(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7028859号
(P7028859)

(45)発行日　令和4年3月2日(2022.3.2)

(24)登録日　令和4年2月21日(2022.2.21)

(51)国際特許分類

Ｈ０４Ｌ　12/28　(2006.01)	Ｈ０４Ｌ	12/28	２００Ｚ	
Ｂ６０Ｒ　16/023 (2006.01)	Ｂ６０Ｒ	16/023	Ｐ	
Ｇ０８Ｃ　19/00　(2006.01)	Ｇ０８Ｃ	19/00	Ｓ	
Ｈ０４Ｌ　9/00　(2022.01)	Ｈ０４Ｌ	9/00		
Ｈ０４Ｌ　61/00　(2022.01)	Ｈ０４Ｌ	61/00		

ＦＩ

請求項の数　49　（全36頁）

(21)出願番号　特願2019-507906(P2019-507906)
(86)(22)出願日　平成29年8月28日(2017.8.28)
(65)公表番号　特表2019-532547(P2019-532547A)
(43)公表日　令和1年11月7日(2019.11.7)
(86)国際出願番号　PCT/US2017/048927
(87)国際公開番号　WO2018/063643
(87)国際公開日　平成30年4月5日(2018.4.5)
審査請求日　令和2年7月20日(2020.7.20)
(31)優先権主張番号　62/401,145
(32)優先日　平成28年9月28日(2016.9.28)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　15/450,650
(32)優先日　平成29年3月6日(2017.3.6)
最終頁に続く

(73)特許権者　591003943
インテル・コーポレーション
アメリカ合衆国　９５０５４　カリフォルニア州・サンタクララ・ミッション　カレッジ　ブーレバード・２２００
(74)代理人　110000877
龍華国際特許業務法人
(72)発明者　チョ、キョン－タク
アメリカ合衆国　９５０５４　カリフォルニア州・サンタクララ・ミッション　カレッジ　ブーレバード・２２００　インテル・コーポレーション内
(72)発明者　ザオ、リ
アメリカ合衆国　９５０５４　カリフォルニア州・サンタクララ・ミッション　カ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電子機器のセキュリティシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）であって、

前記ＥＣＵは、

メッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う送受信機回路と、

受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する電圧測定回路であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する、電圧測定回路と、

前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する特徴集合回路とを備え、

前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、

前記ＥＣＵは、前記ＶｔｈＨおよび前記ＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを決定するＡＣＫ閾値回路であって、

前記ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、

前記ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定される、ＡＣＫ閾値回路をさらに備え、
前記ＥＣＵは、前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを識別する分類回路をさらに備える、ＥＣＵ。
【請求項２】
識別された前記送信ＥＣＵにより前記受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定するシグネチャ回路をさらに備える、請求項１に記載のＥＣＵ。
【請求項３】
前記特徴集合回路はさらに、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを決定し、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、請求項１または２に記載のＥＣＵ。
【請求項４】
車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）であって、
前記ＥＣＵは、
メッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う送受信機回路と、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する電圧測定回路であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する、電圧測定回路と、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する特徴集合回路とを備え、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記ＥＣＵは、前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを識別する分類回路をさらに備え、
前記特徴集合回路はさらに、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを決定し、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、ＥＣＵ。
【請求項５】
前記特徴集合はさらに、最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）の移動平均、および最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の移動平均の１または複数を有する、請求項１から４のいずれか一項に記載のＥＣＵ。
【請求項６】
前記特徴集合はさらに、ＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均を有する、請求項１から５のいずれか一項に記載のＥＣＵ。
【請求項７】
前記特徴集合回路は、ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づいてＶｔｈＨを調節すること、および、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づいてＶｔｈＬを調節することのうちの少

なくとも１つをさらに行う、請求項３または４に記載のＥＣＵ。
【請求項８】
複数の正規のＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを記憶する識別子マップ記憶装置をさらに備え、
各正規のＥＣＵ　ＩＤは、前記複数のメッセージＩＤの固有サブセットと関連付けられる、請求項１から７のいずれか一項に記載のＥＣＵ。
【請求項９】
セキュリティ方法であって、
車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）の送受信機回路によりメッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う段階と、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、前記ＥＣＵの電圧測定回路によりハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する段階であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する、段階と、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、前記ＥＣＵの特徴集合回路により特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する段階と、
を備え、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記ＶｔｈＨおよび前記ＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを前記ＥＣＵのＡＣＫ閾値回路により決定する段階をさらに備え、
前記ＶｔｈＨは、初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記ＶｔｈＬは、初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを、前記ＥＣＵの分類回路により識別する段階をさらに備える、セキュリティ方法。
【請求項１０】
識別された前記送信ＥＣＵにより前記受信メッセージが正当に送信されたか否かを、前記ＥＣＵのシグネチャ回路により決定する段階をさらに備える、請求項９に記載のセキュリティ方法。
【請求項１１】
直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを前記特徴集合回路により決定する段階をさらに備え、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、請求項９または１０に記載のセキュリティ方法。
【請求項１２】
セキュリティ方法であって、
車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）の送受信機回路によりメッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う段階と、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、前記ＥＣＵの電圧測定回路によりハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する段階であって、前記受信メッセ

ージは複数のビットを有する、段階と、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、前記ＥＣＵの特徴集合回路により特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する段階と、
を備え、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを、前記ＥＣＵの分類回路により識別する段階をさらに備え、
直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを前記特徴集合回路により決定する段階をさらに備え、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、セキュリティ方法。
【請求項１３】
前記特徴集合は、最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）の移動平均、および最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の移動平均の１または複数をさらに有する、請求項９から１２のいずれか一項に記載のセキュリティ方法。
【請求項１４】
前記特徴集合は、ＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する、請求項９から１３のいずれか一項に記載のセキュリティ方法。
【請求項１５】
ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨの調整、および、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調整のうちの少なくとも１つを前記特徴集合回路により行う段階をさらに備える、請求項１１または１２に記載のセキュリティ方法。
【請求項１６】
複数の正規のＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを識別子マップ記憶装置により記憶する段階をさらに備え、
各正規のＥＣＵ　ＩＤは、前記複数のメッセージＩＤの固有サブセットと関連付けられる、請求項９から１５のいずれか一項に記載のセキュリティ方法。
【請求項１７】
複数のＥＣＵを通信バスにより結合する段階をさらに備える、請求項９から１６のいずれか一項に記載のセキュリティ方法。
【請求項１８】
前記通信バスは、コントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルに準拠し、かつ／または、互換性を有する、請求項１７に記載のセキュリティ方法。
【請求項１９】
車両システムであって、
複数の電子制御ユニット（ＥＣＵ）と、
前記複数のＥＣＵを結合する通信バスと、
を備え、
各ＥＣＵは、メッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う送受信機回路を有し、
少なくとも１つのＥＣＵは、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバ

スライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する電圧測定回路であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する、電圧測定回路と、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する特徴集合回路と、
を有し、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記少なくとも１つのＥＣＵは、前記ＶｔｈＨおよび前記ＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを決定するＡＣＫ閾値回路をさらに有し、
前記ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記少なくとも１つのＥＣＵは、前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを識別する分類回路をさらに有する、車両システム。
【請求項２０】
前記少なくとも１つのＥＣＵは、識別された前記送信ＥＣＵにより前記受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定するシグネチャ回路をさらに有する、請求項１９に記載の車両システム。
【請求項２１】
前記特徴集合回路は、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つをさらに決定し、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、請求項１９または２０に記載の車両システム。
【請求項２２】
車両システムであって、
複数の電子制御ユニット（ＥＣＵ）と、
前記複数のＥＣＵを結合する通信バスと、
を備え、
各ＥＣＵは、メッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う送受信機回路を有し、
少なくとも１つのＥＣＵは、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する電圧測定回路であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する、電圧測定回路と、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する特徴集合回路と、
を有し、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡ

ＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記少なくとも１つのＥＣＵは、前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを識別する分類回路をさらに有し、
前記特徴集合回路は、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つをさらに決定し、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、車両システム。
【請求項２３】
前記特徴集合は、最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）の移動平均、および最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の移動平均の１または複数をさらに有する、請求項１９から２２のいずれか一項に記載の車両システム。
【請求項２４】
前記特徴集合は、ＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する、請求項１９から２３のいずれか一項に記載の車両システム。
【請求項２５】
前記特徴集合回路は、ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づいてＶｔｈＨを調節すること、および、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づいてＶｔｈＬを調節することのうちの少なくとも１つをさらに行う、請求項２１または２２に記載の車両システム。
【請求項２６】
前記少なくとも１つのＥＣＵは、複数の正規のＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを記憶する識別子マップ記憶装置をさらに有し、
各正規のＥＣＵ　ＩＤは、前記複数のメッセージＩＤの固有サブセットと関連付けられる、請求項１９から２５のいずれか一項に記載の車両システム。
【請求項２７】
前記通信バスは、コントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルに準拠し、かつ／または、互換性を有する、請求項１９から２６のいずれか一項に記載の車両システム。
【請求項２８】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に複数のオペレーションをもたらすプログラムであって、前記複数のオペレーションは、
メッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行うことと、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定することであって、前記受信メッセージは複数のビットを有することと、前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定することと、
を備え、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記プログラムは、
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
前記ＶｔｈＨおよび前記ＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを決定すること

を備える追加のオペレーションをもたらし、
前記ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記プログラムは、
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを識別すること
を備える追加のオペレーションをもたらす、プログラム。

【請求項２９】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
識別された前記送信ＥＣＵにより前記受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定すること
を備える追加のオペレーションをもたらす、請求項２８に記載のプログラム。

【請求項３０】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを決定すること
を備える追加のオペレーションをもたらし、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、請求項２８または２９に記載のプログラム。

【請求項３１】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に複数のオペレーションをもたらすプログラムであって、前記複数のオペレーションは、
メッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行うことと、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定することであって、前記受信メッセージは複数のビットを有することと、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定することと、
を備え、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記プログラムは、
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを識別すること
を備える追加のオペレーションをもたらし、
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを決定すること

を備える追加のオペレーションをもたらし、
前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、プログラム。
【請求項３２】
前記特徴集合は、最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）の移動平均、および最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の移動平均の１または複数をさらに有する、請求項２８から３１のいずれか一項に記載のプログラム。
【請求項３３】
前記特徴集合はさらに、ＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均を有する、請求項２８から３２のいずれか一項に記載のプログラム。
【請求項３４】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨの調整、および、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調整のうちの少なくとも１つを行うこと
を備える追加のオペレーションをもたらす、請求項３０または３１に記載のプログラム。
【請求項３５】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、
複数の正規のＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを記憶すること
を備える追加のオペレーションをもたらし、
各正規のＥＣＵ　ＩＤは前記複数のメッセージＩＤの固有サブセットに関連付けられる、請求項２８から３４のいずれか一項に記載のプログラム。
【請求項３６】
セキュリティデバイスであって、
車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）の送受信機回路によりメッセージの送信および受信のうち少なくとも１つを行う手段と、
受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを前記ＥＣＵの電圧測定回路により決定する手段であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する手段と、
前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を前記ＥＣＵの特徴集合回路により決定する手段と、
を備え、
前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、
前記セキュリティデバイスは、前記ＶｔｈＨおよび前記ＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを前記ＥＣＵのＡＣＫ閾値回路により決定する手段をさらに備え、
前記ＶｔｈＨは、初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記ＶｔｈＬは、初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、
前記セキュリティデバイスは、前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを、前記ＥＣＵの分類回路により識別する手段をさらに備える、セキュリティデバイス。
【請求項３７】

