されたものであってもよい。次いで、分類器は、トレーニング・データに基づいてモデルのためのパラメータを発達させるよう、トレーニングされる(420)。個別的な諸実施形態では、この分類器は、自己回帰移動平均(ARMA)モデルのためのパラメータの学習を通じてトレーニングされる。他の実施形態では、ARMAモデル以外のアルゴリズムのためのパラメータが学習されてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均(MA)モデル、自己回帰(AR)モデル、自己回帰積分移動平均(ARIMA)モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均(ARMAX)モデル、線形回帰(LR)モデルおよび隠れマルコフ(HM)モデルがある。

【0030】

下記に示すアルゴリズム第3は、ARMAモデル

【数3】

$$\hat{Y}_{K+1} = \sum_{i=1}^p A_i Y_{k-i} + \sum_{j=0}^q B_j V_{k-j} \quad (3)$$

のためのパラメータを決定するための例示的な機械学習アルゴリズムを提示する。この例示的なARMAモデルでは、パラメータは次のように定義される。 $\hat{\cdot}$ 付きの Y_{K+1} は予測されるエネルギー消費； A_i は移動平均の重み； p は平均する項の数； B_j は誤差平均の重み； q は平均する誤差項の数； V_k は実際のエネルギー消費 Y_k とモデルからの予測されたエネルギー消費($\hat{\cdot}$ 付きの Y_{K+1})との間の誤差である。パラメータ A_i 、 B_j 、 p および q は、ユール・ウォーカー(Yule-Walker)方程式および赤池(Akaike)の情報基準を使って学習される。

【0031】

個別的な諸実施形態では、トレーニング・データは一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを表していてもよく、分類器は、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常として分類するようトレーニングされてもよい。個別的な諸実施形態では、トレーニング・データは、特定のエネルギー消費者に関連付けられていてもよく、ARMAモデルのためのパラメータが、その特定のエネルギー消費者については、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常として認識するよう発展させられてもよい。個別的な諸実施形態では、トレーニング・データは、その特定のエネルギー消費者に関連付けられた、その特定のエネルギー消費者について「正常な使用」の期間を表すと見なされる実際の現実世界のデータの履歴集合を表す。

【0032】

次いで、指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が、方法300におけるステップ310と実質的に同じ仕方で、受領または取得される(430)。次いで、エネルギー消費に関連付けられた閾値が、方法300におけるステップ320と実質的に同じ仕方で、受領または取得される(440)。次いで、方法300におけるステップ330と実質的に同じ仕方で、前記情報に分類器が適用されて、結果を決定する(450)。結果が決定されたのち、方法300におけるステップ340と実質的に同じ仕方で、その結果は閾値と比較されて、その結果が該閾値を達成したかどうか判定される(460)。次いで、方法300におけるステップ350と実質的に同じ仕方で、その情報は、エネルギーの異常な消費を示すものとして分類される(470)。

【0033】

図5 Aは、エネルギー消費をプロファイリングするためのモデルを評価する例示的なプロセスを記載している。分類器に関連付けられた情報が受領または取得される(510)。個別のな諸実施形態では、分類器は、異常なエネルギー消費を検出し、攻撃の可能性を予測してもよい。個別のな諸実施形態では、分類器は自己回帰移動平均(ARMA)モデルに基づいていてもよい。他の実施形態では、分類器は、ARMAモデル以外のアルゴリズムに基づいていてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均(MA)モデル、自己回帰(AR)モデル、自己回帰積分移動平均(ARIMA)モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均(ARMAX)モデル、線形回帰(LR)モデルおよび隠れマルコフ(HM)モデルがある。次いで、最大偽警報レートが受領または取得される(520)。個別のな諸実施形態では、この最大偽警報レートは、電力会社が許容する最大の偽警報のレートである。次いで、分類器について閾値が決定される(530)。個別のな諸実施形態では、この閾値は、最大偽警報レートを超えることなく分類器についての偽警報を最大にする。次いで、分類器が評価され、最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定する(540)。ここで、分類器にとっての最悪不検出攻撃シナリオは、実際のエネルギー消費と予測されたエネルギー消費との間の最大の差として定義される。次いで、分類器の全体的なコストが決定される(550)。個別のな諸実施形態では、分類器についての最悪不検出攻撃シナリオが分類器のコストとして定義される。

【0034】

図5 Bは、エネルギー消費をプロファイリングするための二つ以上のモデルを評価する例示的なプロセスを記載している。複数の分類器に関連付けられた情報が受領または取得される(510)。個別のな諸実施形態では、各分類器は、異常なエネルギー消費を検出し、攻撃の可能性を予測してもよい。個別のな諸実施形態では、少なくとも一つの分類器は自己回帰移動平均(ARMA)モデルに基づいていてもよい。他の実施形態では、分類器は、ARMAモデル以外のアルゴリズムに基づいていてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均(MA)モデル、自己回帰(AR)モデル、自己回帰積分移動平均(ARIMA)モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均(ARMAX)モデル、線形回帰(LR)モデルおよび隠れマルコフ(HM)モデルがある。次いで、最大偽警報レートが受領または取得される(520)。個別のな諸実施形態では、この最大偽警報レートは、電力会社が許容する最大の偽警報のレートである。次いで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて閾値が決定される(530)。個別のな諸実施形態では、この閾値は、最大偽警報レートを超えることなく、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについての偽警報を最大にする。次いで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれが評価され、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定する(540)。ここで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれにとっての最悪不検出攻撃シナリオは、実際のエネルギー消費と予測されたエネルギー消費との間の最大の差として定義される。個別のな諸実施形態では、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについての最悪不検出攻撃シナリオが、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれの分類器のコストとして定義される。次いで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれがコストによってランク付けされる(560)。次いで、前記一つまたは複数の分類器から、選ばれた分類器が選択される。個別のな諸実施形態では、選択された分類器はコストが最も低い分類器であってもよい。

