

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-535904

(P2017-535904A)

(43) 公表日 平成29年11月30日(2017.11.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
G 0 6 T 7/00 (2017.01) G 0 6 T 7/00 3 0 0 F 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-545876 (P2017-545876)	(71) 出願人	390020248
(86) (22) 出願日	平成27年11月24日 (2015.11.24)		日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
(85) 翻訳文提出日	平成29年7月24日 (2017.7.24)		東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/062461	(71) 出願人	507107291
(87) 国際公開番号	W02016/086002		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(87) 国際公開日	平成28年6月2日 (2016.6.2)		レイテッド
(31) 優先権主張番号	14/551, 942		アメリカ合衆国 テキサス州 75265
(32) 優先日	平成26年11月24日 (2014.11.24)		-5474 ダラス メール ステーショ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ン 3999 ピーオーボックス 655
			474
		(74) 上記1名の代理人	100098497
			弁理士 片寄 恭三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オブジェクト検出のためのシステム及び方法

## (57) 【要約】

説明する例において、画像におけるオブジェクトを検出する方法が、画像の各画像ピクセルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面を計算すること(802)を含む。画像においてセルが画定され(804)、各セルは、1番目からn番目までのピクセルを含む。画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置は、それぞれ、事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である。各セルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面の和が計算される(806)。特徴平面和のセットに基づいて、画像の画像部分について特徴ベクトルが決定され(808)、特徴ベクトルは、画像の画像部分における対応するオブジェクトの存在を検出するために、対応するオブジェクト分類子と比較される(810)。

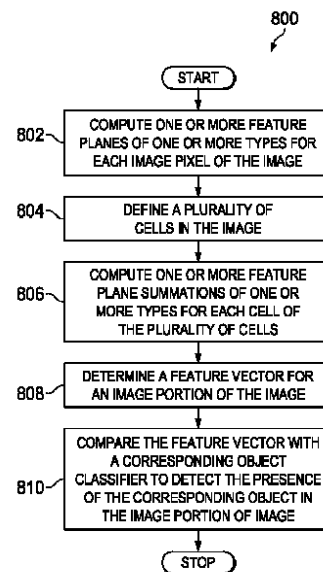


FIG. 8

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の画像ピクセルを含む画像におけるオブジェクトを検出するためのオブジェクト検出システムであって、前記オブジェクト検出システムが、

命令を記憶するためのメモリ、及び、

プロセッサ、

を含み、

前記プロセッサが、記憶された命令に応答して、

前記画像の各画像ピクセルについて 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面を計算するステップと、

10

前記画像における複数のセルを画定するステップであって、各セルが 1 番目から  $n$  番目までのピクセルを含み、前記画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置が、それぞれ、事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である、前記画像における複数のセルを画定する前記ステップと、

前記複数のセルの各セルについて 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面の和を計算するステップであって、或るセルについての或るタイプの特徴平面和が、前記セルの前記 1 番目から  $n$  番目までのピクセルの対応する特徴を総計することによって計算され、 $n$  が整数である、前記計算するステップと、

前記画像の画像部分について特徴ベクトルを決定するステップであって、前記特徴ベクトルが、前記画像部分において画定される 1 つ又は複数のセルの特徴平面和のセットを含む、前記特徴ベクトルを決定するステップと、

20

前記画像の前記画像部分における前記オブジェクトの存在を検出するために、前記特徴ベクトルに対応するオブジェクト分類子と比較するステップと、

を行なう、

オブジェクト検出システム。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載のオブジェクト検出システムであって、前記 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面が、

前記画像ピクセルのカラースキームを表すための、第 1、第 2、及び第 3 の特徴平面と、

30

前記画像ピクセルの勾配大きさを表すための第 4 の特徴平面と、

対応する 5 番目から  $m$  番目までの勾配ヒストグラム (HOG) ビンにおける前記画像ピクセルの勾配を表すための 5 番目から  $m$  番目までの HOG 特徴平面と、

を含み、 $m$  が整数である、

オブジェクト検出システム。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載のオブジェクト検出システムであって、

前記 5 番目から  $m$  番目までの HOG ビンの各 HOG ビンには最小ビニング角度及び最大ビニング角度が割り当てられ、

前記最小ビニング角度及び前記最大ビニング角度の各々のタンジェントが有理数であり、

40

前記画像ピクセルの前記 5 番目から  $m$  番目までの HOG 特徴平面が、シフト演算、減算、及び比較演算のうちの少なくとも 1 つに基づいて決定される、

オブジェクト検出システム。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載のオブジェクト検出システムであって、個々の画像ピクセルについての前記 5 番目から  $m$  番目までの勾配ヒストグラム (HOG) 特徴平面が、

前記画像ピクセルの水平勾配及び垂直勾配を計算すること、及び、前記水平勾配及び垂直勾配の比に基づいて、前記 5 番目から  $m$  番目までの HOG ビンの中から対応する HOG ビンを決定することであって、前記対応する HOG ビンが、前記比を、前記対応する HOG

50

Gピンに関連付けられる第1の閾値及び第2の閾値と比較することによって決定されること、

前記画像ピクセルの勾配値を計算すること、及び、

前記決定されたHOGピンに対応するHOG特徴平面に前記勾配値を割り当てること、及び、5番目からm番目までのHOG特徴平面の残りのHOG特徴平面にゼロ値を割り当てること、

によって計算される、オブジェクト検出システム。

【請求項5】

請求項1に記載のオブジェクト検出システムであって、前記プロセッサが更に、記憶された命令に応答して、

前記画像の前記画像部分の次の画像部分の特徴ベクトルを計算するステップと、

前記次の画像部分の前記特徴ベクトルを、対応するオブジェクト分類子と比較するステップと、

を行ない、

前記計算するステップ及び比較するステップが、前記画像の残りの画像部分の各々について逐次的に行われ、それにより、前記画像における前記対応するオブジェクトの前記存在を検出する、

オブジェクト検出システム。

【請求項6】

請求項5に記載のオブジェクト検出システムであって、事前に定義された第1の水平及び垂直セルサイズが、それぞれ事前に定義された第2の水平及び垂直セルサイズの整数倍である場合、前記事前に定義された第1の水平及び垂直セルサイズのセルについての特徴平面和が、前記事前に定義された第2の水平及び垂直セルサイズの1つ又は複数のセルの対応する特徴平面和に基づいて計算される、オブジェクト検出システム。

【請求項7】

請求項1に記載のオブジェクト検出システムであって、前記プロセッサが、記憶された命令に応答して、

前記1つ又は複数のタイプの特徴平面から或るタイプの特徴平面を選択することと、

部分的特徴ベクトルを計算することであって、前記部分的特徴ベクトルが前記画像部分の1つ又は複数のセルについて、前記選択されたタイプの1つ又は複数の特徴平面和を含む、前記部分的特徴ベクトルを計算することと、

前記部分的特徴ベクトルを前記オブジェクトの対応する部分分類子と比較することと

、

比較の結果を前記メモリに記憶することと、

を反復的に行うこと、

前記1つ又は複数のタイプの特徴平面の各タイプの前記特徴平面に対応する、1つ又は複数の比較結果を照合すること、及び、

前記照合された結果に基づいて、前記画像における前記オブジェクトの前記存在を検出すること、

によって前記特徴ベクトルを決定する前記ステップ及び比較する前記ステップを行なう

、

オブジェクト検出システム。

【請求項8】

請求項1に記載のオブジェクト検出システムであって、前記プロセッサが、記憶された命令に応答して、スケーリングされた画像を取得するために、事前に定義されたスケーリングファクタによって前記画像をスケーリングするステップを行なう、オブジェクト検出システム。

【請求項9】

複数の画像ピクセルを含む画像におけるオブジェクトを検出する方法であって、前記方法が、

10

20

30

40

50

前記画像の各画像ピクセルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面を計算すること、

前記画像における複数のセルを画定することであって、各セルが1番目からn番目までのピクセルを含み、前記画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置が、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である、前記画像における複数のセルを画定すること、

前記複数のセルの各セルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面和を計算することであって、或るセルについての或るタイプの特徴平面和が、前記セルの前記1番目からn番目までのピクセルの対応する特徴平面を総計することによって計算され、nが整数である、前記1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面和を計算すること

10

、  
前記画像の画像部分について特徴ベクトルを決定することであって、前記特徴ベクトルが、前記画像部分において画定される1つ又は複数のセルの特徴平面和のセットを含む、前記特徴ベクトルを決定すること、及び、

前記画像の前記画像部分における前記オブジェクトの存在を検出するために、前記特徴ベクトルを対応するオブジェクト分類子と比較すること、

を含む、方法。

#### 【請求項10】

請求項9に記載の方法であって、前記1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面を計算することが、

20

前記画像ピクセルのカラースキームを表すための、第1、第2、及び第3の特徴平面を計算すること、

前記画像ピクセルの強度を表すための第4の特徴平面を計算すること、及び、

対応する5番目からm番目までの勾配ヒストグラム(HOG)ビンにおける前記画像ピクセルの勾配を表すための、5番目からm番目までのHOG特徴平面を計算すること、  
を含み、mが整数である、

