

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7333276号

(P7333276)

(45)発行日 令和5年8月24日(2023.8.24)

(24)登録日 令和5年8月16日(2023.8.16)

(51)国際特許分類

F I

G 1 6 H 40/40 (2018.01)

G 1 6 H 40/40

A 6 1 B 5/055(2006.01)

A 6 1 B 5/055 3 9 0

請求項の数 15 (全16頁)

(21)出願番号	特願2019-571001(P2019-571001)	(73)特許権者	590000248
(86)(22)出願日	平成30年7月5日(2018.7.5)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ
(65)公表番号	特表2020-526816(P2020-526816 A)		ヴェ
(43)公表日	令和2年8月31日(2020.8.31)		Koninklijke Philips
(86)国際出願番号	PCT/EP2018/068180		N.V.
(87)国際公開番号	WO2019/011765		オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
(87)国際公開日	平成31年1月17日(2019.1.17)		ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2
審査請求日	令和3年6月30日(2021.6.30)		High Tech Campus 5 2 ,
(31)優先権主張番号	62/530,385		5 6 5 6 AG Eindhoven , N
(32)優先日	平成29年7月10日(2017.7.10)	(74)代理人	etherlands
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100122769
前置審査			弁理士 笛田 秀仙
		(74)代理人	100163809
			弁理士 五十嵐 貴裕
		(74)代理人	100145654

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 大型医用イメージングシステムの予測保守

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のコンポーネントを有する医用イメージング装置の予測保守警告方法を実行するための、電子プロセッサによって読み取り可能且つ実行可能な命令を記憶する非一時記憶媒体であって、前記予測保守警告方法は、

電子ネットワークを介して、前記医用イメージング装置のタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを受信するステップと、

前記受信されたタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータから特徴を導出するステップと、

前記複数のコンポーネントのうち共通の根本原因に関連するコンポーネントがグループ化されたコンポーネント群のモデルセットを前記導出された特徴に適用して、保守警告を生成するステップであって、前記医用イメージング装置の各コンポーネントは、もっぱら単一のコンポーネント群のメンバである、ステップと、

前記生成された保守警告を前記電子ネットワークを介してサービスセンタに送信するステップと、

を有する非一時記憶媒体。

【請求項 2】

コンポーネント群のモデルセットの少なくとも1つのモデルは、コンポーネント群のコンポーネントの統計的残存有効寿命モデルが埋め込まれた該コンポーネント群を表す機械学習分析モデルを含む異種モデルを有する、請求項 1 に記載の非一時記憶媒体。

10

20

【請求項 3】

前記特徴の導出は、コンポーネントの故障モードを共に表す 2 又はそれ以上の特徴の組み合わせを各々が含むビルド済み故障モード特徴を導出することを含む、請求項 1 又は 2 に記載の非一時記憶媒体。

【請求項 4】

前記特徴の導出は、コンポーネントの故障及びコンポーネントの故障の解決策を共に表す 2 又はそれ以上の特徴の組み合わせを各々が含むビルド済み故障解決策特徴を導出することを含む、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の非一時記憶媒体。

【請求項 5】

前記記憶された命令は、前記医用イメージング装置及び同じタイプの 1 又は複数の他の医用イメージング装置のうち少なくとも 1 つの医用イメージング装置のタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを有するトレーニングデータに関して動作する機械学習方法を更に実行するために前記電子プロセッサによって読み取り可能及び実行可能であり、前記機械学習方法は、

10

機械学習を使用してコンポーネント群のモデルセットの中のモデルをトレーニングして、前記コンポーネント群の偽陽性保守警告の上限を条件として前記コンポーネント群の真陽性保守警告を最大化することを含む目的関数を最適化するステップを有する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の非一時記憶媒体。

【請求項 6】

前記記憶された命令は、前記医用イメージング装置及び同じタイプの 1 又は複数の他の医用イメージング装置のうち少なくとも 1 つの医用イメージング装置のタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを有するトレーニングデータに関して動作する機械学習方法を更に実行するために前記電子プロセッサによって読み取り可能及び実行可能であり、前記機械学習方法は、

20

コンポーネント群のモデルセットのモデルをトレーニングするためのトレーニングデータから陽性トレーニングデータを抽出するステップであって、前記陽性トレーニングデータは、コンポーネント群のコンポーネントの故障より前のタイムスタンプを有するトレーニングデータを含む、ステップと、

コンポーネント群のモデルセットのモデルをトレーニングするためのトレーニングデータから陰性トレーニングデータを抽出するステップであって、前記陰性トレーニングデータは、コンポーネント群のコンポーネントの故障より前のタイムスタンプをもつトレーニングデータ、又はコンポーネント群のコンポーネントの故障が一度もない医用イメージング装置からのトレーニングデータを含む、ステップと、

30

機械学習を適用して、陽性トレーニングデータ及び陰性トレーニングデータを使用して前記モデルをトレーニングするステップと、
を有する、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の非一時記憶媒体。

【請求項 7】

前記受信されたタイムスタンプ付きマシンログデータは、前記医用イメージング装置のセンサによって取得される前記医用イメージング装置の使用ログデータ及びセンサデータを有する、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の非一時記憶媒体。

40

【請求項 8】

複数のコンポーネントを有する医用イメージング装置の予測保守警告装置であって、
電子ネットワークに動作可能に接続され、前記電子ネットワークを介して前記医用イメージング装置からタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを受信し、前記電子ネットワークを介してサービスセンタに保守警告を送信するサーバコンピュータと、

予測保守警告方法を実行するための、前記サーバコンピュータによって読み取り可能且つ実行可能な命令を記憶する非一時記憶媒体と、
を有し、前記予測保守警告方法が、

前記受信されるタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービス

50

ログデータから特徴を導出するステップと、

前記保守警告を生成するために前記複数のコンポーネントのうち共通の根本原因に関連するコンポーネントがグループ化されたコンポーネント群のモデルセットを前記導出された特徴に適用するステップであって、コンポーネント群のモデルセットの各モデルは、コンポーネント群のコンポーネントの統計的残存有効寿命モデルが埋め込まれた該コンポーネント群を表す機械学習分析モデルを含む異種モデルを有する、ステップと、
を有する、予測保守警告装置。