【0035】

図6は、個別のな諸実施形態にとって好適な例示的なネットワーク・システム600を示している。ネットワーク環境600は、一つまたは複数のサーバー620、一つまたは複数のメーター630および/または一つまたは複数のクライアント660を通信可能に結合するネットワーク610を含む。個別のな諸実施形態では、ネットワーク610はイントラネット、エクストラネット、仮想閉域網(VPN: virtual private network)、ローカル・エリア・ネットワーク(LAN)、無線LAN(WLAN)、広域ネットワーク(WLAN)、都市圏ネットワーク(MAN)、インターネットの一部、セルラー技術に基づくまたは他のネットワーク610または二つ以上のそのようなネットワーク610の組み合わせであ

10

20

30

40

50

る。本開示は、任意の好適なネットワーク 610 を考えている。

【0036】

一つまたは複数のリンク 650 はサーバー 620、メーター 630 またはクライアント 660 をネットワーク 610 に結合する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のリンク 650 はそれぞれ一つまたは複数の有線、無線または光学的リンク 650 を含む。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のリンク 650 はそれぞれ、イントラネット、エクストラネット、VPN、LAN、WLAN、WAN、MAN、インターネットの一部または他のリンク 650 またはそのようなリンク 650 の二つ以上の組み合わせを含む。本開示は、サーバー 620、メーター 630 および / またはクライアント 660 をネットワーク 610 に結合する任意の好適なリンク 650 を考えている。

10

【0037】

個別的な諸実施形態では、各サーバー 620 は一体のサーバーであってもよいし、あるいは複数のコンピュータまたは複数のデータ・センターにまたがる分散式のサーバーであってもよい。サーバー 620 はさまざまな型のものであってもよく、たとえば、限定するものではないが、ウェブ・サーバー、ニュース・サーバー、メール・サーバー、メッセージ・サーバー、広告サーバー、ファイル・サーバー、アプリケーション・サーバー、交換サーバー、データベース・サーバー、プロキシ・サーバーまたは本稿に記載する具体的な機能もしくはプロセスを実行するために好適な他のサーバーといったものであってもよい。個別的な諸実施形態では、各サーバー 620 は、サーバー 620 によって実装またはサポートされる適切な機能を実行するためのハードウェア、ソフトウェアまたは埋め込まれた論理コンポーネントまたはそのようなコンポーネントの二つ以上の組み合わせを含んでもよい。たとえば、ウェブ・サーバーは一般に、ウェブ・ページまたはウェブ・ページの個別的な要素を含むウェブサイトをホストする機能をもつ。より特定的には、ウェブ・サーバーは、HTML ファイルまたは他のファイル型をホストしてもよいし、あるいは要求に際してファイルを動的に生成または提供 [または実装] して、クライアント 660 からの HTTP または他の要求に回答してそれをクライアント 660 に通信してもよい。メール・サーバーは一般に、さまざまなクライアント 660 に電子メール・サービスを提供する機能をもつ。データベース・サーバーは一般に、一つまたは複数のデータ・ストアにおいて記憶されているデータを管理するためのインターフェースを提供する機能をもつ。個別的な諸実施形態では、サーバー 620 は一般に、本稿に記載される機能および / またはプロセスを実行するために、メーター 630 からデータを受領および / または取得する機能をもつ。個別的な諸実施形態では、サーバー 620 は一般に、ネットワーク・システム 600 の他の要素との関係でモニタリング、行政管理、構成設定および / または管理を実行するための典型的な機能および / またはプロセスを実行するために、クライアント 660 からデータを受領および / または取得する機能をもつ。

20

30

【0038】

個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のデータ記憶装置 640 が一つまたは複数のサーバー 620 に一つまたは複数のリンク 650 を介して通信上リンクされていてもよい。個別的な諸実施形態では、データ記憶装置 640 はさまざまな型の情報を記憶するように使用されてもよい。個別的な諸実施形態では、データ記憶装置 640 に記憶される情報は、特定のデータ構造に従って組織化されてもよい。個別的な諸実施形態では、各データ記憶装置 640 はリレーショナル・データベースであってもよい。個別的な諸実施形態では、サーバー 620 および / またはクライアント 660 が、データ記憶装置 640 に記憶されている情報を管理する、たとえば検索 / 取り出し、修正、追加または削除することができるようにするインターフェースを提供してもよい。

40

【0039】

個別的な諸実施形態では、各メーター 630 は、ハードウェア、ソフトウェアまたは埋め込まれた論理コンポーネントまたはそのようなコンポーネントの二つ以上の組み合わせを含み、メーター 630 によって実装またはサポートされる適切な機能を実行することのできる電子装置であってもよい。個別的な諸実施形態では、メーター 630 は、本稿に記

50

載される機能および／またはプロセスを実行する機能をもつ任意の通常のメーターであってもよい。そのような通常のメーターは、典型的には時間ベースのデータを収集する固体式の電子メーターであり、収集したデータネットワークを通じて送信してもよい。該ネットワークは、電力線上のブロードバンド（BPL: Broadband over Power Line）、電力線通信（PLC: Power Line Communications）、固定電波周波数（RF: Radio Frequency）ネットワーク、イントラネット、エクストラネット、仮想閉域網（VPN）、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）、無線LAN（WLAN）、広域ネットワーク（WAN）、都市圏ネットワーク（MAN）、インターネットの一部、セルラー技術に基づくまたは他のネットワークまたは二つ以上のそのようなネットワークの組み合わせなどである。個別的な諸実施形態では、そのようなメーターは、メーターとエネルギー提供者との間の双方向通信を可能にしてもよい。

10

【0040】

個別的な諸実施形態では、各クライアント660は、ハードウェア、ソフトウェアまたは埋め込まれた論理コンポーネントまたはそのようなコンポーネントの二つ以上の組み合わせを含み、クライアント660によって実装またはサポートされる適切な機能を実行することのできる電子装置であってもよい。たとえば、限定するものではないが、クライアント660は、デスクトップ・コンピュータ・システム、ノートブック・コンピュータ・システム、ネットブックもしくはタブレット・コンピュータ・システム、ハンドヘルド電子コンピュータ・システムまたはコンピュータ・システムの要素を組み込んだ携帯電話であってもよい。本開示は、任意の好適なクライアント660を考えている。クライアント660は、クライアント660のところにいるネットワーク・ユーザーが、ネットワーク610にアクセスできるようにしてもよい。クライアント660はそのユーザーが、他のクライアント660のところにいる他のユーザーと通信できるようにしてもよい。

