

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7033733号

(P7033733)

(45)発行日 令和4年3月11日(2022.3.11)

(24)登録日 令和4年3月3日(2022.3.3)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 L 43/04 (2022.01)

H 0 4 L 43/04

請求項の数 19 (全27頁)

(21)出願番号	特願2019-509855(P2019-509855)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
(86)(22)出願日	平成30年3月27日(2018.3.27)	(74)代理人	110001427 特許業務法人前田特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2018/012306	(72)発明者	天野 博史 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(87)国際公開番号	WO2018/181253	(72)発明者	多鹿 陽介 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(87)国際公開日	平成30年10月4日(2018.10.4)	(72)発明者	樋口 裕一 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
審査請求日	令和3年3月9日(2021.3.9)		
(31)優先権主張番号	特願2017-61210(P2017-61210)		
(32)優先日	平成29年3月27日(2017.3.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 データ分析装置、方法、及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

製造装置と、前記製造装置を制御する製造制御装置と、を有する製造システムにおいて伝送されるデータを分析するデータ分析装置であって、
前記製造制御装置と前記製造装置との間で伝送される第1パケットを受信する受信機と、受信された前記第1パケットのヘッダに含まれるIPアドレス及びポート番号から、受信された前記第1パケットのペイロードに含まれるデータの種別を求める解析器と、前記解析器で求められた前記データの種別に基づいて、前記データの種別に対応する構文又は規則を選択する選択器と、
前記ペイロードに含まれるデータが、前記データの種別に対応する構文又は規則に従っていない場合に、前記製造システムに異常があると判定する判定器と
を備えるデータ分析装置。

【請求項2】

請求項1に記載のデータ分析装置において、
前記ペイロードには、制御コマンドが含まれ、
前記構文は、前記制御コマンドの構文である
データ分析装置。

【請求項3】

請求項1に記載のデータ分析装置において、
前記ペイロードには、前記製造装置の稼働実績通知が含まれ、

前記構文は、前記稼働実績通知の構文である
データ分析装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記規則には、前記第 1 パケットのペイロードに含まれるデータが示す情報と、前記第 1
パケット以前に受信された第 2 パケットのペイロードに含まれるデータが示す情報との順
序が規定されている

データ分析装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、第 1 制御コマンドが含まれ、
前記第 2 パケットのペイロードには、第 2 制御コマンドが含まれ、前記第 1 制御コマンド
は、前記第 2 制御コマンドの次のコマンドであり、
前記規則には、前記第 1 制御コマンドの種類と前記第 2 制御コマンドの種類との順序が規
定されている

データ分析装置。

【請求項 6】

請求項 4 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、第 1 稼働実績情報が含まれ、
前記第 2 パケットのペイロードには、第 2 稼働実績情報が含まれ、前記第 1 稼働実績情報
は、前記第 2 稼働実績情報の次の通知であり、
前記規則には、前記第 1 稼働実績情報の種類と前記第 2 稼働実績情報の種類との順序が規
定されている

データ分析装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、制御コマンドが含まれ、
前記規則には、前記製造装置が第 1 状態にある場合に、前記製造装置が第 2 状態に遷移す
るための前記制御コマンドが発生する予定確率が規定されており、
前記判定器は、前記製造装置が前記第 1 状態にある場合に、前記制御コマンドが発生する
実際の確率を求め、前記実際の確率と前記予定確率との差が所定の値より大きい場合に、
前記製造システムに異常があると判定する

データ分析装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、稼働実績情報が含まれ、
前記規則には、前記製造装置が第 1 状態にある場合に、前記製造装置が第 2 状態に遷移す
る際に前記稼働実績情報が発生する予定確率が規定されており、
前記判定器は、前記製造装置が前記第 1 状態にある場合に、前記稼働実績情報が発生する
実際の確率を求め、前記実際の確率と前記予定確率との差が所定の値より大きい場合に、
前記製造システムに異常があると判定する

データ分析装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記規則には、前記製造装置が第 1 状態にある場合に、前記製造装置の第 2 状態への遷移
が発生する予定確率が規定されており、
前記判定器は、前記製造装置が前記第 1 状態にある場合に、前記製造装置の前記第 2 状態
への遷移が発生する実際の確率を求め、前記実際の確率と前記予定確率との差が所定の値
より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する

データ分析装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 0】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、第 1 制御コマンドが含まれ、
前記第 1 パケット以前に受信された第 2 パケットのペイロードには、第 2 制御コマンドが含まれ、前記第 1 制御コマンドは、前記第 2 制御コマンドの次のコマンドであり、
前記規則には、前記第 2 制御コマンドが発生した場合に、前記第 2 制御コマンドの次に前記第 1 制御コマンドが発生する予定確率が規定されており、
前記判定器は、前記第 2 制御コマンドが発生した場合に、前記第 2 制御コマンドの次に前記第 1 制御コマンドが発生する実際の確率を求め、前記実際の確率と前記予定確率との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

10

【請求項 1 1】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、第 1 稼働実績情報が含まれ、
前記第 1 パケット以前に受信された第 2 パケットのペイロードには、第 2 稼働実績情報が含まれ、前記第 1 稼働実績情報は、前記第 2 稼働実績情報の次の情報であり、
前記規則には、前記第 2 稼働実績情報が発生した場合に、前記第 2 稼働実績情報の次に前記第 1 稼働実績情報が発生する予定確率が規定されており、
前記判定器は、前記第 2 稼働実績情報が発生した場合に、前記第 2 稼働実績情報の次に前記第 1 稼働実績情報が発生する実際の確率を求め、前記実際の確率と前記予定確率との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

20

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、制御コマンドが含まれ、
前記規則には、前記製造装置が第 1 状態になってから、前記製造装置が第 2 状態に移るための前記制御コマンドが出力されるまでの予定時間が規定されており、
前記判定器は、前記製造装置が前記第 1 状態になってから、前記制御コマンドが受信されるまでの実際の時間を求め、前記実際の時間と前記予定時間との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

30

【請求項 1 3】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、稼働実績情報が含まれ、
前記規則には、前記製造装置が第 1 状態になってから、前記製造装置が第 2 状態に移る際に出力されるべき前記稼働実績情報が出力されるまでの予定時間が規定されており、
前記判定器は、前記製造装置が前記第 1 状態になってから、前記稼働実績情報が出力されるまでの実際の時間を求め、前記実際の時間と前記予定時間との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

40

【請求項 1 4】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記規則には、前記製造装置が第 1 状態になってから、前記製造装置が第 2 状態に移るまでの予定時間が規定されており、
前記判定器は、前記製造装置が前記第 1 状態になってから、前記製造装置が前記第 2 状態に移るまでの実際の時間を求め、前記実際の時間と前記予定時間との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、

50

前記第 1 パケットのペイロードには、第 1 制御コマンドが含まれ、
前記第 1 パケット以前に受信された第 2 パケットのペイロードには、第 2 制御コマンドが含まれ、前記第 1 制御コマンドは、前記第 2 制御コマンドの次のコマンドであり、
前記規則には、前記第 2 制御コマンドが出力されてから、前記第 1 制御コマンドが出力されるまでの予定時間が規定されており、
前記判定器は、前記第 2 制御コマンドが出力されてから、前記第 1 制御コマンドが出力されるまでの実際の時間を求め、前記実際の時間と前記予定時間との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

【請求項 16】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記第 1 パケットのペイロードには、第 1 稼働実績情報が含まれ、
前記第 1 パケット以前に受信された第 2 パケットのペイロードには、第 2 稼働実績情報が含まれ、前記第 1 稼働実績情報は、前記第 2 稼働実績情報の次の情報であり、
前記規則には、前記第 2 稼働実績情報が出力されてから、前記第 1 稼働実績情報が出力されるまでの予定時間が規定されており、
前記判定器は、前記第 2 稼働実績情報が出力されてから、前記第 1 稼働実績情報が出力されるまでの実際の時間を求め、前記実際の時間と前記予定時間との差が所定の値より大きい場合に、前記製造システムに異常があると判定する
データ分析装置。

【請求項 17】

請求項 1 に記載のデータ分析装置において、
前記規則を、前記受信機によって受信された複数のパケットのペイロードから学習する
データ分析装置。

【請求項 18】

製造装置と、前記製造装置を制御する製造制御装置と、を有する製造システムにおいて伝送されるデータを分析するデータ分析方法であって、
前記製造制御装置と前記製造装置との間で伝送されるパケットを受信することと、
受信された前記パケットのヘッダに含まれる IP アドレス及びポート番号から、受信された前記パケットのペイロードに含まれるデータの種別を求めることと、
求められた前記データの種別に基づいて、前記データの種別に対応する構文又は規則を選択することと、
前記ペイロードに含まれるデータが、前記データの種別に対応する構文又は規則に従っていない場合に、前記製造システムに異常があると判定することと
を備えるデータ分析方法。

【請求項 19】

製造装置と、前記製造装置を制御する製造制御装置と、を有する製造システムにおいて伝送されるデータを分析するデータ分析方法をコンピュータに実行させるデータ分析プログラムであって、
前記データ分析方法は、
前記製造制御装置と前記製造装置との間で伝送されるパケットを受信することと、
受信された前記パケットのヘッダに含まれる IP アドレス及びポート番号から、受信された前記パケットのペイロードに含まれるデータの種別を求めることと、
求められた前記データの種別に基づいて、前記データの種別に対応する構文又は規則を選択することと、
前記ペイロードに含まれるデータが、前記データの種別に対応する構文又は規則に従っていない場合に、前記製造システムに異常があると判定することと
を備える
データ分析プログラム。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本開示は、コンピュータネットワーク上のデータの分析技術に関し、特に製造システムにおけるデータの分析技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、インターネットなどの通信ネットワークを介して工場内外のモノやサービスと連携することで、生産性を向上したり、今までにない価値を生み出したり、新しいビジネスモデルを構築したりすることを目指した取り組みが活発に行われている。

