

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5285066号
(P5285066)

(45) 発行日 平成25年9月11日 (2013. 9. 11)

(24) 登録日 平成25年6月7日 (2013. 6. 7)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 F 9/50 (2006.01)

G 0 6 F 9/46 4 6 5 C

請求項の数 15 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2010-508918 (P2010-508918)	(73) 特許権者	509027191
(86) (22) 出願日	平成20年5月9日 (2008. 5. 9)		ビデオテック・ソシエタ・ベル・アチオニ
(65) 公表番号	特表2010-528359 (P2010-528359A)		V I D E O T E C S. P. A.
(43) 公表日	平成22年8月19日 (2010. 8. 19)		イタリア、イー36015スキーオ (ヴィ
(86) 国際出願番号	PCT/IB2008/001169		チェンツァ)、ヴィア・フリーウリ6番
(87) 国際公開番号	W02008/142502	(74) 代理人	100101454
(87) 国際公開日	平成20年11月27日 (2008. 11. 27)		弁理士 山田 卓二
審査請求日	平成23年5月9日 (2011. 5. 9)	(74) 代理人	100081422
(31) 優先権主張番号	M12007A001016		弁理士 田中 光雄
(32) 優先日	平成19年5月19日 (2007. 5. 19)	(74) 代理人	100125874
(33) 優先権主張国	イタリア (IT)		弁理士 川端 純市

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数のセンサを協働させるための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

環境の監視のために使用される複数のセンサを協働させる方法であって、
 ネットワーク化された複数のコンピュータが上記ネットワークを介して要求された1つ
 又はそれ以上のサービスを実行する目的で上記複数のセンサを制御する方法において、
 上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、互いに協働するために、協働方法を実行し、

上記協働方法は、

上記ネットワークに要求される様々なサービスの実行に参加する複数のコンピュータの
 チームの形成と、

予め与えられたサービスのためのチーム形成方法の決定及び適用とを含み、

上記チームの形成は、上記ネットワークを介した情報の交換によって得られることによ
 り、上記ネットワーク化された複数のコンピュータの各1つのコンピュータは、上記各1
 つのコンピュータとは異なるネットワーク化された他のコンピュータの特徴、及び上記他
 のコンピュータによって提供される上記サービスを知り、上記各1つのコンピュータとは
 異なるどのコンピュータが、予め与えられたサービスを実行するように命じられたチーム
 に属するかを知り、

上記チーム形成方法の決定は、同一のサービスを提供するすべてのコンピュータが同一
 の最適なチーム構成を検出し、それ故、上記チームの各コンピュータによって実行される
 べき複数のタスクを検出するように、上記同一のサービスを提供するチームのネットワー

10

20

ク化された複数のコンピュータが、上記同一のサービスを提供する複数のコンピュータの上記特徴に応じて上記チームの各コンピュータによって実行されるべき複数のタスクを返す同一の構成アルゴリズムを実行することを含み、

上記チーム形成方法の適用は、サービスに参加する上記ネットワーク化された複数のコンピュータが、上記構成アルゴリズムによって決定された上記複数のタスクに基づいて、上記各センサを制御することを含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、上記協働方法を周期的に実行する請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、上記ネットワークを介して要求された上記複数のサービスの集合の変化にตอบสนองして上記協働方法を実行する請求項 1 又は 2 記載の方法。

【請求項 4】

上記各 1 つのコンピュータは、どのサービスを実行するかを独立に決定し、かつその決定を上記他のコンピュータに通知することにより、上記各 1 つのコンピュータがどの他のコンピュータがまた、あるサービスを実行するかを知る請求項 1 から 3 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 5】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、どのサービスを実行するかを協調的な方法で決定することにより、上記各 1 つのコンピュータがどの他のコンピュータがまた、あるサービスを実行するかを知る請求項 1 から 3 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 6】

上記各 1 つのコンピュータは、どのサービスを実行するかを決定するために、
－上記ネットワークを介して受信された上記複数のサービス要求の集合を評価し、
－上記各 1 つのコンピュータが参加できる上記複数のサービスを選択し、
－上記選択された上記複数のサービスを上記他のコンピュータに通知し、
－上記各 1 つのコンピュータによって実行されることが可能な複数のサービスのリストを上記ネットワークを介して受信し、
－上記各 1 つのコンピュータが参加しなければならない上記複数のサービスを返すサービス割り当てアルゴリズムを実行する請求項 5 記載の方法。

【請求項 7】

上記複数のコンピュータのうちの少なくとも 1 つ、及び上記複数のセンサのうちの少なくとも 1 つは、同一の電子ユニットのビデオカメラの内部に備えられた請求項 1 から 6 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 8】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、異なる複数のタイプの情報のための異なる複数の通信方法を用いることによって上記ネットワークを介して通信する請求項 1 から 7 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 9】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、ブロードキャストモードで情報を交換する請求項 1 から 8 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 10】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、特定の複数のサービスを実行するように上記コンピュータの近傍性又は類似性の特徴に基づいてグループ分けされ、

1 つ又はそれ以上のチームに属するコンピュータは、マルチキャスト通信又はポイントマルチポイント通信を用いることによって、上記 1 つ又はそれ以上のチームの他のコンピュータのみと通信する請求項 1 から 8 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 11】

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、ステータス情報を周期的に伝送する請求項 1 から 10 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 12】

サービス要求は、上記対応するサービスがもはや要求されなくなるまで、上記ネットワークを介して周期的に伝送される請求項 1 から 11 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 13】

少なくとも 1 つのサービス要求は、上記ネットワーク化された複数のコンピュータによって送信される請求項 1 から 12 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 14】

少なくとも 1 つのサービス要求は、モニタリングステーション (3) を介してオペレータによって送信される請求項 1 から 13 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法。

【請求項 15】

ネットワーク化された複数のコンピュータを備え、

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、上記ネットワークを介して受信された 1 つ又はそれ以上のサービス要求にตอบสนองして複数のセンサを制御するように適合された検出システムのビデオ監視システムにおいて、

上記ネットワーク化された複数のコンピュータは、請求項 1 から 14 のうちのいずれか 1 つの請求項記載の方法を実施するように適合されたことを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項 1 のプリアンブルに記載の複数のセンサを協働させるための方法に関する。

【0002】

本発明はまた、センサシステム、特に、複数のセンサを備えた検出システムに関し、これらのセンサは、検出システムに要求される 1 つ又はそれ以上のサービスを実行するために、互いに協働する。

【背景技術】

【0003】

特に、本発明は、好ましくはかつ有利に、ビデオ監視システムに適用可能である。このビデオ監視システムでは、複数のビデオカメラ及び様々なタイプの複数のセンサ（例えば、赤外線センサ又はマイクロ波センサ）が、侵入者又は火災の存在などのイベントを検出すること、及び 1 つ又はそれ以上のモニタリングステーションにこれらのイベントを信号で伝えることを可能にする。これらのモニタリングステーションでは、人間オペレータが、検出されたイベントに応じて適切な対策を講じることができる。例えば、オペレータはビデオカメラを制御して、侵入者又は火災が検出されたあるエリアを撮影してもよい。

【0004】

したがって、モニタリングステーションを介して、オペレータは、異なる複数のビデオカメラにコマンドを送信すること、又はより一般に、ビデオ監視システムに複数のサービスを要求することができる。例えば、複数のビデオカメラによって撮影されたすべての画像の連続的なビュー（この機能は通常、パトロール (Patrol) と呼ばれる。）、又は複数のビデオカメラがあるターゲットを追跡するために、モニタリングステーションによって協働させられる自動追跡機能を要求することができる。

【0005】

既知の解決方法によれば、オペレータのタスクは、モニタリングステーションのレベルでの複数のスクリプトの実行によって、より簡単にされる。例えば、これらのスクリプトは、センサによって検出されたアラームにตอบสนองして、ビデオカメラを（システムがインストールされたときに事前に定められた）あるプリセット位置に位置させてもよい。

【0006】

10

20

30

40

50

これらの既知のシステムでは、複数のセンサは、中央ユニットが命令をセンサに送信することによって、集中型の方法で協働させられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】 米国特許第6636781号明細書。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、このようなシステムには、先進的な協働アルゴリズムを使用せず、したがって、システムが動的に動作することを要求する複雑な状況を適切に管理することができないという欠点がある。

【0009】

これらのシステムでは、様々なデバイスの協働は、サービスごとに単に実行されるだけであるので、すべての要求されるサービスを考慮しない。例えば、ビデオカメラの信号が2つの異なるサービスのために要求される場合、中央の端末は、何の衝突もないものとして両方のサービスを実行しようと試み、ビデオカメラを優先度の高いサービスのみ割り当てる。したがって、低い優先度を有するサービスは、不完全に実行されるであろう。

【0010】

さらに、これらのシステムにはまた、検出システムが複数のオペレータによって使用される場合、異なるオペレータの複数の要求の間で衝突が発生する可能性があるという欠点がある。

【0011】

また、これらのシステムは、複数のイベントが発生するとき、又は追跡されるべき複数のターゲットが存在するときに、同様の衝突の問題に直面する。

【0012】

一般に、集中型の制御の代用として、協働させられるべきデバイスは、ある組み合わせの結果 (team result) を達成するために実行されるべき複数の単一タスクを取り決めることによって、自律的に協働することができるエージェント装置を備えてもよいことが知られている。

【0013】

典型的にロボット工学 (例えば、特許文献1を参照。) などの極めて特定の分野に採用されるこの解決方法は、応答性及び安定性が最も重要である検出システム (特に、ビデオ監視システム) では、非常に効果的であるかわからない。

【0014】

様々なデバイス間でタスクを取り決めるために必要な時間は、多数のデバイス及びそれらの多数の可能な構成が存在するとき、実際には、非常に長い可能性がある。結果として、協働がデバイス間の取り決めに基づくこの種のシステムは、あまり応答性がよくなく、潜在的に不安定であることがわかる。

【0015】

例えば、火災の場合を議論する。アラームに応答して、異なるデバイスを管理する複数のエージェント装置が、それぞれのデバイスによって実行されるべきタスクの取り決めを開始するであろう。