【請求項 9】

前記医用イメージング装置の各コンポーネントは、もっぱら単一のコンポーネント群のメンバである、請求項 8 に記載の予測保守警告装置。

【請求項 10】

前記特徴の導出は、コンポーネントの故障モードを共に表す 2 又はそれ以上の特徴の組み合わせをそれぞれ含むビルド済み故障モード特徴を導出することを含む、請求項 8 又は 9 に記載の予測保守警告装置。

【請求項 11】

前記特徴の導出は、コンポーネントの故障及びコンポーネントの故障の解決策を共に表す 2 又はそれ以上の特徴の組み合わせを各々が含むビルド済み故障解決策特徴を導出することを含む、請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の予測保守警告装置。

【請求項 12】

前記記憶された命令は、前記医用イメージング装置及び同じタイプの 1 又は複数の他の医用イメージング装置のうち少なくとも 1 つの医用イメージング装置のタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを有するトレーニングデータに関して動作する機械学習方法を更に実行するために前記サーバコンピュータによって読み取り可能及び実行可能であり、前記機械学習方法は、機械学習を使用してコンポーネント群のモデルセットのモデルをトレーニングし、コンポーネント群の偽陽性保守警告の上限を条件として、コンポーネント群の真陽性保守警告を最大化する目的関数を最適化することを含む、請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の予測保守警告装置。

【請求項 13】

前記記憶された命令は、前記医用イメージング装置及び同じタイプの 1 又は複数の他の医用イメージング装置のうち少なくとも 1 つの医用イメージング装置のタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを有するトレーニングデータに関して動作する機械学習方法を更に実行するために前記サーバコンピュータによって読み取り可能及び実行可能であり、前記機械学習方法は、

コンポーネント群のモデルセットのモデルをトレーニングするためのトレーニングデータから陽性トレーニングデータを抽出するステップであって、前記陽性トレーニングデータは、コンポーネント群のコンポーネントの故障より前のタイムスタンプをもつトレーニングデータを有する、ステップと、

コンポーネント群のモデルセットのモデルをトレーニングするためのトレーニングデータから陰性トレーニングデータを抽出するステップであって、前記陰性トレーニングデータは、コンポーネント群のコンポーネントの故障より前のタイムスタンプをもつトレーニングデータ、又はコンポーネント群のコンポーネントの故障が一度もなかった医用イメージング装置からのトレーニングデータを含む、ステップと、

機械学習を適用して、前記陽性トレーニングデータ及び陰性トレーニングデータを使用して前記モデルをトレーニングするステップと、を有する、請求項 8 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の予測保守警告装置。

【請求項 14】

前記コンポーネント群のモデルセットは、前記医用イメージング装置の少なくとも 10,000 個のコンポーネントをモデル化する、請求項 8 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の予測保守警告装置。

【請求項 15】

前記予測保守警告方法は更に、

電子サービススケジュールを保守するステップであって、生成された保守警告を修正するためにサービスコールをスケジュールすることを含む、ステップと、

電子インベントリを保守するステップであって、生成された保守警告を修正するために必要であると予想される前記医用イメージング装置の部品を注文することを含む、ステップと、

の少なくとも一方を含む、請求項 8 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の予測保守警告装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医用イメージングシステム（画像ガイド下治療、iGT）保守分野、医用イメージングシステムの故障予測分野、及び関連分野に関する。

【背景技術】

【0002】

医用イメージング装置は、磁気共鳴画像（MRI）装置、超音波イメージング装置、デジタル放射線撮影（DR）装置、透過コンピュータトモグラフィ（CT）イメージング装置、ポジトロンエミッショントモグラフィ（PET）イメージング装置及びシングルフォトンエミッションコンピュータトモグラフィ（SPECT）イメージング用のガンマカメラのような放出イメージングシステム、例えば PET/CT 又は SPECT/CT イメージング装置のような単一装置内で複数のモダリティを提供するハイブリッドシステム、及び一般に画像ガイド下治療（iGT）装置と呼ばれる生検又は他の介入医療プロシージャをガイドするために設計されたイメージング装置のような非常に複雑なシステムを有する。これらは単に説明的な例である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

最新の医用イメージング装置は、保守の観点から通常とは異なる課題を提示する。これらのイメージング装置は、非常に複雑になることがあり、例えば、一部の医用イメージングシステムでは、19,000 のオーダーのサービスコンポーネントが存在しうる。これらの装置は更に、ますます多様なタイプの医用イメージング及びプロシージャに使用されている：例えば、従来の iGT マシンは、限られた数のプロシージャ（開心術に備えた診断治療など）に使用されてきたが、今日では、iGT マシンは、非常に広範囲の最小侵襲治療（例えば、心臓弁置換）に使用されている。マシンの複雑さは、データ生成の観点から理解されることができる：例えば、医用イメージング装置の設置基部は、10TB/年のログデータ、すなわち（主に圧縮されたテキストファイルの形で）24GB/日のログデータを生成しうる。

【0004】

医用イメージング装置の問題の診断における更なる困難は、データリソースがデータ品質問題をもつことがあることである。例えば、サービスコールデータのコンテンツの不確実さ又は品質は、人間決定ファクタ（顧客関係など、常に定量化されることができるわけではないファクタに基づいてその場で決定がなされる場合）に関連付けられることがある。更に、特定のマシン問題が複数のやり方（較正対コンポーネント交換）で対処され、これは、過去のサービス履歴を使用して将来の問題のソリューションを予測する際に曖昧性をもたらすことがある。

【0005】

本発明は、新しい改良されたシステム及び方法を開示する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

1 つの開示された態様において、非一時記憶媒体は、予測保守警告方法を実行するために、電子プロセッサによって読み取り可能かつ実行可能な命令を記憶し、方法は、電子ネ

10

20

30

40

50

ットワークを介して医用イメージング装置に関するタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを受信するステップと、受信したタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータから特徴を導出するステップと、複数のコンポーネント群のモデルセットを前記導出された特徴に適用して、保守警告を生成するステップであって、医用イメージング装置の各コンポーネントはもっぱら単一のコンポーネント群のメンバである、ステップと、生成された保守警告を、電子ネットワークを介してサービスセンタに送信するステップと、を有する。