20

【0041】

クライアント660は、マイクロソフト・インターネット・エクスプローラ、グーグル・クロームまたはモジラ・ファイアフォックスといったウェブ・ブラウザ632を有していてもよく、ツールバーまたはヤフー・ツールバーのような一つまたは複数のアドオン、プラグインまたは他の拡張を有していてもよい。クライアント660のところにいるユーザーは一樣リソース位置指定子（URL: Uniform Resource Locator）またはウェブ・ブラウザ632をサーバー620に案内する他のアドレスを入力してもよく、ウェブ・ブラウザ632はハイパーテキスト転送プロトコル（HTTP: Hyper Text Transfer Protocol）要求を生成し、該HTTP要求をサーバー620に通信してもよい。サーバー620はHTTP要求を受け容れ、該HTTP要求に応答してクライアント660に一つまたは複数のハイパーテキスト・マークアップ言語（HTML: Hyper Text Markup Language）ファイルを送信してもよい。クライアント660は、ユーザーへの呈示のために、サーバー620からのHTMLファイルに基づいてウェブ・ページを表現してもよい。本開示は、任意の好適なウェブ・ページ・ファイルを考えている。限定ではなく例として、ウェブ・ページは、個別的なニーズに応じて、HTMLファイル、拡張可能ハイパーテキスト・マークアップ言語（XHTML）ファイルまたは拡張可能マークアップ言語（XML）ファイルからレンダリングされてもよい。そのようなページはまた、限定するものではないがたとえば、ジャバスクリプト、ジャバ、マイクロソフト・シルヴァーライト（SILVERLIGHT）で書かれているようなスクリプトやAJAX（Asynchronous JAVA（登録商標）SCRIPT and XML [非同期ジャバスクリプトおよびXML]）のようなマークアップ言語とスクリプトの組み合わせなどを実行してもよい。ここで、適切な場合には、ウェブ・ページへの言及は、（該ウェブ・ページを表現するためにウェブ・ブラウザが使用しうる）一つまたは複数の対応するウェブ・ページ・ファイルを含み、逆もまたしかりである。

30

40

【0042】

図7は、個別的な諸実施形態のための例示的なコンピュータ・システム700を示している。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ・システム700が、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行する

50

。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 は本願で記載または図示される機能を提供する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 上で走るソフトウェアが本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行し、あるいは本願で記載または図示される機能を提供する。個別的な諸実施形態は、一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 の一つまたは複数の部分を含む。

【0043】

本開示は、任意の好適な数のコンピュータ・システム 700 を考えている。本開示は、任意の好適な物理的形態を取るコンピュータ・システム 700 を考えている。例として、限定するわけではないが、コンピュータ・システム 700 は組み込みコンピュータ・システム、システム・オン・チップ (SOC: system-on-chip)、単一ボード・コンピュータ・システム (SBC: single-board computer system) (たとえばコンピュータ・オン・モジュール (COM: computer-on-module) またはシステム・オン・モジュール (SOM: system-on-module) のような)、デスクトップ・コンピュータ・システム、ラップトップまたはノートブック・コンピュータ・システム、対話的キオスク、メインフレーム、コンピュータ・システムのメッシュ、携帯電話、携帯情報端末 (PDA: personal digital assistant)、サーバーまたはこれらの二つ以上の組み合わせであってもよい。適宜、コンピュータ・システム 700 は一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 を含んでいてもよいし、単体でも分散式でもよいし、複数の位置にまたがってもよいし、複数の機械にまたがってもよいし、クラウドに存在してもよい。クラウドは、一つまたは複数のネットワークにおける一つまたは複数のクラウド・コンポーネントを含んでいてもよい。適宜、一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 は、実質的な空間的または時間的制約なしに、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行してもよい。一例として、限定するわけではないが、一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 は、リアルタイムで、あるいはバッチ・モードで、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行してもよい。一つまたは複数のコンピュータ・システム 700 は、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを、適切な場合には、異なる複数の時間に、あるいは異なる複数の位置で、実行してもよい。

【0044】

個別的な諸実施形態では、コンピュータ・システム 700 はプロセッサ 702、メモリ 704、記憶装置 706、入出力 (I/O) インターフェース 708、通信インターフェース 710 およびバス 712 を含む。本開示は具体的な数の具体的なコンポーネントを具体的な構成で有する具体的なコンピュータ・システムを記載および図示しているが、本開示は任意の好適な数の任意の好適なコンポーネントを任意の好適な構成で有する任意の好適なコンピュータ・システムを考えている。

【0045】

個別的な諸実施形態では、プロセッサ 702 は、コンピュータ・プログラムをなす命令のような命令を実行するためのハードウェアを含む。一例として、限定するわけではないが、命令を実行するために、プロセッサ 702 は内部レジスタ、内部キャッシュ、メモリ 704 または記憶装置 706 から命令を取得 (またはフェッチ) し、それらの命令をデコードおよび実行し、次いで一つまたは複数の結果を内部レジスタ、内部キャッシュ、メモリ 704 または記憶装置 706 に書き込んでもよい。個別的な諸実施形態では、プロセッサ 702 はデータ、命令またはアドレスのための一つまたは複数の内部キャッシュを含んでいてもよい。本開示は、適宜、任意の好適な数の任意の好適な内部キャッシュを含むプロセッサ 702 を考えている。一例として、限定するわけではないが、プロセッサ 702 は一つまたは複数の命令キャッシュ、一つまたは複数のデータ・キャッシュおよび一つまたは複数のトランスレーション・ルックアサイド・バッファ (TLB: translation lookaside buffer) を含んでいてもよい。命令キャッシュ中の命令は、メモリ 704 または記憶装置 706 中の命令のコピーであってもよく、命令キャッシュはプロセッサ 702 によ