【0016】

協働のために要求される時間が非常に長い場合、火災がすでに大きく広がったときのみ、ビデオカメラが協働し、かつ火災のエリアを見せるリスクが存在するであろう。

【0017】

さらに、火災が広がるにつれて、複数の別のセンサが、火災が始まった第1のエリアの隣の複数の別のエリアにおける火災アラームを信号で伝えるであろう。したがって、上記複数の別のエリアを表示するための追加の要求が存在するであろう。意志決定処理が火災

10

20

30

40

50

の進展よりも遅い場合、エージェント装置は、要求を実際に満たすことなく、（要求されたサービスにしたがって変化する）実行されるべきタスクの取り決めに継続するであろう。したがって、システムは不安定になるであろう。

【0018】

ターゲット追跡サービスを実行しなければならない複数のエージェント装置の間で、長時間の取り決めが必要とされる場合、同様の又はより悪い応答性の問題が発生する可能性がある。ターゲットがセンサの視野から出ると、複数の隣接するセンサが、ターゲットが位置する可能性がある複数のエリアをカバーするために協働するであろう。したがって、複数のセンサは、上記複数のエリアを素早くかつ適切にカバーするべきであり、その結果、追跡サービスは継続することができる。複数のエージェント装置がどのタスクが実行されるべきかに関する合意に達する前に、ターゲットがターゲットを追跡しているセンサの範囲を出た場合、追跡サービスはこれ以上継続することができない。

10

【0019】

検出システムが、複数の要求されたサービスを最善の状態で行うことによって、例えば、予め与えられたサービスのためにあるビデオカメラを使用することの不可能性を、適切な位置にある別のビデオカメラを用いることで応答的に補うことによって、システムのリソースを最適化することを可能にする効果的なセンサの協働を強く必要とする結果になる。

【0020】

本発明の目的は、複数のセンサを協働させるための代替の方法、及び関連する監視システムを提供することによって従来技術の問題を解決することである。

20

【0021】

この目的は、本明細書と一体と考えられる添付の特許請求の範囲に記載の特徴を組み込む方法及びシステムによって達成される。

【課題を解決するための手段】

【0022】

本発明は、ネットワークを介して受信された1つ又はそれ以上のサービス要求に応答して、複数のセンサを制御するために、複数のネットワーク化されたコンピュータを用いるという一般的なアイデアに基づいている。

【0023】

複数のコンピュータが情報を交換することにより、それぞれのコンピュータは、複数の別のコンピュータの特徴、及び複数の別のコンピュータによって提供される複数のサービスを知る。したがって、すべてのコンピュータは、システムの実際のステータス、特に、どのコンピュータが予め与えられたサービスを実行するように命じられたどのチームに属するかを知る。

30

【0024】

互いに協働するために、同一のサービスに参加している複数のコンピュータは、それぞれのコンピュータによって実行されるべき複数のタスクを返す同一の構成アルゴリズムを実行する。

【0025】

すべてのコンピュータは、同一の構成アルゴリズムを実行するチームに属しているので、すべてのコンピュータは、同一の最適なセンサの構成を検出し、かつそれに応じてセンサを制御するであろう。

40

【0026】

したがって、事実上、センサの協働は、様々なコンピュータの間の長く複雑な取り決めに頼る必要なく、分散型の論理によって得られる。

【0027】

好ましくかつ有利な実施形態によれば、コンピュータは、構成アルゴリズムを周期的に実行する。このようにして、システムは、システム自体を動的に再構成することができ、かつ要求されるサービスの集合、又は様々なサービスを実行するためにシステムに利用可

50

能なセンサの集合における任意の変更を考慮することができる。センサの故障、又はセンサの不正改変（tampering）のイベントにおいて、複数の別のセンサが、そのセンサの損失を補うために協働するであろうことから、これは非常に有利であることがわかる。

【0028】

さらに、コンピュータは、新しい要求に応答してアルゴリズムを有利に実行することができ、したがって、サービス要求に対する優れたシステムの応答性を保証する。

【0029】

本発明の別の目的及び利点は、以下の詳細な説明及び非限定的な例として提供される添付の図面から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

10

【0030】

【図1】本発明に係るビデオ監視システムを示す。

【図2】本発明に係る複数のセンサを協働させる方法のフローチャートである。

【図3a】ビデオカメラを作動させるためのシステムによって用いられる環境モデルを示す。

【図3b】ビデオカメラを作動させるためのシステムによって用いられる環境モデルを示す。

【図3c】ビデオカメラを作動させるためのシステムによって用いられる環境モデルを示す。

【図4a】ビデオカメラを作動させるためのシステムによって用いられる環境モデルを示す。

20

【図4b】ビデオカメラを作動させるためのシステムによって用いられる環境モデルを示す。

【発明を実施するための形態】

【0031】

図1では、参照符号1は、モニタされるべき環境を概略的に示す。環境1は、建物11及び戸外の中庭12からなる。

【0032】

特に関心のある以下のエリアが、環境1内で識別される。

ー建物のエントランス（入口）：エリアC1。

30

ー駐車場P1：エリアC2。

ー駐車場P2：エリアC3。

ーエントランスゲート：エリアC4。

環境1は、一対のモニタリングステーション3、及び複数のシステムオペレータがそれを介して環境1をモニタすることができる複数のセンサS1乃至S5を備えたビデオ監視システムを用いてモニタされる。

【0033】

本説明では、用語「センサ」は、物理量（例えば、光又は電波などの電磁信号の強度）を検出し、かつ対応する電子信号を処理することを可能にする任意のデバイスを示す。

【0034】

40

この意味では、センサは、煙検出器（例えば、それらはチンダル効果に基づいて、フォトダイオードを用いて、煙が存在する検出容器の中で拡散する光の信号を検出する。）を含んでもよく、かつ対物レンズに進入し、CCD（電荷結合素子）に入射される電磁放射に比例するビデオ信号を伝送するビデオカメラを含んでもよい。

【0035】

図1の実施例では、エリアC1乃至C4は、モニタされるべき環境内に設けられた4つのビデオカメラS1乃至S4、及び1つのボリュメトリックセンサ（volumetric sensor）S5によってモニタされる。

【0036】

環境が分割されるエリアの数、及びセンサ（ビデオカメラ及び別のセンサ）の数は、本

50

発明の制限要因ではなく、インストーラの選択に依存する。

【0037】

ビデオカメラ S 1 乃至 S 4 は、固定ビデオカメラ、又は可動ビデオカメラ、特に P T Z タイプ（パン／チルト／ズーム）であってもよい。

【0038】

図 1 の実施例では、ビデオカメラ S 1 及び S 3 は、固定ビデオカメラであり、それぞれエリア C 1 及び C 3 のみを撮影する一方、ビデオカメラ S 2 及び S 4 は、P T Z ビデオカメラであり、それぞれエリア C 1、C 2、及び C 3、C 4 を撮影することができる。

【0039】

ボリュメトリックセンサ S 5 は固定センサであり、建物 1 1 内部で動きを検出したとき、例えば、エントランス C 1 のドアが開けられるときにアラーム信号を送信する。

10

【0040】

センサは、別のコンピュータ若しくはモニタリングステーション 3 に情報を送信する、又は別のコンピュータ若しくはモニタリングステーション 3 から情報を受信するためにデータネットワーク 2 を介して互いに通信することができる複数のコンピュータによって制御される。

【0041】

このために、コンピュータには、適切なエージェント装置が提供される。以下、この用語は、ユーザの代わりに自律的に動作し、実行されるべき複数のタスクについて決定することができるソフトウェアエンティティ又はファームウェアエンティティを示す。

20

【0042】

したがって、エージェント装置は、センサを制御するコンピュータ内で実行されるソフトウェア又はファームウェアであり、どのデータがネットワークを介してコンピュータによって送信されるか、又はどのデータが制御されるセンサに送信されるかを事実上決定する。このような理由から、本説明では、ネットワーク化されたエージェント装置又はネットワーク化されたコンピュータを区別することなく参照する。

【0043】

コンピュータは、ビデオカメラ S 3 及び S 4 の場合のようにセンサに統合されてもよく、又はセンサが接続されるサーバユニット 4 であってもよい。

【0044】

30

サーバユニット 4 は、エージェント装置がネットワーク 2 を介してデータを受信しかつ送信することを可能にするネットワークインターフェース 4 1、及び 1 つ又はそれ以上の制御されるべきセンサと通信するための制御インターフェース 4 2 を備える。

【0045】

コンピュータ及び関連するエージェント装置がセンサのボード上に設けられるとき、このセンサはまた、エージェント装置がネットワーク 2 を介して通信することを可能にするネットワークインターフェースを提供されるであろう。

【0046】

データネットワーク 2 は、有線 L A N（ローカルエリアネットワーク）であってもよいが、もちろん上記データネットワークはまた、センサの取り付けを促進する可能性がある無線の構成要素を備えてもよい。

40

【0047】

好ましい実施形態では、それぞれのネットワークノード（モニタリングステーション 3、又はセンサ S 1 乃至 S 5 を制御するコンピュータ）は、任意の別のネットワークノードと通信することができる。ネットワーク 2 はまた、複数の仮想ネットワーク（V P N、仮想プライベートネットワーク）に再分割されてもよく、異なる V P N に属する 2 つのノードの間の通信は、制限を受けてもよい。

【0048】

モニタリングステーション 3 は、複数のビデオカメラから画像を受信し、かつそれらの画像を、複数の画像 3 3 を同時に表示するように適合された適切な可視化手段 3 2 に表示

50

するコンピュータ 31 を備える。

【0049】

上記可視化手段は、好ましくは、いくつかの画像を互いに隣接して表示する複数のスクリーン又は単一のスクリーンを備える（この解決方法は多重化として知られる。）。

【0050】

モニタリングステーション 3 はまた、パン、チルト、及びズームの角度を変更することによって、PTZ ビデオカメラを制御するためにオペレータによって使用されるキーボード 34、マウス 35、及びジョイスティック 36 などの別の既知の構成要素を備える。

【0051】

可視化手段のように、これらの構成要素はまた、コンピュータ 31 に接続され、このコンピュータは、適切なインターフェース、例えば、ジョイスティック 36 のためのインターフェース、ビデオカメラ S1 乃至 S4 から受信した画像を可視化手段 32 に送信するためのビデオインターフェース、及び制御データがそれを介してビデオカメラに送信されるネットワークインターフェースを備えている。