方法。

#### 【請求項11】

請求項10に記載の方法であって、

前記5番目からm番目までのHOGビンの各HOGビンには最小ビニング角度及び最大ビニング角度が割り当てられ、

30

前記最小ビニング角度及び前記最大ビニング角度の各々のタンジェントが有理数であり、

、  
前記画像ピクセルの前記5番目からm番目までのHOG特徴平面が、シフト演算、減算、及び比較演算のうちの少なくとも1つに基づいて決定される、

方法。

#### 【請求項12】

請求項9に記載の方法であって、個々の画像ピクセルについての前記5番目からm番目までの勾配ヒストグラム(HOG)特徴平面を計算することが、

40

前記画像ピクセルの水平勾配及び垂直勾配を計算すること、及び、前記水平勾配及び垂直勾配の比に基づいて、前記5番目からm番目までのHOGビンの中から対応するHOGビンを決定することであって、前記対応するHOGビンが、前記比を、前記対応するHOGビンに関連付けられた第1の閾値及び第2の閾値と比較することによって決定されること、

前記画像ピクセルの勾配値を計算すること、及び、

前記決定されたHOGビンに対応するHOG特徴平面に前記勾配値を割り当てること、  
及び、5番目からm番目までのHOG特徴平面の残りのHOG特徴平面にゼロ値を割り当てること、

を含む、方法。

#### 【請求項13】

50

請求項 9 に記載の方法であって、

前記画像の前記画像部分の次の画像部分の特徴ベクトルを計算すること、及び、

前記次の画像部分の前記特徴ベクトルを、対応するオブジェクト分類子と比較すること

を更に含み、

前記特徴ベクトルを計算すること及び比較することが、前記画像の残りの画像部分の各々について逐次的に行われ、それにより、前記画像における前記対応するオブジェクトの前記存在を検出する、

方法。

【請求項 14】

10

請求項 9 に記載の方法であって、事前に定義された第 1 の水平及び垂直セルサイズが、それぞれ事前に定義された第 2 の水平及び垂直セルサイズの整数倍である場合、前記事前に定義された第 2 の水平及び垂直セルサイズの 1 つ又は複数のセルの対応する特徴平面和に基づいて、前記事前に定義された第 1 の水平及び垂直セルサイズのセルについての特徴平面和を計算することを更に含む、方法。

【請求項 15】

請求項 9 に記載の方法であって、前記特徴ベクトルを前記決定すること及び比較することが、

前記 1 つ又は複数のタイプの特徴平面から或るタイプの特徴平面を選択することと、

部分的特徴ベクトルを計算することであって、前記部分的特徴ベクトルが、前記画像部分の 1 つ又は複数のセルの前記選択されたタイプの 1 つ又は複数の特徴平面和を含む、前記部分的特徴ベクトルを計算することと、

前記部分特徴ベクトルを前記オブジェクトの対応する部分的分類子と比較することと

比較の結果を前記メモリに記憶することと、

を反復的に行うこと、

前記 1 つ又は複数のタイプの特徴平面の各タイプの前記特徴平面に対応する、1 つ又は複数の比較結果を照合すること、及び、

前記照合された結果に基づいて、前記画像における前記オブジェクトの前記存在を検出すること、

を含む、方法。

【請求項 16】

請求項 9 に記載の方法であって、スケーリングされた画像を取得するために、事前に定義されたスケーリングファクタによって前記画像をスケーリングすることを更に含む、方法。

【請求項 17】

複数の画像ピクセルを含む画像におけるオブジェクトを検出する方法であって、前記方法が、

前記画像の各画像ピクセルについて 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面を計算すること、

前記画像における複数のセルを画定することであって、各セルが 1 番目から n 番目までのピクセルを含み、前記画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置が、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である、前記画像における複数のセルを画定すること、

前記複数のセルの各セルについて 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面和を計算することであって、或るセルについての或るタイプの特徴平面和が、前記セルの前記 1 番目から n 番目までのピクセルの対応する特徴平面を総計することによって計算され、n が整数である、前記 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面和を計算すること

前記 1 つ又は複数のタイプの特徴平面から或るタイプの特徴平面を選択することと、

50

部分特徴ベクトルを計算することであって、前記部分特徴ベクトルが、前記画像部分の 1 つ又は複数のセルについて、前記選択されたタイプの 1 つ又は複数の特徴平面和を含む、前記部分特徴ベクトルを計算することと、

前記部分特徴ベクトルを前記オブジェクトの対応する部分分類子と比較することと、比較の結果を前記メモリに記憶することと、

を反復的に行うこと、

各タイプの前記特徴平面に対応する、1 つ又は複数の比較結果を照合すること、及び、前記照合された結果に基づいて、前記画像における前記オブジェクトの前記存在を検出すること、

を含む、方法。

10

#### 【請求項 18】

請求項 17 に記載の方法であって、前記 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面を計算することが、

前記画像ピクセルのカラースキームを表すための、第 1、第 2、及び第 3 の特徴平面を計算すること、

前記画像ピクセルの強度を表すための第 4 の特徴平面を計算すること、及び、

対応する 5 番目から m 番目までの勾配ヒストグラム (HOG) ビンにおける前記画像ピクセルの勾配を表すための、5 番目から m 番目までの HOG 特徴平面を計算すること、

を含み、m が整数である、

方法。

20

#### 【請求項 19】

請求項 17 に記載の方法であって、

前記 5 番目から m 番目までの HOG ビンの各 HOG ビンには最小ビンング角度及び最大ビンング角度が割り当てられ、

前記最小ビンング角度及び前記最大ビンング角度の各々のタンジェントが有理数であり、

前記画像ピクセルの前記 5 番目から m 番目までの HOG 特徴平面が、シフト演算、減算、及び比較演算のうちの少なくとも 1 つに基づいて決定される、

方法。

30

#### 【請求項 20】

請求項 17 に記載の方法であって、個々の画像ピクセルについての前記 5 番目から m 番目までの勾配ヒストグラム (HOG) 特徴平面を計算することが、

前記画像ピクセルの水平勾配及び垂直勾配を計算すること、及び、前記水平勾配及び垂直勾配の比に基づいて、前記 5 番目から m 番目までの HOG ビンの中から対応する HOG ビンを決定することであって、前記対応する HOG ビンが、前記比を、前記対応する HOG ビンに関連付けられた第 1 の閾値及び第 2 の閾値と比較することによって決定されること、

前記画像ピクセルの勾配値を計算すること、及び、

前記決定された HOG ビンに対応する HOG 特徴平面に前記勾配値を割り当てること、及び、5 番目から m 番目までの HOG 特徴平面の残りの HOG 特徴平面にゼロ値を割り当てること、

40

を含む、方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本願は一般に、車両からの歩行者及び他のオブジェクトの検出などの、オブジェクト検出に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

現在、車両には、道路上の歩行者などのオブジェクトを検出し、運転者に警告 / ブレー

50

キアシストを提供するための、オブジェクト検出器が装備されている。オブジェクト検出器は、車両の前及び周囲の映像／画像を捕捉するためのビデオカメラを用い、車両の前及び周囲の障害物及び歩行者を識別するための画像処理技法を内部に適用している。

#### 【0003】

既存のオブジェクト検出器は、勾配方向ヒストグラム（HOG）に基づくオブジェクト検出技法を用いており、この技法では、画像がブロックに分割され、画像のHOGを形成するために、各ブロックにおける任意の方向のピクセル勾配の大きさがカウントされる。機械学習法は、画像における歩行者及び事前に定義されたオブジェクトを効果的に識別するように、HOGに識別及び分類技法を適用する。画像のHOGは、各画像ピクセルの勾配方向及び勾配の大きさに基づいて計算される。画像ピクセルについて、対応する勾配方向が  $\theta = \tan^{-1}(y/x)$  として表され、この式では、 $y$  = 垂直方向の勾配、 $x$  = 水平方向の勾配である。

10

#### 【0004】

従来、不動点プロセッサにおける勾配方向の計算は、除算用に1つ、逆タンジェント（ $\tan^{-1}$ ）用にもう1つを含む、2つのルックアップテーブルを用いることによって実装される。各画像ピクセルの勾配方向の計算に2つのルックアップテーブルを用いることは、非常に時間がかかり、非常に高度な計算及び高メモリ帯域幅を必要とするため、埋め込みシステムでのリアルタイム性能で実装することが非常に困難となる。メモリ帯域幅は、任意のシステム、特にマルチコアシステムにおける、重要なリソースである。メモリ帯域幅は、システム性能を最適化する際に重要な役割を担う。したがって、他のプロセッサも並行して効果的に働くように、できる限り小さなメモリ帯域幅を有することが非常に重要である。

20

#### 【0005】

他のオブジェクト検出技法には、計算の数を削減するために積分画像を計算することが含まれる。しかしながら、積分画像の計算は計算の数は削減するが、中間データ要素のサイズを増大させ、高メモリ帯域幅が必要になる。