るそれらの命令の取得を高速化しうる。データ・キャッシュ中のデータはプロセッサ 702 で実行中の命令が作用するメモリ 704 または記憶装置 706 中のデータのコピーであってもよく、プロセッサ 702 で実行されるその後の命令によるアクセスのためまたはメモリ 704 もしくは記憶装置 706 への書き込みのための、プロセッサ 702 で実行された前の命令の結果であってもよく、あるいは他の好適なデータであってもよい。データ・キャッシュは、プロセッサ 702 による読み出しまたは書き込み動作を高速化しうる。TLB は、プロセッサ 702 のための仮想アドレス変換を高速化しうる。個別的な諸実施形態では、プロセッサ 702 は、データ、命令またはアドレスのための一つまたは複数の内部レジスタを含んでいてもよい。本開示は、適宜、任意の好適な数の任意の好適な内部レジスタを含むプロセッサ 702 を考えている。適切な場合には、プロセッサ 702 は、一つまたは複数の算術論理ユニット (ALU: arithmetic logic unit) を含んでいてもよく、マルチコア・プロセッサであってもよく、あるいは一つまたは複数のプロセッサ 702 を含んでいてもよい。本開示は具体的なプロセッサを記載および図示しているが、本開示は任意の好適なプロセッサを考えている。

【0046】

個別的な諸実施形態では、メモリ 704 は、プロセッサ 702 が実行するための命令およびプロセッサ 702 が作用するためのデータを記憶するためのメイン・メモリを含む。一例として、限定するわけではないが、コンピュータ・システム 700 は記憶装置 706 または他の源 (たとえば別のコンピュータ・システム 700 のような) から命令をメモリ 704 にロードしてもよい。プロセッサ 702 は次いでメモリ 704 からの命令を内部レジスタまたは内部キャッシュにロードしてもよい。命令を実行するために、プロセッサ 702 は内部レジスタまたは内部キャッシュから命令を取得し、それをデコードしてもよい。命令の実行中または実行後に、プロセッサ 702 は一つまたは複数の結果 (これは中間結果であってもよいし、最終結果であってもよい) を内部レジスタまたは内部キャッシュに書き込んでよい。プロセッサ 702 は次いでそれらの結果のうちの一つまたは複数のメモリ 704 に書き込んでよい。個別的な諸実施形態では、プロセッサ 702 は、(記憶装置 706 やその他の箇所ではなく) 一つまたは複数の内部レジスタまたは内部キャッシュ内またはメモリ 704 内の命令のみを実行し、(記憶装置 706 やその他の箇所ではなく) 一つまたは複数の内部レジスタまたは内部キャッシュ内またはメモリ 704 内のデータに対してのみ演算する。一つまたは複数のメモリ・バス (これはそれぞれアドレス・バスおよびデータ・バスを含んでいてもよい) がプロセッサ 702 をメモリ 704 に結合してもよい。バス 712 は後述するように一つまたは複数のメモリ・バスを含んでいてもよい。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のメモリ管理ユニット (MMU: memory management unit) がプロセッサ 702 とメモリ 704 との間に存在し、プロセッサ 702 によって要求されるメモリ 704 へのアクセスを容易にする。個別的な諸実施形態では、メモリ 704 はランダム・アクセス・メモリ (RAM) を含む。この RAM は適切であれば揮発性メモリであってもよい。適切であれば、この RAM は動的 RAM (DRAM) または静的 RAM (SRAM) であってもよい。さらに、適切であれば、この RAM は単一ポートまたはマルチポートの RAM であってもよい。本開示は任意の好適な RAM を考えている。メモリ 704 は適宜一つまたは複数のメモリ 704 を含んでいてもよい。本開示は具体的なメモリを記述および図示しているが、本開示は任意の好適なメモリを考えている。

【0047】

個別的な諸実施形態では、記憶装置 706 はデータまたは命令についての大容量記憶装置を含む。一例として、限定するわけではないが、記憶装置 706 は HDD、フロッピー (登録商標) ディスクドライブ、フラッシュ・メモリ、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープまたはユニバーサル・シリアル・バス (USB: Universal Serial Bus) ドライブまたはこれらのうち二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。記憶装置 706 は、適宜、リムーバブルまたは非リムーバブルな (すなわち固定式の) メディアを含んでいてもよい。記憶装置 706 は適宜コンピュータ・システム 700 の内部または外部であってもよい。個別的な諸実施形態では、記憶装置 706 は不揮発性の半導体メモリであってもよい。

個別的な諸実施形態では、記憶装置 706 は読み出し専用メモリ (ROM) を含む。適切であれば、この ROM はマスク・プログラムされた ROM、プログラム可能型 ROM (PROM)、消去可能型 PROM (EPROM)、電氣的消去可能型 EPROM (EEPROM)、電氣的変更可能型 ROM (EAROM) またはフラッシュ・メモリまたはこれらのうち二つ以上の組み合わせであってもよい。本開示は、任意の好適な物理的形態を取る大容量記憶装置 706 を考えている。記憶装置 706 は、適宜、プロセッサ 702 と記憶装置 706 の間の通信を容易にする一つまたは複数の記憶装置制御ユニットを含んでいてもよい。適切であれば、記憶装置 706 は一つまたは複数の記憶装置 706 を含んでいてもよい。本開示は具体的な記憶装置を記載および図示するが、本開示は任意の好適な記憶装置を考えている。

【0048】

個別的な諸実施形態では、I/O インターフェース 708 は、コンピュータ・システム 700 と一つまたは複数の I/O 装置との間の通信のための一つまたは複数のインターフェースを提供するためのハードウェア、ソフトウェアまたはその両方を含む。コンピュータ・システム 700 は適宜、これらの I/O 装置の一つまたは複数を含んでもよい。これらの I/O 装置の一つまたは複数は、人とコンピュータ・システム 700 の間の伝達を可能にしよう。一例として、限定するわけではないが、I/O 装置はキーボード、キーパッド、マイクロホン、モニタ、マウス、プリンタ、スキャナ、スピーカー、スチール・カメラ、スタイラス、タブレット、タッチスクリーン、トラックボール、ビデオ・カメラ、他の好適な I/O 装置またはこれらのうちの二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。I/O 装置は一つまたは複数のセンサーを含んでいてもよい。本開示は任意の好適な I/O 装置およびそのための任意の好適な I/O インターフェース 708 を考えている。適切であれば、I/O インターフェース 708 は、プロセッサ 702 がこれらの I/O 装置の一つまたは複数を駆動できるようにする一つまたは複数の装置またはソフトウェア・ドライバを含んでいてもよい。I/O インターフェース 708 は、適宜、一つまたは複数の I/O インターフェース 708 を含んでいてもよい。本開示は具体的な I/O インターフェースを記載および図示しているが、本開示は任意の好適な I/O インターフェースを考えている。