10

【0052】

キーボード、ジョイスティック、及びマウスとともにこのユーザインターフェースは、ユーザがビデオカメラを選択しかつ制御することを可能にし、したがって、1 つ又はそれ以上のビデオカメラから可視化手段 32 への画像の転送を作動させる。

【0053】

任意のエリア C1 乃至 C4、例えば、駐車場 P2 が選択されたとき、関心のあるエリア内の異常なイベントを検出する確率を最大化することを目的とした後述する所定の基準にしたがって、選択されたエリアに自動的に関連付けられたビデオカメラ、例えば S2 から、画像が転送される。

20

【0054】

オペレータによってシステムに要求された複数のサービス（例えば、ビデオカメラ S2 を制御すること、又はセル C3 をカバーすること）を実行するために、モニタリングステーションは、ネットワークを介してサービス要求を送信する。その後、その要求は、後述する方法にしたがってコンピュータのエージェント装置によって処理され、オペレータの要求を満たすために、どのコンピュータがサービスに参加しなければならないか、及びそれらのコンピュータがどのようにそれぞれのセンサを制御しなければならないかを決定することになるであろう。

30

【0055】

したがって、協働を提供するために、図 1 の監視システムは、中央の協働ノードを有しない分散型のアーキテクチャを使用する。すべてのネットワークノード（センサを制御するコンピュータ、及びモニタリングステーション）はピアノードであり、すなわち、ノードは互いに対等な関係である。

【0056】

互いに協働する（したがって、複数のセンサも協働する）ために、ネットワーク 2 に接続されたすべてのエージェント装置が情報を交換することにより、それぞれのエージェント装置は、ビデオ監視システムのステータスを知る。

40

【0057】

特に、コンピュータのステータス、及びエージェント装置によって現在実行されている複数のアクティビティについてのそれぞれのエージェント装置からの情報が他のエージェント装置に利用可能になる。例えば、以下の情報である。

- ・コンピュータの動作に関する一般的なデータ：例えば、アクティビティの存在、CPU の負荷、コンピュータへのアクセス数など。

- ・エージェント装置が現在取り組んでいる複数のサービスに関するデータ：例えば、サービスのタイプ、そのサービスを要求したモニタリングステーションの識別子、サービスのステータス、サービスを実行するために用いられるセンサのステータスなど。

- ・検出されたイベント。

50

【0058】

好ましい実施形態では、サービス要求は、ネットワーク2のすべてのノードに無差別に送信されるが、異なる解決方法がまた可能であり、それらは以下で詳述される。

【0059】

サービス要求は、センサ制御エージェント装置又はモニタリングステーション3のいずれかによって送信される。この方法では、センサ制御エージェント装置は、オペレータの要求、及び別のエージェント装置からの要求に応答するであろう。

【0060】

例えば、ポリュメトリックセンサS5を制御するエージェント装置が、ビデオカメラを用いて侵入が検出されたエリアをカバーする要求を送信する場合、ビデオカメラS1乃至S4を制御するエージェント装置は、上記エリアをカバーするように協働し、別のサービスを中断する要求を許可する。

10

【0061】

周期的に又は要求が受信されたときに、エージェント装置は、同一のサービスに参加するどのエージェント装置が、サービスの実行に含まれるエージェント装置の最適な構成を出力する同一の構成アルゴリズムを実施するかにしたがって、後述する協働方法を実施する。この構成は、システムのリソースの利用をできる限り最適化することによって、最善の状態で複数の要求されたサービスを実行することを可能にする構成である。

【0062】

複数のエージェント装置は、(システムのステータスに関する)同一の複数の入力変数から開始することによって、同一のアルゴリズムを実施するので、制御されるセンサの最適な構成について同一の結論に到達するであろう。特に、例えば、エージェント装置は、予め与えられたビデオカメラがどのように位置を合わせられなければならないか、どのズームの値が設定されなければならないか、どのビデオカメラが取得されたビデオを予め与えられたモニタリングステーションに伝送しなければならないか、及びどのビデオカメラが取得されたビデオ信号を記憶しなければならないかなどを知る。

20

【0063】

方法.

好ましい協働方法は、すべてのエージェント装置によって周期的に実施され、2つのステップに構築される。

30

- ・ネットワークに要求される様々なサービスの実行に参加するエージェント装置のチームの形成。
- ・予め与えられたサービスのためのチーム方法の決定及び適用。

【0064】

上記方法は、「協働アルゴリズム」と呼ばれるアルゴリズムを参照することによって実行される。アルゴリズムの第1の部分(チームの形成)は、すべてのネットワーク化されたエージェント装置について同一である一方、第2の部分(チーム方法の決定)は、1つのチームに属するすべてのエージェント装置について同一である。

【0065】

協働アルゴリズム(すなわち、センサの協働を達成するために実行されるべき動作の集合)は、図2を参照して説明される。

40

【0066】

アルゴリズムが開始した(ステップ100)後、協働アルゴリズムを実行しているエージェント装置は、まず、エージェント装置の制御されるデバイスの1つが、システムに要求された1つ又はそれ以上のサービスの実行に含まれるか否かを検証する(ステップ101)。

【0067】

図1の実施例を参照すると、建物11のエントランス(セルC1)をモニタすることを要求する1つの要求のみが存在する場合、ビデオカメラS4を制御するエージェント装置は、ビデオカメラS4がどの位置からもそのエリアを撮影することができないので、要求

50

されたサービスに参加することができないことを決定するであろう。

【0068】

エージェント装置がいずれのサービスにも参加しない場合、エージェント装置は、そのステータス、及びいずれのサービスにも参加しないことを示す情報をネットワークを介して送信するであろう（ステップ105）。

【0069】

一方、エージェント装置が1つ又はそれ以上のサービスの実行に含まれる場合、エージェント装置は、自分が含まれるすべてのサービスを実行するための十分なリソースを有するか否かを決定するであろう（ステップ102）。十分なリソースを有する場合、エージェント装置は、更新された情報を送信することによって、いずれのサービスにも参加しないことを示す自分のステータスを別のネットワーク化されたエージェント装置に通知するであろう（ステップ105）。

10

【0070】

エージェント装置の利用可能なリソースが十分でない場合、エージェント装置は、適切な優先度計画にしたがって、自分が含まれる複数の要求されたサービスをソートするであろう（ステップ103）。

【0071】

例えば、このような優先度計画は、オペレータ、モニタリングステーション3、及び異なるサービスなどに割り当てられた優先度レベルを参照してもよい。

【0072】

20

したがって、同一の優先度を有し、かつ異なるサービスを要求するすでにサービスを提供されたオペレータのために、様々なサービスタイプに割り当てられた優先度を参照する。例えば、エリアをカバーすることを要求するサービスは、あるセンサの制御を要求する別のサービスより低い優先度を有するであろう。実際には、前者は様々なエージェント装置の部分集合によってより自由に提供される一方、後者は選択の自由がない（要求が特定のセンサに関わる。）。

【0073】

ソートが完了した後、エージェント装置は、最も高い優先度を有するサービスから初めて、利用可能なリソースが使い果たされるまで、自分が参加するであろうサービスを選択する（104）。

30

【0074】

したがって、エージェント装置によって選択されたサービスの集合は、その後、すべての別のネットワーク化されたエージェント装置に利用可能にされる（105）。

【0075】

協働アルゴリズムはその後、ネットワーク上の別のエージェント装置のステータスについての更新された情報を受信するまで、予め設定された期間Tの間待機する（ステップ106）。

【0076】

協働アルゴリズムの第1のステップの最後では、それぞれのエージェント装置は、どのエージェント装置が自分と全く同じサービスに割り当てられているか、すなわち、チームの構成要素であるかを知る。

40

【0077】

この時点で、本実施形態では、それぞれのエージェント装置が、他のエージェント装置から独立して、優先度計画にしたがって複数のサービスを選択するので、チーム形成の処理（ステップ100-106）は、複数のエージェント装置の間の協力を要求しないことに注目するべきである。

【0078】

実際には、本方法の第2のステップは、ある種のサービスに参加しているこれらのエージェント装置のみによって実行される。

【0079】

50

ステップ107で、エージェント装置がいくつかのサービスに参加しなければならないか否かが検証される。

【0080】

参加しなくてもよい場合、エージェント装置は、協調アルゴリズムを停止するであろう（ステップ110）。そうでなければ、少なくとも1つのサービスに参加するそれぞれのエージェント装置は、自分が参加しなければならないそれぞれのサービスのための特定の構成アルゴリズム（ステップ108）を実行するであろう。

【0081】

例えば、特定の環境エリアのために要求されたカバレッジ（サービスエリア）サービスに参加しなければならないすべてのこれらのエージェント装置は、最適なカバレッジのために、同一のアルゴリズムを実行するであろう。そのアルゴリズムは、チームに属する複数のエージェント装置の特徴を入力として用いることにより、予め与えられたエリアの最良のカバレッジを提供するためにそれぞれのエージェント装置が実行しなければならないタスクを示す最適なチーム構成を返す。

10

【0082】

したがって、複数のチームエージェント装置は、同一の結論に達し、かつすべてのエージェント装置に共通する（構成アルゴリズムによって定義される）論理にしたがってそれぞれのセンサを協働的な方法で制御するであろう。

【0083】

構成アルゴリズムのいくつかの例が、本説明の最後に提供されるであろう。

20

【0084】

様々な構成アルゴリズム（例えば、最適カバレッジアルゴリズム、又はリーダー選挙アルゴリズム）が実行されると、その出力はそれぞれのエージェント装置によって実行されるべきタスクの集合であり、エージェント装置は、それに応じて、それぞれのセンサを制御するであろう（ステップ109）。その後、協働アルゴリズムは終了するであろう（ステップ110）。

【0085】

上述した実施形態では、協働アルゴリズムは、周期的に（例えば、タイマが作動するたびに）実行されるが、別の可能な実施形態によれば、アルゴリズムはまた（又は、代替として、ただ単に）、システムに要求されたサービスの集合の変化にตอบสนองして実行される。上記変化は、システムに要求されたすべてのサービスに常に気付いているすべてのエージェント装置に知られる。