【 0 0 0 7 】

別の開示された態様において、予測保守警告装置は、電子ネットワークを介して医用イメージング装置からタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを受信し、電子ネットワークを介して保守警告をサービスセンタに送信する、電子ネットワークに動作可能に接続されたサーバコンピュータを有する。非一時記憶媒体は、受信されたタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータから特徴を導出するステップ、及び導出された特徴にコンポーネント群のモデルセットを適用して保守警告を生成するステップを含む、予測保守警告方法を実行するためにサーバコンピュータによって読み取り可能及び実行可能な命令を記憶する。コンポーネント群のモデルセットの各モデルは、コンポーネント群のコンポーネントの統計的残存有効寿命モデルが埋め込まれた該コンポーネント群を表す機械学習分析モデルを含む異種モデルを有する。

【 0 0 0 8 】

別の開示された態様では、予測保守警告方法は、電子ネットワークを介して、医用イメージング装置のタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータをサーバコンピュータにおいて受信するステップと、受信されたタイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータから特徴を導出するステップであって、(i) コンポーネントの故障モードを共に表す 2 又はそれ以上の特徴の組み合わせを各々が含むビルド済み故障モード特徴、及び(i i) コンポーネントの故障及びコンポーネントの故障の解決策を共に表す 2 又はそれ以上の特徴の組み合わせを各々が含むビルド済み故障解決策特徴、の少なくとも一方を導出するステップと、コンポーネント群のモデルセットを導出された特徴に適用して保守警告を生成するステップと、生成された保守警告をサーバコンピュータからサービスセンタに電子ネットワークを介して送信するステップと、を有する。導出及び適用は、電子サーバによって適切に実行される。

【 0 0 0 9 】

1 つの利点は、一般に 1 万以上のコンポーネントを含む複雑な医用イメージングシステムの保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

別の利点は、コンポーネントレベル及びコンポーネント群レベルの曖昧性を低減しながら、このような保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

別の利点は、コンポーネントレベル及びコンポーネント群レベルの依存性を低減しながら、このような保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

もう 1 つの利点は、コンポーネント群レベルで機械学習された分析モデリングを、コンポーネントの統計的残存有効寿命モデリングと統合する保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

別の利点は、故障モードを効率的にキャプチャし処理するためのビルド済み特徴を使用して、このような保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

別の利点は、さまざまな故障解決ソリューションを効率的にキャプチャし処理するためのビルド済み特徴を使用して、このような保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

別の利点は、サービススタッフに負担をかけずに効果的な警告を提供できるように、誤った保守警告を制限しながら、正しい保守警告を最大化する保守警告を提供することにある。

【 0 0 1 6 】

所与の実施形態は、前述の利点のどれも提供せず、又は前述の利点の 1、2、それ以上、又はすべてを提供することができ、及び / 又は本開示を読み理解することにより当業者に明らかになる他の利点を提供することができる。

【 0 0 1 7 】

本発明は、さまざまな構成要素及び構成要素の取り合わせ、並びにさまざまなステップ及びステップの取り合わせの形を取りうる。図面は、好適な実施形態を例示するためだけのものであり、本発明を限定するものとして解釈されるべきでない。ログ又はサービスコールデータを示す図面では、特定の識別情報が、スーパーインポーズされた編集ボックスを使用して編集される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】保守警告が通知されるサービスセンタに加えて、保守警告が生成される医用イメージング装置を有する予測保守警告装置とその周辺環境を概略的に示す図。

【図 2】マシンログデータのフラグメントの例を示す図。

【図 3】サービスコールのサービスログデータの例を示す図。

【図 4】別のサービスコールのサービスログデータの例を示す図。

【図 5】請求項 1 に記載の予想的保守警告装置のコンポーネント群モデルを訓練するプロセスを概略的に示す図。

【図 6】図 1 の予測保守警告装置によって生成され、サービスセンタのディスプレイに適切に表示される保守警告の表示例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

保守サービスでは、リアクティブ保守、プロアクティブ保守、予測保守の 3 つのアプローチが一般的である。これらの 3 つのアプローチの違いは誰がコールを開始するかに関連する。リアクティブ保守では、カスタマがコールを開始する；他方、プロアクティブ保守又は予測保守では、サービスプロバイダがコールを開始する。予測保守及びプロアクティブ保守は、保守対象の装置に関連する履歴データを使用して開発された統計、機械学習、データマイニング、及び / 又は最適化モデルに依存する。医用イメージング装置の場合、これらのデータは通常、次のカテゴリに属する：サービスコールログ（カスタマが保守関連の問題を報告するためにいつコールしたか、及び問題に対処するためにどのアクションがとられたかに関する情報を含む）、及びマシンログデータ（ここでは、使用データ、すなわちシステムの各コンポーネントが使用された頻度に関する情報、及びセンサデータ、すなわち温度などセンサから抽出された情報を含むと広く理解される）。

【 0 0 2 0 】

医用イメージング装置のための予測保守は、装置の複雑さ及び生成された多量のログデータのため特に困難である。例えば、Koninklijke Philips N.V.によって製造される画像ガイド下治療（iG T）システムは、保守すべき約 1 9 , 0 0 0 の異なるコンポーネントを含む。データロギングの観点から、医用イメージング装置の設置基盤は、1 0 T B / 年又は 2 4 G B / 日のデータを生成しうる。これらのデータ量は、圧縮データ用であり、ほとんどが圧縮テキストファイルの形式である。

【 0 0 2 1 】

本明細書に開示されている予測保守装置及び方法の実施形態では、これらの困難が効果的に対処される。ハードウェアの複雑さは、（医用イメージング装置を構成する通常少なくとも 1 0 , 0 0 0 個のコンポーネントのうち）共に最適にモデル化されることができコンポーネントの相関付けられた群を識別することによって対処される。共通の根本原因をもつコールが識別可能であるので、サービスコールの曖昧性が低減され、これは、（例