【0049】

個別的な諸実施形態では、通信インターフェース 710 は、コンピュータ・システム 700 と一つまたは複数の他のコンピュータ・システム 700 または一つまたは複数のネットワークとの間の通信 (たとえばパケット・ベースの通信) のための一つまたは複数のインターフェースを提供するハードウェア、ソフトウェアまたはその両方を含む。一例として、限定するわけではないが、通信インターフェース 710 は、イーサネット (登録商標) または他の有線ベースのネットワークと通信するためのネットワーク・インターフェース・コントローラ (NIC: network interface controller) またはネットワーク・アダプター、あるいは WI-FI ネットワークのような無線ネットワークと通信するための無線 NIC (WNIC) または無線アダプターを含んでいてもよい。本開示は任意の好適なネットワークおよびそのための任意の好適な通信インターフェース 710 を考えている。一例として、限定するわけではないが、コンピュータ・システム 700 はアドホック・ネットワーク、パーソナル・エリア・ネットワーク (PAN)、ローカル・エリア・ネットワーク (LAN)、広域ネットワーク (WAN)、都市圏ネットワーク (MAN) またはインターネットの一つまたは複数の部分またはこれらのうちの二つ以上の組み合わせと通信してもよい。これらのうち一つまたは複数のネットワークの一つまたは複数の部分は有線または無線であってもよい。一例として、コンピュータ・システム 700 は無線 PAN (WPAN) (たとえばブルートゥース WPAN のような)、WI-FI ネットワーク、WI-MAX ネットワーク、携帯電話ネットワーク (たとえばグローバル移動通信システム (GSM (登録商標): Global System for Mobile Communications) ネットワーク) または他の好適な無線ネットワークまたはこれらのうちの二つ以上の組み合わせと通信してもよい。コンピュータ・システム 700 は、適宜、これらのネットワークのうちの任意のネットワークのために、任意の好適な通信インターフェース 710 を含んでいてもよい。通信インターフェース 710 は、適宜、一つまたは複数の通信インターフェース 710 を含んでいてもよい。本開示は具体的な通信インタ

10

20

30

40

50

ーフェースを記載および図示するが、本開示は任意の好適な通信インターフェースを考えている。

【 0 0 5 0 】

個別的な諸実施形態では、バス 7 1 2 は、コンピュータ・システム 7 0 0 のコンポーネントを互いと結合するハードウェア、ソフトウェアまたはその両方を含む。一例として、限定するわけではないが、バス 7 1 2 は、加速グラフィクス・ポート (AGP: Accelerated Graphics Port) または他のグラフィクス・バス、向上業界標準アーキテクチャ (EISA: Enhanced Industry Standard Architecture) バス、フロントサイド・バス (FSB: front-side bus)、ハイパートランスポート (HT: HYPERTRANSPORT) 相互接続、業界標準アーキテクチャ (ISA: Industry Standard Architecture) バス、インフィニバンド (INFINIBAND) 相互接続、低ピン数 (LPC: low-pin-count) バス、メモリ・バス、マイクロチャネル・アーキテクチャ (MCA: Micro Channel Architecture) バス、周辺コンポーネント相互接続 (PCI: Peripheral Component Interconnect) バス、PCI エクスプレス (PCI-X: PCI-Express) バス、シリアル先進技術アタッチメント (SATA: serial advanced technology attachment) バス、ビデオ電子標準協会ローカル (VLB) バス (Video Electronics Standards Association local bus) または他の好適なバスまたはこれらのうち二つ以上の組み合わせを含んでもよい。バス 7 1 2 は適宜一つまたは複数のバス 7 1 2 を含んでもよい。本開示は具体的なバスを記載および図示しているが、本開示は任意の好適なバスまたは相互接続を考えている。

【 0 0 5 1 】

本稿において、コンピュータ可読記憶媒体への言及は、構造を有する一つまたは複数の非一時的な有形のコンピュータ可読記憶媒体を包含する。一例として、限定するわけではないが、コンピュータ可読記憶媒体は、適宜、半導体ベースのまたは他の集積回路 (IC) (たとえば、現場プログラム可能なゲート・アレイ (FPGA: field-programmable gate array) または特定用途向け IC (ASIC: application-specific IC))、ハードディスク、HDD、ハイブリッド・ハードドライブ (HHD)、光ディスク、光ディスクドライブ (ODD)、光磁気ディスク、光磁気ドライブ、フロッピーディスク、フロッピーディスクドライブ (FDD)、磁気テープ、ホログラフィー記憶媒体、固体式ドライブ (SSD: solid-state drive)、RAM ドライブ、セキュア・デジタル (SECURE DIGITAL) カード、セキュア・デジタル (SECURE DIGITAL) ドライブまたは他の好適なコンピュータ可読記憶媒体またはこれらのうちの二つ以上の組み合わせを含んでもよい。本稿では、コンピュータ可読記憶媒体への言及は、特許法のもとでの特許保護の資格のない媒体は除外する。本稿では、コンピュータ可読記憶媒体への言及は、信号伝達の一時的な形 (伝搬する電気または電磁信号自身のような) は、それが特許法のもとでの特許保護の対象でない限りにおいて、除外する。コンピュータ可読な非一時的な記憶媒体は適宜、揮発性、不揮発性または揮発性と不揮発性の組み合わせであってもよい。