30

【0086】

ネットワーク通信方法。

好ましい実施形態では、様々な通信プロトコルが、送信されるべき情報のタイプに依存して、複数のネットワークノードの間の通信のために使用される。特に、一すべてのネットワークノードの間で共有されるべき情報（例えば、エージェント装置のステータス情報、及びサービス要求）のために、パルス状のブロードキャスト通信が使用される。

一特定のモニタリングステーションに宛てられた情報（例えば、オーディオ／ビデオストリーミング、及び制御データストリーミング）のために、ポイントツーポイント通信、又はポイントマルチポイント通信が使用される。

40

【0087】

パルス状の通信。

このタイプのパルス状の通信を用いて、データパケットが、同時にかつ繰り返して複数のノードに送信される。このようなデータパケットは、（データの繰り返し／脈動が、心拍に似ているので）「心拍」と呼ばれる。

【0088】

一般に、心拍脈動は、異なるエージェント装置の心拍間の同期を要求することなく、数ヘルツの範囲の所定の周波数で、ネットワークを介して実行される。

50

【0089】

周波数は、監視システムの計画段階の間に決定され、かつ監視システムのセットアップ段階の間に設定される。

【0090】

周波数の値は、どれほどの速さでネットワーク化されたエージェント装置が、あらゆる別のエージェント装置のステータス情報を受信するかに影響する。例えば、0.1 Hzの周波数を用いると、心拍の発生直後に発生する、すなわちその心拍では送信されないステータスの変化は、次の心拍が発生されたとき、すなわちほぼ10秒の遅延を伴ってネットワークを介して通信されるのみであろう。

【0091】

純粋に理論的な視点からは、心拍が非常に高い周波数、理論的に無限大の周波数で脈打たれる場合、ネットワークのステータス情報は、リアルタイムで更新される。しかしながら、実用的な視点からは、実際の監視システムでは、高い送信の周波数は、送信されるパケットの数の過剰な増加をもたらす、2つの否定的な結果を伴う。

- ・それぞれのネットワークノードの増大した作業負荷。ネットワークノードは、一方では、より多くの数の心拍を発生しなければならない、他方では、より多くのパケットを受信し、かつ解析しなければならない。（ノードは、様々な別のノードの心拍を受信し、同じタイムユニットの間により多くの心拍を生成する。）

- ・増大したネットワークトラフィック。

【0092】

実験的なテストは、ネットワークステータスが毎秒数度の速度で移動する複数のパンするデバイスの位置も含むビデオ監視アプリケーションについて、優れた脈動周波数は、1 Hz乃至5 Hzの間であり、より好ましくは1 Hz乃至2 Hzの間であることを示している。

【0093】

本発明に係るパルス状の通信を用いると、エージェント装置は、非同期の心拍パケットを生成することができ、すなわち、通常、エージェント装置によって繰り返して脈打たれるパケットとなる。

【0094】

非同期のパケットは、それらが、異常なイベントの検出についてのデータなどの重要なデータがネットワークを介して適時にブロードキャストされることを保証するという点において、特に重要である。

【0095】

心拍パケットを非同期に発生させるこのような処理は、必要に応じて（例えば、イベントが検出されたときに）のみトリガされることが望ましく、その結果、システムは、過剰な心拍発生周波数に起因する問題によって影響されない。

【0096】

データの再送信に基づくことにより、パルス状の通信は、送信エラーに対して堅牢である。

【0097】

好ましくは、パルス状の通信はまた、すべてのネットワークノードへの心拍のブロードキャスト送信を含む。

【0098】

このブロードキャスト通信は、複数のピアノードのネットワークが複数のノードに渡る情報の冗長性を達成することを可能にし、解析されかつ記録されるべき有用な情報の選択は、1つ1つの単一のノードの責任の下にある。この処理は、最適化されたデータの冗長性を保証する。ブロードキャスト通信の場合では、ネットワーク構造の知識、並びに別のノードのネットワークアドレスの知識、及び複雑でかつ冗長性のノードの選択、並びに通信方法の処理を完全に考慮しないことさえも可能である。

【0099】

パルス状の通信を介して送信される情報。

以下の情報が、パルス状の通信を介して送信される。

1. ネットワークステータスについての情報：これは、それぞれのエージェント装置、及び検出されたイベントのステータス情報を備える。このタイプの情報は、常に最新でなければならず、すなわち、現在のノードステータスに関係しなければならない。したがって、ステータスの脈動は、システムの動作中の全体にわたって継続する。

2. ネットワークへのサービスの要求：このタイプの情報の脈動は、サービスが提供されなければならないときに開始し、かつサービスが終了されなければならないときに終了する。

3. エージェント装置によって複数の別のネットワークノードに送信されるオーディオ／ビデオのサンプル。

10

【0100】

この情報は、心拍内で符号化される。

【0101】

ネットワークステータスの情報に関する限り、脈動ベースの通信は、最新の情報が配信されることを可能にする一方、ノードがそれ自体のネットワークの知識を更新するために、特定の要求を送信しなければならないことを防止する。

【0102】

一方、サービス要求に関しては、パルス状の通信は、停止メッセージを含まない通信プロトコルを実施することを可能にする。サービスは、第1の要求パケットから開始され、かつその後、それぞれの要求の脈動が停止するとすぐに終了される。サービスの終了が停止メッセージの送信に基づいているプロトコルは、通信エラーに対してあまり堅牢ではなく、したがって、パケット損失のイベントにおいて再送信を保証する通信制御ブロックの実装を要求する。このような制御ブロックは、しばしば非常に複雑であり、かつ停止メッセージの受信者が既知であることを要求する。

20

【0103】

さらに、サービス要求の脈動は、要求が持続するという利点をもたらす。要求に直ちに応答できないエージェント装置は、要求されたサービスにすでに取り組んでいるこれらエージェント装置に加わることによって、後ほど応答することができるであろう。

【0104】

サービス要求の中で、特に、センサ制御要求（例えば、ビデオカメラの制御のための要求。）、及び問い合わせ（データベースからのデータについての要求。例えば、システムオペレータのログイン情報。）に言及する価値がある。

30

【0105】

パルス状の通信処理はまた、元の信号を（再生のためではなく）部分的に再構成するために適切なオーディオ／ビデオ信号のサンプルを送信するために用いられる。したがって、このようなサンプルは、オーディオ／ビデオ信号の低い周波数でのサンプリングを用いて得られる。

【0106】

この後者のタイプの情報は、別のエージェント装置がそれを記録することを可能にするために加えられ、その結果、ビデオ信号は、発生元のエージェント装置が、取り返しがつかないほどに損傷を受けたとき、又は取り除かれたときにも、回復されることが可能である。

40

【0107】

低い周波数のサンプリング、及びネットワークを介したデータの送信は、それぞれのエージェント装置によって用いられる帯域を最小化することの必要性、及びサンプルの受信、並びに作業負荷の低減に合致する。

【0108】

サービス要求のためのプロトコル。

上述したように、サービス要求はパルス状の通信を用いて送信される。

50

【0109】

この場合、通信プロトコルは以下の複数のステップを含む。

【0110】

ネットワークノード（クライアント）は、ブロードキャストモードで、サービス要求（タスク）をすべての別のネットワークノードに、ネットワークを介してパルスする。

【0111】

上記要求は、どのエージェント装置がその要求に応答するかを知る必要がなく、どのタスクが得られるべきかを説明する情報のみを含む。すなわち、クライアントによって供給されるべき情報は、得られるべきタスクのみを指定する。

【0112】

図2を参照して上述したように、クライアントの要求を満たし、かつサービスを実行することができるエージェント装置は、要求を受理し、かつ心拍を用いてサービス要求の受理を通信により伝送するであろう。

【0113】

これが、論議されているサービスのための「開始」コマンドが実施される方法である。

【0114】

プロトコルは、明示的な停止コマンドを提供しないので、クライアントは、そのサービスに関心がある限り、同一のサービス要求をパルスし続けるであろう。

【0115】

クライアントがサービスを停止しようとするときは、クライアントは関連する要求のパルスを停止するであろう。

【0116】

パルスされたパケットを解析するエージェント装置は、それぞれの受理されたパケットの到着時刻（タイムスタンプ）を記録し、以下の式にしたがって十分に最近でないタイムスタンプを有するすべてのパケットを除去するであろう。（ $t - \text{タイムスタンプ}$ ） $>$ タイムアウトの場合、タスクが除去されるであろう。ここで、 t は現在の時刻であり、タイムアウトは所定の時刻値である。

【0117】

したがって、エージェント装置は、最後のパルスされた要求から少なくともタイムアウトに等しい時間の間、サービスに参加し続けるであろう。

【0118】

この処理は、いくつかの要求パケットの損失に起因する可能性のある任意の通信問題が、サービスの中断をもたらすことを防止する。タイムアウトは、以下の式にしたがって、脈動周波数に反比例することが好ましい。

【0119】

[数1]

タイムアウト = K / f

【0120】

ここで、 f は脈動周波数である。

【0121】

これは、通常、通信がタイムアウトに等しい時間間隔の間実行されるとき、 K 個のパケットがサーバに到着するべきであることを意味する。したがって、上記 K 個のパケットのうちのいずれもが宛先に到達していない場合にのみ、サービスは停止されるであろう。

【0122】

値 K が大きいほど、すべてのパケットの不成功の受信が通信エラーに起因することがより少なくなる。したがって、エージェント装置は、それがクライアントによる意図的な停止コマンドであることを推測することができる。

【0123】

タイムアウトが直接的に K に比例することに留意する。増加された値 K は、最後の脈動

10

20

30

40

50

の後にエージェント装置がクライアントの処分にとどまる増加された最小の時間をもたらすこととなり、したがって、エージェント装置が別のタスクを実行することを阻む。

【0124】

したがって、Kの選択、及びしたがってタイムアウトの選択は、通信エラーに対する堅牢性とリソースの解放時間との間のトレードオフを含む。

【0125】

実験的なテストは、 $K = 3$ が特に監視システムに適した優れた値であることを示している。

【0126】

制御要求のためのプロトコル.