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

複数の画像ピクセルを含む画像におけるオブジェクトを検出するためのオブジェクト検出システムを説明する例において、オブジェクト検出システムは、命令を記憶するためのメモリと、記憶された命令に応答して、画像の各画像ピクセルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面を計算するステップ、及び、画像における複数のセルを画定するステップを行なうためのプロセッサとを含む。各セルは、第1から第nのピクセルを含む。画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置は、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である。プロセッサは更に、記憶された命令に応答して、セルの各々について1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面の和（summation）を計算するステップを行なう。或るセルについての或るタイプの特徴平面和は、セルの第1から第nのピクセルの対応する特徴を総計することによって計算され、ここでnは整数である。プロセッサはまた、記憶された命令に応答して、画像の画像部分について特徴ベクトルを決定するステップと、画像の画像部分におけるオブジェクトの存在を検出するために特徴ベクトルを対応するオブジェクト分類子と比較するステップとを行ない、特徴ベクトルは、画像部分において画定される1つ又は複数のセルの特徴平面和のセットを含む。

30

40

#### 【0007】

また、複数の画像ピクセルを含む画像におけるオブジェクトを検出する方法を説明する例において、この方法は、画像の各画像ピクセルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面を計算すること、及び、画像における複数のセルを画定することを含む。各セルは第1から第nのピクセルを含む。画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置は、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である。また、この方法は、セルの各々について1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面の

50

和を計算することを含む。或るセルについての或るタイプの特徴平面和は、セルの第 1 から第 n のピクセルの対応する特徴を総計することによって計算され、ここで n は整数である。また、この方法は、画像の画像部分について特徴ベクトルを決定することを含む。特徴ベクトルは、画像部分において画定される 1 つ又は複数のセルの特徴平面和のセットを含む。また、この方法は、画像の画像部分におけるオブジェクトの存在を検出するために特徴ベクトルを対応するオブジェクト分類子と比較することを含む。

【 0 0 0 8 】

複数の画像ピクセルを含む画像におけるオブジェクトを検出する方法を説明する他の例において、この方法は、画像の各画像ピクセルについて 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面を計算すること、及び、画像における複数のセルを画定することを含む。各セルは第 1 から第 n のピクセルを含む。画像における各セルの水平及び垂直方向の開始位置は、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である。また、この方法は、セルの各々について 1 つ又は複数のタイプの 1 つ又は複数の特徴平面の和を計算することを含む。或るセルについての或るタイプの特徴平面和が、セルの第 1 から第 n のピクセルの対応する特徴を総計することによって計算され、ここで n は整数である。また、この方法は、1 つ又は複数のタイプの特徴平面から或るタイプの特徴平面を選択することと、部分的特徴ベクトルを計算することと、部分的特徴ベクトルをオブジェクトの対応する部分的分類子と比較することと、比較の結果をメモリに記憶することとを、反復的に実施することを含む。部分的特徴ベクトルは、画像部分の 1 つ又は複数のセルについて、選択されたタイプの 1 つ又は複数の特徴平面和を含む。また、この方法は、各タイプの特徴平面に対応する 1 つ又は複数の比較結果を照合すること、及び、照合された結果に基づいて、画像におけるオブジェクトの存在を検出することを含む。

10

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】例示的シナリオにおける、複数の画像ピクセルを含む画像を図示する。

【 0 0 1 0 】

【図 2】例示的シナリオにおける、第 1 から第 m の H O G ビン ( bin ) を図示する。

【 0 0 1 1 】

【図 3 A】例示的シナリオにおける、6 つの H O G ビンの第 1 のセットを図示する。

【図 3 B】例示的シナリオにおける、8 つの H O G ビンの第 2 のセットを図示する。

30

【 0 0 1 2 】

【図 4】或る実施形態における、オブジェクト検出システムのブロック図を図示する。

【 0 0 1 3 】

【図 5 A】例示的シナリオにおける、サイズ ( 6 4 , 1 2 8 ) の画像において画定されるサイズ ( 6 , 6 ) のセルを図示する。

【図 5 B】例示的シナリオにおける、サイズ ( 6 4 , 1 2 8 ) の画像において画定されるサイズ ( 6 , 6 ) のセルを図示する。

【 0 0 1 4 】

【図 6 A】例示的シナリオにおける、サイズ ( 6 4 , 1 2 8 ) の画像において画定されるサイズ ( 4 , 4 ) のセルを図示する。

40

【図 6 B】例示的シナリオにおける、サイズ ( 6 4 , 1 2 8 ) の画像において画定されるサイズ ( 4 , 4 ) のセルを図示する。

【 0 0 1 5 】

【図 6 C】例示的シナリオにおける、サイズ ( 6 4 , 1 2 8 ) の画像において画定されるサイズ ( 8 , 8 ) のセルを図示する。

【 0 0 1 6 】

【図 7】或る実施形態における、画像フレーム内の検出ウィンドウを図示する。

【 0 0 1 7 】

【図 8】或る実施形態における、画像におけるオブジェクトを検出する方法のフローチャートである。

50



## 【発明を実施するための形態】

## 【0018】

図面は、特に記載しない限り一定の縮尺で描かれておらず、こうした図面は本来、単なる例である。

## 【0019】

図1を参照すると、複数の画像ピクセルで形成される画像100が示されている。 $i$ 番目の画像ピクセルの場合、 $i+1$ 番目( $x$ )及び $i-1$ 番目( $x$ )は、 $x$ 方向の隣接する画像ピクセルであり、 $i+1$ 番目( $y$ )及び $i-1$ 番目( $y$ )は、 $y$ 方向の隣接する画像ピクセルである。各画像ピクセルは或る強度及び勾配を有し、 $i$ 番目の画像ピクセルの勾配は、大きさ $MG_i$ 及び方向 $\theta_i$ を有する。 $i$ 番目の画像ピクセルの勾配の方向 $\theta_i$ は、

$$\theta_i = \tan^{-1} y_i / x_i \quad (1)$$

によって表され、上式で、 $x_i = i$ 番目のピクセルの水平勾配であり、 $y_i = i$ 番目のピクセルの垂直勾配である。

## 【0020】

或る例において、 $i$ 番目のピクセルの水平勾配は、或る大きさと「正」又は「負」の方向性とを有し、

$$x_i = I(x_{i-1}) - I(x_{i+1}) \quad (2)$$

によって表され、上式で、 $I(x_{i-1})$  = 対応する水平に左のピクセル、即ち $i-1$ 番目( $x$ )のピクセル、の強度であり、 $I(x_{i+1})$  = 対応する水平に右のピクセル、即ち $i+1$ 番目( $x$ )のピクセル、の強度である。

## 【0021】

同様に、この例において、 $i$ 番目のピクセルの垂直勾配は、或る大きさと「正」又は「負」の方向性とを有し、

$$y_i = I(y_{i-1}) - I(y_{i+1}) \quad (3)$$

によって表され、上式で、 $I(y_{i+1})$  = 対応する垂直に上のピクセル、即ち $i+1$ 番目( $y$ )のピクセル、の強度であり、 $I(y_{i-1})$  = 対応する垂直に下のピクセル、即ち $i-1$ 番目( $y$ )のピクセル、の強度である。

## 【0022】

水平勾配の大きさ $MG_{x_i}$ は、

$$MG_{x_i} = Abs(I(x_{i-1}) - I(x_{i+1})) \quad (4)$$

によって表される。

## 【0023】

垂直勾配の大きさ $MG_{y_i}$ は、

$$MG_{y_i} = Abs(I(y_{i-1}) - I(y_{i+1})) \quad (5)$$

によって表される。

## 【0024】

$i$ 番目のピクセルの勾配の大きさ $MG_i$ は、

$$MG_i = \sqrt{MG_{x_i}^2 + MG_{y_i}^2} \quad (6)$$

によって表される。

## 【0025】

代替として、 $i$ 番目のピクセルの勾配の大きさ $MG_i$ は、

$$MG_i = MG_{x_i} + MG_{y_i} \quad (7)$$

によって表すことができる。

## 【0026】

上記の数式において提供される $i$ 番目のピクセルについての勾配の計算は限定的なものとなされるべきではなく、勾配を計算するために他の数学式を用いることも可能である。別の例において、 $i$ 番目のピクセルの水平勾配は、 $i$ 番目のピクセルの、 $i+1$ 番目( $x$ )のピクセル又は $i-1$ 番目( $x$ )のピクセルのいずれかとの強度差を用いて決定可能であり、 $i$ 番目のピクセルの垂直勾配は、 $i$ 番目のピクセルの、 $i+1$ 番目( $y$ )のピクセル

10

20

30

40

50

セル又は  $i - 1$  番目 ( $y$ ) のピクセルのいずれかとの強度差を用いて決定され得る。

【0027】

図2は、或る実施形態における、画像100におけるオブジェクト検出のための勾配のヒストグラム(HOG)ビン200を示す。HOGビン200は、1番目から $m$ 番目までのビン、 $\text{Bin}_0 \sim \text{Bin}_{m-1}$ を含む。オブジェクト検出のために、画像100の各画像ピクセルは、対応する勾配の方向に基づいて、1番目から $m$ 番目までのビンのうちの1つにおいてカテゴリー分類される。この例において、 $m$ の値=6である。しかしながら、別の例示的シナリオにおいて、 $m$ の値は8又は10などと異なり得る。