識別された前記送信ＥＣＵにより前記受信メッセージが正当に送信されたか否かを、前記ＥＣＵのシグネチャ回路により決定する手段をさらに備える、請求項３６に記載のセキュリティデバイス。

【請求項３８】

直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを前記特徴集合回路により決定する手段をさらに備え、

前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、請求項３６または３７に記載のセキュリティデバイス。

【請求項３９】

セキュリティデバイスであって、

車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）の送受信機回路によりメッセージの送信および受信のうち少なくとも１つを行う手段と、

受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値およびローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを前記ＥＣＵの電圧測定回路により決定する手段であって、前記受信メッセージは複数のビットを有する手段と、

前記ＶＣＡＮＨ値をハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）よりも小さい値に制限すること、および前記ＶＣＡＮＬ値をローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）よりも大きい値に制限すること、のうちの少なくとも１つにより、特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を前記ＥＣＵの特徴集合回路により決定する手段と、

を備え、

前記特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有し、

前記セキュリティデバイスは、前記特徴の値の集合に少なくとも部分的に基づいて、前記受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを、前記ＥＣＵの分類回路により識別する手段をさらに備え、

直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを前記特徴集合回路により決定する手段をさらに備え、

前記特徴集合は、前記ＶｔｈＨの初期値、または前記ＰｏｕｔＨを前記ＶｔｈＨに加えることにより調整された前記ＶｔｈＨの調整値を有し、および／または、前記ＶｔｈＬの初期値、または前記ＰｏｕｔＬを前記ＶｔｈＬから差し引くことにより調整された前記ＶｔｈＬの調整値を有する、セキュリティデバイス。

【請求項４０】

前記特徴集合は、最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）の移動平均、および最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の移動平均の１または複数をさらに有する、請求項３６から３９のいずれか一項に記載のセキュリティデバイス。

【請求項４１】

前記特徴集合はさらに、ＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均を有する、請求項３６から４０のいずれか一項に記載のセキュリティデバイス。

【請求項４２】

ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨの調整、および、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調整のうちの少なくとも１つを前記特徴集合回路により行う手段をさらに備える、請求項３８または３９に記載のセキュリティデバイス。

【請求項４３】

複数の正規のＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを識別子マップ記憶装置により記憶する手段をさらに備え、
各正規のＥＣＵ　ＩＤは、前記複数のメッセージＩＤの固有サブセットと関連付けられる、請求項３６から４２のいずれか一項に記載のセキュリティデバイス。
【請求項４４】
通信バスにより複数のＥＣＵを結合する手段をさらに備える、請求項３６から４３のいずれか一項に記載のセキュリティデバイス。
【請求項４５】
前記通信バスは、コントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルに準拠し、かつ／または、互換性を有する、請求項４４に記載のセキュリティデバイス。
【請求項４６】
請求項９から１８のいずれか一項に記載のセキュリティ方法を実行するよう構成された少なくとも１つのデバイスを備えるセキュリティシステム。
【請求項４７】
請求項９から１８のいずれか一項に記載のセキュリティ方法を実行する手段を備えるセキュリティデバイス。
【請求項４８】
１または複数のプロセッサにより実行された場合に、請求項９から１８のいずれか一項に記載のセキュリティ方法を備える複数のオペレーションをもたらすプログラム。
【請求項４９】
請求項２８から３５および４８のいずれか一項に記載のプログラムを格納したコンピュータ可読記録媒体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は電子機器のセキュリティシステムに関し、特に車両電子制御システムのセキュリティシステムに関する。
発明者　Kyong-Tak Cho,Li Zhao,Manoj R. Sastry
［関連出願の相互参照］
本非仮出願は、２０１６年９月２８日に出願された米国仮特許出願第６２／４０１，１４５号の恩恵を主張し、その内容全体は参照によって本明細書に組み込まれる。
【背景技術】
【０００２】
「電子制御ユニット」（ＥＣＵ）は、搬送車両における電気システムおよび／またはサブシステムを制御する組み込みシステムの一般用語である。搬送車両は、例えば自動車、航空機、電車、バス等を含んでよい。車両において、複数のＥＣＵはネットワーク、例えばバスを介して相互接続されてよい。ＥＣＵは、コマンドおよび／またはデータを含むメッセージの送信および／または受信を行うように構成されてよい。
【０００３】
ＥＣＵはサイバーアタックを受けやすい。危殆化したＥＣＵは、車両ネットワークに悪意のあるメッセージを注入するべく攻撃者により利用され得る。悪意のあるメッセージは次に、車両および／またはＥＣＵ設計者により意図されない態様で、別のＥＣＵを動作させ得る。
【０００４】
いくつかのバスプロトコルのためのメッセージフォーマットはソース識別子を含まない。換言すれば、そのようなメッセージは、特定メッセージを送信したＥＣＵに対応するＥＣＵ識別子を含まない。このソース識別子の欠如は、悪意のあるメッセージの発生源であるかもしれない危殆化したＥＣＵの識別を困難にし得る。
【図面の簡単な説明】
【０００５】

以下の発明を実施するための形態を読むことで、また、図面を参照することにより、特許請求に記載された主題の様々な実施形態の特徴および利点が明らかになるだろう。ここで、同じ参照番号は同じ部分を示す。
【図１】本明細書で説明される少なくとも１つの実施形態に係るコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）を含むシステムを示す。
【図２Ａ】本明細書で提示される少なくとも１つの実施形態に係る、一例のコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスメッセージフォーマット（すなわち「メッセージフレーム」）を示す。
【図２Ｂ】本明細書で開示される少なくとも１つの実施形態に係るＣＡＮバスのノミナルな劣性および優勢のバス電圧を例示するプロットである。
【図３】本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る電子制御ユニット（ＥＣＵ）を示す。
【図４】本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る分類子構築を例示するオペレーションのフローチャートである。
【図５】本明細書の少なくとも１つの実施形態に係るアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧の決定を例示するオペレーションのフローチャートである。
【図６】本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る特徴集合の特徴値の決定を例示するオペレーションのフローチャートである。
【図７】本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る受信メッセージの認証を例示するオペレーションのフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【０００６】
概して、この開示は車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）のシグネチャを決定し、シグネチャに少なくとも部分的に基づいてＥＣＵを識別する装置、システムおよび方法を提供する。車両は、限定されないものの、自動車、電車、バス、航空機等を含んでよい。車両は、ネットワーク、すなわち車両通信バスにより結合された複数のＥＣＵを含んでよい。選択ＥＣＵがバス上にメッセージを送信する場合に、シグネチャはバスにも結合された受信ＥＣＵで検出される１または複数のバス電圧に関連する。シグネチャは次に、送信ＥＣＵを識別するのに受信ＥＣＵにより用いられ得る。
【０００７】
バス電圧は特徴集合の１または複数の特徴の値を決定するのに用いられ得る。複数の特徴値を含む特徴集合は、次に送信ＥＣＵのシグネチャに対応し得る。特徴集合は次に、特徴集合の特徴の値に少なくとも部分的に基づいて送信ＥＣＵを識別するように構成された分類回路に入力され得る。
【０００８】
次に、識別されたＥＣＵからの正規の送信に当該メッセージが対応するか否かが決定され得る。例えば、コントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルにおいて、各ＥＣＵは可能なメッセージの固有サブセットを正当に送信できるのみであってよく、各メッセージは固有の（それぞれの）メッセージ識別子を含む。この情報は受信メッセージの認証を容易にするのに、すなわち、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定する場合に用いられてよい。
【０００９】
概して、１つのＥＣＵのみがアービトレーションに勝利した後にバス上に送信し得る。従って、１または複数の受信ＥＣＵにより検出されるバス信号レベル、例えば電圧は送信ＥＣＵに対応し、本明細書で説明されるように、送信ＥＣＵを識別するのに用いられ得る。この場合に、ＣＡＮバスプロトコルの例外は、ＣＡＮバスプロトコルメッセージフレームにおけるアクノリッジ（ＡＣＫ）ビットである。対応するメッセージの送信ＥＣＵによる送信の間に、１または複数の受信ＥＣＵにより論理ゼロのＡＣＫが送信され得る。従って、ＡＣＫビットに関連付けられるバス電圧は送信ＥＣＵを表さなくてもよく、送信ＥＣＵの識別を妨害し得る。
【００１０】

本明細書で提供される装置、方法およびシステムは、複数の受信された０ビット電圧に少なくとも部分的に基づいて少なくとも１つのＡＣＫ閾値電圧を決定するように構成される。１または複数のＡＣＫ閾値電圧は次に、ＡＣＫビットに関連付けられた受信電圧を除去する（ｆｉｌｔｅｒ　ｏｕｔ）するのに用いられてよい。ＡＣＫビットに関連付られた電圧を濾過することは、選択された受信メッセージのソース（すなわち送信）ＥＣＵの認証の精度、および、送信ＥＣＵのシグネチャの精度を高めるように構成される。

【００１１】

以下でさらなる詳細が説明されるように、いくつかの実施形態においては、特徴集合内の選択された特徴の値（すなわちシグネチャ）は、送信ＥＣＵの送受信機の特性の経時的な変化を取り扱うべく動作中に更新されてよい。そのような更新は車両内のＥＣＵの動作中の適応学習を促進するように構成される。

【００１２】

ハイバスライン電圧（例えばＶＣＡＮＨ）およびローバスライン電圧（例えばＶＣＡＮＬ）の両方と、それらそれぞれの、受信メッセージを認証するための関連する特徴とを用いることが以下で説明される。ハイバスライン電圧およびそれらの関連する特徴、ローバスライン電圧およびそれらの関連する特徴、または、ハイバスライン電圧およびローバスライン電圧の両方およびそれらそれぞれの関連する特徴を用いて受信メッセージ認証のためのシグネチャを決定することが本明細書で同様に企図されることに留意されるべきである。

【００１３】

図１は、本明細書で説明される少なくとも１つの実施形態に係るコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）１００を含むシステム１０１を示す。ネットワーク１００は、それぞれバス１０６に結合された複数のＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…，１０２Ｎを備える。車両内のオペレーション中に、各ＥＣＵ、例えばＥＣＵ１０２Ａは、１または複数のセンサからの入力を受信し、かつ／または、１または複数のアクチュエータ、例えばセンサおよび／またはアクチュエータ１３０に制御出力を提供するように構成されてよい。例えば、センサは温度センサ、圧力センサ、加速度計等を含んでよい。一例において、選択ＥＣＵの動作は別のＥＣＵから受信したメッセージに応答してよく、メッセージはバス１０６を介して通信される。別の例において、選択ＥＣＵはバス１０６を介して別のＥＣＵにメッセージを送信するように構成されてよい。