10

この場合、通信プロトコルは以下の複数のステップを含む。

【0127】

モニタリングステーションが、特定のデバイスの直接的な制御を得るための要求をネットワークを介してパルスする。

【0128】

上記要求は、どのエージェント装置が要求に応答するかを知る必要がなく、制御されるべきセンサを記述する情報のみを含む。すなわち、モニタリングステーションは、システムのセットアップ時に入力されたラベル（例えば、「ビデオカメラ5」）などのセンサの識別子のみを提供しなければならない。

20

【0129】

要求は、上述した協働アルゴリズムを実行するすべての別のネットワーク化されたエージェント装置によって受信される。

【0130】

上記アルゴリズムの後に、センサを制御するエージェント装置のみが、サービスに参加できることを決定し（図2のステップ101）、心拍を用いてサービス要求の受理を通信により伝送する（ステップ105）。

【0131】

要求されたサービスは、予め与えられたセンサの制御であるので、サービスに参加するチームは単一のエージェント装置からなり、そのエージェント装置の唯一の機能は、モニタリングステーションとの通信のためのチャネルを確立するために、通常は動作不可能な状態である専用通信モジュールを動作可能な状態にすることである（図2のステップ108、及びステップ109）。

30

【0132】

あらゆるエージェント装置から受信された心拍を解析することによって、モニタリングステーションは、どのエージェント装置が動作可能な状態にされたかを決定することができ、かつそのエージェント装置へのポイントツーポイント接続を確立するために有用な情報を抽出することができる。この時点で、プロトコルは、モニタリングステーションが選択されたエージェント装置へのポイントツーポイント接続を確立することを要求し、そのエージェント装置は、新しく確立された通信チャネルを介して制御信号を受信するであろう。

40

【0133】

オペレータがセンサを制御しているので、エージェント装置はネットワークから心拍を受信し続けるであろう。クライアントが制御要求のパルスを停止するとき、エージェント装置はクライアントへの接続を閉じるであろう。

【0134】

問い合わせ応答プロトコル.

この場合、通信プロトコルは以下の複数のステップを含む。クライアント（すなわち、要求元のノード）は、問い合わせ要求をネットワークを介してパルスする。

【0135】

上記要求は、どのエージェント装置が要求に応答するかを知る必要がなく、クライアン

50

トが得ることの望むステータス情報についての指示のみを含む。

【0136】

エージェント装置は、自分が問い合わせ応答要求に応答できるか否かを評価し、かつ自分の決定を複数の別のエージェント装置にネットワークを介して通信により伝送する。

【0137】

リーダー選挙アルゴリズムの結果、通常は動作不可能な状態である専用通信モジュールを動作可能な状態にするリーダーエージェント装置が決定される。

【0138】

受信された心拍を解析することによって、クライアントは、どのエージェント装置が専用通信モジュールを動作可能な状態にしたのかを決定することができ、かつそのエージェント装置へのポイントツーポイント接続を確立するために有用な情報を抽出することができる。この時点で、プロトコルは、クライアントが選択されたエージェント装置へのポイントツーポイント接続を確立することを要求する。個別の問い合わせ及び関連した応答は、新しく確立された通信チャンネルを介してルーティングされるであろう。

10

【0139】

クライアントが問い合わせ要求のパルスを停止するとき、エージェント装置はクライアントへの接続を閉じるであろう。

【0140】

ポイントマルチポイント通信。

このタイプの通信は、1つのエージェント装置から1つ又はそれ以上の所定のエージェント装置又は複数のモニタリングステーションのみに情報を送信するために使用される。本章では、この情報の受信者は、クライアントと呼ばれる。

20

【0141】

このタイプの情報は、元の信号を再生するために適切なようにオーディオ／ビデオストリームを符号化するビットストリームのような信号を送信するために使用される。

【0142】

この場合、それぞれのネットワーク化されたエージェント装置がオーディオ／ビデオサーバとして動作し、その結果、1つ又はそれ以上のクライアントがエージェント装置に接続し、上記ビットストリームの送信を要求することができる。

【0143】

この場合、通信プロトコルは以下の複数のステップを含む。

30

【0144】

クライアントは、オーディオ／ビデオ信号を得るための要求をネットワークを介してパルスする。上記要求は、どのエージェント装置が要求に応答するかを知る必要がなく、どの信号が得られるべきかを記述する情報のみを含む。

【0145】

あらゆるエージェント装置が、エリアをモニタするオーディオセンサ及び／又はビデオセンサに接続されているので、クライアントによって提供されるべき情報は、接続されるべきセンサの識別子、又はモニタされるべきエリアの識別子である。

【0146】

要求は、すべてのエージェント装置によって受信され、それらのエージェント装置は、その後、要求されたサービスに参加するか否かを（それぞれのセンサの特徴、及び適切な優先度計画によって）決定するであろう（図2のステップ101-104）。

40

【0147】

クライアントの要求に応じるこれらのエージェント装置は、サービス要求に応答し、心拍によってそれらの受理を通信により伝送するであろう（図2のステップ105）。

【0148】

要求が特定のセンサに関わる場合、1つのエージェント装置のみが応答することができるであろう。代わりに、要求が予め与えられたエリアの画像の取得に関わる場合、いくつかのセンサが応答することができ、かつ最適なカバレッジのためのアルゴリズムが、最善

50

の状態でオペレータにサービスを提供するためにどのセンサが使用されるべきかを決定するために実行されるべきであろう（ステップ108）。

【0149】

その後、センサを制御するエージェント装置、すなわち選択されたエージェント装置は、オーディオ／ビデオビットストリーム専用の通常は動作不可能な状態である通信モジュールを動作可能な状態にするであろう。

【0150】

受信された心拍を解析することによって、クライアントは、どの1つ又は複数のエージェント装置が専用のビットストリーム送信モジュールを動作可能な状態にするかを決定することができ、かつそれらのサーバへのポイントツーポイント接続を確立するために有用な情報を抽出することができる。この時点で、プロトコルは、クライアントが選択された複数のサーバへのポイントツーポイント接続を確立することを要求し、それらのサーバは、新しく確立された通信チャネルを介してオーディオ／ビデオビットストリームを送信するであろう。

10

【0151】

クライアントがストリーミング要求のパルスを停止するとき、サーバはビットストリームを停止し、クライアントへの接続を閉じるであろう。

【0152】

変形例.

好ましい解決方法によれば、パルス状の通信は、複数のネットワークノードに情報をブロードキャストするために使用される。

20

【0153】

しかしながら、この解決方法は、それぞれのノードによって取り扱われるべき作業負荷（例えば、入力された心拍の受信及び解析）の点、及びネットワークトラフィックの点の両方から、ネットワーク上に多大な負荷を加えることを意味する。

【0154】

この問題は、ノード（エージェント装置、及びモニタリングステーション）の数、及び要求されたサービスの数が非常に多いときに特に感じられる。

【0155】

代替の実施形態では、エージェント装置は、特定の複数のサービスを実行するように、エージェント装置の近傍性又は類似性（affinity）の特徴に基づいてグループ分けされる。

30

【0156】

この実施形態では、あるチームのエージェント装置は、自分のステータス情報を同一のチームに属する複数の別のエージェント装置のみに送信し、したがって、マルチキャストのパルス状の通信、又はより一般に言えば、ポイントマルチポイント通信を使用する。

【0157】

この場合、心拍はまた、複数のターゲットエージェント装置のアドレスについての情報を含む。

【0158】

この実施形態によれば、エージェント装置は、いくつかの近隣のチームに属してもよく、したがって、検出されたイベントについての情報があるチームから別のチームへ伝搬されることを可能にする。イベントを検出したチームのエージェント装置は、同一の情報を自分が属するすべてのチームに通信により伝送し、したがって、近隣のチームのエージェント装置が例えば、イベントが検出されたエリアの隣のエリアをモニタするための準備をすることを可能にするであろう。

40

【0159】

複数のエージェント装置の間の協調の上述した監視システム及び方法の別の変形例も考えられることが明らかである。

【0160】

50

例えば、チーム形成の処理（好ましい実施形態の実施例を参照して上述した方法の第1のステップ）は、あらゆるエージェント装置によって独立して実行される代わりに、協動的であってもよく、その結果、それぞれのコンピュータは、どの別のコンピュータがまた、あるサービスを実行しているかを知る。

【0161】

この実施形態では、（それぞれのエージェント装置のおかげで）それぞれのコンピュータが、ネットワークを介して受信されたサービス要求の集合を評価し、参加するサービスを選択する。その後、それぞれのコンピュータは、自分が参加するであろう複数のサービスを複数の別のコンピュータに通知し、かつそれぞれのコンピュータによって実行されるサービスのリストをネットワークを介して受信する。

10

【0162】

この時点で、それぞれのコンピュータは、それぞれのネットワーク化されたコンピュータによって実行可能なサービスの完全なリストを有し、それぞれのエージェント装置が参加しなければならないサービスを返すサービス割り当てアルゴリズムを実行する。

【0163】

あらゆるエージェント装置が同一のアルゴリズムを実行するので、様々なコンピュータのすべてのエージェント装置が、それぞれのエージェント装置によって実行されるべきサービスに関しての同一の結論に達するであろう。その後、本方法の第2のステップが実行され、図2を参照して上述した構成アルゴリズムを実行するであろう。

20

【0164】

本発明によれば、協調的なサービス選択の問題は、一種の最適なカバレッジ問題（後述するアルゴリズムを参照。）のようであることが望ましく、その目的は、環境の予め与えられたエリアをカバーするためのセンサの最適な位置を決定することの代わりに、サービスの集合の最善のカバレッジを提供するために、どの1つ又は複数のサービスがそれぞれのエージェント装置によって選択されるべきかを決定することである。

【0165】

したがって、サービス割り当てアルゴリズムは、最適なカバレッジのための一種のアルゴリズムであり、その入力は、（モニタされるべきエリアの代わりに）要求されたサービスの集合、及びセンサの集合である。

30

【0166】

最適なカバレッジのためのアルゴリズムとの類推を完成するために、予め与えられたエリアにおいてセンサを介してイベントを検出する確率は、センサが予め与えられたタスクを実行するであろう確率（1又は0に等しい。）に対応する。

【0167】

したがって、この情報に基づいて、アルゴリズムは、利用可能な複数のセンサを用いてタスクの集合を実行する確率を最適化するであろう。

【0168】

構成アルゴリズムの例、

リーダー選挙、

「リーダー選挙」アルゴリズムでは、エージェント装置は、オペレータの問い合わせ、すなわちネットワークデータバンクに含まれる情報にアクセスするための要求に応答する代表者（リーダー）を選択する。