10

20

30

40

50

えば、カスタマーコールに対する「第一権利」対応を実現するために) 予測される保守警告の口バストネスを強化するために使用される。大量の異種の特徴の取り扱いは、現在のコンポーネント群に関連する特徴及びデータ資源を識別することによって対処されることができる。マシンログメッセージに関する「コンテキスト」の取り扱いは、故障モード又は故障解決策を共に表す特徴(ログメッセージなど)を組み合わせたビルド済み特徴の使用によって部分的に説明される。これは、周囲のエラー又はメッセージに依存して異なる解釈を行いうるマシンログ内の特定のエラーの曖昧性解消を容易にする。いくつかの実施形態では、異種の予測保守モデルが採用され、それによって統計が予測警告を鮮明にするために使用される。

【0022】

複雑な医用イメージング装置に有用な保守警告を提供することに関連する課題に対処するために、開示された予測保守警告装置及び方法は、サービスコールログとマシンログデータ(使用データ及びセンサデータを含む)を含む入力を受け取る。(iGTシステムに含まれる例えば~19000のコンポーネントのうち)予測モデルにおいて最適にグループ化されるコンポーネント(つまり、それらは共通の根本原因に関連する)の群が識別される。訓練フェーズでは、コンポーネント群に関連するサービスコールが見つかり、適切な特徴が選択され及び/又は構築される(例えば、故障とその解決策の両方をキャプチャし又はコンポーネントの特定の故障モードをキャプチャするビルド済み特徴)。次に、コンポーネント群モデルが最適化される。

【0023】

説明的な例を提供するために、iGTデバイスのフットスイッチのコンポーネント群を考える。フットスイッチは、iGTシステムの使用中に蛍光透視及び曝射を制御するコンポーネントである。コンポーネント群は、フットスイッチ、フットスイッチに接続されたケーブル、フットスイッチの操作に応じたX線をイネーブルするコンポーネント、及びおそらく他の関連するコンポーネントを含むことができる。この「フットスイッチ」コンポーネント群のモデルをビルドするために、群のコンポーネントが最初に選択される。これは、ハードウェア、例えば15年のハードウェア開発をカバーする選択されたコンポーネントID、及びソフトウェア、例えば15年のソフトウェア開発をカバーする選択されたユニットを含む。次に、サービスコールデータの中の、フットスイッチコンポーネント群に関連するコールが決定される(これは、故障した場合にマシンログファイルに同様のエラーメッセージを生成する可能性がある接続ケーブルのような、フットスイッチに接続された特定のコンポーネントを含みうる)。例えば、フットスイッチが使用されているがX線がイネーブルされていない場合(すなわち、特定の故障モードとフットスイッチコンポーネントの関連付け)を識別するビルド済み特徴が構築される。このビルド済み特徴の頻度及び繰り返しは、モデルパフォーマンスのために最適化される。このモデルは、ビジネスニーズ及びドメイン専門知識に従ってパフォーマンスが最適化される。

【0024】

図1を参照すると、保守警告が生成される医用イメージング装置10を含む関連する周辺環境と共に、保守警告が伝達されるサービスセンタ12と共に、例示的な予測保守警告装置が概略的に示される。非限定的な例を通して、例示の医用イメージング装置10は、共通の患者寝台又は搬送装置18によってサービスを提供される第1のモダリティ14及び第2のモダリティ16を有するハイブリッドイメージングシステムである。例えば、第1のモダリティ14は、透過コンピュータトモグラフィ(CT)イメージングでありえ、第2のモダリティ16は、ポジトロンエミッショントモグラフィ(PET)イメージングでありうる(従って、医用イメージング装置10はPET/CTイメージング装置である)。これは単なる例であり、より一般的には、予測保守警告を発するために監視される医用イメージング装置は、(更なる非限定的な例として、)磁気共鳴イメージング(MRI)装置、CTイメージング装置、PETイメージング装置又はシングルフォトンエミッションCT(SPECT)イメージング用ガンマカメラなどの放出イメージング装置、PET/CT又はSPECT/CTなどのハイブリッドイメージング装置、一般に画像ガイド

10

20

30

40

50

下治療（iGT）装置と呼ばれる生検又は他の介入医療プロシーダをガイドするように設計されたイメージング装置でありうる。

【0025】

図1において、サービスセンタ12は、ディスプレイ22及び1又は複数のユーザ入力装置（例えば、例示的なキーボード24及びマウス26）を有するサービスセンタワークステーション又はサービスセンターコンピュータ20によって表現される。サービスセンタワークステーション又はコンピュータ20は、サービスセンタ12によってサービスに関して契約された医療機関及び個々の医用イメージング装置のロケーションのマッピング、ヒューマンサービスエージェントによって実行されるサービスコールの調整、追跡、及びログ、カスタマから受信したサービスリクエストのキューイング又はドッキング、その他のさまざまなサービスサポート機能を実行する。本明細書に開示される予測保守警告装置に関連して、サービスセンタワークステーション又はコンピュータ20は、予測保守警告装置によって生成された保守警告を受信し表示するようにプログラムされる。サービスセンタの担当者は、予測保守警告装置から受信した特定の保守警告をフォローアップするかどうかを決定することができる。

10

【0026】

図1を引き続き参照して、医用イメージング装置10、又は医用イメージング装置10に関連するシステム又は装置は、マシンログ30（これは、本明細書で使用する場合、医用イメージング装置の使用ログデータ及び/又は医用イメージング装置のセンサによって取得されたセンサデータを含みうる）を生成する。同様に、サービスコールに関する情報、すなわち医用イメージング装置10上で実施された保守、を記録するサービスログ32が維持される。