【0028】

図3A及び図3Bは、例示的シナリオにおいて、それぞれ、6つのHOGビンの第1のセット300、及び8つのHOGビンの第2のセット302を示す図である。

10

【0029】

従来の(即ち、例示の実施形態に従わない)実装において、第1及び第2のセット300及び302の各HOGビンには、 $0 \sim 180^\circ$ 内の等しい方向範囲が割り当てられる。例えば、 $m=6$ のとき、各HOGビンには $30^\circ$ が割り当てられるため、 $\text{Bin}_0$ は $0$ から $30^\circ$ まで延在し、 $\text{Bin}_1$ は $30^\circ$ から $60^\circ$ まで延在する、という具合である。同様に、 $m=8$ のとき、各HOGビンには $22.5^\circ$ が割り当てられるため、 $\text{Bin}_0$ は $0$ から $22.5^\circ$ まで延在し、 $\text{Bin}_1$ は $22.5^\circ$ から $45^\circ$ まで延在する、という具合である。画像ピクセルには、対応する垂直及び水平の勾配の比を、対応する方向範囲のタンジェント値と比較することによって、HOGビンが割り当てられる。例えば、 $m$ の値=6の場合、対応する勾配が $\text{Bin}_0$ にあるかどうかをチェックするために、画像ピクセルの垂直及び水平の勾配の比( $y/x$ )が、 $\tan 0^\circ$ 及び $\tan 30^\circ$ の値と比較され得る。同様に、対応する勾配が $\text{Bin}_1$ にあるかどうかをチェックするために、比( $y/x$ )が、 $\tan 30^\circ$ 及び $\tan 60^\circ$ の値と比較され得る、という具合である。 $\tan 30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $120^\circ$ 、及び $150^\circ$ は、それぞれ無理数 $1/\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{3}$ 、 $-\sqrt{3}$ 、及び $-1/\sqrt{3}$ であるため、画像ピクセルに関するHOGビンの計算は複雑であり時間のかかるタスクである。

20

【0030】

(従来の実装とは異なる)例示の実施形態において、第1及び第2のセット300及び302のHOGビンには、画像の画像ピクセルに関するHOGビンの計算を簡略化するために、等しくない方向範囲が割り当てられる。或る実施形態において、第1及び第2のセット300及び302の各ビンについて、最大及び最小のビンング角度(binning angle)  $\theta_{\min}$  及び  $\theta_{\max}$  が、 $\tan \theta_{\min}$  及び  $\tan \theta_{\max}$  の各々が有理数であり、除算又は乗算なしで計算され得るように、選択される。また、シフト演算、減算、及び比較演算のうちの少なくとも1つの各々が、画像ピクセルのHOGビンを計算するために有用である。HOGビンの第1のセット300の場合、各ビンについての最小及び最大のビンング角度は下記の表1に示される。

30

【表 1】

Table I

Bin ビン	Minimum binning angle 最小 ビンング 角度 ( $\theta_{\min}$ )	Maximum binning angle 最大 ビンング 角度 ( $\theta_{\max}$ )	Difference 差 ( $\theta_{\max} - \theta_{\min}$ )	Tangent of minimum binning angle 最小ビンング角度 のタンジェント ( $\tan \theta_{\min}$ )	Tangent of maximum binning angle 最大ビンング角度 のタンジェント ( $\tan \theta_{\max}$ )
ビン0	0	26.5°	$\theta_0 = 26.5$	0	0.5
ビン1	26.5	63.5°	$\theta_1 = 37$	0.5	2
ビン2	63.5°	90°	$\theta_2 = 26.5$	2	$+\infty$
ビン3	90°	116.5°	$\theta_3 = 26.5$	$+\infty$	-2
ビン4	116.5°	153.5°	$\theta_4 = 37$	-2	-0.5
ビン5	153.5°	180°	$\theta_5 = 26.5$	-0.5	0

10

## 【0031】

HOGビンの第2のセット302の場合、各ビンについての最小及び最大のビンング角度は下記の表2に示される。

【表 2】

Table II

Bin ビン	Minimum binning angle 最小 ビンング 角度 ( $\theta_{\min}$ )	Maximum binning angle 最大 ビンング 角度 ( $\theta_{\max}$ )	Difference 差 ( $\theta_{\max} - \theta_{\min}$ )	Tangent of minimum binning angle 最小ビンング角度 のタンジェント ( $\tan \theta_{\min}$ )	Tangent of maximum binning angle 最大ビンング角度 のタンジェント ( $\tan \theta_{\max}$ )
ビン0	0	20.55°	$\theta_0 = 20.55$	0	0.375
ビン1	20.55	45.0°	$\theta_1 = 24.45$	0.375	1
ビン2	45.0°	69.45°	$\theta_2 = 24.45$	1	2.665
ビン3	69.45°	90°	$\theta_3 = 20.55$	2.665	$+\infty$
ビン4	90.0°	110.55°	$\theta_4 = 20.55$	$+\infty$	-2.665
ビン5	110.55°	135°	$\theta_5 = 24.45$	-2.665	-1
ビン6	135°	159.45°	$\theta_6 = 24.45$	-1	-0.375
ビン7	159.45°	180°	$\theta_7 = 20.55$	-0.375	0

20

30

## 【0032】

図4は、或る実施形態における、オブジェクト検出システム400のブロック図を示す。例示的シナリオにおいて、オブジェクトは道路上の歩行者であり、オブジェクト検出システム400は、車両又は任意の他の移動プラットフォームにおいて、道路上のオブジェクト検出を支援するために用いられる。オブジェクト検出システム400は、歩行者検出システム400とも呼ばれ得る。オブジェクト検出システム400は、命令を記憶するためのメモリ402と、記憶された命令に応答して画像におけるオブジェクト検出のステップを実施するプロセッサ404とを含む。プロセッサ404は、特徴平面計算モジュール406、特徴ベクトル計算及び部分的分類モジュール408、並びに最終的分類モジュール410を含む。メモリ402は、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み取り専用メモリ(ROM)、スタティックダイナミックRAM(SDRAM)、ダブルデータレート(DDR)RAM、及びDDR SDRAMなどの、任意の揮発性又は不揮発性メモリであり得る。同様に、プロセッサ404は、メモリ402に記憶された、ソフトウェア命令、プロトコル、又は論理命令の実行又はパフォーマンスを容易にするか又は可能にするための、様々な既知のデバイスを含み得る。例えば、プロセッサ404は、1つ又は複数の集積回路デバイス、中央処理ユニット(CPU)、又はマイクロプロセッサとして具現化され得る。また、プロセッサ404は、メモリデバイス(例えば、プロセッサキャッシュ

40

50

)、時間保持デバイス(例えば、リアルタイムクロック(RTC))、及び/又は追加の回路要素又はデータ伝送チャネルを含み得る。プロセッサ404の1つの典型的な例には、エンベデッドビジョンエンジン(EVE)が含まれる。したがって、プロセッサ404内部のモジュール(モジュール406、408、及び410など)は、単一のエンティティ又は異なるエンティティ(ソフトウェア及びファームウェアを備えるか又は備えない集積回路など)の形態で具現化され得る。プロセッサ404はまた、道路上のオブジェクトの画像及び/又は映像の捕捉及び/又は後処理を支援するためのハードウェアシステムを含み得、又はその他の方式でそうしたハードウェアシステムと通信することも可能である。画像及び/又は映像は、プロセッサ404にアクセス可能なカメラなどの画像捕捉デバイスによって捕捉され得る。

10

#### 【0033】

特徴平面計算モジュール406は、画像100(図1)などの入力画像を受信し、画像100の各画像ピクセルについて「h」個の特徴平面を計算する。典型的には、 $h = m + 4$ であり、この式で、mはHOGピンの総数に等しい。例示的シナリオにおいて、HOGピンの数が6に等しい場合、特徴平面hの数は10に等しい。以下の説明では、特徴平面「h」の数は、特に指定のない限り、全体を通じて10であると見なされる。

#### 【0034】

特徴平面計算モジュール406は、画像100の各画像ピクセルについて、10タイプの特徴平面の特徴セット $F_i$ を計算する。 $i$ 番目のピクセルの特徴セット $F_i$ は、

$$F_i = \{Y_i, U_i, V_i, M_i, B_{i0}, B_{i1}, B_{i2}, B_{i3}, B_{i4}, B_{i5}\} \quad (8)$$

20

によって表され、上式で、 $Y_i$ 、 $U_i$ 、 $V_i$ は、 $i$ 番目のピクセルの事前定義されたカラースキームを表すカラー特徴平面であり、 $M_i$ は、 $i$ 番目のピクセルの勾配の大きさを表す大きさ特徴平面であり、 $B_{i0}$ 、 $B_{i1}$ 、 $B_{i2}$ 、 $B_{i3}$ 、 $B_{i4}$ 、 $B_{i5}$ は、それぞれ、 $B_{in0}$ 、 $B_{in1}$ 、 $B_{in2}$ 、 $B_{in3}$ 、 $B_{in4}$ 、及び $B_{in5}$ における $i$ 番目のピクセルの勾配の大きさを表すHOG特徴平面である。例示的实施形態において、 $i$ 番目のピクセルは、1つのピンにおいて非ゼロの勾配大きさ、及び他の5つのピンにおいてゼロ勾配を有する。