40

【0169】

リーダーエージェント装置の選択は、最小のCPU負荷の基準に基づいており、単一義の（univocal）選択をもたらす。

【0170】

「リーダー選挙」アルゴリズムは、リーダーの選挙に参加しているエージェント装置（高々すべてのネットワーク化されたエージェント装置であってもよい。）のCPU負荷情報を入力として使用する。この情報は、上述した協働アルゴリズムの第1のステップ（チーム形成）の最後でネットワークを介して送信される心拍を用いて、ネットワークにわた

50

って利用可能にされる。

【0171】

その後、アルゴリズムは、リーダーの選挙に参加しているすべてのコンピュータのCPU負荷を比較し、かつ最も低いCPU負荷を有するコンピュータをリーダーとして選択する。

【0172】

同一の最も低いCPU負荷を有するいくつかのコンピュータが存在する場合、アルゴリズムは、最も小さい識別子を有するコンピュータをリーダーとして選択するであろう。これは、同一のCPU負荷を有する2つのコンピュータA1及びA2が与えられた場合、アルゴリズムは、コンピュータA1をリーダーとして選択するであろうことを意味する。

10

【0173】

好ましくは、アルゴリズムはまた、最も低いCPU負荷をアルゴリズムが実行される前にリーダーであったコンピュータのCPU負荷と比較し、その最も低いCPU負荷が、以前のリーダーのCPU負荷よりも予め設定されたしきい値だけ低い場合にのみ、最も低い負荷を有するコンピュータを選択するであろう。

【0174】

すべてのコンピュータが同時に同一の情報を受信しかつアルゴリズムを実行する理想の場合では、すべてのコンピュータの出力が同一であろう。

【0175】

しかしながら、実際には、ネットワークステータスは非同期に伝搬され、かつアルゴリズムは独立に、すなわち異なる時刻にエージェント装置によって実行される。これは、潜在的に、異なるエージェント装置を異なる結論に導く可能性がある。

20

【0176】

アルゴリズムを堅牢にするために、入力データは、時間間隔にわたる移動平均を実行することによって前処理されることが好ましい。

【0177】

[数2]

$$\tau = k / f$$

【0178】

ここで、kは整数であり、fはそれぞれのエージェント装置がリーダー選挙アルゴリズムを実行するときの周波数である。

30

【0179】

実験的なシミュレーションは、アルゴリズムの適切な動作を保証する最適な範囲は、 $5 < k < 10$ であることを示している。

【0180】

カバレッジアルゴリズム。

後述するカバレッジアルゴリズムは、モニタされるべき環境が、セルをモニタすることを可能にするセンサに関連した（及び、したがってそれらを制御するエージェント装置に関連した）近隣のセルに再分割されることを要求する。

40

【0181】

環境のセルベースのモデルは、システムセットアップ段階の最後において、あらゆるコンピュータ、及びあらゆるモニタリングステーションに記憶される。

【0182】

システムセットアップの一例が後述されるが、監視システムを構成するためのいくつかの別の解決方法も可能である。

【0183】

システムセットアップ。

本発明によれば、監視システムのセットアップ段階の間に、環境のモデルが、環境の関心のあるエリアC1乃至C4、及びそれらの近隣を画成することによって生成される。

【0184】

50

以下の説明では、上記モデルのエリアは、環境の物理的なエリアとの任意の混同を回避するために「セル」と呼ばれる

【0185】

その後、それぞれのセルC1乃至C4は、そのセルに対応するエリアの少なくとも一部をモニタすることができる1つ又はそれ以上のセンサと関連付けられる。

【0186】

特に、PTZビデオカメラは、複数の位置をとることができるので、それぞれのセルは、ビデオカメラに関連付けられるだけでなく、予め与えられた位置（「プリセット」という。）にあるビデオカメラにも関連付けられる。

【0187】

もちろん、固定ビデオカメラ又は固定センサについては、センサがインストールされるときに設定されるただ1つの所定の位置が存在する。

【0188】

セットアップ段階の間に、センサが順次作動させられる。

【0189】

それぞれのモバイルビデオカメラ又はモバイルセンサについて、オペレータは、オペレータの監視の要求に最も適したモバイルセンサのプリセット位置を定める。

【0190】

それぞれのプリセット位置について、オペレータは、選択手段を用いてセンサを環境のエリアに関連付け、かつ撮影された画像の品質を表すモニタ判定（例えば、0と1との間の値として表される。）を割り当てる。

【0191】

モニタ判定は、あるプリセット位置にあるセンサが関連付けられたセルの内部で発生するイベントを、上記センサを用いて検出する確率の推定に対応する。

【0192】

動作段階では、これは、センサを、環境をモニタする確率を最大化するそれらのプリセット位置に位置させることによって、センサを制御することを可能にする。

【0193】

図3a乃至図3c、及び図4a、図4bの例は、2つの異なる環境モデルを示し、これらは、モニタされるべき環境をインストーラに見せるため、及びインストーラがエリアを選択することを可能にするためにユーザインターフェースによって使用される。

【0194】

図3a、図3b、及び図3cの例に関連して、ユーザインターフェースを提供するプログラムは、セルがアーチによって接続されたノードとして表されるグラフを描くことを可能にするグラフィックインターフェースを用いて、セルのリスト及びそれらの接続を定めることを可能にする。

【0195】

有利に、ノードの空間的な配置は自由であり、その結果、セットアップ段階の間に、オペレータは、モニタされるべきエリアの地理的な配置を反映するような方法でノードを配置することができ、したがって、警備員が動作段階の間にモニタされるべきエリアを直ちに発見することを可能にする。

【0196】

計算的な視点からは複雑性がより少ないが、わずかにユーザフレンドリーではない代替の解決方法によれば、エリア及びそれらの接続の画成は、テキストモードで実行されることが可能である。

【0197】

図3a乃至図3cの例に戻ると、セットアップ段階では、オペレータは、環境モデルを生成し、その後、センサを順次作動させる（例えば、ビデオカメラを回す。）。それぞれのセンサについて、オペレータは、モニタされるエリアを検証し（例えば、オペレータは、スクリーン上でビデオカメラによって撮影された画像を見る。）、かつモデルエリアと

10

20

30

40

50

の接続を生成する一方、モニタ判定を割り当てる。

【0198】

センサ／エリア接続は、センサを表すアイコンと囲まれたエリアを表すブロックとの間のリンクを描画することによって提供されてもよい。

【0199】

この方法では、セル／センサグラフが、図3cに示されたグラフのように生成される。

【0200】

センサのプリセット、及びモニタ判定は、ソフトウェアによって制御システムのデータベースに記憶される。

【0201】

図4a及び図4bの例では、環境モデルは、モニタされるべきエリアのマップからなる。

【0202】

図4aに示されたマップは、一般的なグラフィックプログラムを用いてオペレータによって電子的に構築されてもよく、又はインポートされたグラフィックファイルであってもよい。

【0203】

図4a及び図4bの解決方法では、セットアップ段階の間に、オペレータがセンサを選択し、それぞれのプリセット位置について、図4bに示すようにマップ上でモニタされるエリアをマークし、かつ例えば、キーボード34で値をタイプすることによって、又はマウス35で表示された値を選択することによってモニタ判定を関連付ける。

【0204】

センサによってモニタされるエリアに対応する画素のグループが選択されるとき、ソフトウェアは、複数のモデルセル及びそれぞれの複数の近隣を自動的に生成するであろう。

【0205】

本発明の実施形態では、それぞれの画素の選択は、モデルの1つのセルに対応する。

【0206】

隣接する画素グループは、複数の近隣のセルである。

【0207】

好ましい実施形態では、互いに十分な範囲に重複する複数の画素グループは、単一のセルにグループ分けされる。

【0208】

2つの画素グループが単一のセルと一緒にグループ分けされるべきか否かを決定するために用いられる基準は、プログラミング段階の間に決定される。2つの画素グループがちょうど接している場合、実際には、2つのセルを別々に保つことが好ましい。

【0209】

それぞれのセル（エリア、形状）に関連した幾何学的な情報、及び複数のセルの間の遷移の方向についての情報が、自動的に抽出される。

【0210】

近隣を計算するときに考慮されるであろう障壁がマップに含まれてもよい。例えば、2つの通信しない部屋は、互いに近隣ではない。

【0211】

モデルが構築されると、別の情報（セルのラベル、エリアの移動性、時間依存性の障壁、アーチの方向付け（orientation）など）が、ユーザによって追加されてもよい。

【0212】

セットアップが終了するとき、制御システムは、図3cに示されたグラフのようなセル／センサグラフを描画するであろう。

【0213】

カバレッジのためのヒューリスティクス。

第1のカバレッジアルゴリズムの例は、限られた計算量で最適なセンサ構成を決定する

10

20

30

40

50

ことを可能にするヒューリスティクスを利用する。

【0214】

最初に、ヒューリスティクスは、最も小さい自由度（最小の可能な位置）を有するセンサを選択する。自由度の数が等しい場合、最も小さい識別子を有するセンサが選択されるであろう。

【0215】

このセンサの可能な位置の間で、ヒューリスティクスは、最善の可視性を有する位置を選択する。可視性が同一の場合、選択された位置は、最も小さい識別子を有するセルを見る位置であろう。例えば、セルC1がセルC2よりも選択されるであろう。

【0216】

それぞれの位置における第1のセンサが選択されると、選択されなかったセンサの自由度が、すでに割り当てられたセルを考慮することなく再計算されるであろう。

【0217】

上述したステップが、すべてのセンサがそれぞれのセルに割り当てられるまで繰り返されるであろう。

【0218】

最適なカバレッジのためのアルゴリズム。

最適なカバレッジのためのアルゴリズムは、（サービス要求から得られる）関心のあるエリア、及び（心拍から得られる）センサの集合を入力として受信し、かつ関心のあるエリアをカバーするセンサの最適な構成を出力する。