【００１４】

各ＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…，１０２Ｎは概して、車両のいくつかの側面、例えば電気／エンジン制御モジュール（ＥＣＭ）、パワートレイン制御モジュール（ＰＣＭ）、送信制御モジュール（ＴＣＭ）、ブレーキ制御モジュール（ＢＣＭまたはＥＢＣＭ）、中央制御モジュール（ＣＣＭ）、中央タイミングモジュール（ＣＴＭ）、ジェネラル電子モジュール（ＧＥＭ）、ボディ制御モジュール（ＢＣＭ）、サスペンション制御モジュール（ＳＣＭ）等にわたる制御を提供するように構成される。いくつかの状況において１つのＥＣＵは１または複数のタイプの１または複数のＥＣＵを含んでよい。従って、ＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…，１０２Ｎはバス１０６上にメッセージを送信し、かつ／または、バス１０６を介して他のＥＣＵからメッセージを受信するように構成されてよい。

【００１５】

各メッセージおよび／またはバス１０６は、１または複数の通信バスプロトコルに準拠し、かつ／または、互換性を有してよい。一例の実施形態において、バス１０６は標準的な車両バスプロトコル、例えばＣＡＮバスプロトコルに準拠してよい。この例の実施形態において、バス１０６は第１導体１０６Ａ（ＣＡＮＨ）および第２導体１０６Ｂ（ＣＡＮＬ）を含む２つのワイアバスに対応する。ＣＡＮＨ１０６Ａはハイバスラインに対応し、ＣＡＮＬ１０６Ｂはローバスラインに対応する。バス１０６は各端部で、例えばインピーダンスマッチングレジスタ１１０Ａ、１１０Ｂにより終了されてよい。もちろん他の実施形態においては、本明細書で説明されるように、バス１０６は、他の固定長のバスプロトコルに準拠するか、これと互換性を有してよく、これは例えば他の標準的な、および／または、独自のバスプロトコル、例えばＪ１８５０を含んでよい。

【００１６】
動作中に、各ＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…１０２Ｎはそれぞれ、前述のバス（例えばＣＡＮバス）プロトコルにより定義される１または複数のメッセージ１０４Ａ、１０４Ｂ，…，１０４Ｎを送信、すなわちブロードキャストしてよい。ブロードキャストメッセージ、例えばメッセージ１０４Ａは次に各ＥＣＵにより受信メッセージ１０５として受信されてよい。メッセージ１０４Ａ、１０４Ｂ，…，１０４Ｎは概して、メッセージタイプ識別子（メッセージＩＤ）フィールドおよびデータフィールドを有してよい。メッセージＩＤは、各ＥＣＵによる非破壊アービトレーションに用いられるメッセージ優先順位を提供する。換言すれば、複数のＥＣＵが同時に送信を試みる場合に、より低い優先順位のメッセージを送信するＥＣＵは送信を中止して後で再びトライするように構成される。複数のＥＣＵは、同じメッセージを送信しなくてよく、従って各ＥＣＵ、例えばＥＣＵ１０２Ａは、可能なメッセージの固有サブセットを送信するように構成される。
【００１７】
ＣＡＮプロトコルによると、メッセージ１０４Ａ、１０４Ｂ，…，１０４Ｎのフォーマットはそれぞれメッセージ識別子を含むが、フォーマットはソース識別子情報を含まない。従って、メッセージ１０５を受信するＥＣＵは、メッセージ１０５のフォーマットのみに基づいてはソースのインテグリティを検証することができない。換言すれば、メッセージ１０５を受信するＥＣＵ１０２Ｂは、メッセージＩＤと、コンテンツ、すなわち受信メッセージ１０５のビットシーケンスのみに基づいてはメッセージのソースを認証することができない。
【００１８】
図２Ａは、本明細書で提示される少なくとも１つの実施形態に係る、一例のコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスメッセージフォーマット（すなわち「メッセージフレーム」）２００Ａを示す。メッセージフレーム２００Ａは、他の複数のフィールドの間に、（メッセージ識別子ＩＤ２０２を含む）アービトレーションフィールドと、アクノリッジ（ＡＣＫ）ビット２０６を含むアクノリッジフィールドとを含む。メッセージに応じ、メッセージフレーム２００Ａはデータフィールド２０４を含んでよい。メッセージフレーム２００Ａはさらに、サイクリックレダンダンシーチェック（ＣＲＣ）フィールド２０８を含む。
【００１９】
メッセージ２００Ａは、例えば送信されたメッセージ１０４Ａおよび／または対応する受信メッセージ１０５を表してよい。メッセージＩＤ２０２は１１個のビットまたは２９＋２個のビットを含んでよい。メッセージＩＤ２０２は、メッセージ優先順位およびメッセージ関数の両方に対応する。換言すれば、各メッセージＩＤは、メッセージ優先順位およびメッセージ関数の両方を示す。メッセージＩＤは従って、アービトレーションの間に高い優先順位のメッセージにプレファレンスを付与するのに用いられるように構成される。ＣＡＮバスプロトコルによると、例えば相対的に高い優先順位のメッセージは、相対的により小さいメッセージＩＤの値を有する。従って、メッセージＩＤ２０２はメッセージが何についてであるか（例えば「タイヤ空気圧」を指し示すのに用いられる２値コード）に関する情報を含んでもよいが、メッセージＩＤ２０２はメッセージを送信する実際のＥＣＵを識別するＥＣＵ識別子を含まなくてもよい。データフィールド２０４は次に、メッセージ自体の実際のデータ（例えば「タイヤ空気圧が２５ｐｓｉ」であることを表すコード）を含んでよい。ＡＣＫ２０６は単一ビットであり、本明細書で説明されるように、メッセージを受信する全てのＥＣＵにより送信されうる。
【００２０】
従って、ＣＡＮバスプロトコルに準拠する各メッセージ、例えばメッセージ２００Ａは、複数のフィールドに配置された複数のビットを含む。各フィールドは少なくとも１つのビットを含み、各ビットは論理０（「０ビット」）または論理１（「１ビット」）に対応する。
【００２１】

物理的に、２ワイアバスに関し、各ビットはバスに亘って印加される差動電圧により表されてよい。ＣＡＮバスプロトコルにおいて、例えば第１ワイア（すなわち導体）はＣＡＮＨ（すなわちハイバスライン）と呼ばれ、第２ワイアはＣＡＮＬ（すなわちローバスライン）と呼ばれる。送信ＥＣＵは、ビットを送信するべく第１電圧（すなわちハイバスライン電圧）、ＶＣＡＮＨをＣＡＮＨに印加し、第２電圧（すなわちローバスライン電圧）、ＶＣＡＮＬをＣＡＮＬに印加するように構成される。ＣＡＮバスプロトコルにおいて０ビットは「優勢」とみなされ、１ビットは「劣性」とみなされる。換言すれば、送信ＥＣＵはＣＡＮＨラインおよびＣＡＮＬラインを固有の電圧に能動的に駆動して０ビットを送信し、ＣＡＮＨラインおよびＣＡＮＬラインを固有の電圧に受動的にプル（アップおよび／またはダウン）して１ビットを送信するように構成される。従って、第１ＥＣＵが０ビットを送信し、第２ＥＣＵが１ビットを送信する場合には、次にバス状態は０ビットに対応するだろう。この構成は非破壊アービトレーションと、競合回避を可能にする。換言すれば、ＣＡＮバスプロトコルによると、第２ＥＣＵは、その送信ビットとは異なるバス状態を検出し、送信を停止するだろう。

【００２２】

図２Ｂは、本明細書で開示される少なくとも１つの実施形態に係るＣＡＮバスのノミナルな劣性およびノミナルな優勢のバス電圧を例示するプロット２００Ｂである。ＥＣＵは０ビットを送信する場合に、第１電圧（ＣＡＮＨに結び付けられたＶＣＡＮＨ）をＶＣＡＮＨ０に増大させ、第２電圧（ＣＡＮＬに結び付けられたＶＣＡＮＬ）をＶＣＡＮＬ０に低減させることにより、これを行う。例えば、ＶＣＡＮＨ０は約３．５Ｖであってよく、ＶＣＡＮＬ０は約１．５Ｖであってよい。

【００２３】

プロット２００Ｂは、ＣＡＮバス電圧ＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬの３つの領域２３０、２３２、２３４を含む。第１領域２３０および第３領域２３４は劣性状態のＣＡＮバスに対応する。劣性状態において、ＣＡＮバスはアイドルであるか、或いはＥＣＵは論理１、すなわち１ビットを送信している。第２領域２３２は優勢状態のＣＡＮバスに対応する。優勢状態において、少なくとも１つのＥＣＵは論理０、すなわち０ビットを送信している。従って、優勢状態の間にＣＡＮＨラインおよびＣＡＮＬラインに亘って検出される差動電圧は、Ｖｄｉｆｆ（Ｄ）＝ＶＣＡＮＨ０－ＶＣＡＮＬ０に対応し、劣性状態の間にＣＡＮＨラインおよびＣＡＮＬラインに亘って検出される差動電圧はＶｄｉｆｆ（Ｒ）に対応する。

【００２４】

例えば、それぞれＣＡＮＨおよびＣＡＮＬ上において、０ビットはノミナルに３．５Ｖ（ＶＣＡＮＨ０）に等しいＶＣＡＮＨと、ノミナルに１．５Ｖ（ＶＣＡＮＬ０）に等しいＶＣＡＮＬとに対応してよい。しかしながら、ＥＣＵの送受信機内のトランジスタおよびダイオードにおけるプロセス変動に起因して、０ビットを送信する場合に各送信機はノミナル値とは異なる電圧を出力してよい。例えば、いくつかのＥＣＵの実際の出力電圧は、対応するする平均値および対応する標準偏差を持つ分布、例えばガウス分布を有してよい。送信機ごとのＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧の出力におけるこれらの変化は、送信機ごと、ひいてはＥＣＵごとに固有のシグネチャを決定するのに用いられ得る。固有のシグネチャは次に、以下でさらに詳細に説明されるように、送信ＥＣＵを識別するのに用いられ得る。

【００２５】

図２Ａを再び参照すると、アクノリッジ（ＡＣＫ）ビット２０６はＡＣＫスロット、すなわちＡＣＫ時間間隔に位置する。送信されたメッセージを受信するＥＣＵは、送信されたメッセージのＡＣＫスロットの間に０ビットを送信するように構成される。従って、ＡＣＫスロットの間に検出されるＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬは、送信ＥＣＵのみに関連するよりもむしろ、受信ＥＣＵのＡＣＫビット送信の組み合わせに関連する。複数のＥＣＵが送信されたメッセージのアクノリッジを行う場合に、ＡＣＫの間に検出されるＶＣＡＮＨは、概して送信ＥＣＵのＶＣＡＮＨ０より大きくてよく、ＡＣＫの間に検出されるＶＣＡ