【0003】

一方、インターネット空間では、ハッキングやマルウェアなどによるサイバー攻撃が活発化している。サイバー攻撃による不正侵入や情報漏えいなどの事例は年々増加しており、工場の製造システムにおいても、生産停止や設備破壊の事例が報告されている。このため、コンピュータネットワークを有する製造システムに生じた異常を検出することにより、製造システムのセキュリティレベルを向上することが必要である。

【0004】

例えば、特許文献1には、制御システムに対するセキュリティレベル向上の仕組みの例が記載されている。特許文献1のシステムは、複数の制御システムのそれぞれに対応する監視部から発信される異常通知を集計して、異常が疑われた制御システムのレピュテーションを評価する。評価結果から基準に照らして異常であると判定された場合には、異常が疑われた制御システムを稼働させている保護領域に対し、少なくともその保護領域内からのアウトバウンドのトラフィックを制限する。

【0005】

また、工場における製造システムにおいては、各製造装置が、ネットワークを介して接続され、互いに通信を行いながら製造を行う。このようなネットワークにつながる製造装置が不正な操作等で乗っ取られたり、ネットワークを流れるデータが改ざんされた場合には、不良品が製造されたり、製造装置が破壊されてしまうことがある。これに対処するために、ネットワークのデータから不正な行為を検出する攻撃検出装置が、例えば特許文献2に記載されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

【文献】特開2012-168755号公報

特開2016-19028号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかし、特許文献1に記載されているような、異常を検出するための仕組みを導入するためには、既存の製造システムを大幅に変更する必要がある。

【0008】

特許文献2の攻撃検出装置では、通信に用いられるパケットのヘッダに格納されているウィンドウの情報のみから攻撃を検出しているため、必ずしも精度の高い攻撃検出ができるわけではない。また、パケットのヘッダに格納されているウィンドウの情報からは、製造システムに故障等が生じたことを、異常として検出することはできない。

【0009】

本開示は、既存の製造システムに大幅な変更を加えることなく、製造システムにおける異常を検出することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0010】**

本開示によるデータ分析装置は、製造装置と、前記製造装置を制御する製造制御装置と、

10

20

30

40

50

を有する製造システムにおいて伝送されるデータを分析するデータ分析装置であって、前記製造制御装置と前記製造装置との間で伝送される第1パケットを受信する受信機と、受信された前記第1パケットのヘッダに含まれるIPアドレス及びポート番号から、受信された前記第1パケットのペイロードに含まれるデータの種別を求める解析器と、前記解析器で求められた前記データの種別に基づいて、前記データの種別に対応する構文又は規則を選択する選択器と、前記ペイロードに含まれるデータが、前記データの種別に対応する構文又は規則に従っていない場合に、前記製造システムに異常があると判定する判定器とを有する。

【0011】

これによると、製造システムにおける製造制御装置と製造装置との間で伝送されるパケットを受信し、その内容から製造システムに異常があることを判定することができる。受信されるパケットは、データ分析装置とは関係なく、製造システムにおいて通常用いられるパケットであるので、製造システムに異常があることを容易に知ることができる。

10

【0012】

本開示によるデータ分析方法は、製造装置と、前記製造装置を制御する製造制御装置と、を有する製造システムにおいて伝送されるデータを分析するデータ分析方法であって、前記製造制御装置と前記製造装置との間で伝送されるパケットを受信することと、受信された前記パケットのヘッダに含まれるIPアドレス及びポート番号から、受信された前記パケットのペイロードに含まれるデータの種別を求めることと、求められた前記データの種別に基づいて、前記データの種別に対応する構文又は規則を選択することと、前記ペイロードに含まれるデータが、前記データの種別に対応する構文又は規則に従っていない場合に、前記製造システムに異常があると判定することとを有する。

20

【0013】

本開示によるデータ分析プログラムは、製造装置と、前記製造装置を制御する製造制御装置と、を有する製造システムにおいて伝送されるデータを分析するデータ分析方法をコンピュータに実行させるデータ分析プログラムであって、前記データ分析方法は、前記製造制御装置と前記製造装置との間で伝送されるパケットを受信することと、受信された前記パケットのヘッダに含まれるIPアドレス及びポート番号から、受信された前記パケットのペイロードに含まれるデータの種別を求めることと、求められた前記データの種別に基づいて、前記データの種別に対応する構文又は規則を選択することと、前記ペイロードに含まれるデータが、前記データの種別に対応する構文又は規則に従っていない場合に、前記製造システムに異常があると判定することとを有する。

30

【発明の効果】

【0014】

本開示によれば、既存の製造システムに大幅な改変を加えることなく、製造システムにおける異常を検出することができる。したがって、製造システム外部からの攻撃や、製造システム内部の故障等を低コストで検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係るデータ分析装置を含む製造システムの構成例を示すブロック図である。

40

【図2】図2は、図1のネットワークを流れるパケットの構成例を示す図である。

【図3】図3は、IPパケットのフォーマットの例を示す図である。

【図4】図4は、TCPパケットのフォーマットの例を示す図である。

【図5】図5は、UDPパケットのフォーマットの例を示す図である。

【図6】図6は、図1の製造システムにおいて、パケットのヘッダに含まれるIPアドレス等の組合せとパケットのペイロードに含まれるデータの種別との対応関係の例を示す図である。

【図7】図7は、図1の製造装置の状態遷移の例を示す状態遷移図である。

【図8】図8は、制御コマンドのフォーマットの例を示す図である。

50

- 【図 9】図 9 は、制御コマンドの構文の例を示す図である。
- 【図 10】図 10 は、稼働実績通知のフォーマットの例を示す図である。
- 【図 11】図 11 は、稼働実績通知の構文の例を示す図である。
- 【図 12】図 12 は、図 1 のデータ分析装置の構成例を示すブロック図である。
- 【図 13】図 13 は、図 1 のデータ分析装置の動作の例を示すフローチャートである。
- 【図 14】図 14 は、図 13 のフローチャートの変形例を示すフローチャートである。
- 【図 15】図 15 は、正常時の制御コマンドの順序の例を示す図である。
- 【図 16】図 16 は、異常時の制御コマンドの順序の例を示す図である。
- 【図 17】図 17 は、図 13 のフローチャートの更なる変形例を示すフローチャートである。
- 【図 18】図 18 は、正常時の稼働実績情報の順序の例を示す図である。
- 【図 19】図 19 は、異常時の稼働実績情報の順序の例を示す図である。
- 【図 20】図 20 は、図 13 のフローチャートの更なる変形例を示すフローチャートである。
- 【図 21】図 21 は、製造装置の状態遷移図であって、各状態から次の状態への遷移確率が示されている。
- 【図 22】図 22 は、正常時における製造装置の状態遷移の確率に関する規則の例を示す図である。
- 【図 23】図 23 は、異常時における制御コマンドの実際の発生確率に関する情報の例を示す図である。
- 【図 24】図 24 は、異常時における稼働実績情報の実際の発生確率に関する情報の例を示す図である。
- 【図 25】図 25 は、異常時における製造装置の状態遷移の実際の発生確率に関する情報の例を示す図である。
- 【図 26】図 26 は、正常時における次のコマンドの発生確率に関する規則の例を示す図である。
- 【図 27】図 27 は、正常時における次の稼働実績情報の発生確率に関する規則の例を示す図である。
- 【図 28】図 28 は、図 13 のフローチャートの更なる変形例を示すフローチャートである。
- 【図 29】図 29 は、製造装置の状態遷移図であって、各状態になってから次の状態になるまでの時間が示されている。
- 【図 30】図 30 は、正常時における製造装置の状態遷移に要する時間に関する規則の例を示す図である。
- 【図 31】図 31 は、異常時における制御コマンドの出力までの実際の時間に関する情報の例を示す図である。
- 【図 32】図 32 は、異常時における稼働実績情報の出力までの実際の時間に関する情報の例を示す図である。
- 【図 33】図 33 は、異常時における製造装置の状態遷移に要する実際の時間に関する情報の例を示す図である。
- 【図 34】図 34 は、正常時における次のコマンドの出力までの時間に関する規則の例を示す図である。
- 【図 35】図 35 は、正常時における次の稼働実績情報の出力までの時間に関する規則の例を示す図である。
- 【図 36】図 36 は、本発明の実施形態に係るデータ分析装置を実現するコンピュータシステムの構成例を示すブロック図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0016】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図面において同じ参照番号で示された構成要素は、同一の又は類似の構成要素である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の実施形態に係るデータ分析装置を含む製造システムの構成例を示すブロック図である。図 1 の製造システム 1 0 0 は、ネットワーク 2 と、製造制御装置 1 0 と、製造装置 2 2 , 2 4 と、データ分析装置 3 0 とを有する。製造制御装置 1 0、製造装置 2 2 , 2 4、及びデータ分析装置 3 0 は、ネットワーク 2 で接続されている。

【 0 0 1 8 】

製造制御装置 1 0 は、製造システム 1 0 0 全体の制御を行う。製造制御装置 1 0 は、例えば、制御コマンドや製造のためのデータを製造装置 2 2 , 2 4 に送信し、製造装置 2 2 , 2 4 は、例えば、自身の状態等を稼働実績情報として製造制御装置 1 0 に送信する。製造装置 2 2 , 2 4 のそれぞれは、製品を製造するための少なくとも 1 つの工程を行う装置である。製造システム 1 0 0 は、より多くの製造装置を有していてもよく、1 つの製造装置のみを有していてもよい。

10

【 0 0 1 9 】

ネットワーク 2 は、例えば L A N (local area network) であり、有線ネットワークであってもよいし、無線ネットワークであってもよい。ネットワーク 2 は、インターネットに接続されていてもよい。データ分析装置 3 0 は、ネットワーク 2 に流れるデータ、特に製造制御装置 1 0 と製造装置 2 2 又は 2 4 との間で送受信されるデータを受信することができるように、ネットワーク 2 に接続される。例えば、ネットワーク 2 は、製造システム 1 0 0 の構成要素である製造制御装置 1 0、製造装置 2 2 及び 2 4、並びにデータ分析装置 3 0 の間で送受信されるデータが、これらのいずれの構成要素でも受信できるように構成されていてもよいし、データ分析装置 3 0 が、ネットワーク 2 で用いられるルータのミラーポートに接続されていてもよい。図 1 において、各構成要素の下に記載された数字は、その構成要素に割り当てられた I P (internet protocol) アドレスの例を示す。