【0219】

これは、予め与えられた関心のあるエリア内で発生する異常なイベントを検出する確率を最大化することに変換される。

【0220】

特に、関心のあるエリアは、セットアップ段階の間に構築された環境モデルのN個のセルの集合であると仮定する。

【0221】

C_i は、セル i で発生する異常なイベントを示す。

【0222】

監視システムは、M個のセンサを備え、 x_j は、センサ j の位置を示す。

【0223】

特に、PTZ（パン、チルト、ズーム）センサについては、位置は、プリセットと呼ばれる有限の離散的な値の集合内の値をとってもよい。

【0224】

固定センサは、1つのプリセットのみを有する特別なPTZセンサのように取り扱われてもよい。

【0225】

一般に、センサの位置は、連続的な領域内の値をとってもよく、かつモバイル手段（パトロールカー、ロボットなど）上に位置付けられたセンサのための地理的な座標を備えてもよい。

【0226】

イベントの検出がDで示される場合を考える。

【0227】

【数1】

$$p(D|C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) \quad (1)$$

【0228】

式（1）は、イベントがモニタされるべき環境の一部に関連したN個のセルのうちのただ1つで発生し、かつM個のセンサがあるプリセット x_j である条件の下で、異常なイベントを検出する確率を示す。

10

20

30

40

50

【0229】

したがって、予め与えられたエリアの最適なカバレッジの問題は、上記確率を最大化するであろう最適なセンサ構成を発見することに変換される。上記構成は、式（2）のように表現されてもよい。

【0230】

【数2】

$$\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_M = \underset{x_1, \dots, x_M}{\operatorname{argmax}} p(D | C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) \quad (2)$$

【0231】

検出確率は、式（3）のように表現されてもよい。

【0232】

【数3】

$$p(D | C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N p(D | C_i, x_1, \dots, x_M) \cdot p(C_i)}{\sum_{i=1}^N p(C_i)} \quad (3)$$

【0233】

上式は、セル i におけるイベントの発生が、 M 個のセンサの位置から独立している、すなわち、 $p(C_i | x_1, \dots, x_M) = p(C_i)$ である即座の観察 (immediate observation) を活用することによって得られる。

【0234】

イベントが予め与えられたセル i において発生する確率 $p(C_i)$ は、対応するエリアのサイズ、及び監視の視点からセルを特徴付ける重要性に比例することがある。

【0235】

簡単のために、以下のように、モデルのすべてのエリアは、同一の確率を有すると仮定する。したがって、検出確率の式は、式（4）となるであろう。

【0236】

【数4】

$$p(D | C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N p(D | C_i, x_1, \dots, x_M)}{N} \quad (4)$$

【0237】

ここで、 $p(D | C_i, x_1, \dots, x_M)$ は、イベントの検出確率であり、イベントはセル i において発生し、かつセンサはあるプリセット x_j である。

【0238】

ここで、予め与えられたセルが、監視システムの単一のセンサ、例えばセンサ1によって見張られている場合を考える。

【0239】

したがって、 $p(D | C_i, x_1, \dots, x_M) = p(D | C_i, x_1)$ が得られる。すなわち、セル i における検出は、セル i をモニタしていないセンサの位置に依存しない。

【0240】

$p(D | C_i, x_1)$ は、監視システムをセットアップするときにインストーラによって割り当てられたモニタ判定であると仮定される。さらに詳細には、上記モニタ判定は、

10

20

30

40

50

センサ 1 がセル i に関連付けられたときに、位置 x_1 のセンサ 1 に割り当てられたモニタ判定である。

【0241】

非常に合理的に、モニタ判定が高い場合、モデルの予め与えられたエリアにおいてイベントを検出する確率もまた高いであろう。逆も同様に、判定が 0 の場合、プリセット x_1 のセンサ 1 を用いて予め与えられたセルにおける検出を達成することは不可能（ヌル確率）であろう。

【0242】

ここで、セル i が適切なプリセットの複数のセンサによって見張られている場合を考える。

10

【0243】

インストーラを援助することを目的として、上述したセットアップ手順は、組み合わせられたモニタ情報を提供しない。

【0244】

この理由から、このような情報がない場合、最悪の場合が考慮されるであろう。すなわち、最も高い可視性を有するセンサが発見され、かつ別のセンサは、モデルの予め与えられたエリアの可視性を増加させるどのような情報も付加することができないことが仮定される。したがって、式（5）が得られる。

【0245】

【数 5】

20

$$p(D|C_i, x_1, \dots, x_M) = \max_{j=1, \dots, M} p(D|C_i, x_j) \quad (5)$$

【0246】

ここで、以下の例を考える。 x_1 及び x_2 に位置させられた 2 つのセンサ s_1 及び s_2 が、それぞれ可視性判定 0.8 及び 0.6 を有して予め与えられたセル C_i を見ている。

【0247】

別のセンサは、いずれのプリセットでも予め与えられたセルを見ることができない、又はそれらのセンサは、予め与えられたセルを見ることができないプリセットに位置させられていると仮定する。

30

【0248】

したがって、 $p(D|C_i, x_1) = 0.8$ 、 $p(D|C_i, x_2) = 0.6$ 、 $p(D|C_i, x_j) = 0$ $j > 2$ が得られ、上式から $p(D|C_i, x_1, x_2, \dots, x_M) = 0.8$ が得られる。

【0249】

したがって、この仮定に基づいて式（4）を展開することによって、式（6）が得られる。

【0250】

【数 6】

40

$$p(D|C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N \max_{j=1, \dots, M} p(D|C_i, x_j)}{N} \quad (6)$$

【0251】

ここで、 $p(D|C_i, x_j)$ は、プリセット x_j であるセンサ j がセル C_i をモニタしているときのモニタ判定である。上式は、予め与えられたエリアのカバレッジの品質を厳密に数量化し、したがって、その目的に用いられるセンサの異なる構成を比較することを可能にする。

【0252】

50

最適な構成

【数 7】

$\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_M$

は、後述するように、すべての可能な構成の中から探索される。

【0 2 5 3】

最適な構成が発見されることを可能にするアルゴリズムは、監視システムをセットアップするときに描画されるセル／センサグラフ（図 2 c）に含まれる情報から開始する。

【0 2 5 4】

それぞれのセルについて、そのセルをモニタするセンサにセルを結びつける 1 つ又はそれ以上のアーチが存在する。 10

【0 2 5 5】

それぞれのアーチについて、センサのプリセットを示す情報が存在する。カバーされるべきエリアのすべてのセルを考慮することによって、それぞれのプリセットを有し、上記カバレッジを得るために用いられるセンサの集合を構築することができる。

【0 2 5 6】

最適なセンサ構成

【数 8】

$\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_M$

20

は、検出確率を最大化する構成である。したがって、好ましい解決方法では、アルゴリズムは、あらゆるセンサの組み合わせについて、式（6）を計算することによって進展し、その後、最も高い検出確率を有するセンサの組み合わせを選択する。

【0 2 5 7】

これは、以下の例から明らかになるであろう。3つのセル C_1 、 C_2 、及び C_3 が与えられる。セル C_1 は、プリセット

【数 9】

x_1^1

のセンサ 1 によって見られ、セル C_2 は、プリセット

30

【数 10】

x_2^1

、及び

【数 11】

x_2^2

のセンサ 2 によって見られ、セル C_3 は、プリセット

【数 12】

x_2^2

40

のセンサ 2 によって見られる。

【0 2 5 8】

可能な構成の範囲は、ペア

【数 13】

(x_1^1, x_2^1)

、及び

【数 1 4】

$$\left(x_1^1, x_2^2\right)$$

からなる。

【 0 2 5 9】

もちろん、

【数 1 5】

$$\left(x_1^1, x_2^1, x_2^2\right)$$

10

のような構成は、受け入れられず、これは、任意の瞬間では、予め与えられたセンサは、1つの位置のみをとることができるからである。

【 0 2 6 0】

2つの可能な構成が決定されると、アルゴリズムは、上記2つの構成に対応する検出確率を計算する。

【 0 2 6 1】

ここで、プリセット

【数 1 6】

$$x_2^2$$

20

のモニタ判定が0.8である（このプリセットは2つのセルを見るが、低い品質を有する。）ことを除いて、すべてのモニタ判定が1に等しいと仮定する。

【 0 2 6 2】

これらの条件では、第1の構成

【数 1 7】

$$\left(x_1^1, x_2^1\right)$$

は、

30

【数 1 8】

$$p\left(D \mid C_1 \cup C_2 \cup C_3, x_1^1, x_2^1\right)=\frac{2}{3}$$

に等しい環境内で発生する異常なイベントを検出する確率を有する。

【 0 2 6 3】

一方、第2の構成

【数 1 9】

$$\left(x_1^1, x_2^2\right)$$

40

は、

【数 2 0】

$$p\left(D \mid C_1 \cup C_2 \cup C_3, x_1^1, x_2^1\right)=\frac{2.6}{3}$$

に等しい環境内で発生する異常なイベントを検出する確率を有する。

【 0 2 6 4】

その後、アルゴリズムは2つの計算された検出確率を比較し、構成

【数 2 1】

$$\begin{pmatrix} x_1^1, x_2^2 \end{pmatrix}$$

、すなわち、この場合では全体の環境に対応する予め与えられたエリアにおいてイベントを検出する確率を最大化する構成を選択する。

【0 2 6 5】

可能な構成の数が多い場合、最適な構成の探索は、重い計算タスクである可能性があることが、上記の説明から明らかである。

【0 2 6 6】

このような場合では、準最適な解決方法を得るために、オペレーショナルリサーチ (operational research) 方法が適用されてもよい。

【0 2 6 7】

これらの方法は、モニタ判定及びセル／センサグラフに基づくが、検出確率から得られた適切なコスト関数を最小化する。

【0 2 6 8】

代替として、ヒューリスティックな方法論を導入することによって、計算の複雑性がまた、削減される可能性がある。例えば、あらゆるセンサを最も高いモニタ判定を有する位置に設定することを選択してもよく、その結果、そのセンサによってのみ見られる1つ又はそれ以上のセルをモニタする。

【0 2 6 9】

確立されると、これらのヒューリスティックな方法論は、この確率がアルゴリズムを設計するときに異なるヒューリスティックな方法論の性能を比較するために用いられてもよいとしても、検出確率の計算から独立している。いくつかのヒューリスティックな方法論が提案される場合、検出確率の計算は、ヒューリスティックな方法論によって提案された構成の間で、どの構成がイベントを検出するために最も適切であるかを確立することを可能にするであろう。