#### 【0035】

例示的实施形態において、特徴平面計算モジュール406は、従来技法に基づき、 $i$ 番目のピクセルについて $Y_i$ 、 $U_i$ 、 $V_i$ 、 $M_i$ の値を計算するか又はその他の方式でこれらの値にアクセスする。特徴平面計算モジュール406は、対応する水平及び垂直の勾配 $x_i$ 及び $y_i$ に基づいて推定される、 $i$ 番目のピクセルの勾配の大きさ及び方向に基づいて、 $B_{i0}$ 、 $B_{i1}$ 、 $B_{i2}$ 、 $B_{i3}$ 、 $B_{i4}$ 、 $B_{i5}$ の値を計算する。

30

#### 【0036】

特徴平面計算モジュール406は、 $i$ 番目のピクセルの勾配のHOGピンを計算するために、下記の表3において特定される、第1及び第2の閾値並びに比較条件を参照し、この表で、HOGピンの数は6に等しい。

【表 3】

Table III

Bin ビン	First threshold 第 1 の閾値 ( $\tan \theta_{\min}$ )	Second threshold 第 2 の閾値 ( $\tan \theta_{\max}$ )	Comparison condition (<< and >> are bit-wise left and right-shift operators respectively) 比較条件 (<<及び>>)は、それぞれ、ビット単位の左及び右のシフト演算子である)
ビン0	0	0.5	$0 \leq y_i / x_i < 0.5$ , 即ち $y_i \geq 0$ 及び $(x_i \gg 1) > y_i$
ビン1	0.5	2	$0.5 \leq y_i / x_i < 2$ , 即ち $(x_i \gg 1) < y_i$ 及び $y_i < (x_i < 1)$
ビン2	2	$+\infty$	$2 \leq y_i / x_i < +\infty$ , 即ち $y_i \geq (x_i < 1)$ 及び $x_i > 0$
ビン3	$+\infty$	-2	$+\infty \leq y_i / x_i < -2$ , 即ち $y_i < -(x_i < 1)$ 及び $x_i \leq 0$
ビン4	-2	-0.5	$-2 \leq y_i / x_i < -0.5$ , 即ち $x_i \geq -(y_i < 1)$ 及び $y_i \geq -x_i < 1$
ビン5	-0.5	0	$-0.5 \leq y_i / x_i < 0$ , 即ち $x_i \leq -(y_i < 1)$ 及び $y_i > 0$

10

## 【0037】

特徴平面計算モジュール406は、i番目のピクセルの勾配のHOGビンを計算するために、下記の表4において特定される、第1及び第2の閾値並びに比較条件を参照し、この表で、HOGビンの数は8に等しい。

【表 4】

Table IV

Bin ビン	First threshold 第 1 の閾値 ( $\tan \theta_{\min}$ )	Second threshold 第 2 の閾値 ( $\tan \theta_{\max}$ )	Comparison condition (<< and >> are bit-wise left and right-shift operators respectively) 比較条件 (<<及び>>)は、それぞれ、ビット単位の左及び右のシフト演算子である)
ビン0	0	0.375	$0 \leq y_i / x_i < 0.375$ , 即ち $y_i \geq 0$ 及び $(x_i \gg 2 + x_i \gg 4) > y_i$
ビン1	0.375	1	$0.375 \leq y_i / x_i < 1$ , 即ち $(x_i \gg 2 + x_i \gg 4) < y_i$ 及び $y_i < x$
ビン2	1	2.665	$1 \leq y_i / x_i < 2.665$ , 即ち $y_i \geq x$ 及び $(y_i \gg 2 + y_i \gg 4) < x_i$
ビン3	2.665	$+\infty$	$2.665 \leq y_i / x_i < +\infty$ , 即ち $(y_i \gg 2 + y_i \gg 4) \geq x_i$ 及び $x_i \geq 0$
ビン4	$+\infty$	-2.665	$+\infty \leq y_i / x_i < -2.665$ , 即ち $(y_i \gg 2 + y_i \gg 4) \geq -x_i$ 及び $x_i \geq 0$
ビン5	-2.665	-1	$-2.665 \leq y_i / x_i < -1$ , 即ち $y_i \geq -x$ 及び $(y_i \gg 2 + y_i \gg 4) < -x_i$
ビン6	-1	-0.375	$-1 \leq y_i / x_i < -0.375$ , 即ち $-(x_i \gg 2 + x_i \gg 4) < y_i$ 及び $y_i < -x$
ビン7	-0.375	0	$-0.375 \leq y_i / x_i < 0$ , 即ち $y_i \geq 0$ 及び $-(x_i \gg 2 + x_i \gg 4) > y_i$

20

30

## 【0038】

i番目のピクセルの水平及び垂直の勾配 $x_i$ 及び $y_i$ が、対応する比較条件を満たす場合、i番目のピクセルにビンが割り当てられる。表3及び表4に基づき、画像ピクセルについてのHOGビンの計算は、主にシフト及び比較を含む。これが可能であるのは、 $\tan \theta_{\min}$ 及び $\tan \theta_{\max}$ の各々が有理数であるように、各HOGビンについて $m_{i_n}$ 及び $m_{a_x}$ が定義されるためである。

## 【0039】

i番目のピクセルの勾配についてHOGビンを計算した後、特徴平面計算モジュール406は、数式(6)に基づいて対応する勾配の大きさを計算する。その後、特徴平面計算モジュール406は、計算されたHOGビンに対応するHOG特徴平面に大きさ値を割り当て、残りのHOG特徴平面にゼロ値を割り当てる。例示的シナリオにおいて、特徴平面計算モジュール406がi番目の画像ピクセルについてBin 1における勾配大きさ $M_i$ を計算する場合、特徴セット $F_i$ は、

40

$$F_i = \{Y_i, U_i, V_i, M_i, 0, M_i, 0, 0, 0, 0\}$$

として表される。

## 【0040】

同様に、特徴計算モジュール406は、入力画像の各画像ピクセルについて特徴セットを計算し、同じものをメモリ402に記憶する。従来の(例示的实施形態に従わない)シ

50

ナリオにおいて、特徴セットの数が画像ピクセルの数に等しい場合、特徴平面計算のうちで最も時間のかかる部分は、対応するHOGピンを決定するために勾配の方向を計算していた。これに対して、例示的实施形態では、特徴計算モジュール406は、方向の計算をバイパスし、画像ピクセルの水平勾配と垂直勾配との間の数学的関係に基づいて、画像ピクセルのHOGピンを決定する。この結果、特徴平面計算において約30～45%の性能向上が生じる。

#### 【0041】

特徴平面計算モジュール406は更に、画像100において複数のセルを画定する。セルとは、 $(C_x, C_y)$ としてのサイズを有する画像100のユニットであり、ここで、 $C_x$ はセル幅であり、 $C_y$ はセル高さであり、 $(C_x \times C_y)$ はセル内のピクセルの総数である。画像100における各セルの水平及び垂直方向の開始位置は、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である。入力画像内のセルは、図5A及び図5B、並びに図6A、図6B、及び図6Cを参照して更に示される。

10

#### 【0042】

図5A及び図5Bは、例示的实施形態における、サイズ(6, 6)の第1、第2、及び第3のセル502、504、506を含む、サイズ(64, 128)の画像500を図示する。いくつかの例示的实施形態の説明を容易にするために、数個のセル502、504、506のみが示されている。セルは全画像500において画定される。第1のセル502は、x及びyの両方の方向に、0番目から6番目のピクセルまで延在する。第2のセル504は、x方向に4番目から10番目のピクセルまで、及びy方向に0番目から6番目のピクセルまで延在する。第3のセル506は、x方向に0番目から6番目のピクセルまで、及びy方向に4番目から10番目のピクセルまで延在する。

20

#### 【0043】

一実施形態において、画像500における各セルのx及びy方向の開始位置は、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの倍数である。例えば、水平及び垂直のステップサイズが各々4ピクセルである場合、セルサイズにかかわらず、セルの開始位置は、x及びy方向に0、4、8、12、・・・ピクセルである。例示的シナリオにおいて、x方向に沿った第1及び第2のセル502及び504の開始位置は、それぞれ0番目及び4番目のピクセルである。また、y方向に沿った第1及び第3のセル502及び506は、それぞれ0番目及び4番目のピクセルである。水平及び垂直のセルサイズが、対応するステップサイズと異なる場合、隣接するセルのいくつかの画像ピクセルが互いに重なり合う。

30

#### 【0044】

特徴平面計算モジュール406(図4)は、入力画像500の各セルについて、各タイプの特徴平面についての特徴平面和を計算する。或るセルについての特徴平面和が、同様のタイプのセルの画像ピクセルのそれらの特徴を総計することによって計算される。例示的シナリオにおいて、サイズ(6×6)の第1のセル502についての(タイプY特徴平面の)特徴平面和 $C_1(Y)$ が、第1のセル502の36のピクセルすべてのY特徴平面を総計することによって計算され、

$$C_1(Y) = \sum_{i=0}^{35} Y_i \dots\dots\dots (9)$$

40

によって表される。

#### 【0045】

サイズ(6×6)の第1のセル502についての(タイプU平面の)特徴平面和 $C_1(U)$ が、第1のセル502の36のピクセルすべてのU特徴平面を総計することによって計算され、

$$C_1(U) = \sum_{i=0}^{35} U_i \dots \dots \dots (10)$$

によって表される。

【 0 0 4 6 】

したがって、特徴平面計算モジュール 4 0 6 は、画像 5 0 0 の  $i$  番目のセルについて、1 0 の特徴平面に対応する 1 0 の特徴平面和を計算する。 $i$  番目のセルについての特徴平面和のセット  $S_i$  は、