20

【 0 0 2 0 】

図 2 は、図 1 のネットワーク 2 を流れるパケット (フレームとも呼ばれる) の構成例を示す図である。図 3 は、I P パケットのフォーマットの例を示す図である。I P パケットは、図 2 のパケットからイーサネット (登録商標) ヘッダを取り除いたものである。I P ヘッダには、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスが含まれる。

【 0 0 2 1 】

図 4 は、T C P (transmission control protocol) パケットのフォーマットの例を示す図である。図 5 は、U D P (user datagram protocol) パケットのフォーマットの例を示す図である。T C P パケット又は U D P パケットは、I P パケットから I P ヘッダを取り除いたものである。T C P ヘッダ又は U D P ヘッダには、送信元ポート番号及び宛先ポート番号が含まれる。

30

【 0 0 2 2 】

図 6 は、図 1 の製造システム 1 0 0 において、パケットのヘッダに含まれる I P アドレス等の組合せとパケットのペイロードに含まれるデータの種類の対応関係の例を示す図である。図 6 において、例えば、送信元 I P アドレス 192.168.10.1、宛先 I P アドレス 192.168.10.10、及び宛先ポート番号 10000 という組合せ A には、ペイロードのデータの種類として制御コマンドが対応するということを示している。このとき、送信元ポート番号はどのような値であってもよい。これを図 1 に即して説明すると、製造制御装置 1 0 から製造装置 2 2 のポート番号 10000 へのパケットは、ペイロードに制御コマンドを含んでいる、ということがわかる。

40

【 0 0 2 3 】

また、例えば、送信元 I P アドレス 192.168.10.10、送信元ポート番号 20000、及び宛先 I P アドレス 192.168.10.1 という組合せ B には、ペイロードのデータの種類として稼働実績通知が対応するということを示している。このとき、宛先ポート番号はどのような値であってもよい。これを図 1 に即して説明すると、製造装置 2 2 のポート番号 20000 から製造制御装置 1 0 へのパケットは、ペイロードに稼働実績通知を含んでいる、ということがわかる。

50

【 0 0 2 4 】

図 7 は、図 1 の製造装置 2 2 の状態遷移の例を示す状態遷移図である。ここでは、製造装置 2 2 は、例えば、プリント基板に電子部品を実装する装置であるとする。製造装置 2 2 は、制御コマンドを製造制御装置 1 0 からパケットによって受信する。製造装置 2 2 の状態は、制御コマンドの受信又は制御コマンドで指示された動作の終了に従って、図 7 のように、待機状態、基板搬入状態、基板実装状態、基板搬出状態の順で遷移する。製造装置 2 2 は、その状態が遷移する際等に、稼働実績通知を製造制御装置 1 0 へパケットによって送信する。製造装置 2 4 も、製造装置 2 2 と同様に構成されている。

【 0 0 2 5 】

図 8 は、制御コマンドのフォーマットの例を示す図である。制御コマンドは、制御コマンド番号フィールドと、制御パラメータフィールドとを有する。図 9 は、制御コマンドの構文の例を示す図である。図 9 に示されているように、例えば、制御コマンド番号は、0, 1, 2 又は 3 でなければならない。例えば、制御コマンド番号が 0 である場合には、制御パラメータは 0, 1, 2 又は 3 でなければならない。例えば、制御コマンド番号が 1, 2 又は 3 である場合には、制御パラメータは 0 又は 1 でなければならない。このような、制御コマンドの各フィールドが取り得る値に関する規定を、制御コマンドの構文と称する。

10

【 0 0 2 6 】

なお、制御コマンドは、チェックサムや、メッセージ認証コード (M A C : message authentication code) を格納するフィールドを有していてもよい。チェックサムや M A C についても、取り得る値に関する規定があり、そのような規定も、制御コマンドの構文に含まれる。

20

【 0 0 2 7 】

図 1 0 は、稼働実績通知のフォーマットの例を示す図である。稼働実績通知は、稼働実績通知番号フィールドと、稼働実績情報フィールドと、基板番号フィールドとを有する。図 1 1 は、稼働実績通知の構文の例を示す図である。図 1 1 に示されているように、例えば、稼働実績通知番号は、0, 1, 2, 3, 4 又は 5 でなければならない。例えば、稼働実績通知番号が 0 である場合には、稼働実績情報フィールドのビット 2 0, 1 9 が表す数は、0, 1, 2 又は 3 でなければならない。稼働実績情報フィールドのビット 3 1 - 2 1 が表す数は、0 ~ 1 0 2 3 の範囲内にななければならない。基板番号は、基板を 1 枚生産する毎に 0 から 1 ずつカウントアップされる。ただし、3 2 7 6 7 の次は 0 にリセットされる。このため、基板番号は、0 から 3 2 7 6 7 の範囲内にななければならない。このような、稼働実績通知の各フィールドが取り得る値に関する規定を、稼働実績通知の構文と称する。

30

【 0 0 2 8 】

なお、制御コマンド及び稼働実績通知は、バイナリデータで構成されていてもよいし、アスキー文字等の文字列で構成されていてもよい。製造制御装置 1 0 が、制御コマンドを例えば暗号鍵によって暗号化して送信し、製造装置 2 2 及び 2 4、並びにデータ分析装置 3 0 が、暗号化された制御コマンドを復号化してもよい。製造装置 2 2 及び 2 4 が、稼働実績通知を例えば暗号鍵によって暗号化して送信し、製造制御装置 1 0 及びデータ分析装置 3 0 が、暗号化された稼働実績通知を復号化してもよい。

【 0 0 2 9 】

図 1 2 は、図 1 のデータ分析装置 3 0 の構成例を示すブロック図である。データ分析装置 3 0 は、送受信機 3 2 と、解析器 3 4 と、選択器 3 6 と、判定器 3 8 と、記憶装置 4 2 とを有する。

40

【 0 0 3 0 】

送受信機 3 2 は、製造制御装置 1 0 と製造装置 2 2 又は 2 4 との間で伝送されるパケットをネットワーク 2 から受信して解析器 3 4 に出力する。解析器 3 4 には、図 6 のような対応関係が予め格納されている。解析器 3 4 は、例えば図 6 の対応関係に基づいて、受信されたパケットのヘッダに含まれる I P アドレス及びポート番号から、受信されたパケットのペイロードに含まれるデータの種別を求め、選択器 3 6 に出力する。

【 0 0 3 1 】

50

記憶装置 4 2 には、データの種類に対応する構文又は規則、例えば、制御コマンドの構文及び稼働実績通知の構文が、予め格納されている。選択器 3 6 は、解析器 3 4 で求められたデータの種類に対応する構文又は規則を、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出す。

【 0 0 3 2 】

判定器 3 8 は、ペイロードに含まれるデータが、記憶装置 4 2 から読み出された、データの種類に対応する構文又は規則に従っていない場合に、製造システム 1 0 0 に異常があると判定し、判定結果をデータ分析装置 3 0 の外部に通知する。判定器 3 8 は、例えば、判定結果を送受信機 3 2 に出力し、送受信機 3 2 は、判定結果を含むパケットを生成して製造制御装置 1 0 に送信する。本明細書において、異常とは、製造システム 1 0 0 の外部からの攻撃により生じた異常のみならず、製造システム 1 0 0 内で生じた故障による異常をも含む。

10

【 0 0 3 3 】

図 1 3 は、図 1 のデータ分析装置 3 0 の動作の例を示すフローチャートである。ブロック B 1 2 において、図 1 2 の送受信機 3 2 は、ネットワーク 2 からパケットを受信し、そのイーサネットヘッダを取り除いて解析器 3 4 に出力する。ブロック B 1 4 において、解析器 3 4 は、予め格納している図 6 の対応関係に従って、入力されたパケットの IP アドレス及びポート番号から、そのパケットのペイロードのデータの種別を求める。解析器 3 4 は、その種別をパケットとともに選択器 3 6 に出力する。例えば、送信元 IP アドレスが 192.168.10.1、宛先 IP アドレスが 192.168.10.10、宛先ポート番号が 10000 である場合には、解析器 3 4 は、ペイロードのデータの種別が図 8 のような制御コマンドである、ということを求める。

20

【 0 0 3 4 】

ブロック B 1 6 において、選択器 3 6 は、解析器 3 4 で求められたデータの種別に対応する構文を、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出す。選択器 3 6 は、読み出された構文を入力されたパケットとともに判定器 3 8 に出力する。ペイロードのデータの種別が制御コマンドである場合には、図 8 及び図 9 のような情報が構文として読み出される。ブロック B 1 8 において、判定器 3 8 は、選択器 3 6 が読み出した構文に従って、入力されたパケットのペイロードを復号する。

【 0 0 3 5 】

ブロック B 2 2 において、判定器 3 8 は、復号されたペイロードのデータに構文違反があるか否かを判定する。図 8 のように、制御コマンドは、16 ビットの制御コマンド番号フィールドと、16 ビットの制御パラメータフィールドとを有する。これらの 16 ビットのフィールドは、0 から 6 5 5 3 5 までの整数を表すことができる。しかし、ペイロードのデータの種別が制御コマンドである場合には、図 9 に示されているように、制御コマンド番号フィールドの値は 0 から 3 までの整数でなければならない。そこで、制御コマンド番号フィールドの値が 0 から 3 までの整数以外である場合には、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。

30

【 0 0 3 6 】

また、図 9 に示されているように、制御コマンド番号フィールドの値が 0 である場合には、制御パラメータフィールドの値は 0 から 3 までの整数でなければならない。制御コマンド番号フィールドの値が 1, 2 又は 3 である場合には、制御パラメータフィールドの値は 0 又は 1 でなければならない。そこで、制御コマンド番号フィールドの値が 0 であり、かつ、制御パラメータフィールドの値が 0 から 3 までの整数以外である場合には、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。更に、制御コマンド番号フィールドの値が 1, 2 又は 3 であり、かつ、制御パラメータフィールドの値が 0 又は 1 以外である場合には、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。