ＮＬは、概して送信ＥＣＵのＶＣＡＮＬ０より小さくてよい。換言すれば、複数のＥＣＵがＡＣＫ０ビットを送信する場合に、これらそれぞれの駆動トランジスタは電源電圧とバスラインとの間、例えばＣＡＮＨに結合されたトランジスタを駆動するように構成されたハイサイド電源電圧と、ＣＡＮＬに結合されたトランジスタを駆動するように構成されたローサイド電源電圧との間に並列に結合されてよい。従って、駆動トランジスタのＯＮ抵抗は並列に結合されて、バスラインと電源電圧との間の抵抗を低減する。ＣＡＮＨバスライン電圧は次に、ハイサイド駆動トランジスタの電源電圧に対して相対的により近くてよく、ＣＡＮＬバスライン電圧は次に、ローサイド駆動トランジスタの電源電圧に対して相対的により近くてよい。この情報は、以下で更に詳細に説明されるように、ＥＣＵシグネチャを決定する場合にＡＣＫ　ＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧を取り扱うのに用いられ得る。

【００２６】

少なくともメッセージＩＤ２０２に含まれるビットは複数の０ビットおよび複数の１ビットを含みうることは理解されよう。例えば１１ビットのメッセージＩＤ２０２は最大で１１個の０ビットを含んでよく、拡張されたメッセージＩＤは２９個までの０ビットを含んでよい。同様に、データフィールド２０４は６４個までの０ビットを含んでよく、ＣＲＣフィールド２０８は１５個までの０ビットを含んでよい。対照的に、ＡＣＫフィールド２０６は最大で１つの０ビットを含んでよい。従って、ＥＣＵにより受信される各０ビットは、１または複数の受信ＥＣＵにより送信されるＡＣＫビットよりもむしろ、１つのＥＣＵ（「送信ＥＣＵ」）により送信される非ＡＣＫビットに対応する可能性が相対的に高い。例えば、同様に０ビットおよび１ビットである可能性がある１２０個のビットのメッセージに関し、０ビットがＡＣＫビットである確率は１／（１２０／２）　１．７％である。従って、受信メッセージに関し、相対的により頻繁にキャプチャされるＣＡＮバス電圧値ＶＣＡＮＨ、ＶＣＡＮＬは、１または複数の他の受信ＥＣＵにより送信されたＡＣＫビットよりむしろ、１つのＥＣＵにより送信された非ＡＣＫビットに対応する可能性が高い。

【００２７】

図３は本明細書の少なくとも１つの実施形態に係るＥＣＵ３００を示す。図３に示される例示のＥＣＵ３００は、例えば図１のＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…または１０２Ｎを表してよい。ＥＣＵ３００は概して、プロセッサ回路３０２、メモリ回路３０４、分類回路３０６、識別子（ＩＤ）マッピング記憶装置３０７、シグネチャ回路３０８、シグネチャデータ記憶装置３０９、特徴集合回路３１０、ＡＣＫ閾値回路３１２、電圧測定回路３１４、インタフェース回路３１６、および送受信機回路３１８を備える。インタフェース回路３１６は例えば、１または複数のアナログ－デジタルコンバータ（ＡＤＣ）回路、デジタル－アナログコンバータ（ＤＡＣ）回路、マルチプレクサ回路等を含んでよい。

【００２８】

ＥＣＵ３００はハイ信号ラインＣＡＮＨ１０６Ａおよびロー信号ラインＣＡＮＬ１０６Ｂを含む２つのワイアバスとして示されたＣＡＮバス１０６に結合される。ＥＣＵ３００がＣＡＮバス１０６を介して他のＥＣＵ（この図３には図示せず）とメッセージを交換することは理解されるべきである。以下でより詳細に説明されるように、ＥＣＵ３００は概して、シグネチャに少なくとも部分的に基づき、かつ、ＩＤマップ記憶装置３０７に含められた、メッセージＩＤからＥＣＵ　ＩＤへのマッピングに少なくとも部分的に基づいて、別のＥＣＵ（すなわち送信ＥＣＵ）から受信したメッセージのソースを識別するように構成される。

【００２９】

いくつかの実施形態において、ＥＣＵ３００は、バス１０６に結合された他のＥＣＵそれぞれを識別するための「マスター」ＥＣＵとして指定され得る。これらの実施形態において認証処理はマスタＥＣＵ上に集中されてよい。マスタＥＣＵは、送信ＥＣＵごとに固有のシグネチャを決定し、（以下でさらに詳細に説明されるように）対応する分類子をトレーニングするように構成されてよい。マスタＥＣＵは次に、車両の動作中に、任意の送信ＥＣＵを識別して認証を実行するように構成されてよい。本明細書で使用されるように「

認証」とは、受信ＥＣＵによる送信ＥＣＵの識別の検証を意味する。
【００３０】
他の実施形態において、システム内の各ＥＣＵは同様にＥＣＵ３００として構成されてよい。これらの実施形態において認証処理は複数のＥＣＵに亘って分散してよい。これらの他の実施形態において、各受信ＥＣＵは、その受信ＥＣＵに対してメッセージを送信するように構成された送信ＥＣＵごとに固有のシグネチャを決定するように構成されてよい。換言すれば、各ＥＣＵは１または複数の他のＥＣＵからメッセージを受信するように構成されてよい。他のＥＣＵはシステム内の全てのＥＣＵの少なくともサブセットに対応してよい。本明細書で説明されるように、これらの実施形態において各受信ＥＣＵは、次に、対応する送信ＥＣＵごとに分類子をトレーニングし、次に車両の動作中に送信ＥＣＵを認証するように構成されてよい。従って、本明細書で説明されるように、ＥＣＵのサブセットからメッセージを受信するように構成された受信ＥＣＵは、マスタＥＣＵにより構築された分類子の対応するサブセットを構築するように構成されてよい。
【００３１】
プロセッサ回路３０２は機械可読命令を実行可能であり、例えばＩｎｔｅｌ（登録商標）Ａｔｏｍプロセッサ、インテル（登録商標）Ｑｕａｒｋプロセッサ等の複数の可能なプロセッサのいずれかの形を取ってよい。メモリ回路３０４は、機械可読命令および／またはデータを記憶可能である。メモリ回路３０４は、揮発性および／または不揮発性メモリを含んでよい。例えば、メモリ回路３０４は、シグネチャデータ記憶装置３０９を含むように構成されてよい。
【００３２】
送受信機回路３１８は概して、例えば他のＥＣＵに／からメッセージを送信／受信するように構成される。従って、送受信機回路３１８は、バス１０６により運ばれる電気信号を送信または受信するように構成された送信機または受信機を含んでよい。送受信機回路３１８により送信または受信されるメッセージは、電気信号、例えば１または複数の電圧の形態であってよい。受信メッセージ（例えばメッセージ１０５）は、インターフェース（例えばＡＤＣ）回路３１６によりアナログの電圧からデジタルの形態に変換されてよい。電圧測定回路３１４は、インタフェース回路３１６から出力（すなわちデジタル値）をキャプチャし、受信メッセージの１または複数のビットに対応する１または複数の電圧を決定（すなわち測定）してよい。以下でさらに詳細に説明されるように、これらの測定電圧は、メッセージを送信したＥＣＵのシグネチャを形成、更新または検証するのに用いられ得る。
【００３３】
以下は図１および３が一緒に考慮される場合に最良に理解されるかも知れない。受信メッセージに少なくとも部分的に基づいて送信ＥＣＵを識別するべく、１または複数のＥＣＵに含まれる分類回路３０６は、教師あり学習の技術を用いてトレーニングされてよい。シグネチャ回路３０８は、トレーニングオペレーションを管理するように構成されてよい。トレーニングはＣＡＮ１００内のＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…，１０２Ｎの動作中に生じるように構成される。例えば、初期段階の間（例えばエンジンスタートの直後、および／または、車両がウォーミングアップする間）に、および／または、危殆化したＥＣＵが存在しないと知られ得る環境において、特徴集合の値が決定され、分類子がトレーニングされてよい。従って、トレーニングは通常のオペレーションの間に生じうる。
【００３４】
本明細書で説明されるように、教師あり学習の間の分類回路３０６への入力は、受信メッセージに対応する正規のＥＣＵ　ＩＤと、シグネチャすなわち、１または複数の特徴の値を含む特徴集合とを含む。教師あり学習とＥＣＵ認証をサポートするべく、各ＥＣＵ　ＩＤ（すなわち正規のＥＣＵ　ＩＤ）は１または複数のメッセージＩＤに関連付けられてＩＤマップ記憶装置３０７に記憶されてよい。換言すれば、メッセージＩＤからＥＣＵ　ＩＤへのマッピングは概してｍ対１であり、ｍはｍ≧１である。マスタＥＣＵを有する本実施形態において、ＣＡＮネットワーク１００に含まれるＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ，…，１

０２Ｎのそれぞれの固有のＥＣＵ　ＩＤは、１または複数の対応するメッセージＩＤに関連付られ、ＩＤマップ記憶装置３０７へと記憶されてよい。受信ＥＣＵにメッセージを送信するように構成された各送信ＥＣＵを当該各受信ＥＣＵが識別するように構成された他の実施形態において、各ＥＣＵは、固有のＩＤマップ記憶装置３０７を含んでよい。固有の各ＩＤマップ記憶装置３０７は次に、対応するメッセージ識別子に関連付けられた、１または複数の正規の送信ＥＣＵの識別子を記憶するように構成される。例えば、ＩＤマッピング情報はルックアップテーブル（ＬＵＴ）として記憶されてよい。この例の説明を続けると、シグネチャ回路３０８は、固有のマップ記憶装置３０７へのインデックスとしてメッセージＩＤを用いることにより、受信メッセージに含まれるメッセージＩＤに関連するＥＣＵ　ＩＤを決定（すなわち正当にメッセージを送信しうるＥＣＵを識別）するように構成されてよい。ＩＤマップ記憶装置３０７は、ＥＣＵ３００の動作に先だってマッピング情報でポピュレートされてよい。

【００３５】

従って、メッセージを受信することに応答して、シグネチャ回路３０８および／またはＡＣＫ閾値回路３１２は、受信メッセージのメッセージＩＤをキャプチャし、次にキャプチャされたメッセージＩＤに関連付けられた正規のＥＣＵを識別するように構成されてよい。本明細書で説明されるように、ＡＣＫ閾値回路３１２および特徴集合回路３１０は次に、特徴集合を決定するように構成されてよい。

【００３６】

ＡＣＫ閾値回路３１２は次に、ＥＣＵが送信する間に、複数のＶＣＡＮＨ値および／またはＶＣＡＮＬ値をキャプチャするように構成されてよい。電圧測定回路３１４はインタフェース回路３１６から例えばＡＤＣ回路から、出力を受信し、対応する電圧を決定（すなわち測定）するように構成される。ＡＣＫ閾値回路３１２は、０ビット、すなわちＶＣＡＮＨ０およびＶＣＡＮＬ０の受信の間に、複数のＶＣＡＮＨ電圧および／またはＶＣＡＮＬ電圧をキャプチャするように構成される。ＡＣＫ閾値回路３１２は、キャプチャされた電圧値をシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶するように構成される。

【００３７】

ＡＣＫ閾値回路３１２は次に、キャプチャされたＶＣＡＮＨ電圧および／またはＶＣＡＮＬ電圧に少なくとも部分的に基づいて１または複数のＡＣＫ閾値電圧を決定するように構成されてよい。ＡＣＫ閾値電圧値は、送信ＥＣＵが０ビットを送信する場合に受信ＥＣＵにより検出されるＣＡＮバス電圧値に関連付けられる。例えばＡＣＫ閾値回路３１２は、ＶＣＡＮＨに関連するハイＡＣＫ閾値電圧値、ＶｔｈＨ、および、ＶＣＡＮＬに関連するローＡＣＫ閾値電圧値、ＶｔｈＬを決定するように構成されてよい。０ビットは、受信ＥＣＵにより受信された送信メッセージに含まれる。