$S_i = \{C_i(Y), C_i(U), C_i(V), C_i(M), C_i(B_0), C_i(B_1), C_i(B_2), C_i(B_3), C_i(B_4), C_i(B_5)\}$  ( 1 1 )  
によって表され、上式で、 $C_i(Y)$ 、 $C_i(U)$ 、及び  $C_i(V)$  は、 $i$  番目のセルについて  
の  $Y$ 、 $U$ 、及び  $V$  特徴平面和であり、 $C_i(M)$  は  $i$  番目のセルについての  $M$  特徴  
平面和であり、 $C_i(B_0)$ 、 $C_i(B_1)$ 、 $C_i(B_2)$ 、 $C_i(B_3)$ 、 $C_i(B_4)$ 、  
及び  $C_i(B_5)$  は、 $i$  番目のセルについての  $HOG$  特徴平面和である。

10

【 0 0 4 7 】

図 6 A 及び図 6 B は、第 1 から第 9 のセル 6 0 2 ~ 6 1 8 を含む ( 6 4 又は 1 2 8 などの ) サイズの画像 6 0 0 を示し、セル 6 0 2 ~ 6 1 8 の各々のサイズは  $4 \times 4$  ( 例えば、1 6 ピクセル ) である。例えば、セル 6 0 2 は、 $x$  及び  $y$  の両方の方向に 0 番目から 4 番目のピクセルまで延在し、セル 6 0 4 は、 $x$  方向に 4 番目から 8 番目のピクセルまで、及び  $y$  方向に 0 番目から 4 番目のピクセルまで延在し、セル 6 0 6 は、 $x$  方向に 8 番目から 1 2 番目のピクセルまで、及び  $y$  方向に 0 番目から 4 番目のピクセルまで延在する、という具合である。

20

【 0 0 4 8 】

特徴平面計算モジュール 4 0 6 ( 図 4 ) は、入力画像 6 0 0 の各セルについての各タイプの特徴平面和を計算する。例示的シナリオにおいて、サイズ (  $4 \times 4$  ) の第 1 のセル 6 0 2 についての ( タイプ  $V$  平面の ) 特徴平面和  $C_2(V)$  が、第 1 のセル 6 0 2 の 1 6 のピクセルすべての  $V$  特徴平面を総計することによって計算され、

$$C_2(V) = \sum_{i=0}^{15} V_i \dots \dots \dots (12)$$

30

によって表される。

【 0 0 4 9 】

サイズ (  $4 \times 4$  ) のセル 6 0 2 についての ( タイプ  $M$  特徴平面の ) 特徴平面和  $C_2(M)$  が、第 1 のセル 6 0 4 の 1 6 のピクセルすべての  $M$  特徴平面を総計することによって計算され、

$$C_2(M) = \sum_{i=0}^{15} M_i \dots \dots \dots (13)$$

40

によって表される。

【 0 0 5 0 】

数式 ( 1 1 ) 及び数式 ( 1 2 ) と同様に、特徴平面計算モジュール 4 0 6 は、画像 6 0 0 の各セルについて、1 0 の特徴平面に対応する 1 0 の特徴平面和を計算する。

【 0 0 5 1 】

図 6 C は、サイズ (  $8 \times 8$  ) のセル 6 2 0 及びセル 6 2 2 を表すサイズ ( 6 4 , 1 2 8 ) の画像 6 0 0 を示す。一実施形態において、サイズ (  $8 \times 8$  ) のセル 6 2 0 は、図 6 A 及び図 6 B を参照して説明したようなサイズ (  $4 \times 4$  ) のセル 6 0 2、6 0 4、6 0 8、及び 6 1 0 を組み合わせることによって形成される。或る例において、特徴平面計算モジ

50

ジュール 406 は、セル 602、604、608、及び 610 の Y 特徴平面和を総計することによって、サイズ (8 × 8) のセル 620 についての (タイプ Y 平面の) 特徴平面和  $C_3(Y)$  を計算する。サイズ (8 × 8) のセル 620 についての (タイプ Y 平面の) 特徴平面和  $C_3(Y)$  は、

$$C_3(Y) = C_{11}(Y) + C_{21}(Y) + C_{41}(Y) + C_{51}(Y) \quad (14)$$

によって表され、上式で、 $C_{11}(Y)$  = セル 602 の Y 特徴平面和であり、 $C_{21}(Y)$  = セル 604 の Y 特徴平面和であり、 $C_{41}(Y)$  = セル 608 の Y 特徴平面和であり、 $C_{51}(Y)$  = セル 610 の Y 特徴平面和である。

#### 【0052】

同様に、サイズ (8 × 8) のセル 622 は、サイズ (4 × 4) のセル 608、610、614、及び 616 を組み合わせることによって形成される。或る実施形態において、特徴平面計算モジュール 406 は、サイズ (4 × 4) のセル 608、610、614、及び 616 の Y 特徴平面和を総計することによって、サイズ (8 × 8) のセル 622 についての (タイプ Y 平面の) 特徴平面和  $C_4(Y)$  を計算する。結果として、特徴平面計算モジュール 406 は、第 11 のセル 622 についての Y 特徴平面和を計算する際に、セル 608 及び 610 の Y 特徴平面和を再使用する。同様に、(U 平面、V 平面、及び 6 つの HOG 平面などの) 他の平面についての和も計算される。

#### 【0053】

図 7 は、入力画像 704 におけるオブジェクト検出のために用いられる、検出ウィンドウ 700 及び 702 の例を図示する。入力画像 704 はフレームサイズ ( $F_w, F_h$ ) を有し、ここで、 $F_w$  はフレーム幅であり、 $F_h$  はフレーム高さであり、 $F_h \times F_w$  は入力画像 704 における画像ピクセルの総数である。一実施形態において、検出ウィンドウ 700 及び 702 の各々は、サイズ ( $SW_x, SW_y$ ) を有する入力画像 704 の画像部分であり、ここで、 $SW_x$  はウィンドウ幅であり、 $SW_y$  はウィンドウ高さであり、 $SW_x \times SW_y$  は、検出ウィンドウ (700、702) における画像ピクセルの総数である。検出ウィンドウ (700、702) のステップサイズは  $S_x \times S_y$  として参照され、ここで、 $S_x$  は、x 方向に沿った 1 動作において検出ウィンドウ (700、702) によってトラバースされるピクセルの数であり、 $S_y$  は、y 方向に沿った 1 動作において検出ウィンドウ (700、702) によってトラバースされるピクセルの数である。

#### 【0054】

モジュール 408 (図 4) は、第 1 の検出ウィンドウ 700 を選択し、その中の第 1 の部分的特徴ベクトルを計算するために或るタイプの特徴平面を選択する。第 1 の部分的特徴ベクトルは、第 1 の検出ウィンドウ 700 の各セルに対応する、選択されたタイプの特徴平面和のセットである。或る例において、モジュール 408 が Y 特徴平面を選択する場合、第 1 の部分的特徴ベクトルは、第 1 の検出ウィンドウ 700 内で画定されるセルの Y 特徴平面和を含むセットである。第 1 の検出ウィンドウ 700 (第 1 から第 n のセルを含む) の Y 特徴平面についての第 1 の部分的特徴ベクトル  $P_{11}(Y)$  は、

$$P_{11}(Y) = \{C_1(Y), C_2(Y), C_3(Y), \dots, C_n(Y)\} \quad (15)$$

によって表され、上式で、 $C_1(Y)$  = 第 1 の検出ウィンドウ 700 の第 1 のセルの Y 特徴平面和であり、 $C_2(Y)$  = 第 1 の検出ウィンドウ 700 の第 2 のセルの Y 特徴平面和であり、 $C_n(Y)$  = 第 1 の検出ウィンドウ 700 の第 n のセルの Y 特徴平面和である。

#### 【0055】

例示的シナリオにおいて、第 1 の検出ウィンドウ 700 のサイズが (64 × 128) であり、セルサイズが (8 × 8) である場合、第 1 の検出ウィンドウにおけるセルの数は (64 / 8) × (128 / 8) = 128 に等しい。したがって、部分的特徴ベクトルにおける要素の数は、セルの総数、即ち 128、に等しく、部分的特徴ベクトルの数は 10 に等しい。また、完全な特徴ベクトルは、第 1 の検出ウィンドウ 700 の各セルについて各タイプの特徴平面和を含む。特徴平面和タイプの数 10 である場合、完全な特徴ベクトル

10

20

30

40

50



は  $128 \times 10 = 1280$  の要素を含む。

【0056】

モジュール408は、第1の検出ウィンドウ700におけるオブジェクトのYデータの存在を検出するために、第1の部分的特徴ベクトルをオブジェクトの対応する部分的分類子と比較し、第1の部分的特徴ベクトルを記憶する代わりに、比較の結果をメモリ402に記憶する。その後、モジュール408は、第1の検出ウィンドウ700についての第2の部分的特徴ベクトルを計算するために、U特徴平面などの次のタイプの特徴平面を選択する。その後、第1の検出ウィンドウ700においてオブジェクトのUデータが検出されるかどうかを検出するために、第2の部分的特徴ベクトルをオブジェクトの対応する部分的分類子と比較し、比較の結果をメモリ402に記憶する。例示的シナリオにおいて、部分的オブジェクト分類子はADABOOST分類子である。