20

【0027】

図2を簡単に参照すると、マシンログ30の考えられる形式の例示的なフラグメント30fが示されている。この例では、各イベント（又はメッセージ）がマシンログデータの単一の行を占有する。「EventTimeStamp（イベントタイムスタンプ）」とラベル付けされた左端の列は、ログで記録されたイベント又はメッセージのタイムスタンプを記憶する。「eventID（イベントID）」列は、各マシンログエントリの一意の識別子を記憶する。「Description（記述、デスクリプション）」列は、イベント又はメッセージの半構造化テキスト記述を記憶する。「AdditionalInfo（付加情報）」列は、構造化テキストフォーマットの他の情報である。「EventCategory（イベント分類）」列には、マシンログの各イベント又はメッセージの分類を記憶する。図2の例は、単なる非限定的な説明的な例であり、マシンログデータは、例えば、追加の列、より少ない列、及び/又は異なる列、異なる構文、及び/又はその他を含む、さまざまな他の形式を仮定することができる。一般に、マシンログ30の各エントリは、タイムスタンプされ、イベント又はメッセージのテキストベースの記述を含み、この記述は、センサデータ、検出されたコンポーネント欠陥、イメージングプロシーダの開始を記録するエントリ、及びイメージングプロシーダ中に実行される動作をログする後続のエントリ、及び/又はその他の情報を含むことができる。

30

【0028】

図3を参照して、特定の例示的なサービスコールについて、サービスログ32の考えられる形式の例示のエントリ32f1が示されている。図からわかるように、各サービスコールは、ここでもタイムスタンプされ（ここでは「CallOpenDate（コールオープン日付）」という命名法を用いる；「CallCloseDate（コールクローズ日付）」もまた企図される）、収集された情報及び問題を解決するために実行された修正アクションを含む、サービスコールの半構造化テキスト記述を記憶する。

40

【0029】

図4を参照すると、サービスログ32の考えられる形式の別の例示的なエントリ32f2が、別の例示的なサービスコール34について示されている。ここでも、サービスコールエントリは、「CallOpenDate」を通じてタイムスタンプされ、サービスコールの半構

50

造化テキスト記述が記憶される。図 3 及び図 4 の例は、単に非限定的な例示的な実施例であり、サービスログデータは、例えば、異なるフォーマット及び／又は異なる構文を使用した追加の情報、より少ない情報、及び／又は異なる情報を含む、さまざまな他の形式を仮定することができる。一般に、サービスログ 3 2 の各エントリは、タイムスタンプされ、収集された情報及び問題を解決するために実行された修正アクションを含むサービスコールのテキストベースの記述を含む。ある例では、サービスコールが実際に問題を解決できなかった場合は、サービスコールエントリは、問題の解決策を含まないことがある。更に、サービスコールエントリは、外部情報を含むこともでき、例えば、サービス担当者は、サービスコールの起源であったコンポーネントの欠陥とは関連しない定期保守オペレーションを実施することができる。更に、場合によっては、取られる修正アクションが「間違っていた」、すなわち、サービスコールの基礎であったコンポーネント欠陥の根本原因を実際には解決しないという意味で、「ノイズ」もありうる。

10

【 0 0 3 0 】

図 1 を参照すると、予測保守警告装置 4 0 は、本明細書に開示される予測保守警告方法を実施するために、非一時記憶媒体（図示せず）に記憶される、サーバコンピュータ 4 2 によって読み取り可能かつ実行可能な命令を実行するサーバコンピュータ 4 2 を有する。サーバコンピュータ 4 2 は、例えば、単一のサーバコンピュータとして、又は予測保守警告方法を実行するために同時処理を実行するように動作可能に接続された 2 又はそれ以上のサーバコンピュータとして、又は予測保守警告方法を実行するために動作可能にアドホック接続された 2 又はそれ以上のコンピュータの組み合わせ（例えばクラウドコンピューティングリソース）として、さまざまに具体化されることができる。サーバコンピュータ（又はサーバコンピュータのグループ又はアドホックの組み合わせ）が一般的に好ましいが、他の実施形態では、開示される予測保守警告方法がデスクトップコンピュータ又は他の電子プロセッサ上で、それが十分な計算能力をもつ場合に実現されることが企図される。非一時記憶媒体は、例えば、ハードディスクドライブ、R A I D、又は他の磁気記憶媒体；フラッシュメモリ、ソリッドステートドライブ（S S D）、又は他の電子記憶媒体；光ディスク又は他の光学記憶媒体；それらのさまざまな組み合わせ；などである。

20

【 0 0 3 1 】

予測保守警告装置 4 0 は、医用イメージング装置 1 0 のマシンログ 3 0 及びサービスログ 3 2 を処理して、サービスセンタ 1 2 に送信される保守警告 4 4 を生成する（例えば、より具体的には、例示的な実施形態においてサービスセンタワークステーション又はコンピュータ 2 0 に送信される）。このために、電子プロセッサ（例示的なサーバコンピュータ）4 2 は、電子ネットワーク 4 6 に動作可能に接続されて、電子ネットワーク 4 6 を介してタイムスタンプ付きマシンログデータ 3 0 及びタイムスタンプ付きサービスログデータ 3 2 を受信し、電子ネットワーク 4 6 を介して保守警告 4 4 をサービスセンタ 1 2 に送信する。電子ネットワーク 4 6 は、データフローブロック矢印によって図 1 に概略的に示され、物理的実装において、病院データネットワーク、インターネット、商用インターネットサービスプロバイダ（I S P）によって提供されるデータネットワークインフラストラクチャ、及び／又はその他として具体化されることができる。一方では医用イメージング装置 1 0 と予測保守警告装置 4 0 との間、及び他方では予測保守警告装置 4 0 とサービスセンタ 1 2 との間のデータフローは、それぞれ異なるデータネットワーキングハードウェアを用いてもよい。例えば、前者は、ローカルエリアネットワークに接続されたインターネットに接続された病院データネットワークを含むことができ、そのローカルエリアネットワークの一部はサーバコンピュータ 4 2 であり、後者は（ここでも非限定的な例として）サーバコンピュータがサービスセンタ 1 2 にある場合、サーバコンピュータ 4 2 をホストするローカルエリアネットワークのみを含むことができ、他の場所にある場合は商用 I S P を更に有することができる。これらは、電子ネットワーク 4 6 の可能な実装のいくつかの非限定的な例示にすぎない。