【 0 0 5 2 】

本開示は、任意の好適な記憶を実装する一つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体を考えている。個別的な諸実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は、適宜、プロセッサ 7 0 2 の一つまたは複数の部分 (たとえば一つまたは複数の内部レジスタまたはキャッシュのような)、メモリ 7 0 4 の一つまたは複数の部分、記憶装置 7 0 6 の一つまたは複数の部分またはこれらの組み合わせを実装する。個別的な諸実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は RAM または ROM を実装する。個別的な諸実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は揮発性または持続性メモリを実装する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体がソフトウェアを具現する。本稿において、ソフトウェアへの言及は、適宜、一つまたは複数のアプリケーション、バイトコード、一つまたは複数のコンピュータ・プログラム、一つまたは複数の実行可能形式、一つまたは複数の命令、論理、機械コード、一つまたは複数のスクリプトまたはソース・コードを包含し、逆もまたしかりである。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアは一つまたは複数のアプリケーション・プログラミング・インターフェース (API) を含む。本開示は、任意の好適なプロ

グラミング言語またはプログラミング言語の組み合わせで書かれたまたは他の仕方で表現された任意の好適なソフトウェアを考えている。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはソース・コードまたはオブジェクト・コードとして表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはたとえばC、Perlまたはそれらの好適な拡張のような高レベルプログラミング言語で表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアは、アセンブリ言語（または機械コード）のような低レベルプログラミング言語で表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはジャバで表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはハイパーテキスト・マークアップ言語（HTML）、拡張可能マークアップ言語（XML）または他の好適なマークアップ言語で表現される。

【0053】

10

本願において、「または／もしくは」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、包含的であって、排他的ではない。したがって、本願において、「AまたはB」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、「A、Bまたは両方」を意味する。さらに、「および／ならびに」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、合同および各個の両方である。したがって、本願において、「AおよびB」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、「AおよびBが合同して、または各個に」を意味する。

【0054】

本開示は、当業者が把握するような本稿に記載される例示的实施形態へのあらゆる変更、置換、変形、改変および修正を包含する。同様に、適切であれば、付属の請求項は、当業者が把握するような本稿の例示的实施形態へのあらゆる変更、置換、変形、改変および修正を包含する。さらに、付属の請求項における、装置もしくはシステムまたは装置もしくはシステムのコンポーネントがある特定の機能を実行するよう適応されている、構成されている、機能を与えられている、構成設定されている、できるようにされている、動作可能である、動作するという言葉及は、その装置、システム、コンポーネント自身や該特定の機能がアクティブ化されたり、オンにされたり、アンロックされたりするかどうかによらず、その装置、システム、コンポーネントを包含するのであって、その装置、システムまたはコンポーネントがそのように適応されている、構成されている、機能を与えられている、構成設定されている、できるようにされている、動作可能である、あるいは動作するのであればよい。

20

30

【0055】

以上の実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

（付記1）

一つまたは複数のコンピュータ・システムが：

指定された時間期間にわたって測定されたエネルギー消費に関連する情報を受領する段階と；

エネルギー消費に関連する閾値を受領する段階であって、該閾値が達成されるときに攻撃の可能性が示される、段階と；

前記一つまたは複数のコンピュータに付随する一つまたは複数のプロセッサを使って、前記情報に、自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を適用して攻撃の確からしさを表す結果を決定する段階と；

40

前記一つまたは複数のプロセッサを使って、前記結果が前記閾値を達成したかどうかを判定する段階と；

前記情報を、攻撃を示すものとして分類する段階とを実行する、方法。

（付記2）

前記自己回帰移動平均モデルが、特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、付記1記載の方法。

（付記3）

50

前記分類器を適用して攻撃の確からしさを表す結果を決定する段階が；

前記自己回帰移動平均モデルについてのパラメータに基づいて考えられる攻撃の最尤推定を実行する段階と；

一般化された尤度比試験を適用する段階とを含む、

付記 1 記載の方法。

(付記 4)

偽警報の平均数が最大偽警報レートを超えない、付記 1 記載の方法。

(付記 5)

前記の受領された情報が、一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されたエネルギー消費に関連する、付記 1 記載の方法。

10

(付記 6)

攻撃を示す前記情報が、エネルギー消費の低下を表す、付記 1 記載の方法。

(付記 7)

エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データを受領する段階と；

前記一つまたは複数のプロセッサを使って、前記トレーニング・データに基づいて、前記自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発展させるよう前記分類器をトレーニングする段階とをさらに含む、

付記 1 記載の方法。

(付記 8)

前記トレーニング・データが一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを表し、前記分類器が前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常であると分類するようトレーニングされる、付記 7 記載の方法。

20

(付記 9)

前記トレーニング・データが特定のエネルギー消費者に関連付けられており、前記自己回帰移動平均モデルについてのパラメータが、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを、その特定のエネルギー消費者にとって正常として認識するよう発展させられる、付記 8 記載の方法。

(付記 10)

前記トレーニング・データが前記特定のエネルギー消費者に関連付けられた履歴データを含み、前記履歴データは前記特定の消費者についての正常な使用の期間を表すと見なされる、付記 9 記載の方法。

30

(付記 11)

一つまたは複数のコンピュータ・システムが；

複数の分類器を受領する段階であって、各分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測する、段階と；

最大偽警報レートを受領する段階と；

前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて、前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；

各分類器について最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記一つまたは複数の分類器のそれぞれを評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；

40

全体的なコストによって前記複数の分類器をランク付けする段階であって、各分類器についての全体的なコストは前記最大偽警報レートおよびその分類器についての最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階と；

前記ランク付けに基づいて前記複数の分類器から選ばれた分類器を選択する段階とを実行する、方法。

(付記 12)

分類器についての前記閾値が、前記最大偽警報レートを超えることなく偽警報の数を最大化することを含む、付記 11 記載の方法。

50

(付記 1 3)

前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、付記 1 1 記載の方法。

(付記 1 4)

各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、付記 1 3 記載の方法。

(付記 1 5)

少なくとも一つの分類器が自己回帰移動平均モデルに基づく、付記 1 1 記載の方法。

(付記 1 6)

一つまたは複数のコンピュータ・システムが：

自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を受領する段階であって、前記分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測するものである、段階と；

最大偽警報レートを受領する段階と；

前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；

最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記分類器を評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；

全体的なコストを決定する段階であって、前記全体的なコストは前記最大偽警報レートおよび前記最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階とを実行する、方法。

(付記 1 7)