【００３８】

ＡＣＫ閾値回路３１２は、複数の０ビットを受信する間に多数のＶＣＡＮＨ値および／またはＶＣＡＮＬ値をキャプチャするように構成される。キャプチャされるバスライン電圧を０ビットに制限することは、ＶＣＡＮＨ値および／またはＶＣＡＮＬ値をそれぞれ選択される電圧範囲に制限することにより達成されうる。選択される電圧範囲は、それぞれのプリセットリミットに少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。

【００３９】

それらが適切なプリセットリミット内である場合に、測定電圧はシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶される。プリセットリミットはＶＣＡＮＨと、ＶＣＡＮＬとで異なってよい。ＶＣＡＮＨに関し、測定電圧がＣＡＮＨのプリセットリミットより高い場合には、それらは記憶されうる。測定されたＶＣＡＮＬ電圧がＣＡＮＬのプリセットリミットより低い場合には、それらは記憶されうる。プリセットリミットは測定が行われる前に決定されてよく、０ビットに関連付けられたノミナルＶＣＡＮＨ電圧およびノミナルＶＣＡＮＬ電圧に関連してよい。

【００４０】

例えば、０ビットに対するノミナル電圧がＣＡＮＨについて３．５Ｖ、ＣＡＮＬについて

１．５Ｖであり、１ビットに対するノミナル電圧が（ＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬの両方について）２．５Ｖである場合に、それぞれのプリセットリミットは、各優勢電圧に、ノミナル電圧の間の差分（Ｖｄｉｆｆ）の約３７．５％をそれぞれプラスまたはマイナスしたものに対応しうる。本明細書で用いられるように、「約」は±１パーセントを意味する。ＣＡＮＨに関しては、ＶＣＡＮＨのノミナル値から当該割合を差し引くことによりリミットが決定される。ＣＡＮＬに関しては、ＶＣＡＮＬのノミナル値に当該割合を加えることによりリミットが決定される。さらに明確化すると、上述の例において、ＣＡＮＨのプリセットリミットは、ノミナルＣＡＮＨ電圧（３．５Ｖ）からＶｄｉｆｆの３７．５％を引いた値である。Ｖｄｉｆｆは３．５Ｖ－１．５Ｖ＝２Ｖであり、Ｖｄｉｆｆの３７．５％は０．３７５×２Ｖ＝０．７５である。従って、この例においてＶＣＡＮＨのプリセットリミットは３．５Ｖ－０．７５Ｖ＝２．７５Ｖである。同様に、この例においてＣＡＮＬのプリセットリミットは１．５Ｖ＋０．７５Ｖ＝２．２５Ｖである。従って、この例においてＶＣＡＮＨ値は、それらが２．７５Ｖより高い場合に記憶され、一方、ＶＣＡＮＬ値は、それらが２．２５Ｖより低い場合に記憶される。

【００４１】

ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨ，ＶｔｈＬは、０ビットの受信中に測定される受信電圧ＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬの特性に関連する。例えば、複数のＣＡＮバスライン電圧（ハイまたはロウ）の測定は、電圧値（ＶＣＡＮＨまたはＶＣＡＮＬ）の分散をもたらし得る。分散はガウス確率分布関数に対応しうる。本明細書で説明されるように、ＡＣＫ閾値電圧は次に、ＡＣＫバスライン電圧を除去するのに用いられてよい。

【００４２】

従って、ＡＣＫ閾値回路３１２は、メッセージの受信に応答して、対応するメッセージＩＤをキャプチャし、メッセージＩＤに少なくとも部分的に基づいて正規の送信ＥＣＵを識別するように構成されてよい。ＡＣＫ閾値回路３１２は、複数のＮ個の、ＣＡＮＨ閾値電圧（すなわちプリセットリミット）より大きいＣＡＮＨ電圧と、ＣＡＮＬ閾値電圧（すなわちプリセットリミット）より小さいＣＡＮＬ電圧とを、複数のメッセージの送信／受信の間にキャプチャするように構成される。例えば、３．５ＶのノミナルＶＣＡＮＨに関し、ＣＡＮＨ閾値電圧は２．７５Ｖであってよく、１．５ＶのノミナルＶＣＡＮＬに関し、ＣＡＮＬ閾値電圧は２．２５Ｖであってよい。

【００４３】

キャプチャされたＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧は、シグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。ＡＣＫ閾値回路３１２はさらに、Ｎ個のＣＡＮＨ電圧値およびＣＡＮＬ電圧値のそれぞれに対し、初期の最も頻繁なＣＡＮＨ電圧値（ＶｆｒｅｑＨ１）および初期の最も頻繁なＣＡＮＬ電圧値（ＶｆｒｅｑＬ１）を決定および記憶するように構成される。ＶｆｒｅｑＨ１およびＶｆｒｅｑＬ１は、選択されたメッセージを正当に送信した対応ＥＣＵに対して決定されてよい。実施形態において、ＶｆｒｅｑＨ１およびＶｆｒｅｑＬ１はそれぞれ固有の電圧値に許容誤差をプラスマイナスしたものに対応してよい。一例において、許容誤差は１パーセント（％）であってよい。別の例において、許容誤差は１０％であってよい。それぞれの電圧値に電圧範囲を設定することは、とり得る無数の電圧値をキャプチャすることを回避するように構成される。許容誤差は、インタフェース回路３１６に含まれるＡＤＣと関連した有限の解像度および／または量子化を説明するように構成される。複数のＫ個のメッセージが受信されてよく、ＡＣＫ閾値回路３１２によりＶｆｒｅｑＨ１およびＶｆｒｅｑＬ１のそれぞれの、対応する数（すなわちＫ個）の値が決定されてシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。

【００４４】

ＡＣＫ閾値回路３１２は次に、Ｋ個のＶｆｒｅｑＨ１値およびＫ個のＶｆｒｅｑＬ１値に対して統計分析を実行するように構成されてよい。実施形態において、ＡＣＫ閾値回路３１２は各ＶｆｒｅｑＨ１値のカウントと、各ＶｆｒｅｑＬ１値のカウントとを決定するように構成されてよい。ＶｆｒｅｑＨ１値と、対応するＶｆｒｅｑＨ１値のカウントは次に、ＶｆｒｅｑＨ１値の確率分布に対応してよい。同様に、ＶｆｒｅｑＬ１値と、対応する

ＶｆｒｅｑＬ１値のカウントはＶｆｒｅｑＬ１値の確率分布に対応してよい。

【００４５】

各確率分布関数の平均および標準偏差が次に、例えばＡＣＫ閾値回路３１２により決定されてよい。ＣＡＮＨ　ＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＨ）およびＣＡＮＬ　ＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）は次に、固有の確率分布関数に少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。例えば、ＶｔｈＨは平均μ_Hに対し、ＶｆｒｅｑＨ１値の確率分布の標準偏差（σ_H）の整数倍を加えた数に対応してよく、ＶｔｈＬは平均μ_Lから、ＶｆｒｅｑＬ１値の確率分布の標準偏差（σ_L）の倍数である整数を引いた数に対応してよい。倍数の整数は１から５の範囲内でよい。例えば、倍数の整数は３に等しくてよい。ＣＡＮＨ　ＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＨ）およびＣＡＮＬ　ＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）は次に、シグネチャデータ記憶装置３０９に記憶され、かつ／または、特徴集合回路３１０に提供されてよい。いくつかの実施形態において、ＡＣＫ閾値電圧は、対応するＥＣＵ識別子に関連付られてシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。

【００４６】

ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨ、ＶｔｈＬは、複数のＥＣＵによるＡＣＫビットの送信の認証処理の影響を低減するのに用いられてよい。換言すれば、ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨ、ＶｔｈＬは一の送信ＥＣＵに起因すると認めうるＶＣＡＮＨ値およびＶＣＡＮＬ値を限定するように構成される。従って、０ビットを送信する複数のＥＣＵにより生成されるＶＣＡＮＨ値およびＶＣＡＮＬ値をメッセージ内のＡＣＫスロットの間に含む確率は、低減されてよい。送信ＥＣＵのシグネチャ内にＡＣＫ電圧を含む確率は、メッセージフレーム内のＡＣＫビットを明示的に識別することなく低減されてよい。

【００４７】

特徴集合回路３１０は次に、ＡＣＫ閾値電圧に少なくとも部分的に基づいて１または複数の特徴値を決定するように構成されてよい。特徴値は次に、対応するＥＣＵ識別子に関連付られてシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。複数の特徴集合は、ＥＣＵＩＤごとにシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。複数の特徴集合および関連付けられたＥＣＵ　ＩＤは次に、本明細書で説明されるように、機械学習手法を用いて分類子を形成するのに用いられてよい。

【００４８】

特徴集合回路３１０は特徴集合のための特徴値の集合を決定するように構成される。特徴集合は、受信メッセージに対応する送信ＥＣＵを識別するべく、コントローラエリアネットワーク１００の動作中に分類回路３０６により用いられるように構成される。特徴集合は複数のメッセージに含まれる複数の０ビットに少なくとも部分的に基づいて決定されるＣＡＮバス電圧、ＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬに関連する１または複数の特徴を含んでよい。特徴集合は下記の表１に挙げられた１または複数の特徴を含んでよい。

【００４９】

【表１】

特徴番号	特徴
Ｆ１	ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ
Ｆ２	ＶｆｒｅｑＨ２
Ｆ３	ＶｔｈＨ
Ｆ４	Ｆ１の移動平均
Ｆ５	Ｆ２の移動平均
Ｆ６	ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ
Ｆ７	ＶｆｒｅｑＬ２
Ｆ８	ＶｔｈＬ
Ｆ９	Ｆ６の移動平均
Ｆ１０	Ｆ７の移動平均

表１においてＶＣＡＮＨ　ｍａｘおよびＶＣＡＮＬ　ｍｉｎは、メッセージの送信の間に受信ＥＣＵによりキャプチャされる最大のＶＣＡＮＨ電圧および最小のＶＣＡＮＬ電圧にそれぞれ対応する。ＥＣＵ２００（およびコントローラエリアネットワーク１００）の動作中に、Ｆ４、Ｆ５、Ｆ６およびＦ７の特徴の移動平均が経時的に決定されてよい。Ｆ４、Ｆ５、Ｆ６およびＦ７の特徴の移動平均は測定ジッタを説明し、ひいては特徴値のスムージングを提供するように構成される。

【００５０】

特徴集合回路３１０は、受信メッセージに対する固有のプリセットリミットの間となる複数のＭ個のＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧のそれぞれをキャプチャするように構成される。プリセットリミットはノミナルバス電圧に関連し、ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨ、ＶｔｈＬを含む。例えば、３．５Ｖのノミナルに関し、対応するＣＡＮＨ閾値電圧は２．７５Ｖであってよい。従って、この例において、２．７５Ｖより大きくＶｔｈＨより小さいＶＣＡＮＨ電圧はキャプチャされシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。別の例において、１．５Ｖのノミナルに関し、対応するＣＡＮＬ閾値電圧は２．２５Ｖであってよい。従って、この例において、２．２５Ｖより小さくＶｔｈＬより大きいＣＡＮＬ電圧はキャプチャされてシグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。