10

【0057】

同様に、モジュール408は、次の特徴平面について部分的特徴ベクトルを計算するステップと、比較の結果をメモリ402に記憶するために、対応する部分的分類子と比較するステップとを、反復的に実施する。結果として、モジュール408は、10の部分的特徴ベクトルを反復的に計算し、比較結果をメモリ402に記憶するために、対応する部分的オブジェクト分類子との10回の比較を行なう。

【0058】

モジュール408は、第1の検出ウィンドウ700のセルの特徴平面和を記憶する代わりに、比較結果のみをメモリ402に記憶するため、メモリ帯域幅（ダブルデータレート（DDR）メモリ帯域幅など）が大幅に節約される。モジュール408は、第1の検出ウィンドウ700についての完全な特徴ベクトルの計算（1280の要素を共に計算することが必要となる）をバイパスし、一度に1つの部分的特徴ベクトルのみを計算する（128の要素を共に計算することが必要となる）ため、DDR帯域幅が大幅に節約される。

20

【0059】

最終的分類モジュール410は、モジュール408によって生成される比較結果を照合し、それに応じて、第1の検出ウィンドウ700にオブジェクトが存在するかどうかを最終的に決定する。一実施形態において、モジュール408は、対応する部分的オブジェクト分類子との比較に基づいて、各部分的特徴ベクトルに対応するスコアを計算し、したがって、各特徴平面タイプに対応する10の部分的スコアの総計を生成する。最終的分類モジュール410は、この10の部分的スコアを加算して、第1の検出ウィンドウ700にオブジェクトが存在するかどうかを示すための最終的スコアを生成する。

30

【0060】

その後、モジュール408は、第2の検出ウィンドウ702（図7）を選択し、対応する部分的特徴ベクトル及び部分的スコアを計算する。その後、最終的分類モジュール410は、部分的スコアを照合して、第2の検出ウィンドウ702におけるオブジェクトの存在を検出する。モジュール408は部分的スコアを計算し、最終的分類モジュール410は、画像704の残りの検出ウィンドウの各々について部分的スコアを逐次的に照合し、それによって、画像704における対応するオブジェクトの存在を検出する。いくつかの例示的实施形態において、1280の要素のすべてを単一サイクルで計算することも可能であり、その後、これらの要素は、検出ウィンドウ（画像部分）におけるオブジェクトの存在を検出するために、分類子と比較され得る。

40

【0061】

図8は、或る実施形態において、画像におけるオブジェクトを検出する方法のフローチャートである。或る実施形態において、方法800の動作は、プロセッサ400（図4）などのプロセッサによって行われる。

【0062】

ブロック802で、この方法は、例示的画像100（図1）などの、画像（入力画像）の各画像ピクセルについて1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面を計算することを含む。少なくとも1つの例において、各画像ピクセルについて10タイプの特徴平面

50

が計算され、10タイプの特徴平面は、Y、U、V特徴平面、M特徴平面、及び6つのHOG特徴平面を含む。或る画像ピクセルについての6つのHOG特徴平面は、画像ピクセルの水平及び垂直の勾配に基づいて計算される。

#### 【0063】

ブロック804で、この方法は、画像100における複数のセルを画定することを含み、各セルは第1から9番目のピクセルを含む。画像100における各セルの水平及び垂直方向の開始位置は、それぞれ事前に定義された水平及び垂直のステップサイズの整数倍である。例えば、水平及び垂直のステップサイズが各々4ピクセルである場合、セルサイズにかかわらず、セルの開始位置は、x及びy方向に0、4、8、12、・・・ピクセルである。

10

#### 【0064】

ブロック806で、この方法は、セルの各々についての1つ又は複数のタイプの1つ又は複数の特徴平面和を計算することを含む。或るセルについての或るタイプの特徴平面和が、そのセルの1番目からn番目までのピクセルの対応する特徴平面を総計することによって計算される。例示的シナリオにおいて、第1のセル502（図5）などの、サイズ（6×6）のセルについての（タイプY特徴平面の）特徴平面和 $C_1$ （Y）が、第1のセル502の36のピクセルすべてのY特徴平面を総計することによって計算される。

#### 【0065】

ブロック808で、この方法は、画像704（図7）の第1の検出ウィンドウ700などの画像部分について特徴ベクトルを決定することを含む。画像部分の特徴ベクトルは、画像部分において画定されるセルの特徴平面和のセットを含む。一実施形態において、特徴ベクトルは、画像部分において画定されるセルについて、1タイプのみの特徴平面和のセットを含む、部分的特徴ベクトルである。

20

#### 【0066】

ブロック810で、この方法は、画像の画像部分における対応するオブジェクトの存在を検出するために、特徴ベクトルを対応するオブジェクト分類子と比較することを含む。一実施形態において、特徴ベクトルは、部分的特徴ベクトルであり、画像部分における対応するオブジェクトの存在を検出するために、対応する部分的オブジェクト分類子と比較される。オブジェクトの存在は、画像全体におけるオブジェクトの存在を決定するために、（図7を参照して説明する様々な検出ウィンドウにおけるなど）様々な画像部分において検出される。

30

#### 【0067】

部分的特徴ベクトルの一実施形態において、部分的特徴ベクトルは各タイプの特徴平面について反復的に決定され、各タイプの部分的特徴ベクトルは、各タイプの対応する部分的分類器と比較される。また、各タイプについての比較の結果はメモリに記憶される。また、各タイプの特徴平面に対応する1つ又は複数の比較結果が照合され、オブジェクトの存在は、照合された結果に基づいて画像において検出される。

#### 【0068】

例示的实施形態の1つ又は複数の利点が、入力画像におけるオブジェクトを検出することを含む。様々な実施形態のオブジェクト検出システムにおいて、画像ピクセル勾配のHOGピンが、勾配の方向を計算せずに、画像ピクセルの水平勾配と垂直勾配との間の数学的関係に基づいて決定され、それにより、特徴平面計算において約30～45%の性能向上が生じる。また、完全な特徴ベクトル計算に代わる部分的特徴ベクトル計算は、メモリ帯域幅の約95%を大幅に節約する。オブジェクト検出システムの計算の複雑さ及びフットプリントは、従来の設計に比べて著しく低減される。また、オブジェクト検出システムは、任意のセルサイズ、検出ウィンドウサイズ、ステップサイズ、特徴平面の数、特徴ベクトルの数、及び分類子のタイプに適合可能である。

40

#### 【0069】

本明細書全体を通じた、特徴、利点、又は同様の言い回しへの言及は、特徴及び利点のすべてが、すべての実施形態にあるべきである（又はある）ことを示唆するものではない

50

。したがって、本明細書全体を通じた、特徴及び利点の考察及び同様の表現は、必ずしも同じ実施形態に言及するものではない。

【 0 0 7 0 】

特許請求の範囲内で、説明する実施形態における改変が可能であり、他の実施形態が可能である。例えば、前述のような様々な実施形態は、異なる順のステップ及び / 又は動作を用いて、並びに / 或いは異なる構成におけるハードウェア要素を用いて、実施される。

【 図 1 】

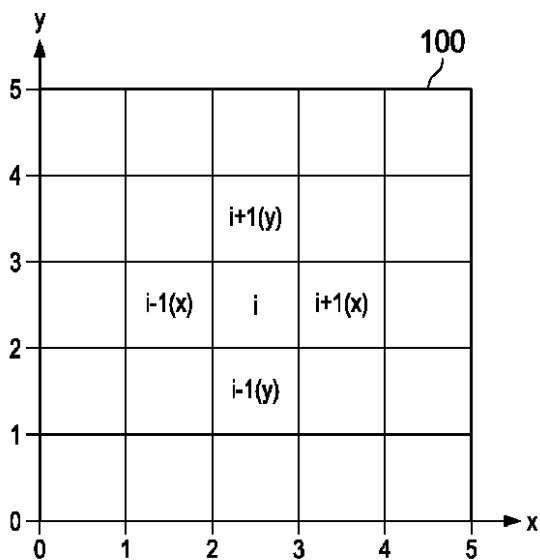


FIG. 1

【 図 2 】

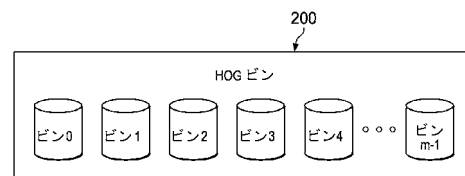


FIG. 2

【 図 3 A 】

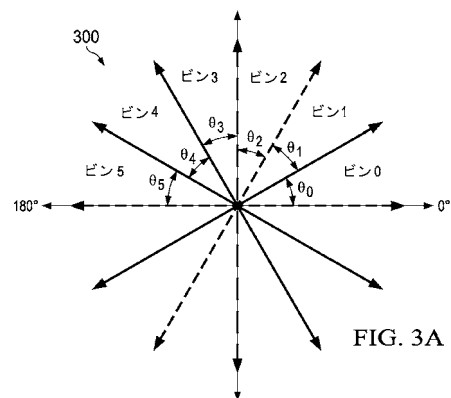
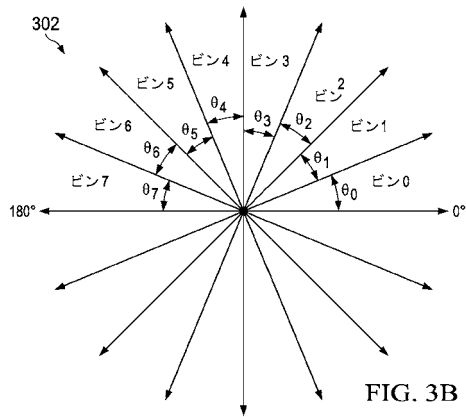