前記閾値を決定する段階が、前記最大偽警報レートを越えることなく偽警報の数を最大化することを含む、付記 1 6 記載の方法。

(付記 1 8)

前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、付記 1 6 記載の方法。

(付記 1 9)

各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、付記 1 8 記載の方法。

(付記 2 0)

前記自己回帰移動平均モデルが特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、付記 1 6 記載の方法。

【符号の説明】

【 0 0 5 6 】

1 1 0 メーター

1 2 0 コレクター

1 3 0 サブステーション

1 4 0 ネットワーク

1 5 0 データ・センターおよびサーバー

1 6 0 記憶装置

2 1 0 異常なエネルギー消費の例示的なシナリオを表すグラフ

2 2 0 時間を表す軸

2 3 0 電力消費を表す軸

2 4 0 正常なデータ・セット

2 5 0 異常なデータ・セット

3 1 0 指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連付けられた情報を受領

3 2 0 エネルギー消費に関連する閾値を受領

3 3 0 前記情報に分類器を適用して結果を決定

3 4 0 前記結果が閾値を達成したかどうかを判定

3 5 0 前記情報を異常エネルギー消費を示すものとして分類

4 1 0 エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データを受領

10

20

30

40

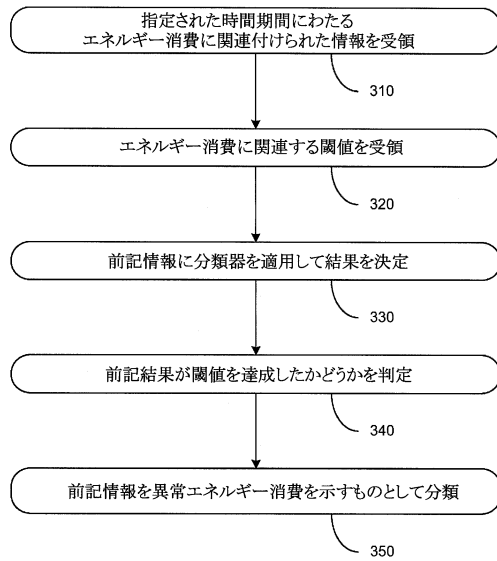
50

- 4 2 0 トレーニング・データに基づいて、分類器をトレーニングしてモデルのパラメータを発達させる
- 4 3 0 指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連付けられた情報を受領
- 4 4 0 エネルギー消費に関連する閾値を受領
- 4 5 0 前記情報に分類器を適用して結果を決定
- 4 6 0 前記結果が閾値を達成したかどうかを判定
- 4 7 0 前記情報を異常エネルギー消費を示すものとして分類
- 5 1 0 分類器を受領
- 5 2 0 最大偽警報レートを受領
- 5 3 0 分類器について閾値を決定 10
- 5 4 0 最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するために分類器を評価
- 5 5 0 全体的なコストを決定
- 5 6 0 コストによって複数の分類器をランク付け
- 5 7 0 複数の分類器から選ばれた分類器を選択
- 6 1 0 ネットワーク
- 6 2 0 サーバー
- 6 3 0 メーター
- 6 4 0 データ記憶装置
- 6 5 0 リンク
- 6 6 0 クライアント 20
- 6 6 5 ウェブ・ブラウザ
- 7 0 2 プロセッサ
- 7 0 4 メモリ
- 7 0 6 記憶装置
- 7 0 8 I/Oインターフェース
- 7 1 0 通信インターフェース