40

【 0 0 3 7 】

構文違反がある場合には、ブロック B 2 4 に進み、構文違反がない場合には、ブロック B 2 6 に進む。ブロック B 2 4 において、判定器 3 8 は、製造システム 1 0 0 に異常がある

50

と判定し、判定結果の通知を行う。判定器 3 8 は、例えば、送受信機 3 2 及びネットワーク 2 を経由して、製造制御装置 1 0 に判定結果を送信する。また、判定器 3 8 は、判定結果を表示器に表示させてもよい。ブロック B 2 6 において、判定器 3 8 は、製造システム 1 0 0 が正常であると判定する。ブロック B 2 4 又は B 2 6 が終了すると、1 パケットの処理が終了する。その後、図 1 3 の処理は繰り返されてもよい。

【 0 0 3 8 】

ペイロードのデータの種類の種類が図 1 0 のような稼働実績通知である場合について説明する。例えば、送信元 IP アドレスが 192.168.10.10、送信元ポート番号が 20000、宛先 IP アドレスが 192.168.10.1 である場合には、ブロック B 1 4 において、解析器 3 4 は、ペイロードのデータの種類の種類が稼働実績通知である、ということを図 6 の対応関係に従って求める。ペイロードのデータの種類の種類が稼働実績通知である場合には、ブロック B 1 6 において、記憶装置 4 2 から、図 1 0 及び図 1 1 のような情報が構文として読み出される。

10

【 0 0 3 9 】

図 1 0 のように、稼働実績通知は、16 ビットの稼働実績通知番号フィールドと、16 ビットの稼働実績情報フィールドと、32 ビットの基板番号フィールドとを有する。ペイロードのデータの種類の種類が稼働実績通知である場合には、図 1 1 に示されているように、稼働実績通知番号フィールドの値は 0 から 5 までの整数でなければならない。そこで、稼働実績通知番号フィールドの値が 0 から 5 までの整数以外である場合には、ブロック B 2 2 において、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。

【 0 0 4 0 】

各稼働実績通知番号について、稼働実績情報フィールドのビットフィールドの値は、図 1 1 に示されているような値でなければならない。そこで、稼働実績情報フィールドのビットフィールドの値が、図 1 1 に示されているような値ではない場合には、ブロック B 2 2 において、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。また、基板番号フィールドの値が 0 から 3 2 7 6 7 までの整数以外である場合には、ブロック B 2 2 において、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。更に、1 枚の基板の生産が完了したにもかかわらず、基板番号フィールドの値がカウントアップされなかった場合には、基板が盗難された等の可能性があるため、ブロック B 2 2 において、判定器 3 8 は、構文違反があると判定する。

20

【 0 0 4 1 】

このように、図 1 2 のデータ分析装置 3 0 によると、製造システム 1 0 0 における製造制御装置 1 0 と製造装置 2 2 又は 2 4 との間で伝送されるパケットを受信し、その内容から製造システム 1 0 0 に異常があることを判定することができる。受信されるパケットは、データ分析装置 3 0 とは関係なく、製造システム 1 0 0 において通常用いられるパケットであるため、既存の製造システムに大幅な改変を加えることなく、製造システムにおける異常を検出することができる。したがって、製造システム外部からの攻撃や、製造システム内部の故障等を低コストで検出することができる。

30

【 0 0 4 2 】

図 1 4 は、図 1 3 のフローチャートの変形例を示すフローチャートである。図 1 4 のフローチャートは、ブロック B 1 6 及び B 2 2 に代えて、ブロック B 2 1 6 及び B 2 2 2 をそれぞれ有する点が、図 1 3 のフローチャートとは異なっている。また、ブロック B 2 4 及び B 2 6 の後、処理はブロック B 1 2 に戻る。その他の点については、図 1 3 と同様であるため説明を省略する。

40

【 0 0 4 3 】

ブロック B 2 1 6 において、選択器 3 6 は、解析器 3 4 で求められたデータの種類の種類に対応する構文及び規則を、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出す。選択器 3 6 は、読み出された構文及び規則を、入力されたパケットとともに判定器 3 8 に出力する。例えば、ペイロードのデータの種類の種類が制御コマンドである場合には、図 8 のような情報が構文として読み出され、更に、制御コマンドの種類の順序が規則として読み出される。

【 0 0 4 4 】

50

図 1 5 は、正常時の制御コマンドの順序の例を示す図である。正常時には、図 1 5 のように、基板搬入コマンド（コマンド番号 1）、基板実装コマンド（コマンド番号 2）、基板搬出コマンド（コマンド番号 3）が、この順序で繰り返される。ブロック B 2 1 6 では、このような順序が、規則として読み出される。

【 0 0 4 5 】

ブロック B 2 2 2 において、判定器 3 8 は、復号されたペイロードに含まれるデータが示す情報の順序が規則に違反しているか否かを判定する。ここでは、判定器 3 8 は、制御コマンドの種類が規則に違反しているか否かを判定する。

【 0 0 4 6 】

図 1 6 は、異常時の制御コマンドの順序の例を示す図である。図 1 5 のように、基板実装コマンドの制御コマンドは、基板搬出コマンドであるべきである。ところが、図 1 6 では、3 番目の制御コマンドが、基板搬出コマンドであるべきところ、基板搬入コマンドとなっている。基板搬出が行われていないにもかかわらず、基板搬入コマンドが与えられており、このコマンドを実行してしまうと、製造装置 2 2 等が故障してしまう可能性がある。そこで、図 1 6 の場合には、3 番目の制御コマンドが入力されると、判定器 3 8 は、制御コマンドの種類が規則に違反していると判定する。規則違反がある場合には、ブロック B 2 4 に進み、規則違反がない場合には、ブロック B 2 6 に進む。

10

【 0 0 4 7 】

このように、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出される規則には、パケットのペイロードに含まれるデータが示す情報と、このパケット以前に受信されたパケットのペイロードに含まれるデータが示す情報との順序が規定されていてもよい。より具体的には、例えば、パケットのペイロードには第 1 制御コマンドが含まれ、このパケット以前に受信されたパケットのペイロードには第 2 制御コマンドが含まれ、かつ、第 1 制御コマンドが第 2 制御コマンドの次のコマンドである場合に、規則には、これらの制御コマンドの種類間の順序が規定されていてもよい。

20

【 0 0 4 8 】

図 1 7 は、図 1 3 のフローチャートの更なる変形例を示すフローチャートである。図 1 7 のフローチャートは、ブロック B 1 6 及び B 2 2 に代えて、ブロック B 3 1 6 及び B 3 2 2 をそれぞれ有する点が、図 1 3 のフローチャートとは異なっている。その他の点については、図 1 3 と同様であるので説明を省略する。

30

【 0 0 4 9 】

ブロック B 3 1 6 において、選択器 3 6 は、解析器 3 4 で求められたデータの種類に対応する構文及び規則を、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出す。選択器 3 6 は、読み出された構文及び規則を、入力されたパケットとともに判定器 3 8 に出力する。例えば、ペイロードのデータの種類が稼働実績通知である場合には、図 1 0 のような情報が構文として読み出され、更に、稼働実績通知に含まれる稼働実績情報の種類の順序が規則として読み出される。

【 0 0 5 0 】

図 1 8 は、正常時の稼働実績情報の順序の例を示す図である。正常時には、図 1 8 のように、稼働実績情報として基板搬入時間を含む稼働実績通知（通知番号 1）、稼働実績情報として基板実装時間を含む稼働実績通知（通知番号 2）、稼働実績情報として基板搬出時間を含む稼働実績通知（通知番号 3）が、この順序で繰り返される。ブロック B 3 1 6 では、このような順序が、規則として読み出される。

40

【 0 0 5 1 】

ブロック B 3 2 2 において、判定器 3 8 は、稼働実績情報の種類の順序が規則に違反しているか否かを判定する。図 1 9 は、異常時の稼働実績情報の順序の例を示す図である。図 1 8 のように、基板実装時間の次の稼働実績情報は、基板搬出時間であるべきである。ところが、図 1 9 では、3 番目の稼働実績情報が、基板搬出時間であるべきところ、基板搬入時間である。このような場合には、製造システム 1 0 0 に異常があると考えられる。例えば、故障や、第三者によるパケットの改ざん等が生じたことが疑われる。そこで、図 1

50

9 の場合には、3 番目の稼働実績情報が入力されると、判定器 3 8 は、稼働実績情報の種類の順序が規則に違反していると判定する。規則違反がある場合には、ブロック B 2 4 に進み、規則違反がない場合には、ブロック B 2 6 に進む。

【 0 0 5 2 】

このように、パケットのペイロードには第 1 稼働実績情報が含まれ、このパケット以前に受信されたパケットのペイロードには第 2 稼働実績情報が含まれ、かつ、第 1 稼働実績情報が第 2 稼働実績情報の次の情報である場合に、規則には、これらの稼働実績情報の種類の間の順序が規定されていてもよい。

【 0 0 5 3 】

図 2 0 は、図 1 3 のフローチャートの更なる変形例を示すフローチャートである。図 2 0 のフローチャートは、ブロック B 1 6 及び B 2 2 に代えて、ブロック B 4 1 6 及び B 4 2 2 をそれぞれ有し、ブロック B 4 2 0 を更に有する点が、図 1 3 のフローチャートとは異なっている。その他の点については、図 1 3 と同様であるので説明を省略する。図 2 0 において、パケットのペイロードには、制御コマンド又は稼働実績通知が含まれている。