FIG. 3A

【図 3 B】



【図 4】

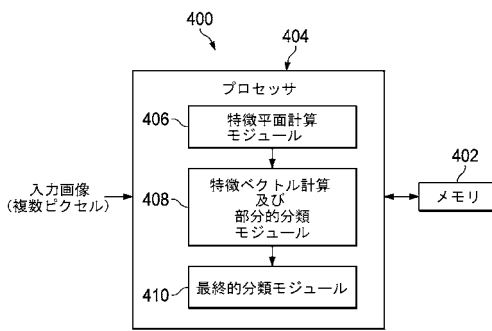


FIG. 4

【図 5 B】

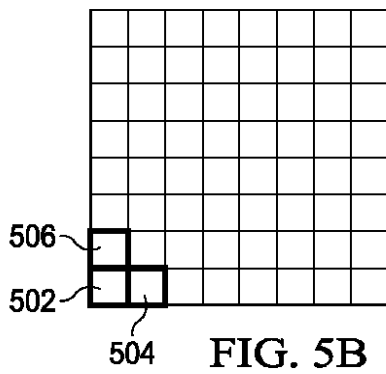


FIG. 5B

【図 5 A】

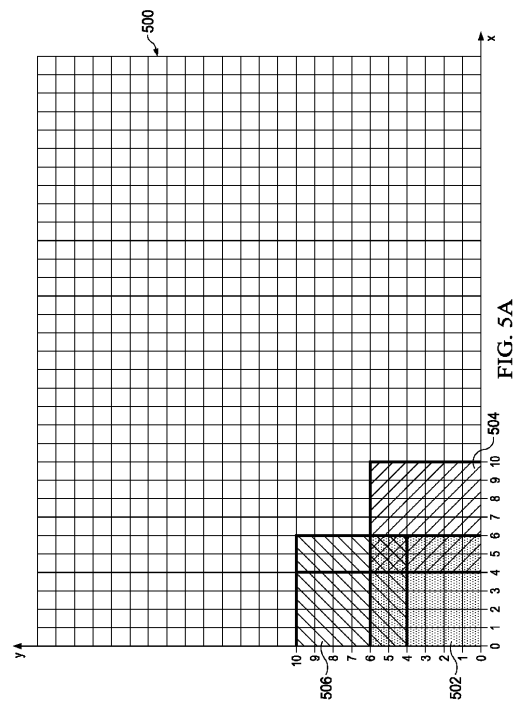


FIG. 5A

【図 6 A】

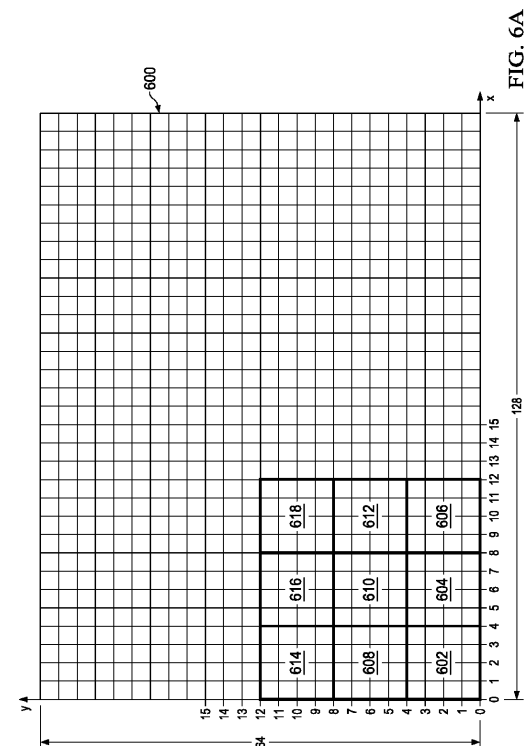
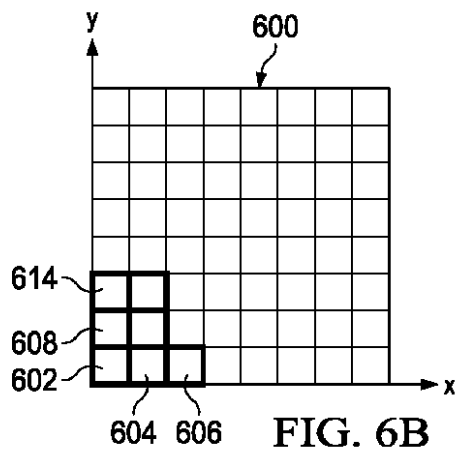
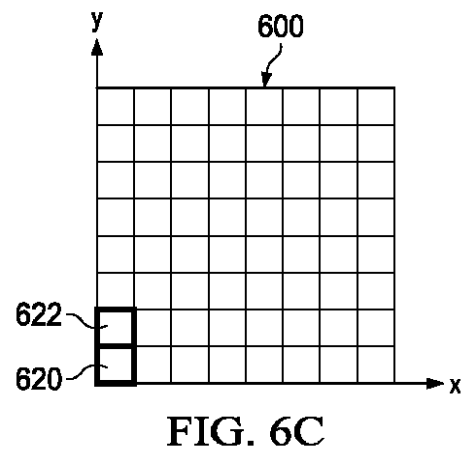


FIG. 6A

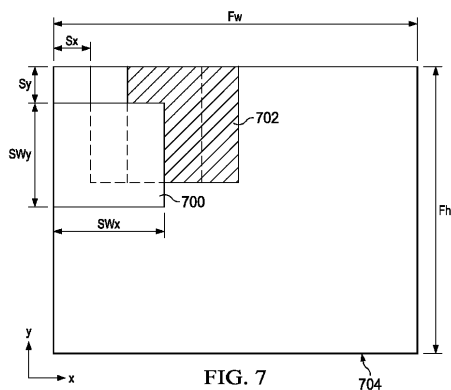
【図 6 B】



【図 6 C】



【図 7】



【図 8】

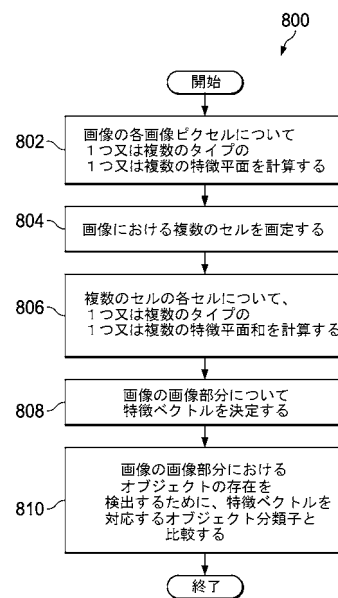


FIG. 8

## 【 国 際 調 査 報 告 】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No.  PCT/US 2015/062461
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <p style="text-align: center;"><i>G06K 9/46 (2006.01)</i>  <i>G06K 9/62 (2006.01)</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G06K 9/00, 9/46, 9/62		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, Information Retrieval System of FIPS		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/0314271 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES, CO., LTD.) 23.10.2014, abstract, paragraphs [0001], [0017]-[0021], [0026]-[0027], [0033], [0039]-[0047], fig. 4	1, 5, 9, 13
Y		8, 16
A		2-4, 6-7, 10-12, 14-15, 17-20
Y	WO 2001/17780 A1 (MATCH LAB INC) 19.04.2001, abstract	8, 16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search  11 February 2016 (11.02.2016)		Date of mailing of the international search report  10 March 2016 (10.03.2016)
Name and mailing address of the ISA/RU: Federal Institute of Industrial Property, Berezhkovskaya nab., 30-1, Moscow, G-59, GSP-3, Russia, 125993 Facsimile No: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37		Authorized officer  R. Lopatkina  Telephone No. 8 (499) 240-25-91

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 クマル アラクッティ デサッパン  
インド 560093 カルナータカ, バンガロール, シー ブイ ラマン ナガル, スダ  
グンテ パルヤ, セブンス メイン, エイジアン アネックス アpartment, ナンバー  
102

(72)発明者 マヌ マシュー  
インド 560048 カルナータカ, バンガロール, マハデヴァブラ, ホワイトフィール  
ド メイン ロード, ブリゲード メトロポリス, エル - 804

(72)発明者 ブラモッド クマール スワミ  
インド 560102 カルナータカ, バンガロール, エイチエスアール レイアウト, ハ  
ルルルール ロード, フェーズ - 1, ロイヤル プラシッド, ナンバー 12 エイ

Fターム(参考) 5L096 AA06 BA04 CA04 DA02 FA67 GA07 GA19 HA09 JA11 JA18