【図 3】

エネルギー消費をプロファイリングするプロセスを記述する図

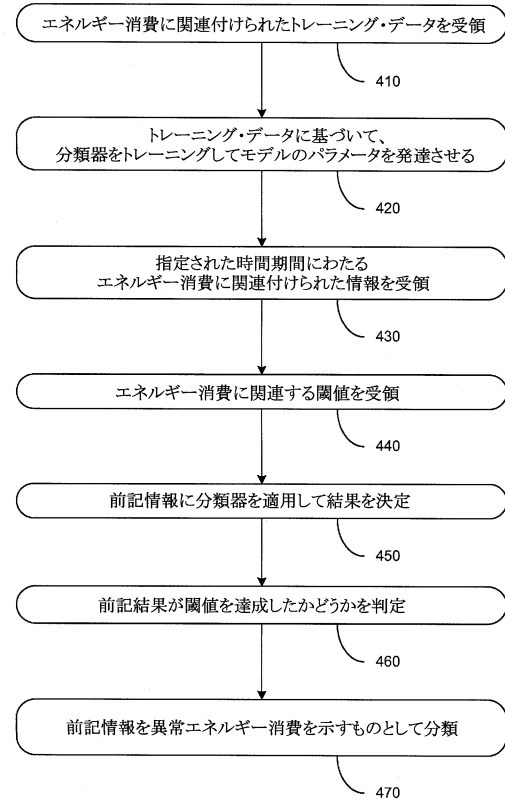
300



【図 4】

エネルギー消費をプロファイリングするモデルを発展させるために分類エンジンをトレーニングするために機械学習を利用するプロセスを記述する図

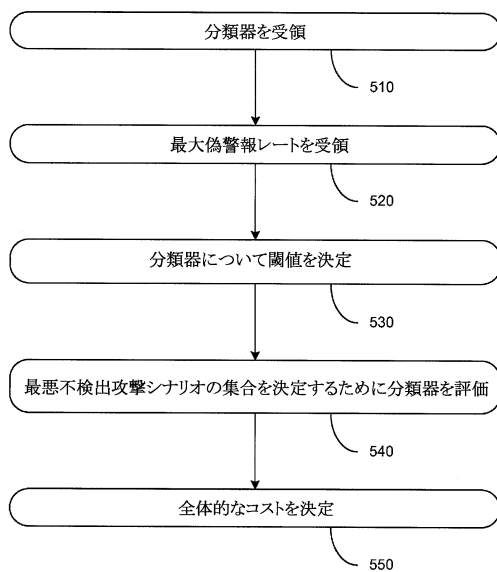
400



【図 5 A】

エネルギー消費をプロファイリングするためのモデルを評価するプロセスを記述する図

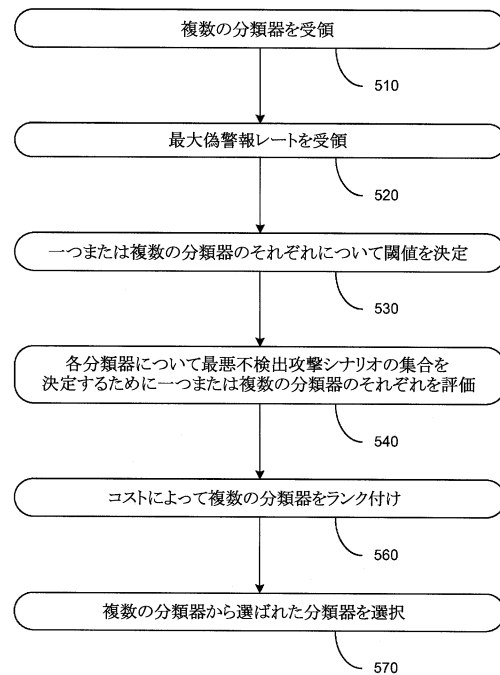
500



【図 5 B】

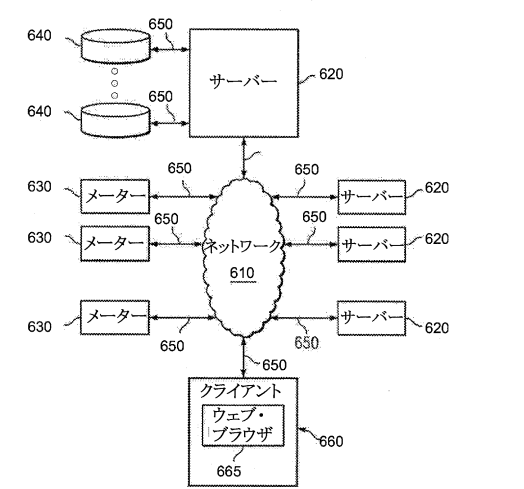
エネルギー消費をプロファイリングするための二つ以上のモデルを評価するプロセスを記述する図

500



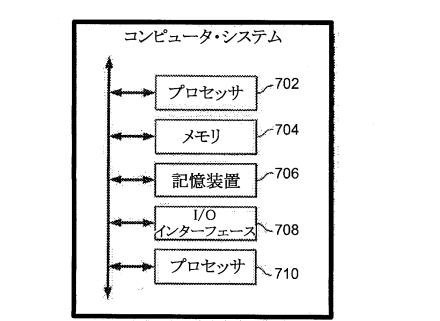
【図 6】

個別的な諸実施形態のためのネットワーク・システムを示す図



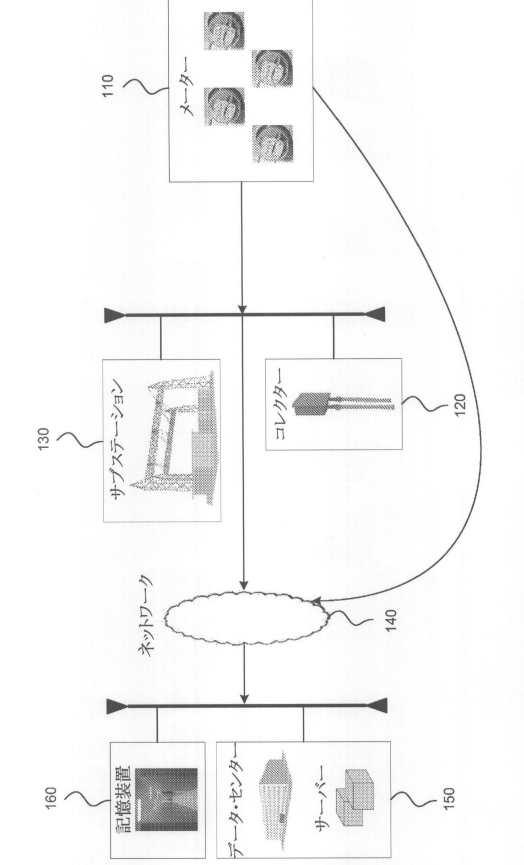
【図 7】

個別的な諸実施形態のためのコンピュータ・システムを示す図



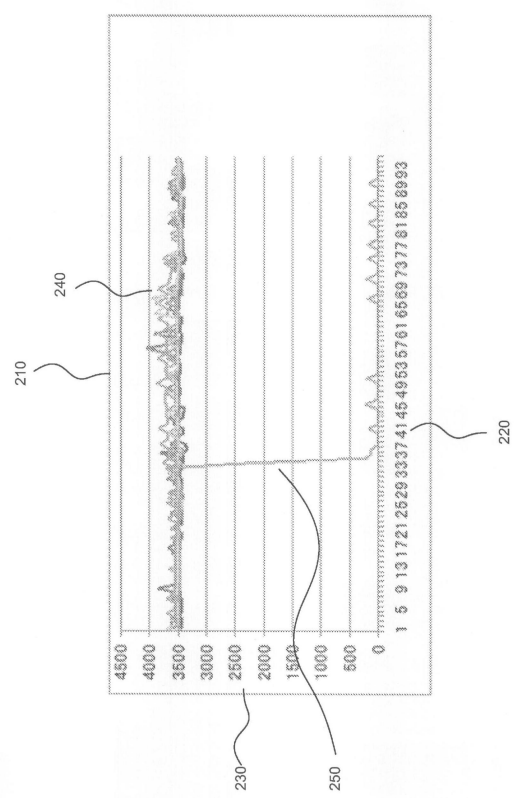
【図 1】

個別的な諸実施形態のためのシステムを示す図



【図 2】

異常なエネルギー消費のシナリオを表すグラフ



フロントページの続き

(72)発明者 マシマ・ダイスケ

アメリカ合衆国, ジョージア州 30324, アトランタ, シドニー・マルクス・ブルヴァード
740番, アパート 5303号

審査官 関 博文

(56)参考文献 国際公開第2011/132377(WO, A1)

特開2003-329292(JP, A)

特開2005-292969(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06Q 10/00-99/00