10

【 0 0 5 4 】

図 2 1 は、製造装置 2 2 の状態遷移図であって、各状態から次の状態への遷移確率が示されている。図 2 2 は、正常時における製造装置 2 2 の状態遷移の確率に関する規則の例を示す図である。図 2 2 には、製造装置 2 2 の現在の状態（遷移元）、その次の状態（遷移先）、遷移の予定確率、製造装置 2 2 が状態を遷移するための制御コマンド、及び、製造装置 2 2 が状態を遷移する際に発生する稼働実績通知内の稼働実績情報が規定されている。各制御コマンド及び各稼働実績情報が発生する予定確率は、対応する遷移の予定確率と同じである。例えば、製造装置 2 2 が基板搬入状態にある場合には、次に基板実装状態に遷移する予定確率は 9 0 % であり、その遷移の際には、状態を遷移するための基板実装コマンドが発生し、基板搬入に要した時間及び機器状態情報を稼働実績情報として含む稼働実績通知が発生する。制御コマンドが記載されていない欄については、制御コマンドが発生しなくても遷移する。図 2 2 のような情報は、統計的に予め求められて、記憶装置 4 2 に格納されている。製造装置 2 4 についても、同様の情報が格納される。

20

【 0 0 5 5 】

ブロック B 4 1 6 において、選択器 3 6 は、解析器 3 4 で求められたデータの種類に対応する構文及び規則を、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出す。選択器 3 6 は、読み出された構文及び規則を、入力されたパケットとともに判定器 3 8 に出力する。例えば、図 8 及び 1 0 のような情報が構文として読み出され、更に、図 2 2 のような規則が読み出される。

30

【 0 0 5 6 】

ブロック B 4 2 0 において、判定器 3 8 は、図 2 1 の各状態について、その次の状態への遷移、制御コマンド、又は稼働実績情報の実際の発生確率を求める。判定器 3 8 は、このような発生確率を、複数のパケットの受信処理を順次行いながら求める。

【 0 0 5 7 】

ブロック B 4 2 2 において、判定器 3 8 は、いずれかの実際の発生確率の誤差、すなわち、いずれかの実際の発生確率と予定確率との差が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。いずれかの実際の発生確率と予定確率との差が、所定の閾値以上である場合には、ブロック B 2 4 に進み、その他の場合には、ブロック B 2 6 に進む。

40

【 0 0 5 8 】

図 2 3 は、異常時における制御コマンドの実際の発生確率に関する情報の例を示す図である。誤差の閾値は 1 0 % であるとする。図 2 2 の規則では、製造装置 2 2 が待機状態にある場合に、製造装置 2 2 が基板搬入状態に遷移するための基板搬入コマンドが発生する確率が、予定確率 1 0 0 % であるべきところ、図 2 3 では、実際には 8 0 % である。発生確率の誤差が 2 0 % であるので、ブロック B 4 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の確率と予定確率との差が、所定の閾値以上であると判定する。

【 0 0 5 9 】

50

図 2 4 は、異常時における稼働実績情報の実際の発生確率に関する情報の例を示す図である。誤差の閾値は 1 0 % であるとする。図 2 2 の規則では、製造装置 2 2 が待機状態にある場合に、製造装置 2 2 が基板搬入状態に遷移する際に機器状態情報を含む稼働実績通知が発生する確率が、予定確率 1 0 0 % であるべきところ、図 2 4 では、実際には 5 0 % である。発生確率の誤差が 5 0 % であるので、ブロック B 4 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の確率と予定確率との差が、所定の閾値以上であると判定する。

【 0 0 6 0 】

図 2 5 は、異常時における製造装置 2 2 の状態遷移の実際の発生確率に関する情報の例を示す図である。誤差の閾値は 1 0 % であるとする。図 2 2 の規則では、製造装置 2 2 が待機状態にある場合に、基板搬入状態への遷移が発生する確率が、予定確率 1 0 0 % であるべきところ、図 2 5 では、実際には 8 0 % である。発生確率の誤差が 2 0 % であるので、ブロック B 4 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の確率と予定確率との差が、所定の閾値以上であると判定する。

10

【 0 0 6 1 】

なお、ブロック B 4 2 0 において、判定器 3 8 は、次の状態への遷移、制御コマンド、又は稼働実績情報のうちの 1 つのみ又は複数の、実際の発生確率を求めてもよい。

【 0 0 6 2 】

図 2 0 のフローチャートによる例の変形例を説明する。図 2 6 は、正常時における次のコマンドの発生確率に関する規則の例を示す図である。図 2 6 には、現在の制御コマンド、その次の制御コマンド、及び、予定確率が規定されている。この図は図 2 1 及び図 2 2 に対応している。例えば、基板搬入コマンドが発生した場合には、製造装置 2 2 は基板搬入状態に遷移するので、その次に基板実装コマンドが発生する予定確率は、9 0 % である。図 2 6 のような情報は、統計的に予め求められて、記憶装置 4 2 に格納されている。

20

【 0 0 6 3 】

ブロック B 4 1 6 において、選択器 3 6 は、図 2 2 のような規則に代えて、図 2 6 のような規則を記憶装置 4 2 から読み出す。ブロック B 4 2 0 において、判定器 3 8 は、発生した制御コマンドの種類毎に、その次に発生する各種類の制御コマンドの実際の発生確率を求める。判定器 3 8 は、このような発生確率を、複数のパケットの受信処理を順次行いながら求める。

【 0 0 6 4 】

ブロック B 4 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の発生確率の誤差、すなわち、次のコマンドの実際の発生確率と予定確率との差が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。実際の発生確率と予定確率との差が、所定の閾値以上である場合には、ブロック B 2 4 に進み、その他の場合には、ブロック B 2 6 に進む。

30

【 0 0 6 5 】

この例によると、発生したコマンドの種類のみから、製造システム 1 0 0 に異常があることを判定することができる。

【 0 0 6 6 】

図 2 0 のフローチャートによる例の更なる変形例を説明する。図 2 7 は、正常時における次の稼働実績情報の発生確率に関する規則の例を示す図である。図 2 7 には、現在の稼働実績情報、その次の稼働実績情報、及び、予定確率が規定されている。この図は図 2 1 及び図 2 2 に対応している。例えば、基板搬入時間が稼働実績情報として発生した場合には、製造装置 2 2 は基板実装状態に遷移するので、その次に基板実装時間が稼働実績情報として発生する予定確率は、8 5 % である。図 2 7 のような情報は、統計的に予め求められて、記憶装置 4 2 に格納されている。

40

【 0 0 6 7 】

ブロック B 4 1 6 において、選択器 3 6 は、図 2 2 のような規則に代えて、図 2 7 のような規則を記憶装置 4 2 から読み出す。ブロック B 4 2 0 において、判定器 3 8 は、発生した稼働実績情報の種類毎に、その次に発生する各種類の稼働実績情報の実際の発生確率を求める。判定器 3 8 は、このような発生確率を、複数のパケットの受信処理を順次行いながら

50

がら求める。

【 0 0 6 8 】

ブロック B 4 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の発生確率の誤差、すなわち、次の稼働実績情報の実際の発生確率と予定確率との差が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。実際の発生確率と予定確率との差が、所定の閾値以上である場合には、ブロック B 2 4 に進み、その他の場合には、ブロック B 2 6 に進む。

【 0 0 6 9 】

この例によると、発生した稼働実績情報の種類のみから、製造システム 1 0 0 に異常があることを判定することができる。

【 0 0 7 0 】

図 2 8 は、図 1 3 のフローチャートの更なる変形例を示すフローチャートである。図 2 8 のフローチャートは、ブロック B 1 6 及び B 2 2 に代えて、ブロック B 5 1 6 及び B 5 2 2 をそれぞれ有し、ブロック B 5 2 0 を更に有する点が、図 1 3 のフローチャートとは異なっている。その他の点については、図 1 3 と同様であるので説明を省略する。図 2 8 において、パケットのペイロードには、制御コマンド又は稼働実績通知が含まれている。

【 0 0 7 1 】

図 2 9 は、製造装置 2 2 の状態遷移図であって、各状態になってから次の状態になるまでの時間が示されている。図 3 0 は、正常時における製造装置 2 2 の状態遷移に要する時間に関する規則の例を示す図である。図 3 0 には、製造装置 2 2 の現在の状態（遷移元）、その次の状態（遷移先）、遷移に要する予定時間、製造装置 2 2 が状態を遷移するための制御コマンド、及び、製造装置 2 2 が状態を遷移する際に発生する稼働実績通知内の稼働実績情報が規定されている。各状態について、その状態になってから、次の制御コマンド又は稼働実績情報が出力されるまでの予定時間は、次の状態への遷移に要する予定時間と同じである。例えば、製造装置 2 2 が基板搬入状態にある場合には、次に基板実装状態に遷移するのに要する予定時間は 1 0 秒であり、その遷移の際には、状態を遷移するための基板実装コマンドが出力され、基板搬入に要した時間及び機器状態情報を稼働実績情報として含む稼働実績通知が出力される。制御コマンドが記載されていない欄については、制御コマンドが出力されなくても遷移する。図 3 0 のような情報は、統計的に予め求められて、記憶装置 4 2 に格納されている。製造装置 2 4 についても、同様の情報が格納される。

【 0 0 7 2 】

ブロック B 5 1 6 において、選択器 3 6 は、解析器 3 4 で求められたデータの種類に対応する構文及び規則を、記憶装置 4 2 に格納されているデータから選択して読み出す。選択器 3 6 は、読み出された構文及び規則を、入力されたパケットとともに判定器 3 8 に出力する。例えば、図 8 及び 1 0 のような情報が構文として読み出され、更に、図 3 0 のような規則が読み出される。

【 0 0 7 3 】

ブロック B 5 2 0 において、判定器 3 8 は、図 2 9 の各状態について、その次の状態への遷移、制御コマンドの出力、又は稼働実績情報の出力に要する実際の時間を求める。判定器 3 8 は、このような時間を、複数のパケットの受信処理を順次行いながら求める。

【 0 0 7 4 】

ブロック B 5 2 2 において、判定器 3 8 は、いずれかの実際の時間の誤差、すなわち、いずれかの実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。いずれかの実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上である場合には、ブロック B 2 4 に進み、その他の場合には、ブロック B 2 6 に進む。