【００５１】

特徴集合回路３１０は、Ｍ個のキャプチャされたＶＣＡＮＨ値に対し、動作中の最も頻繁なＣＡＮＨ電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）を決定かつ記憶するように構成される。特徴集合回路３１０はさらに、Ｍ個のキャプチャされたＶＣＡＮＬ値に対し、動作中の最も頻繁なＣＡＮＬ電圧値（ＶｆｒｅｑＬ２）を決定かつ記憶するように構成される。ＶｆｒｅｑＨ２およびＶｆｒｅｑＬ２を決定するのに用いられる、キャプチャされたＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧が上限および下限の両方を有することは理解されよう。これは、初期の最も頻繁なＣＡＮＨ電圧値（ＶｆｒｅｑＨ１）および初期の最も頻繁なＣＡＮＬ電圧値（ＶｆｒｅｑＬ１）の決定とは異なる。本明細書で説明されたように、ＶｆｒｅｑＨ１およびＶｆｒｅｑＬ１はそれぞれ、単一の固有の境界のみを用いて決定された。キャプチャされたＶＣＡＮＨ値をＶｔｈＨより小さい値に制限し、キャプチャされたＶＣＡＮＬ値をＶｔｈＬより大きい値に制限することは、ＡＣＫビットに対応するＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬ電圧値を除去し得る。そのようなフィルタリングは、対応するシグネチャ（すなわち特徴

集合内の特徴値）の特定性、ひいては認証精度を高め得る。
【００５２】
特徴集合回路３１０は、キャプチャされたＣＡＮＨ電圧値およびＣＡＮＬ電圧値のうち最大ＣＡＮＨ電圧値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）および最小ＣＡＮＬ電圧値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）を識別（すなわち決定）および記憶するように構成される。ＶＣＡＮＨ　ｍａｘおよびＶＣＡＮＬ　ｍｉｎは、本明細書で説明されるように、受信メッセージに対する固有のプリセットリミットの間となるように構成される。
【００５３】
従って、特徴の値ＶｆｒｅｑＨ２、ＶｆｒｅｑＬ２、ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ、ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ、ＶｔｈＨおよびＶｔｈＬは、受信メッセージ内の０ビットに関連付けられた電圧ＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬに少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。初期段階（例えばエンジンスタートの直後、および／または、車両のウォーミングアップ中）の間、および／または、危殆化したＥＣＵが無いと知られ得る環境において、特徴集合の値が決定されてよい。特徴集合の値は次に、対応するＥＣＵ識別子に関連付られて、シグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。特徴集合の値はＥＣＵ３００により、例えばマスタＥＣＵにより、および／または、それぞれのＥＣＵが返信するように構成されたメッセージの固有サブセットに対する各ＥＣＵにより、関連付られて記憶されてよい。動作中に、特徴集合の値は、送信ＥＣＵの識別のために、（トレーニングされた）分類回路３０６に提供されてよい。
【００５４】
従って、特徴集合回路３１０は、表１で上述された特徴集合に含まれる１または複数の特徴の１または複数の値を決定するように構成されてよい。特徴集合の値は次に、対応するＥＣＵ識別子に関連付られ、シグネチャデータ記憶装置３０９に記憶されてよい。特徴集合回路３１０は、ＡＣＫビットを送信する複数のＥＣＵに起因した電圧測定における「ノイズ」を低減および／または除去するべく、ＡＣＫ閾値回路３１２により決定されたＡＣＫ閾値、ＶｔｈＨおよびＶｔｈＬを用いるように構成される。本明細書で説明されるように、特徴集合および関連するＥＣＵ識別子は次に、分類子、例えば分類回路３０６をトレーニングするのに用いられてよい。
【００５５】
シグネチャ回路３０８は分類回路３０６のトレーニングを管理するように構成されてよい。トレーニングは、例えば特徴集合の値と、対応するＥＣＵ識別子との複数のセットを分類回路３０６に提供することと、分類回路３０６のパラメータを調整することとを含んでよい。分類回路３０６は、限定されないものの、サポートベクトル機械（ＳＶＭ）、ランダムフォレスト、ロジスティック回帰等を含んでよい。シグネチャ回路３０８は、分類子を構築するのに十分な数の特徴集合が存在するか否かを決定するように構成されてよい。充分な数の特徴集合が存在しない場合には、次に特徴集合回路３１０は、追加の受信メッセージと対応するＥＣＵ識別子とに関連付けられた追加の特徴集合の値を決定するように構成されてよい。充分な数の特徴集合が存在する場合には、次にシグネチャ回路３０８は、分類回路３０６のトレーニングを開始および／または継続するように構成されてよい。
【００５６】
従って、初期段階（例えばエンジンスタートの直後および／または車両のウォーミングアップの間）の間、および／または、危殆化したＥＣＵが存在しないと知られうる環境において、１または複数のＥＣＵは複数のＶＣＡＮＨ電圧および／またはＶＣＡＮＬ電圧をキャプチャするように構成されてよい。１または複数のＥＣＵは次に、対象ＥＣＵのための特徴値の集合を決定し分類回路をトレーニングするべく、対象ＥＣＵのためのＡＣＫ閾値電圧を決定するように構成されてよい。トレーニングは特徴値の集合をＥＣＵ識別子に関連付けるように構成される。
【００５７】
分類回路３０６は次に、特徴集合に少なくとも部分的に基づいて、送信ＥＣＵを識別するように構成されてよい。特徴集合は、メッセージの送信の間にキャプチャされるＶＣＡＮ

Ｈ電圧および／またはＶＣＡＮＬ電圧に少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。例えば、分類回路３０６は、識別された送信ＥＣＵに対応する参照ＥＣＵ　ＩＤをシグネチャ回路３０８に提供するように構成されてよい。シグネチャ回路３０８は次に、識別されたＥＣＵが受信メッセージを正当に送信し得るか否かを決定するように構成されてよい。例えば、シグネチャ回路３０８は、ＩＤマップ記憶装置３０７において受信メッセージ識別子に関連付けられた正規のＥＣＵ　ＩＤに参照ＥＣＵ　ＩＤが一致するか否かを決定するように構成されてよい。例えば、送信されたメッセージが少なくともマスタＥＣＵにより受信されることに応答して、マスタＥＣＵは、受信メッセージに含まれるメッセージＩＤに少なくとも部分的に基づいて、かつ、ＩＤマップ記憶装置３０７に少なくとも部分的に基づいて、正規のＥＣＵ　ＩＤを識別してよい。送信されたメッセージの受信の間に決定された、対応する特徴集合は次に、分類回路３０６に提供されてよい。分類回路は対応する参照ＥＣＵ　ＩＤを出力するように構成されてよい。正規のＥＣＵ　ＩＤおよび参照ＥＣＵ　ＩＤが一致しない場合、次に送信ＥＣＵは危殆化しているかもしれない。

【００５８】

従って、特徴集合回路３１０は、本明細書で説明されるように、受信されたＶＣＡＮＨ０およびＶＣＡＮＬ０（すなわち０ビット電圧）に少なくとも部分的に基づいて１または複数の特徴値を決定するように構成される。特徴集合回路３１０はさらに、本明細書で説明されるように、０ビットの間に測定されるＶＣＡＮＨ０およびＶＣＡＮＬ０の特性に少なくとも部分的に基づいてＡＣＫ閾値電圧を調節するように構成されてよい。

【００５９】

いくつかの実施形態において、特徴集合回路３１０はさらに、直近でキャプチャされたＣＡＮＨ電圧値およびＣＡＮＬ電圧値がそれらの固有のＡＣＫ閾値電圧の外部、すなわちＶＣＡＮＨ＞ＶｔｈＨかつＶＣＡＮＬ＜ＶｔｈＬであることを示すそれぞれの確率ＰｏｕｔＨおよびＰｏｕｔＬを決定するように構成されてよい。本明細書で用いられるように、「直近でキャプチャされ」とは、期間内でキャプチャされること、および／または、定義されたメッセージ数内でキャプチャされることに対応する。例えば、期間の持続時間は１秒から１０秒の範囲内であってよい。別の例において、メッセージ数は１０メッセージから２０メッセージの範囲内であってよい。実施形態において、ＰｏｕｔＨは、直近でキャプチャされＶｔｈＨより大きいＣＡＮＨ電圧値の数を、直近でキャプチャされたＣＡＮＨ電圧値の数で割った数として決定されてよい。別の実施形態において、ＰｏｕｔＬは、直近でキャプチャされＶｔｈＬより小さいＣＡＮＬ電圧値の数を、直近でキャプチャされたＣＡＮＬ電圧値の数で割った数として決定されてよい。

【００６０】

確率ＰｏｕｔＨおよびＰｏｕｔＬは次に、ＡＣＫ閾値電圧、ＶｔｈＨおよびＶｔｈＬをそれぞれ調節する、すなわち適応学習を促進するのに用いられてよい。そのような調整は、例えば送信ＥＣＵの送受信機の出力電圧における経時的なドリフトに適応してよい。実施形態において、確率ＰｏｕｔＨおよびＰｏｕｔＬのそれぞれの関数ｆｐｅｎ（「ペナルティ関数」）はＡＣＫ閾値電圧を調節するのに用いられてよい。例えば、ｆｐｅｎは、ＡＣＫ閾値電圧の調整前に各確率の関数に係数（すなわち重み）を乗算することに対応してよい。係数は０．５から１の範囲内であってよい。別の例において、ｆｐｅｎは１．２に対応してよい。

【００６１】

例えば、ｆｐｅｎは、期待される確率Ｐｅｘｐに対する各確率ＰｏｕｔＨおよびＰｏｕｔＬそれぞれの比を用いてよい。このＰｅｘｐは、例えば、送信メッセージの残りと比較したＡＣＫ送信の（ビットの）サイズに基づいて決定されてよい。特徴集合回路３１０は、一のインターバル、例えば時間間隔、ビットシーケンス等での、通常（すなわち非ＡＣＫ）ビットの数に対するＡＣＫビットの数の比を決定するように構成される。例えば、１２８ビットを有するメッセージフレームに関し、当該ビットの半分が０ビットであり、当該ビットの半分が１ビットである（すなわち１ビットおよび０ビットが同様に可能性が高い）と仮定すると、受信メッセージフレームにおける０ビットがＡＣＫビット（ＡＣＫビッ