30

40

【 0 0 3 2 】

図 1 に更に概略的に示されているように、サービスセンタ 1 2 又はサーバコンピュータ

50

又は他のコンピューティングリソースは、任意に保守警告 4 4 の処理を実行することができる。例えば、電子サービススケジュール 4 8 は、保守警告 4 4 に基づいてサービスコールを自動的に又は半自動的にスケジュールするために、サーバ又は他のコンピュータに実装されることができる。例えば、提案されるサービスコールは、サービススケジュール 4 8 に追加されることができ、サービススケジュール 4 8 は、サービススケジュール 4 8 に対するウェブベースのカスタマイズインタフェースを通じて、カスタマによって受け入れなければならない。カスタマは、サービス担当者の空き状況に応じて、提案されたサービスコールをリスケジュールし又はキャンセルする選択肢をもつ。付加的に又は代替として、電子インベントリ 4 9 は、保守警告 4 4 に対処するために必要な（又は必要と思われる）部品を自動的に又は半自動的に注文するために、及び／又は保守警告を解決するためのサービスコールを見越して、そのような部品を補充するために、上述のようなサーバ又は他のコンピュータ上に実装されることができる。電子インベントリ 4 9 は、予想されるサービスコールに備えて、物理的インベントリからカスタマサイトに部品を出荷することもできる。部品の注文又は出荷についてサービス担当者による承認が必要な場合があり、カスタマの装置に部品が取り付けられていない場合や取り付けられるまでは、カスタマは部品の請求を行われない。

10

【 0 0 3 3 】

典型的な実施形態では、ログ 3 0、3 2 は、毎日、例えば毎朝、イメージングサービスを提供するためにマシン 1 0 がオンラインにされるたびに、予測保守警告装置 4 0 にアップロードされる。ログ 3 0、3 2 は、医用イメージング装置 1 0 に関連するものとして図 1 に示されている；しかしながら、ログは、ネットワークアクセス可能なサーバ、RAID アレイ、クラウドストレージロッカーなどに記憶されることができる。いくつかの実施形態では、ログは、医用イメージング装置の製造業者又はサービスプロバイダによって保守されるサーバ又は他のネットワークベースのリソース上に維持されることができる。帯域幅を節約しデータ転送を高速化するために、コンピュータ（図示せず、ログを記憶するリソースに配置され又は動作可能に接続される）上で実行されるデータコンプレッサ 5 0 は、適切な圧縮アルゴリズム（例えば、zip 圧縮又はその変形、tar 圧縮又はその変形など）を使用して、データログ 3 0、3 2 を圧縮する。この圧縮を用いても、大型医用イメージング装置の圧縮データログ 3 0、3 2 は大量のデータを構成しうる。予測保守警告装置 4 0 において、サーバコンピュータ 4 2 は、データデコンプレッサ 4 4 を実行して、予測保守警告装置 4 0 で受信した圧縮ログデータを伸張し、タイムスタンプ付きマシンログデータ 3 0 及びタイムスタンプ付きサービスログデータ 3 2（のコピー）を予測保守警告装置 4 0 において再現する。帯域幅を減らし、データ転送速度を上げ、電子ネットワーク 4 6 の負荷を減らすためにデータ圧縮が好ましいが、データ圧縮コンポーネント 5 0、5 2 を省略し、代わりにログデータ 3 0、3 2 を非圧縮形式で送信することが企図される。

20

30

【 0 0 3 4 】

予測保守警告装置 4 0 は、受信されたタイムスタンプ付きマシンログデータ 3 0 及びタイムスタンプ付きサービスログデータ 3 2 からのタイムスタンプ付き特徴の抽出 6 0 を実行し（任意に、本明細書に開示されるようなビルド済み特徴 6 2、6 3 を導出することを含む）、コンポーネント群のモデルセット 6 4 を導出された特徴に適用することによって、医用イメージング装置 1 0 に対する保守警告 4 4 を生成する。非限定的な例によって、図 1 のコンポーネント群のモデルセット 6 4 は、N 個のコンポーネント群について N 個のモデルを含むものとして示されている。

40

【 0 0 3 5 】

特徴抽出 6 0 は、マシンログ 3 0（例えば図 2 を参照）及びサービスログ 3 2（図 3 及び 4 を参照）の記述（及び任意の追加情報）の半構造化テキストの構文解析を含む処理によって、適切に実行される。一般に、特徴の選択は、マシン及びサービスロギングソフトウェアによって使用される命名法と構文に依存する。一部の特徴は数値でありえ、例えば、温度センサの読み取り値を報告するマシンログエントリは、（センサ識別子、temp v

50

alue)ペアとして定型化されることができ、 temp value は、センサが読み取った温度を示す。一部の特徴はバイナリであり、可能な値の個別のセットから選択された値を想定することができる：例えば、図4のサービスログフラグメント3 2 f 2では、可能性のある特徴は(テーブル横ブレーキアセンブリステータス=非機能的)であり、特徴のこのタイプの場合、より一般的には、2つの可能な値は「機能的」又は「非機能的」である。半構造化テキストの構文解析は、コンポーネント名又は識別子を識別し、それらを含むログエントリを、名前付き又は識別されたコンポーネントに関連付けることを含む。抽出された特徴は、イベントカテゴリ又はその他の情報によって分類されることができる。特徴に変換される各エントリのタイムスタンプは、その特徴のタイムスタンプとして保持されることが望ましい。

10

【0036】

ビルド済み特徴6 2、6 3は、各構成特徴がログエントリから抽出される2又はそれ以上の構成特徴の組み合わせとして構築される。組み合わせは、個々のログエントリから抽出された個々の特徴よりも有益であるように選択される。別の見方をすると、ビルド済み特徴は、初期の保守問題を予測するための有益な追加のコンテキストを提供する。

【0037】

例示として、較正特徴の1つのタイプは、ビルド済み故障モード特徴6 2であり、コンポーネントの故障モードを共に表す2又はそれ以上の特徴の組み合わせを適切に含む。例えば、前述の例示的なフットスイッチコンポーネントを考えると、ビルド済み故障モード特徴6 2は、フットスイッチの作動を示すログエントリとX線がイネーブルされていないことを示す後続エントリとの組み合わせとして構築されることができる。このビルド済み特徴は、フットスイッチの故障モードをキャプチャし、かかる故障モードでは、フットスイッチの作動が、X線をイネーブルすることの期待される機能を実施することに失敗する。このビルド済み特徴を構築する際、タイムスタンプが考慮されることが好ましく、すなわち、ビルド済み特徴は、好適には、X線がイネーブルされないことを示すログエントリが、フットスイッチが作動されることを示すログエントリの後にタイムスタンプされることを要求し、更に、X線をディスエーブルする動作を示すタイムスタンプ付きエントリが介在しないことを要求することができる。