【 0 0 7 5 】

図 3 1 は、異常時における制御コマンドの出力までの実際の時間に関する情報の例を示す図である。誤差の閾値は 1 5 秒であるとする。図 3 0 の規則では、製造装置 2 2 が基板実装状態になってから、製造装置 2 2 が基板搬出状態に遷移するための基板搬出コマンドが出力されるまでの時間が、予定時間 1 0 秒であるべきところ、図 3 では、実際には 1 0 0 秒である。時間の誤差が 9 0 秒であるので、ブロック B 5 2 2 において、判定器 3 8 は、

10

20

30

40

50

実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上であると判定する。

【 0 0 7 6 】

図 3 2 は、異常時における稼働実績情報の出力までの実際の時間に関する情報の例を示す図である。誤差の閾値は 1 5 秒であるとする。図 3 0 の規則では、製造装置 2 2 が基板実装状態になってから、製造装置 2 2 が基板搬出状態に遷移する際に機器実装時間を含む稼働実績通知が出力されるまでの時間が、予定時間 1 0 秒であるべきところ、図 3 2 では、実際には 1 0 0 秒である。時間の誤差が 9 0 秒であるので、ブロック B 5 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上であると判定する。

【 0 0 7 7 】

図 3 3 は、異常時における製造装置 2 2 の状態遷移に要する実際の時間に関する情報の例を示す図である。誤差の閾値は 1 5 秒であるとする。図 3 0 の規則では、製造装置 2 2 が基板実装状態になってから基板搬出状態へ遷移するのに要する時間が、予定時間 1 0 秒であるべきところ、図 3 3 では、実際には 1 0 0 秒である。時間の誤差が 9 0 秒であるので、ブロック B 5 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上であると判定する。

【 0 0 7 8 】

なお、ブロック B 5 2 0 において、判定器 3 8 は、次の状態への遷移に要する時間、制御コマンドの出力までの時間、又は稼働実績情報の出力までの時間のうちの、1 つのみ又は複数を求めてもよい。

【 0 0 7 9 】

図 2 8 のフローチャートによる例の変形例を説明する。図 3 4 は、正常時における次のコマンドの出力までの時間に関する規則の例を示す図である。図 3 4 には、現在の制御コマンド、その次の制御コマンド、及び、予定時間が規定されている。この図は図 2 9 及び図 3 0 に対応している。例えば、基板実装コマンドが出力された場合には、製造装置 2 2 は基板実装状態に遷移するので、基板実装コマンドが出力されてから、その次に基板搬出コマンドが出力されるまでの予定時間は、1 0 秒である。図 3 4 のような情報は、統計的に予め求められて、記憶装置 4 2 に格納されている。

【 0 0 8 0 】

ブロック B 5 1 6 において、選択器 3 6 は、図 3 0 のような規則に代えて、図 3 4 のような規則を記憶装置 4 2 から読み出す。ブロック B 5 2 0 において、判定器 3 8 は、出力された制御コマンドの種類毎に、その制御コマンドが出力されてから、その次に各種類の制御コマンドが出力されるまでの実際の時間を求める。判定器 3 8 は、このような時間を、複数のパケットの受信処理を順次行いながら求める。

【 0 0 8 1 】

ブロック B 5 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の時間の誤差、すなわち、次のコマンドが出力されるまでの実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上である場合には、ブロック B 2 4 に進み、その他の場合には、ブロック B 2 6 に進む。

【 0 0 8 2 】

この例によると、発生したコマンドの種類のみから、製造システム 1 0 0 に異常があることを判定することができる。

【 0 0 8 3 】

図 2 8 のフローチャートによる例の更なる変形例を説明する。図 3 5 は、正常時における次の稼働実績情報の出力までの時間に関する規則の例を示す図である。図 3 5 には、現在の稼働実績情報、その次の稼働実績情報、及び、予定時間が規定されている。この図は図 2 9 及び図 3 0 に対応している。例えば、基板搬入時間が稼働実績情報として出力された場合には、製造装置 2 2 は基板実装状態に遷移するので、基板搬入時間が出力されてから、その次に基板実装時間が稼働実績情報として出力されるまでの予定時間は、1 0 秒である。図 3 5 のような情報は、統計的に予め求められて、記憶装置 4 2 に格納されている。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

50

ブロック B 5 1 6 において、選択器 3 6 は、図 3 0 のような規則に代えて、図 3 5 のような規則を記憶装置 4 2 から読み出す。ブロック B 5 2 0 において、判定器 3 8 は、出力された稼働実績情報の種類毎に、その稼働実績情報が出力されてから、その次に各種類の稼働実績情報が出力されるまでの実際の時間を求める。判定器 3 8 は、このような時間を、複数のパケットの受信処理を順次行いながら求める。

【 0 0 8 5 】

ブロック B 5 2 2 において、判定器 3 8 は、実際の時間の誤差、すなわち、次の稼働実績情報が出力されるまでの実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上であるか否かを判定する。実際の時間と予定時間との差が、所定の閾値以上である場合には、ブロック B 2 4 に進み、その他の場合には、ブロック B 2 6 に進む。

【 0 0 8 6 】

この例によると、発生した稼働実績情報の種類のみから、製造システム 1 0 0 に異常があることを判定することができる。

【 0 0 8 7 】

なお、データ分析装置 3 0 は、例えば図 2 2 , 2 6 , 2 7 , 3 0 , 3 4 及び 3 5 に記載されているような規則を、送受信機 3 2 によって受信された複数のパケットのペイロードから学習するようにしてもよい。例えば、複数のパケットから、状態とその次の状態との組合せ等の条件毎に平均化処理を行うことによって、上述したような予定確率や予定時間を予め求めて、記憶装置 4 2 に格納しておく。

【 0 0 8 8 】

図 3 6 は、本発明の実施形態に係るデータ分析装置を実現するコンピュータシステムの構成例を示すブロック図である。図 3 6 のコンピュータシステム 8 0 は、プロセッサ 8 2 と、送受信機 8 4 と、バス 8 8 と、メモリ 9 2 と、ファイル格納装置 9 4 と、入力デバイス 9 6 と、ディスプレイ 9 8 とを有する。

【 0 0 8 9 】

プロセッサ 8 2 は、バス 8 8 を経由して他の構成要素と通信する。送受信機 8 4 は、インターネット等の通信ネットワークとの間でデータを送受信する。送受信機 8 4 は、無線によって通信ネットワークに接続されていてもよい。

【 0 0 9 0 】

メモリ 9 2 は例えば R A M (random access memory) 及び R O M (read only memory) を含んでおり、データ及び命令を格納する。ファイル格納装置 9 4 は、1 以上の揮発性又は不揮発性の、非過渡的な、コンピュータ読み取り可能な格納媒体である。本発明の実施形態がソフトウェアで実現される場合には、例えば、マイクロコード、アセンブリ言語のコード、又はより高レベルの言語のコードが用いられ得る。これらのコードで記述され、本発明の実施形態の機能を実現する命令を含むプログラムを、ファイル格納装置 9 4 は格納する。ファイル格納装置 9 4 は、R A M、R O M、E E P R O M (electrically erasable programmable read only memory)、及びフラッシュメモリ等の半導体メモリ、ハードディスクドライブ等の磁気記録媒体、光記録媒体、これらの組み合わせ等を含み得る。

【 0 0 9 1 】

入力デバイス 9 6 は、タッチスクリーン、キーボード、リモートコントローラ、及びマウス等を含み得る。ディスプレイは、液晶ディスプレイ、有機 E L (electroluminescence) ディスプレイ等のフラットパネルディスプレイを含み得る。

【 0 0 9 2 】

コンピュータシステム 8 0 は、図 1 のデータ分析装置 3 0 として動作し得る。プロセッサ 8 2 は、図 1 2 の解析器 3 4、選択器 3 6、及び判定器 3 8 として動作し得る。送受信機 8 4 は、図 1 2 の送受信機 3 2 として動作し得る。ファイル格納装置 9 4 は、図 1 2 の記憶装置 4 2 として動作し得る。

【 0 0 9 3 】

本明細書における各機能ブロックは、例えば、回路等のハードウェアで実現され得る。代

10

20

30

40

50

替としては各機能ブロックの一部又は全ては、ソフトウェアで実現され得る。例えばそのような機能ブロックは、プロセッサ 8 2 及びプロセッサ 8 2 上で実行されるプログラムによって実現され得る。換言すれば、本明細書で説明される各機能ブロックは、ハードウェアで実現されてもよいし、ソフトウェアで実現されてもよいし、ハードウェアとソフトウェアとの任意の組合せで実現され得る。

【 0 0 9 4 】

以上の実施形態は、本質的に好ましい例示であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 9 5 】

以上説明したように、本開示は、データ分析装置、方法、及びプログラム等について有用である。

【符号の説明】

【 0 0 9 6 】

2 ネットワーク

1 0 製造制御装置

2 2 , 2 4 製造装置

3 0 データ分析装置

3 2 送受信機（受信機）

3 4 解析器

3 6 選択器

3 8 判定器

4 2 記憶装置

1 0 0 製造システム

10

20

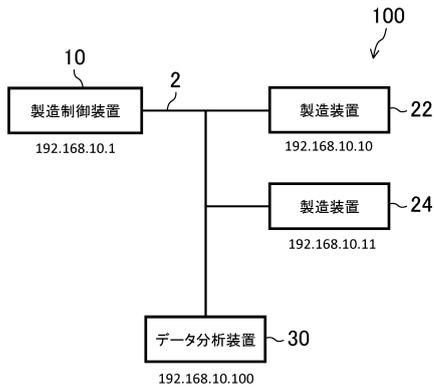
30

40

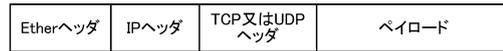
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