【0 2 7 0】

最少の数のセンサを有する最適なカバレッジ。

前章で議論した最適なカバレッジ問題は、最少の可能な数のセンサを用いなければならないという制約によって補われてもよい。

【0 2 7 1】

最少の数のセンサを有する最適なカバレッジを計算するアルゴリズムはまた、セルにおいてイベントを検出する確率が、そのセルをカバーするために用いられるセンサの数とともに増加しないという仮定に基づいている。したがって、式 (7) が仮定される。

【0 2 7 2】

【数 2 2】

$$p(D|C_i, x_1, \dots, x_M) = \max_{j=1, \dots, M} p(D|C_i, x_j) \quad (7)$$

【0 2 7 3】

したがって、アルゴリズムは、同一のセルを見るこれらのすべてのセンサの間で、最も高いモニタ判定を有するセンサのみを考慮する。

【0 2 7 4】

より低い判定を有するセンサは、冗長であると考えられる。実用的な視点からは、モニタすることの性能をある程度改善するために、より多くのセンサからの情報を追加すること (例えば、エリアのフレームを追加すること) は、有用であるかもしれないが、それにもかかわらず、冗長な情報が受信されないことが重要である状況が存在する。冗長な情報を受信するオペレータは、モニタされたシーンにおいて何が発生しているのかを、よりゆっくりかつより苦勞して評価するであろう。

【0275】

重要なことに、マルチユーザシステム及びマルチタスクシステムでは、最少の数のリソースの使用が、より多くのオペレータ及びタスクを同時に供給する可能性を増加させるであろう。

【0276】

前述の制約が存在するときの最適な解決方法は、最適なカバレッジのために用いられるセンサの全体集合のすべての可能な部分集合を考慮することによって発見される。

【0277】

それぞれの部分集合について、前章「最適なカバレッジのためのアルゴリズム」において記述したように、最適なプリセットの構成が発見される。

10

【0278】

現在の問題への解決方法は、最も高い検出確率を有する最小濃度 (minimum cardinality) の集合として表される。

【0279】

すべての可能なセンサの部分集合を考慮する必要はないことが述べられるべきである。濃度 N を有するセンサの部分集合において探索される最適な解決方法の検出確率が、濃度 $N-1$ を有する部分集合において探索される最適な検出確率と等しい場合、最適な解決方法は、 $N-1$ 個のセンサを有する構成であろう。

【0280】

したがって、方法は、有利に、センサの部分集合の濃度を増加させて、最適なカバレッジ問題への解決方法の探索を提供する。

20

【0281】

最適な境界カバレッジ。

監視システムは、「ターゲット追跡」と呼ばれる機能、すなわち、モニタされる環境内の移動するターゲットを追跡することを提供する。

【0282】

ターゲットによって占有されたセルは、「アクティブセル」と呼ばれる一方、近隣のセルは、「境界セル」と呼ばれる。

【0283】

複数のセルの間の近隣は、システムのセットアップのときに描画されるセル／センサグラフ内で定められる。

30

【0284】

ターゲットを見失わないために、あるセンサがアクティブセルに位置させられる一方、別の複数のセンサが境界エリアの最適なカバレッジを提供するように構成される。

【0285】

最適な境界カバレッジアルゴリズムの目的は、以下の確率を最大化することである。

【0286】

【数23】

$$p(D | \bar{C}_k, C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) \quad (8)$$

40

【0287】

上記確率は、イベントがセル k から来て、セル k の N 個の境界セル C_i のうちの 1 つにおいて発生し、 M 個のセンサがある位置 x_j であるという条件でイベントを検出する確率に対応する。

【0288】

最適なカバレッジ計算のために記述された条件と同様の条件の下で、検出確率は、以下の関係によって与えられる。

【0289】

【数 2 4】

$$p(D | \bar{C}_k, C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N \max_{j=1, \dots, M} p(D | C_i, x_j) \cdot p(C_i | \bar{C}_k)}{\sum_{i=1}^N p(C_i | \bar{C}_k)} \quad (9)$$

【0 2 9 0】

ここで、 $p(D | C_i, x_j)$ は、プリセット x_j でセル C_i を見張るセンサ j のモニタ判定である一方、

10

【数 2 5】

$$p(C_i | \bar{C}_k)$$

は、ターゲットがアクティブセルから恐らく存在する境界セル i に移動する確率である。

【0 2 9 1】

好ましい実施形態によれば、セットアップ段階の間に環境モデルを生成するときに、あるセルから別のセルへの遷移の確率を指定する必要がある。

【0 2 9 2】

これらの確率は、上式の

【数 2 6】

$$p(C_i | \bar{C}_k)$$

20

の実例に対応する。

【0 2 9 3】

図 2 a 乃至図 2 c、及び図 3 a、図 3 b に関連して記述された実施形態の例のように、あるセルから近隣のセルへの遷移の確率についての情報が指定されない場合、すべての

【数 2 7】

$$p(C_i | \bar{C}_k)$$

の実例は等しく、かつ境界セルにおいてイベントを検出する確率を計算するための関係は、式 (10) によって与えられるであろう。

30

【0 2 9 4】

【数 2 8】

$$p(D | \bar{C}_k, C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N \max_{j=1, \dots, M} p(D | C_i, x_j)}{N} \quad (10)$$

【0 2 9 5】

エージェント装置のクラスタを用いた最適なカバレッジ、

40

最適なカバレッジのためのアルゴリズムの計算の複雑性を削減するために、実行可能な方法は、エージェント装置のグループ（クラスタ）を形成すること、及びそれぞれのクラスタに、すべての他のクラスタとは独立に、最適なカバレッジ問題を解かせることを提供する。

【0 2 9 6】

したがって、エージェント装置のクラスタを用いた最適なカバレッジのアルゴリズムは、第 1 のステップを含み、第 1 のステップでは、エージェント装置がグループの組み立てについての共有された決定を実行しなければならない。

【0 2 9 7】

第 1 の実施形態では、それぞれのエージェント装置が、予め設定された数の隣接するエ

50

ージェント装置を選択することによって、このクラスタのエージェント装置のグループを決定する。用語「隣接するエージェント装置」は、自分自身の制御下のセンサによってカバーされる同一の環境エリアをカバーするセンサを制御するエージェント装置を参照する。

【0298】

言い換えると、2つのエージェント装置が、同一のエリアをカバーする2つのそれぞれのセンサを有する場合、2つのエージェント装置は、隣接するエージェント装置である。

【0299】

この原理に基づいて、予め与えられたエージェント装置は、最大濃度のクラスタになるまで、自分の隣接を選択し、その後、隣接の隣接を選択し、以下同様にして、クラスタを形成することができる。

10

【0300】

代替として、クラスタを形成するために、それぞれのエージェント装置は、最も小さい識別子（例えば、ラベル）を有するエージェント装置から開始することによって隣接するエージェント装置を選択し、その後、自分が属するクラスタを決定する。

【0301】

もう1つの実施形態では、エージェント装置のクラスタリングは、適切な重み付きグラフ上で実行される。そのグラフでは、ノードはエージェント装置であり、アーチは共通のセルを有するエージェント装置を互いに関係するように配置する。アーチの重みは、共有されるセルの数を示す。クラスタは、「ほとんど」共通のセルを有しないエージェント装置を互いに分離するために、最小の重みのアーチを通過する「最小カット」を用いることによって得られる。

20

【0302】

クラスタに属するエージェント装置が決定されると、それぞれのエージェント装置は、上述した最適なカバレッジのためのアルゴリズムを適用するであろう。

【0303】

このアプローチは、計算的に有利であり、かつ安定している。

【図 3 c】

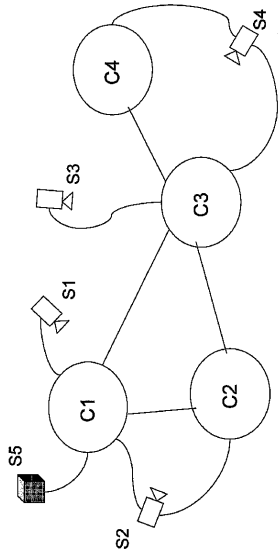


Fig. 3c

【図 4 a】

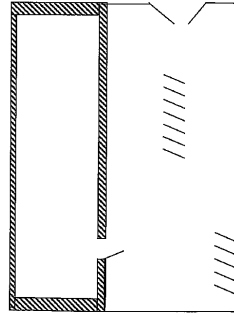


Fig. 4a

【図 4 b】

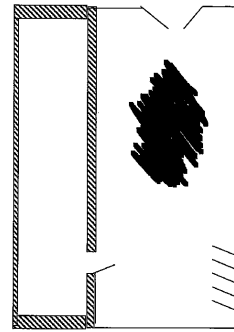


Fig. 4b

フロントページの続き

- (72)発明者 ジャンバティスタ・ジェンナーリ
イタリア、イー３６０１５スキーオ（ヴィチエンツァ）、ヴィア・フリーウリ６番、ビデオテック・ソシエタ・ペル・アチオニ内
- (72)発明者 ジョルジョ・ラッカネリ
イタリア、イー３６０１５スキーオ（ヴィチエンツァ）、ヴィア・フリーウリ６番、ビデオテック・ソシエタ・ペル・アチオニ内
- (72)発明者 ルッジェーロ・フレッツァ
イタリア、イー３５１３１パドヴァ、ヴィア・グラデニーゴ６／ビ番、ユニヴェルシタ・デッリ・ストゥーディ・ディ・パドヴァ、ディパルティメント・ディ・インジェニエリーア・デリンフォルマツィオーネ内
- (72)発明者 アンジェロ・チェネデーセ
イタリア、イー３５１３１パドヴァ、ヴィア・グラデニーゴ６／ビ番、ユニヴェルシタ・デッリ・ストゥーディ・ディ・パドヴァ、ディパルティメント・ディ・インジェニエリーア・デリンフォルマツィオーネ内
- (72)発明者 ファビオ・ダレッシ
イタリア、イー３２０２２プレガンツィオル（トレヴィーゾ）、ヴィア・バラッタ・ヴェッキア２８６番

審査官 鈴木 修治

- (56)参考文献 特開２００５－１０２１９４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１４７９０７（ＪＰ，Ａ）
LOPEZ J M M, 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, 米国, IEEE, 1997年10月12日, V1, P845-850
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 6 F 9 / 4 6 - 9 / 5 4
G 0 8 B 2 5 / 0 0