20

【0038】

別の例示的な例として、別のタイプのビルド済み特徴は、コンポーネントの故障とコンポーネントの故障の解決策を共に表す2又はそれ以上の特徴の組み合わせを適切に含むビルド済み故障解決策特徴6 3である。例えば、図3のサービスログフラグメント3 2 f 1から、故障を示す特徴「テーブル移動困難」(又は、他の実施形態では、「テーブルの移動に関する問題」などのより一般的な用語)と、解決策を示す特徴「レール清掃」との組み合わせで構成されるビルド済み故障解決策特徴6 3が、構築されることができる。図4のサービスログフラグメント3 2 f 2から、特徴(テーブル水平ブレーキアセンブリステータス=非機能的)と特徴「水平ブレーキアセンブリ交換」の組み合わせで構成されるビルド済み故障解決策特徴6 3が、構築されることができる。

30

【0039】

コンポーネント群のモデルセット6 4は、大型の医用イメージング装置の保守予測を容易にする特定の特徴がある。コンポーネント群へのコンポーネントの割り当ては、好適には、共通の根本原因に関連するコンポーネントをグループ化するために行われる。いくつかの実施形態では、医用イメージング装置の各コンポーネントは、もっぱら単一のコンポーネント群のメンバであり、従って、モデルセット6 4の中の単一のモデルによってモデル化される。このアプローチにより、例えば、2つの異なるモデルが同じコンポーネントに対して保守警告を生成した場合に生じうる曖昧性が低減される。

40

【0040】

企図される他の実施形態において、いくつかのコンポーネントは、2又はそれ以上の異なる群に割り当てられ、従って異なるモデルによってモデル化されることができる。例えば、X線をイネーブルするように動作可能なフットスイッチの例を考えると、フットスイ

50

ッチから入力を受け取り、X線をイネーブルするように動作する信号を生成するコンポーネントは、フットスイッチコンポーネント群とX線コンポーネント群の両方に有用に含まれることができる。そのような場合、複数の群のコンポーネントのメンバーシップは、例えば2つ又は3つの群を超えないように、低く保つことが好ましい。

【0041】

図1に概略的に示されるように、いくつかの実施形態では、コンポーネント群のモデル64のセットの少なくとも1つのモデル（及び好適にはすべてのモデル）は、コンポーネント群を表す機械学習分析モデル70と、コンポーネント群のコンポーネントの埋め込まれた統計残存有効寿命モデル72とを含む異種モデルを有する。このタイプの異種モデルは、機械学習を活用して分析モデル70を提供し、コンポーネント群のコンポーネント間の複雑な相互関係を経験的にキャプチャすると同時に、残存有効寿命モデル72を使用して統計的故障尤度をキャプチャし、問題のあるコンポーネントがいつ故障するかについて時間軸を割り当てる。

10

【0042】

図5を参照して、モデルセット64を構築するための1つの適切な方法を説明する。例示的な方法は、非一時記憶媒体から読み取られた命令を実行するサーバコンピュータ42によって実現されるが、代わりに別のコンピュータ上で実現されることもできる。入力は、イメージングシステム仕様80（例えば、医用イメージング装置の他の顕著なパラメータと共にモデルが訓練されているコンポーネント群のコンポーネントの識別）、トレーニングログデータ82、及びコンポーネント寿命データ84を含む。トレーニングログデータ82は、タイムスタンプ付きマシンログデータ及びタイムスタンプ付きサービスログデータを含み、モデルセットが意図される医用イメージング装置10から取得されることができ、及び/又は同じタイプの1又は複数の他の医用イメージング装置から取得されることができ。

20

【0043】

処理86において、コンポーネント群が定義される。これは、典型的には、コンポーネントが機能的に医用イメージング装置のサブシステムとして協働するように専門知識を有するシステムエンジニアによって実施される手動操作である。処理88は、トレーニングログデータ82を構文解析する。この構文解析は、上述されたタイムスタンプ付き特徴抽出60の構文解析と同様であってもよいが、例えば特徴の識別性に基づいて統計に基づく特徴選択を行う目的で、任意に抽出60におけるより多くの特徴を抽出することができる。処理88は、構文解析されたトレーニングログデータから陽性トレーニングデータ及び陰性トレーニングデータを更に抽出する。陽性トレーニングデータは、コンポーネント群のコンポーネントの故障より前のタイムスタンプをもつトレーニングデータを有し、陰性トレーニングデータは、コンポーネント群のコンポーネントの故障より後のタイムスタンプをもつトレーニングデータ、又はコンポーネント群のコンポーネントに故障が発生したことがない医用イメージング装置からのトレーニングデータを有する。

30

【0044】

処理90では、機械学習を適用して、陽性トレーニングデータと陰性トレーニングデータを使用して分析モデルをトレーニングする。処理88は、任意に、所与のモデルについて、関連性又は識別性に基づいて処理88で抽出された特徴のサブセットを選択する特徴選択フェーズ92を含む。例えば、関連性は、特徴がコンポーネント群のいずれかのコンポーネントと関連しているかどうかに基づいて決定されることができ、識別性は、特徴が陽性トレーニングデータ又は陰性トレーニングデータのどちらでより頻繁に発生するかどうかに基づいて評価されることができ、その逆もまた同様である。（対照的に、陽性トレーニングデータと陰性トレーニングデータの両方で同様の頻度で特徴が発生する場合、その識別性は低い可能性が高く、特徴選択中に破棄されることができ）。