【図 3】



【図 4】



20

【図 5】



【図 6】

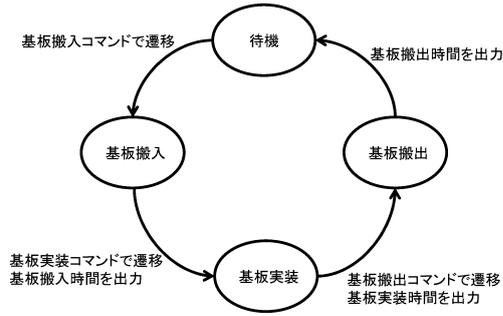
	送信元IPアドレス	送信元ポート番号	宛先IPアドレス	宛先ポート番号	ペイロードの内容
A	192.168.10.1	任意	192.168.10.10	10000	制御コマンド
B	192.168.10.10	20000	192.168.10.1	任意	稼働実績通知
C	192.168.10.1	任意	192.168.10.11	10000	制御コマンド
D	192.168.10.11	20000	192.168.10.1	任意	稼働実績通知

30

40

50

【図7】



【図8】

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
制御コマンド番号																制御パラメータ															

10

【図9】

制御コマンド番号	意味	制御パラメータ
0	部品状態確認	0: 基板搬送レーン 1: 実装ヘッド 2: 実装ノズル 3: 部品供給フィーダ
1	基板搬入	0: 基板搬入停止 1: 基板搬入実施
2	基板実装	0: 基板実装停止 1: 基板実装実施
3	基板搬出	0: 基板搬出停止 1: 基板搬出実施

【図10】

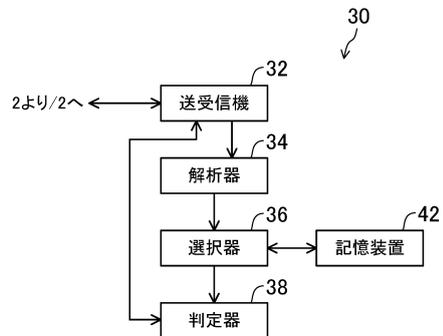
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
稼働実績通知番号																稼働実績情報															
基板番号																															

20

【図11】

稼働実績通知番号	意味	稼働実績情報
0	1枚当たり実装エラー数	ビット20-19: 部位 0: 基板搬送レーン 1: 実装ヘッド 2: 実装ノズル 3: 部品供給フィーダ ビット31-21: エラー回数 0~1023(回)
1	基板搬入時間	ビット31-21: 基板搬入時間 0~1023(秒)
2	基板実装時間	ビット31-21: 基板実装時間 0~1023(秒)
3	基板搬出時間	ビット31-21: 基板搬出時間 0~1023(秒)
4	部品状態情報	ビット16: 基板搬送レーン (0:異常なし, 1:異常) ビット17: 実装ヘッド (0:異常なし, 1:異常) ビット18: 実装ノズル (0:異常なし, 1:異常) ビット19: 部品供給フィーダ (0:異常なし, 1:異常)
5	機器状態情報	ビット31-29 0: 待機 1: 基板搬入 2: 基板実装 3: 基板搬出 4: 部品状態確認 5: 実装エラー

【図12】

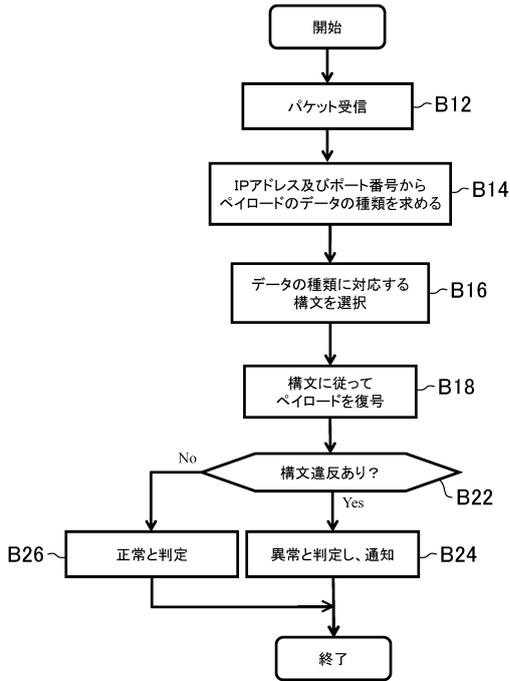


30

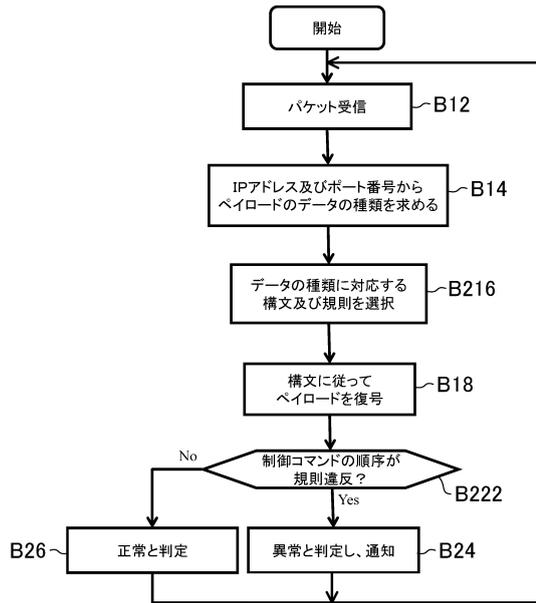
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

【 図 1 5 】

順序	制御コマンド番号	制御コマンド
1	1	基板搬入
2	2	基板実装
3	3	基板搬出
4	1	基板搬入
5	2	基板実装
6	3	基板搬出
7	1	基板搬入
...

【 図 1 6 】

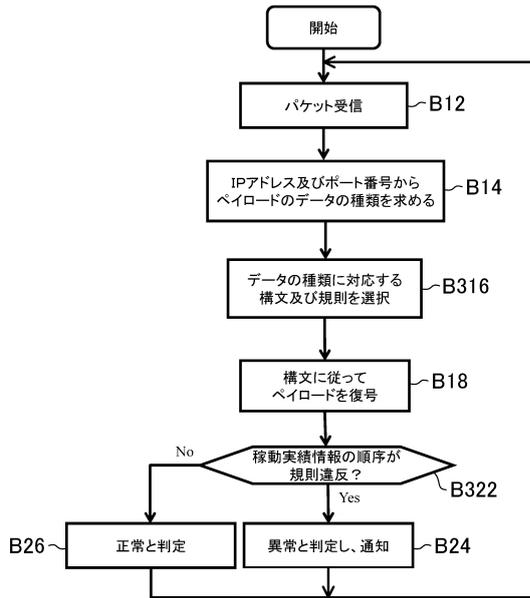
順序	制御コマンド番号	制御コマンド
1	1	基板搬入
2	2	基板実装
3	1	基板搬入
4	1	基板搬入
5	2	基板実装
6	3	基板搬出
7	1	基板搬入
...

30

40

50

【 図 17 】



【 図 18 】

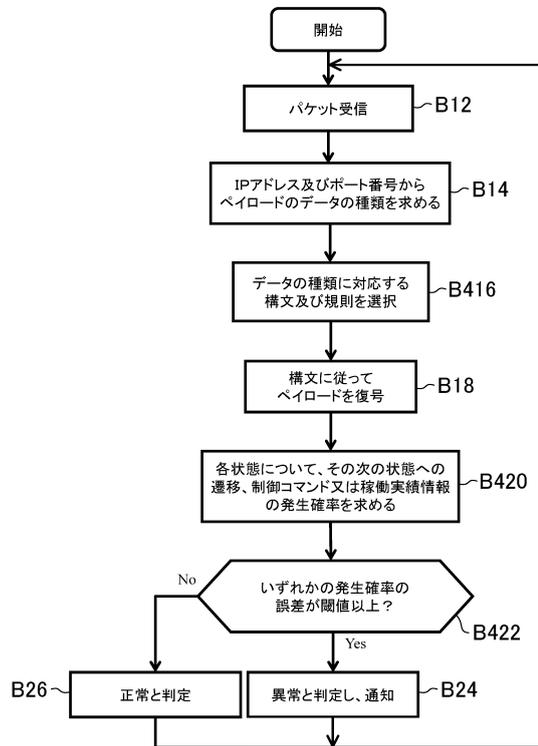
順序	稼働実績通知番号	稼働実績情報
1	1	基板搬入時間
2	2	基板実装時間
3	3	基板搬出時間
4	1	基板搬入時間
5	2	基板実装時間
6	3	基板搬出時間
7	1	基板搬入時間
...

10

【 図 19 】

順序	稼働実績通知番号	稼働実績情報
1	1	基板搬入時間
2	2	基板実装時間
3	1	基板搬入時間
4	1	基板搬入時間
5	2	基板実装時間
6	3	基板搬出時間
7	1	基板搬入時間
...