ト＝０）である確率は、１／（１２８／２）＝１／６４、すなわち約１．５６％である。従って、この例において特徴値は整数、すなわち２％に丸められる。そのような状況において、２％より多い測定ＣＡＮＨ電圧がＶｔｈＨより大きい（すなわちＰｏｕｔＨ／Ｐｅｘｐ＞１）の場合には、このことはＶｔｈＨが低すぎることを示唆する。このことはシグネチャ分析に有用となるであろう「正規の」ＣＡＮＨ電圧にＡＣＫ信号として誤ったラベルを貼り、適宜破棄することをもたらしうる。ＡＣＫ閾値電圧、ＶｔｈＨ、ＶｔｈＬは次に、係数（例えば、０．５と１．０との間の値）と比（例えばＰｏｕｔＨ／Ｐｅｘｐ、ＰｏｕｔＬ／Ｐｅｘｐ）との積をそれぞれ加える、または差し引くことにより調整されてよい。従って、ペナルティ関数ｆｐｅｎは、期待される確率に少なくとも部分的に基づき、かつ、測定された、すなわち直近で決定された確率に少なくとも部分的に基づいて、認証処理の精度を増大する適応的な学習と、ＡＣＫ閾値電圧の調整とを可能にするのに有利である。特徴集合回路３１０は、ｆｐｅｎの結果（ＰｏｕｔＨ）をＶｔｈＨに加えることによりハイＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨを調節するように構成されてよく、かつ／または、ｆｐｅｎの結果（ＰｏｕｔＬ）をＶｔｈＬから差し引くことによりローＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＬを調節するように構成されてよい。

【００６２】

従って、特徴の値ＶｆｒｅｑＨ２、ＶｆｒｅｑＬ２、ＶＣＡＮＨ ｍａｘ、ＶＣＡＮＬ ｍｉｎ、ＶｔｈＨ（初期または調整）、ＶｔｈＬ（初期または調整）は、受信メッセージ内の０ビットに関連付けられた電圧ＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬに少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。対応する特徴集合は次に、分類回路３０６に記憶、提供されてよく、かつ／または、分類回路３０６により取得されてよい。分類回路３０６は次に、特徴集合回路３１０により決定された特徴値に少なくとも部分的に基づいて参照ＥＣＵ識別子を提供するように構成されてよい。

【００６３】

シグネチャ回路３０８はさらに、分類回路３０６により提供された送信ＥＣＵの識別子が、受信メッセージを正当に送信しうるＥＣＵに対応するか否かを決定するように構成されてよい。例えば、シグネチャ回路３１０は、ＩＤマップ記憶装置３０７において、キャプチャされたメッセージ識別子に関連付けられた正規のＥＣＵ ＩＤが分類回路３０６により提供される送信ＥＣＵの識別子（すなわち参照ＥＣＵ ＩＤ）に対応（すなわち一致）するか否かを決定するように構成されてよい。正規のＥＣＵ ＩＤが参照ＥＣＵ識別子に一致しない場合、次にシグネチャ回路３０８は可能性のある誤り（ｐｏｓｓｉｂｌｅ ｆａｕｌｔ）を通知するように構成されてよい。

【００６４】

従って、分類回路は教師ありの学習手法を用いてトレーニングされてよい。換言すれば、複数の特徴集合と、対応する正規のＥＣＵ ＩＤとの対は、分類回路をトレーニングするのに用いられてよい。オペレーションにおいて、特徴値の集合、すなわち特徴集合は分類回路に提供されてよく、分類回路は参照ＥＣＵ ＩＤを決定するように構成されてよい。正規のＥＣＵ ＩＤはキャプチャされたメッセージＩＤに少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。参照ＥＣＵ ＩＤおよび正規のＥＣＵ ＩＤは次に、受信メッセージが送信ＥＣＵにより正当に送信されたか否かを決定するべく比較されてよい。

【００６５】

従って、送信ＥＣＵは、受信メッセージに関連する電圧値、受信メッセージ識別子、および、対応する特徴値の集合に少なくとも部分的に基づいて識別されてよい。特徴値の集合は測定電圧値に少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。送信ＥＣＵが受信メッセージを正当に送信し得るか否かが次に、例えば分類子からの参照ＥＣＵ ＩＤを、ＩＤマップ記憶装置において受信メッセージＩＤに関連付けられた正規のＥＣＵ ＩＤと比較することにより決定されてよい。決定の結果は次に、送信ＥＣＵが危殆化しているか否かを示してよい。

【００６６】

図４は、本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る分類子構築を例示するオペレーショ

ンのフローチャート４００である。特に、フローチャート４００は、特徴値と、対応する送信ＥＣＵの識別子（すなわち正規のＥＣＵ識別子）とのセットに少なくとも部分的に基づく分類子の構築を示す。オペレーションは、例えば図３のシグネチャ回路３０８、特徴集合回路３１０、ＡＣＫ閾値回路３１２、および／または、電圧測定回路３１４により実行されてよい。

【００６７】

フローチャート４００のオペレーションは、オペレーション４０２でメッセージを受信することで開始してよい。メッセージ識別子がオペレーション４０４でキャプチャされてよい。ＩＤマップ記憶装置においてメッセージ識別子に関連付けられた正規のＥＣＵ がオペレーション４０６で識別（すなわち決定）されてよい。特徴集合がオペレーション４０８で決定されてよい。例えば、オペレーション４０８は、以下でさらなる詳細が説明されるように、フローチャート５００および／またはフローチャート６００の１または複数のオペレーションを含んでよい。特徴集合はオペレーション４１０で、記憶されたＥＣＵ識別子（すなわち正規のＥＣＵ　ＩＤ）と関連付られて記憶されてよい。

【００６８】

分類子を構築するのに十分な特徴集合が存在するか否かがオペレーション４１２で決定されてよい。分類子を構築するのに十分な特徴集合が存在しない場合には、プログラムフローはオペレーション４０２に戻ってよい。分類子を構築するのに十分な特徴集合が存在する場合には、次に分類子はオペレーション４１４で構築されてよい。プログラムフローは次にオペレーション４１６で継続してよい。

【００６９】

図５は、本明細書の少なくとも１つの実施形態に係るアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧の決定を例示するオペレーションのフローチャート５００である。特に、フローチャート５００は、受信メッセージに含まれる０ビットに関連する統計に少なくとも部分的に基づくＡＣＫ閾値電圧の決定を示す。オペレーションは例えば図３のＡＣＫ閾値回路３１２により実行されてよい。

【００７０】

フローチャート５００のオペレーションは、オペレーション５０１でメッセージを受信することで開始してよい。メッセ－ジＩＤがオペレーション５０２でキャプチャされてよい。メッセ－ジＩＤに関連付けられたＥＣＵ、すなわち正規のＥＣＵがオペレーション５０３で識別されてよい。複数の、Ｎ個のＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧がオペレーション５０４でＮ個の０ビットの間にキャプチャされてよい。例えば、高いプリセットリミットより大きいＶＣＡＮＨと、低いプリセットリミットより小さいＶＣＡＮＬがキャプチャされてよい。初期の最も頻繁なＣＡＮＨハイバスライン電圧値と、初期の最も頻繁なＣＡＮＬローバスライン電圧値は、それぞれオペレーション５０６でＶｆｒｅｑＨ１およびＶｆｒｅｑＬ１として決定されて記憶されてよい。反復回数がＫと等しいかＫより大きいか否かがオペレーション５０８で決定されてよい。

【００７１】

反復回数がＫに等しくないか、Ｋより大きくない場合には、次にプログラムフローはオペレーション５０１に戻ってよい。反復回数がＫに等しいか、Ｋより大きい場合には、次に１または複数の統計値がオペレーション５１０で決定され記憶されてよい。統計値は例えば、ＶｆｒｅｑＨ１およびＶｆｒｅｑＬ１の各分散の平均と標準偏差とを含んでよい。ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＬおよびＶｔｈＨがオペレーション５１２で決定されてよい。ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＬおよびＶｔｈＨがオペレーション５１４で記憶および／または出力されてよい。プログラムフローは次に、オペレーション５１６で継続してよい。

【００７２】

図６は、本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る特徴集合の特徴値の決定を例示するオペレーションのフローチャート６００である。特に、フローチャート６００はＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧（例えばＶＣＡＮＨおよびＶＣＡＮＬ）に少なくとも部分的に基づく、かつ、ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＬおよびＶｔｈＨに少なくとも部分的に基づく、特徴

集合の特徴値の生成を示す。フローチャート６００のオペレーションは例えば図３の特徴集合回路３１０により実行されてよい。

【００７３】

フローチャート６００のオペレーションは、オペレーション６０２でＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨおよびＶｔｈＬを受信または取得することで開始してよい。それぞれプリセットリミットの間となる複数の、Ｍ個のＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧がオペレーション６０４でキャプチャされてよい。例えば、高いプリセットリミットより大きくＶｔｈＨより小さいＶＣＡＮＨがキャプチャされてよく、かつ／または、低いプリセットリミットより小さくＶｔｈＬより大きいＶＣＡＮＬがキャプチャされてよい。オペレーション６０６で、最も頻繁なＣＡＮＨ電圧およびＣＡＮＬ電圧の値がそれぞれＶｆｒｅｑＨ２およびＶｆｒｅｑＬ２として決定および記憶されてよい。オペレーション６０７で最大のＶＣＡＮＨ電圧、ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ、および、最小のＶＣＡＮＬ電圧、ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎが決定されてよい。いくつかの実施形態において、オペレーション６０８で、直近でキャプチャされたＣＡＮＨ電圧値および／またはＣＡＮＬ電圧値がそれぞれＡＣＫ閾値電圧の外部である確率ＰｏｕｔＨおよびＰｏｕｔＬがそれぞれ決定されてよい。オペレーション６１０で、ＡＣＫ閾値電圧ＶｔｈＨおよびＶｔｈＬが当該確率に少なくとも部分的に基づいて調整されてよい。オペレーション６１２で特徴集合が構築されてよい。いくつかの実施形態において、オペレーション６１４で特徴集合が調整されてよい。例えば、オペレーション６１４は新しい特徴の構築と、特徴集合への追加とを含んでよい。例えば、１または複数の特徴の移動平均が生成されて特徴集合に加えられてよい。特徴集合はオペレーション６１６で出力されてよい。プログラムフローは次にオペレーション６１８で継続してよい。

【００７４】

図７は、本明細書の少なくとも１つの実施形態に係る受信メッセージの認証を例示するオペレーションのフローチャート７００である。特に、フローチャート７００は、受信メッセージのシグネチャに少なくとも部分的に基づく送信ＥＣＵの識別と、識別されたＥＣＵが受信メッセージを正当に送信し得るか否かの決定とを示す。フローチャート７００のオペレーションは、例えば図３のシグネチャ回路３０８、電圧測定回路３１４、特徴集合回路３１０、および／または、分類回路３０６により実行されてよい。

【００７５】

フローチャート７００のオペレーションは、オペレーション７０２でメッセージを受信することで開始してよい。オペレーション７０４で特徴値が決定されてよい。例えば、オペレーション７０４は、図６のオペレーション６０２、６０４、６０６、６０７、６１２および６１６を含んでよい。オペレーション７０６で特徴値が分類子、例えば分類回路３０６に提供されてよい。オペレーション７０８で送信ＥＣＵが識別されてよい。例えば、送信ＥＣＵに対応する参照ＥＣＵ識別子が決定されてよい。オペレーション７１０で、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かが決定されてよい。例えば、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かの決定は、受信メッセージＩＤに関連付けられた正規のＥＣＵ識別子に参照ＥＣＵ識別子が一致するか否かを決定することを含んでよい。正規のＥＣＵ識別子は、受信メッセージに含まれるメッセージ識別子に少なくとも部分的に基づいて決定されてよい。