40

【0045】

コンポーネント寿命データ84は、コンポーネント群のコンポーネントの統計的残存有効寿命モデル72を構築するために使用される。これらのコンポーネントレベルの統計残

50

存有効寿命モデル 72 は、コンポーネント群の分析モデル 70 に埋め込まれ、目的関数 94 に関してモデルを最適化するために、機械学習によってトレーニングされる。さまざまな目的関数の形式が使用されることができ、しかしながら、1つの好適な実施形態において、目的関数は、コンポーネント群の真陽性の保守警告を最大化することを含む（ここで「真陽性」とは、陽性トレーニングデータに実際に発生する保守作業をモデルが正しく予測することを意味する）。コンポーネント群の偽陽性の保守警告の上限に従って（ここで、「偽陽性」とは、陰性トレーニングデータには表示されない保守警告をモデルが誤って予測することを意味します。）この目的関数 94 の選択は、保守アクティビティを駆動するのに有用な「正しい」保守警告率（真陽性率によって測定される）を有利に最大化し、そうでなければサービスセンタ 12 のリソースを圧倒し得る偽陽性保守警告の閾値数を 10 超える発行を回避する。次いで、トレーニングされたモデルは、図 1 を参照して前述した予測保守警告装置 40 によって適用されるコンポーネント群のモデルセット 64 を形成する。

【0046】

図 1 に戻り、更に図 6 を参照して、図 1 の予測保守警告装置 40 によって生成され、サービスセンタ 12 のディスプレイ 22 に適切に表示されることができ保守警告の例示的なディスプレイ（「Monitoring Dashboard（監視ダッシュボード）」96 と呼ばれる）が、図 6 に示されている。図 6 に示すように、左の 2 つの列は、保守警告が関係する医用イメージング装置の「Country（国）」と「Site name（サイト名）」を示している（図 1 の予測保守警告装置 40 は、図 1 に示される単一の例示的な医用イメージング装置 10 だけでなく、世界中のさまざまな病院に配備されうるすべての医用イメージング装置につ 20 いて保守警告を監視し発行するために用いられることができることを理解されたい。一般に、医用イメージング装置は、CT、MRI、iGT など異なるタイプでありうる。）図 1 では、「Site name」列の内容が編集される。「Category（カテゴリ）」、「Device type（装置タイプ）」、及び「System#（システム番号）」の列に示されるように、さまざまな他の情報が各警告について提供される。例えば、「Device type」列は、医用イメージング装置の製造元とモデル（ここで、例示の「Allura XPer」は、フィリップスの Allura Xper FD20/10 バイプレーン混合心臓血管 X 線システムを示す）を識別し、「System#」は、特定のインスタンス又はインストールのシリアル番号又はその他の一意の識別子 30 である。「Aggregate Title（集合体名称）」は、保守警告が関係するコンポーネント群を識別する（例の例では Geometry Syncnet コンポーネント群）。「Priority（優先度）」という見出しの列には 2 つの目的がある：各アイコンのラベルは、優先度を識別し、他方、アイコン自体は、保守警告の詳細に関する情報を提供するポップアップウィンドウを表示するために、マウス 26 のクリックにより（又はタッチスクリーンに触れるか、他のユーザ入力デバイスにより）選択されることができ（例えば、予想される故障モードと必要な予想される修正アクション、及び統計コンポーネント寿命モデル 72 から取得される企図される他の関連情報、例えば故障が発生すると予想される期間）。最後に、「Last Alert Date（最後の警告の日付）」という見出しの最後の列は、保守警告の発行日を示している。

【0047】

本発明は、好適な実施形態を参照して説明された。当業者であれば、前述の詳細な説明を読み理解することにより変更及び変形が思いつくであろう。本発明は、添付の特許請求の範囲又はその均等物の範囲内にある限り、そのようなすべての修正及び変更を含むと解釈されることが意図される。

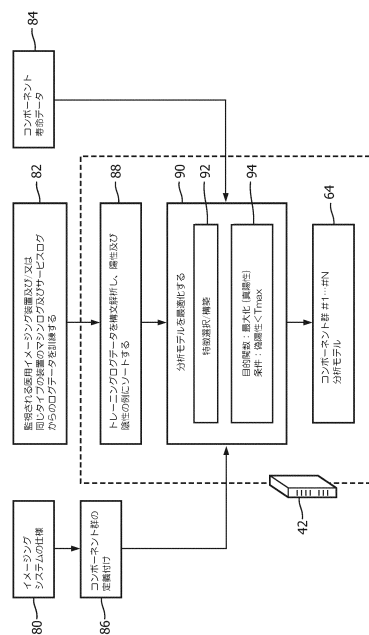
10

20

30

40

【 図 5 】



【 図 6 】

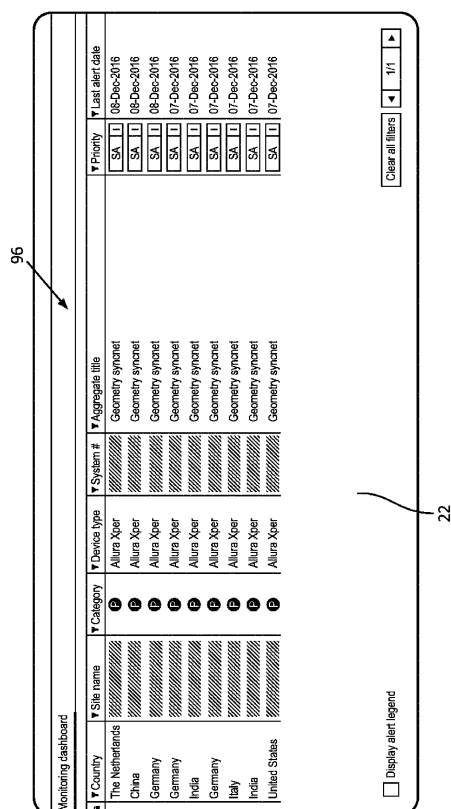


FIG. 6

10

20

30

40

50

フロントページの続き

弁理士 矢ヶ部 喜行
(72)発明者 マブリウドゥス ディミトロス
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 ボウマンズ マイケル レオナルドゥス ヘレナ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
審査官 木村 慎太郎
(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 2 2 7 8 3 8 (U S , A 1)
特開 2 0 1 3 - 1 4 9 0 6 6 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 2 1 9 6 9 (U S , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 1 6 H 1 0 / 0 0 - 8 0 / 0 0
A 6 1 B 5 / 0 5 5