【 図 20 】



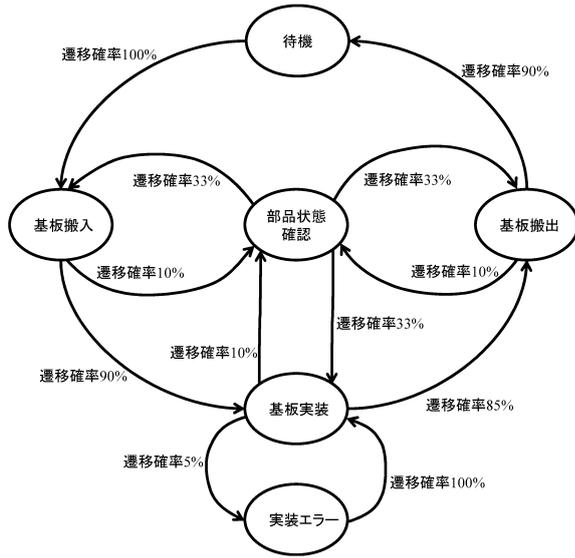
20

30

40

50

【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

遷移元	遷移先	遷移確率	遷移条件となる制御コマンド	遷移時に出力される稼働実績情報
待機	基板搬入	100%	基板搬入	機器状態情報
基板搬入	基板実装	90%	基板実装	基板搬入時間 機器状態情報
基板搬入	部品状態確認	10%	部品状態確認	機器状態情報
基板実装	基板搬出	85%	基板搬出	基板実装時間 機器状態情報
基板実装	部品状態確認	10%	部品状態確認	機器状態情報
基板実装	実装エラー	5%	—	機器状態情報
基板搬出	待機	90%	基板搬出	基板搬出時間 1枚当たり実装エラー数 機器状態情報
基板搬出	部品状態確認	10%	部品状態確認	機器状態情報
部品状態確認	基板搬入	33%	—	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板実装	33%	—	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板搬出	33%	—	部品状態情報 機器状態情報

10

【 図 2 3 】

遷移元	遷移先	発生確率	遷移条件となる制御コマンド
待機	基板搬入	80%	基板搬入
基板搬入	基板実装	90%	基板実装
基板搬入	部品状態確認	10%	部品状態確認
基板実装	基板搬出	85%	基板搬出
基板実装	部品状態確認	10%	部品状態確認
基板実装	実装エラー	5%	—
基板搬出	待機	90%	基板搬出
基板搬出	部品状態確認	10%	部品状態確認
部品状態確認	基板搬入	33%	—
部品状態確認	基板実装	33%	—
部品状態確認	基板搬出	33%	—

【 図 2 4 】

遷移元	遷移先	発生確率	遷移時に出力される稼働実績情報
待機	基板搬入	50%	機器状態情報
基板搬入	基板実装	90%	基板搬入時間 機器状態情報
基板搬入	部品状態確認	10%	機器状態情報
基板実装	基板搬出	85%	基板実装時間 機器状態情報
基板実装	部品状態確認	10%	機器状態情報
基板実装	実装エラー	5%	機器状態情報
基板搬出	待機	90%	基板搬出時間 1枚当たり実装エラー数 機器状態情報
基板搬出	部品状態確認	10%	機器状態情報
部品状態確認	基板搬入	33%	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板実装	33%	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板搬出	33%	部品状態情報 機器状態情報

20

30

40

50

【 図 2 5 】

遷移元	遷移先	発生確率
待機	基板搬入	80%
基板搬入	基板実装	90%
基板搬入	部品状態確認	10%
基板実装	基板搬出	85%
基板実装	部品状態確認	10%
基板実装	実装エラー	5%
基板搬出	待機	90%
基板搬出	部品状態確認	10%
部品状態確認	基板搬入	33%
部品状態確認	基板実装	33%
部品状態確認	基板搬出	33%

【 図 2 6 】

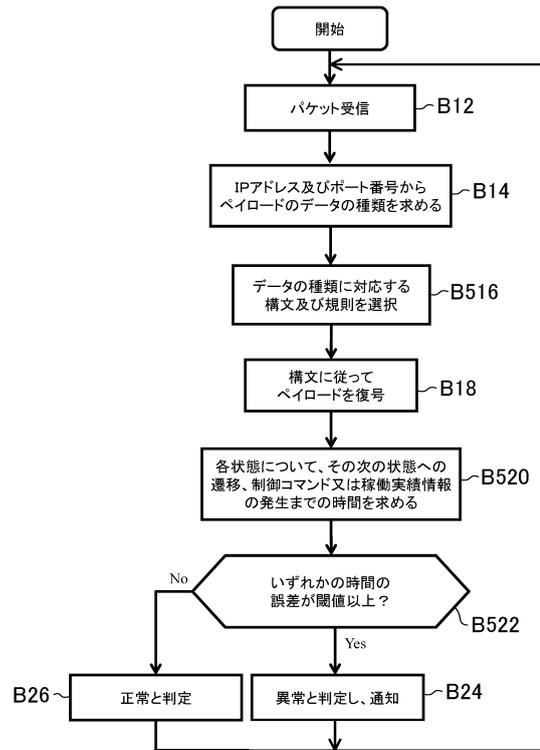
コマンド	次コマンド	確率(%)
基板搬入	基板実装	90
	部品状態確認	10
基板実装	基板搬出	85
	部品状態確認	10
基板搬出	基板搬入	90
	部品状態確認	10
部品状態確認	基板実装	30
	基板搬出	30
	基板搬入	30
	部品状態確認	10

10

【 図 2 7 】

情報	次情報	確率(%)
基板搬入時間	基板実装時間	85
	部品状態情報	10
基板実装時間	基板搬出時間	90
	部品状態情報	10
基板搬出時間	基板搬入時間	90
	部品状態情報	10
部品確認	基板実装時間	30
	基板搬出時間	30
	基板搬入時間	30
	部品状態情報	10

【 図 2 8 】



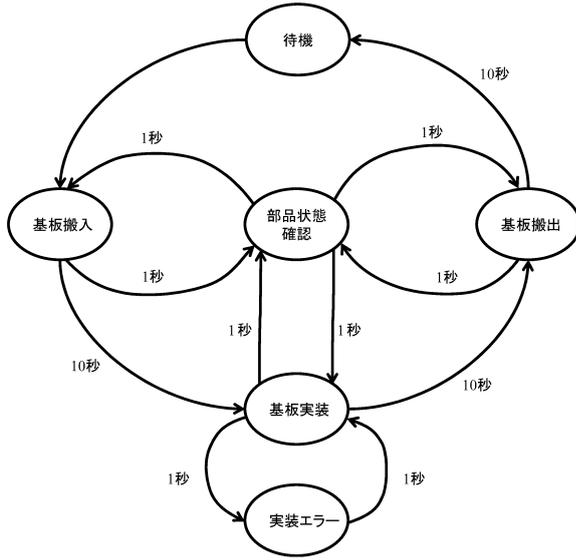
20

30

40

50

【 図 2 9 】



【 図 3 0 】

遷移元	遷移先	時間	遷移条件となる制御コマンド	遷移時に出力される稼働実績情報
待機	基板搬入	—	基板搬入	機器状態情報
基板搬入	基板実装	10秒	基板実装	基板搬入時間 機器状態情報
基板搬入	部品状態確認	1秒	部品状態確認	機器状態情報
基板実装	基板搬出	10秒	基板搬出	基板実装時間 機器状態情報
基板実装	部品状態確認	1秒	部品状態確認	機器状態情報
基板実装	実装エラー	1秒	—	機器状態情報
基板搬出	待機	10秒	基板搬出	基板搬出時間 1枚当たり実装エラー数 機器状態情報
基板搬出	部品状態確認	1秒	部品状態確認	機器状態情報
部品状態確認	基板搬入	1秒	—	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板実装	1秒	—	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板搬出	1秒	—	部品状態情報 機器状態情報

10

【 図 3 1 】

遷移元	遷移先	時間	遷移条件となる制御コマンド
待機	基板搬入	—	基板搬入
基板搬入	基板実装	10秒	基板実装
基板搬入	部品状態確認	1秒	部品状態確認
基板実装	基板搬出	100秒	基板搬出
基板実装	部品状態確認	1秒	部品状態確認
基板実装	実装エラー	1秒	—
基板搬出	待機	10秒	基板搬出
基板搬出	部品状態確認	1秒	部品状態確認
部品状態確認	基板搬入	1秒	—
部品状態確認	基板実装	1秒	—
部品状態確認	基板搬出	1秒	—

【 図 3 2 】

遷移元	遷移先	時間	遷移時に出力される稼働実績情報
待機	基板搬入	—	機器状態情報
基板搬入	基板実装	10秒	基板搬入時間 機器状態情報
基板搬入	部品状態確認	1秒	機器状態情報
基板実装	基板搬出	100秒	基板実装時間 機器状態情報
基板実装	部品状態確認	1秒	機器状態情報
基板実装	実装エラー	1秒	機器状態情報
基板搬出	待機	10秒	基板搬出時間 1枚当たり実装エラー数 機器状態情報
基板搬出	部品状態確認	1秒	機器状態情報
部品状態確認	基板搬入	1秒	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板実装	1秒	部品状態情報 機器状態情報
部品状態確認	基板搬出	1秒	部品状態情報 機器状態情報

20

30

40

50

【 図 3 3 】

遷移元	遷移先	時間
待機	基板搬入	—
基板搬入	基板実装	10秒
基板搬入	部品状態確認	1秒
基板実装	基板搬出	100秒
基板実装	部品状態確認	1秒
基板実装	実装エラー	1秒
基板搬出	待機	10秒
基板搬出	部品状態確認	1秒
部品状態確認	基板搬入	1秒
部品状態確認	基板実装	1秒
部品状態確認	基板搬出	1秒

【 図 3 4 】

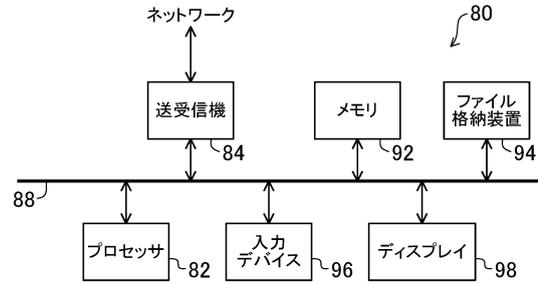
コマンド	次コマンド	時間(秒)
基板搬入	基板実装	10
	部品状態確認	1
基板実装	基板搬出	10
	部品状態確認	1
基板搬出	基板搬入	10
	部品状態確認	1
部品状態確認	基板実装	11
	基板搬出	11
	基板搬入	11
	部品状態確認	2

10

【 図 3 5 】

情報	次情報	時間(秒)
基板搬入時間	基板実装時間	10
	部品状態情報	1
基板実装時間	基板搬出時間	10
	部品状態情報	1
基板搬出時間	基板搬入時間	10
	部品状態情報	1
部品確認	基板実装時間	11
	基板搬出時間	11
	基板搬入時間	11
	部品状態情報	2

【 図 3 6 】



20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 宮島 郁美

- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 2 3 8 4 7 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 1 8 0 8 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 4 0 0 6 4 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 4 6 0 0 7 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 4 L 4 3 / 0 0