【００７６】

識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されている（すなわちメッセージが認証されている）場合には、次にプログラムフローはオペレーション７１４で継続してよい。識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されていない場合には、次に可能性のある誤りがオペレーション７１６で通知されてよい。プログラムフローは次に、オペレーション７１８で継続してよい。

【００７７】

図４から図７のフローチャートは様々な実施形態に係るオペレーションを示しているが、図４から図７に示されたオペレーションの全てが他の実施形態に必要ではないことは理解されるべきである。さらに、本開示の他の実施形態において図４、５、６および／または

７に示されるオペレーション、および／または、本明細書で説明される他のオペレーションがいずれの図面内でも具体的に示されていない態様で組み合わせられてもよく、そのような実施形態は図４から図７に示されたものより少ない、または多いオペレーションを含んでよいことは本明細書で完全に企図される。従って、一の図面に厳密には示されていない特徴および／またはオペレーションに向けた請求項は、本開示の範囲およびコンテンツ内とみなされる。

【００７８】

いくつかの実施形態において、バス１０６および／またはＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ…１０２Ｎ、および／または３００（例えば送受信機回路３１８）は、１または複数のバスプロトコルに準拠し、かつ／または、１または複数のバスプロトコルと互換性を有してよい。一例において、バス１０６および／またはＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ…，１０２Ｎおよび／または３００（例えば送受信機回路３１８）は、１または複数ＣＡＮバスプロトコルおよび／または、標準化のための国際機構（ＩＳＯ）の規格の１１８９８ファミリーを含む規格に準拠し、かつ／または、これと互換性を有してよい。この企画は「Ｒｏａｄ Ｖｅｈｉｃｌｅｓ－Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ（ＣＡＮ）」と名付けられ、限定されないが、「Ｒｏａｄ ｖｅｈｉｃｌｅｓ－Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ ａｒｅａ ｎｅｔｗｏｒｋ （ＣＡＮ）－Ｐａｒｔ １： Ｄａｔａ ｌｉｎｋ ｌａｙｅｒ ａｎｄ ｐｈｙｓｉｃａｌ ｓｉｇｎａｌｉｎｇ」と名付けられ、２０１５年１２月１５日に発行されたＩＳＯ１１８９８－１．２０１５、および／または、この規格のより早いバージョン、および／または、より遅いバージョン、および／または、関連するバージョン、たとえばＩＳＯ １１８９８－２：２０１６、ＩＳＯ １１８９８－３：２００６、ＩＳＯ １１８９８－４：２００４、ＩＳＯ １１８９８－５：２００７、ＩＳＯ １１８９８－６：２０１３のうちの１または複数を含む。別の例において、バス１０６および／またはＥＣＵ１０２Ａ、１０２Ｂ…，１０２Ｎおよび／または３００（例えば送受信機回路３１８）は、Ｓｏｃｉｅｔｙ ｏｆ Ａｕｔｏｍｏｔｉｖｅ Ｅｎｇｉｎｅｅｒｓ（ＳＡＥ）の「Ｃｌａｓｓ Ｂ Ｄａｔａ Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ Ｎｅｔｗｏｒｋ Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ」と名付けられ２０１５年１０月１４日に発行されたＩｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ ｓｕｒｆａｃｅ ｖｅｈｉｃｌｅ ｄａｔａ ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ ｓｔａｎｄａｒｄ Ｊ１８５０＿２０１５１０、および／または、この規格のより早いバージョン、および／または、より遅いバージョン、および／または関連するバージョンに準拠し、かつ／または、これと互換性を有してよい。

【００７９】

メモリ回路３０４は、半導体ファームウェアメモリ、プログラミング可能なメモリ、不揮発性メモリ、リードオンリメモリ、電気的プログラミング可能なメモリ、ランダムアクセスメモリ、フラッシュメモリ、磁気ディスクメモリ、および／または、光ディスクメモリの複数のタイプのメモリのうちの１または複数を含んでよい。さらに、追加の、あるいは、代替のシステムメモリは他の、および／または、後に開発された、複数のタイプのコンピュータ可読記憶デバイスを含んでよい。

【００８０】

本明細書で説明されたオペレーションの実施形態は、１または複数のプロセッサにより実行された場合にオペレーションを実行する複数の命令を個々にまたは組み合わせで記憶した少なくとも１つの有形のコンピュータ可読記憶デバイスを有するシステムに実装されてよい。１または複数のプロセッサは例えば、プロセッシングユニット、および／またはプログラマブル回路を含んでよい。つまり、本明細書に記載された複数の方法に係る複数の動作は、いくつかの異なる物理的位置にある複数の処理構造のような複数の物理的デバイスに分散されてもよいことが意図される。記憶デバイスは、任意のタイプの有形の非一時的な記憶デバイス、例えば、任意のタイプのディスクを含んでもよく、これらは、フロッピディスク、光ディスク、コンパクトディスクリードオンリメモリ（ＣＤ－ＲＯＭ）、コンパクトディスクリライタブル（ＣＤ－ＲＷ）及び磁気光ディスク、リードオンリメモリのような半導体デバイス（ＲＯＭ）、動的または静的ＲＡＭのようなランダムアクセスメ

モリ（ＲＡＭ）、消去可能プログラマブルリードオンリメモリ（ＥＰＲＯＭ）、電気的消去可能プログラマブルリードオンリメモリ（ＥＥＰＲＯＭ）、フラッシュメモリ、磁気または光カード、または電子的な複数の命令の格納に適した任意のタイプの記憶デバイスを含む。

【００８１】

本明細書の任意の実施形態で用いられるように、「論理」の用語は前述のオペレーションのいずれかを実行するように構成されたファームウェアおよび／または回路を指してよい。ファームウェアはコード、命令、または命令セット、および／または、メモリデバイスおよび／または回路にハードコードされた（例えば不揮発性）データとして実装されてよい。

【００８２】

「回路」は、本明細書の任意の実施形態で用いられるように、例えば、単一でまたは任意の組み合わせで、ハードワイヤード回路、プログラマブル回路、ステート機械回路、ロジック及び／またはプログラマブル回路によって実行される複数の命令を格納するファームウェアを備えてもよい。回路は、集積回路チップのような集積回路として具現化されてもよい。いくつかの実施形態において、回路は、本明細書で説明した機能に対応するコードおよび／または命令セット（例えばソフトウェア、ファームウェア等）を実行し、ひいては、本明細書で説明される１または複数のオペレーションを実行するべく汎用プロセッサを専用プロセッシング環境に変換するプロセッサ回路３０２により少なくとも部分的に形成されてよい。いくつかの実施形態において、プロセッサ回路３０２はスタンドアロンの集積回路として実装されてよく、または、集積回路上のいくつかのコンポーネントの１つとして組み込まれてよい。いくつかの実施形態において、ＥＣＵ３００または他のシステムの様々なコンポーネントおよび回路は、システムオンチップ（ＳｏＣ）アーキテクチャにおいて組み合わせられてよい。

【００８３】

いくつかの実施形態において、ハードウェア記述言語（ＨＤＬ）が、本明細書で説明される様々な回路のための回路および／またはロジックの実装を指定するのに用いられてよい。例えば、一実施形態では、ハードウェア記述言語は、本明細書で説明する１つ以上の回路及び／又はロジックの半導体製造を可能にすることができる、超高速集積回路（ＶＨＳＩＣ）ハードウェア記述言語（ＶＨＤＬ）に準拠することができる又は互換性をもつことができる。ＶＨＤＬは、ＩＥＥＥ標準１０７６－１９８７、ＩＥＥＥ標準１０７６．２、ＩＥＥＥ１０７６．１、ＶＨＤＬ－２００６のＩＥＥＥドラフト３．０、ＶＨＤＬ－２００８のＩＥＥＥドラフト４．０、及び／若しくはＩＥＥＥ　ＶＨＤＬ標準の他のバージョン、並びに／又は他のハードウェア記述標準に準拠する場合がある又は互換性をもつ場合がある。

【００８４】

いくつかの実施形態において、Ｖｅｒｉｌｏｇのハードウェア記述言語（ＨＤＬ）が、本明細書で説明される様々なロジックおよび／または回路のための回路および／またはロジックの実装を指定するのに用いられてよい。例えば、一実施形態においてＨＤＬはＩＥＥＥ規格６２５３０－２０１１、２０１１年7月7日付のＳｙｓｔｅｍＶｅｒｉｌｏｇ－Ｕｎｉｆｉｅｄ Ｈａｒｄｗａｒｅ Ｄｅｓｉｇｎ，Ｓｐｅｃｉｆｉｃａｔｉｏｎ，ａｎｄ Ｖｅｒｉｆｉｃａｔｉｏｎ Ｌａｎｇｕａｇｅ、ＩＥＥＥ Ｓｔｄ １８００™－２０１２、２０１３年2月２１に公開されたＳｙｓｔｅｍＶｅｒｉｌｏｇ－Ｕｎｉｆｉｅｄ Ｈａｒｄｗａｒｅ Ｄｅｓｉｇｎ，Ｓｐｅｃｉｆｉｃａｔｉｏｎ,ａｎｄ Ｖｅｒｉｆｉｃａｔｉｏｎ Ｌａｎｇｕａｇｅ、ＩＥＥＥ規格１３６４－２００５、２００６年4月１８日付のＩＥＥＥ Ｓｔａｎｄａｒｄ ｆｏｒ Ｖｅｒｉｌｏｇ Ｈａｒｄｗａｒｅ Ｄｅｓｃｒｉｐｔｉｏｎ Ｌａｎｇｕａｇｅ、および／または、Ｖｅｒｉｌｏｇ ＨＤＬおよび／またはＳｙｓｔｅｍＶｅｒｉｌｏｇ ｓｔａｎｄａｒｄｓの他のバージョンに準拠するか、これと互換性を有してよい。

【００８５】

例本開示の例は、以下で説明するように、電子機器のためのセキュリティシステムに関連した方法、方法の動作を実行する手段、デバイス、または装置若しくはシステムなどの発明の主題を含む。

【００８６】

例１。この例によれば、車両のための電子制御ユニット（ＥＣＵ）が提供される。ＥＣＵは送受信機回路、電圧測定回路および特徴集合回路を備える。送受信機回路はメッセージの送信および受信のうちの少なくとも１つを行う。電圧測定回路は、受信メッセージの少なくとも０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値、および／またはローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する。受信メッセージは複数のビットを有する。特徴集合回路は、ハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）および／またはローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）のうちの少なくとも１つに少なくとも部分的に基づいて特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する。特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および／または、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを含む。

【００８７】

例２。この例は例１の要素を備え、さらに、ＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを決定するＡＣＫ閾値回路を備え、ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定される。

【００８８】

例３。この例は例１の要素を備え、受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを特徴値の集合に少なくとも部分的に基づいて識別する分類回路をさらに備える。

【００８９】

例４。この例は例３の要素を備え、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定するシグネチャ回路をさらに備える。

【００９０】

例５。この例は例１から３のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬを有し、ＶｔｈＨはハイＡＣＫ閾値電圧の初期値またはハイＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応し、ＶｔｈＬはローＡＣＫ閾値電圧の初期値またはローＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応する。

【００９１】

例６。この例は例１から３のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合回路は、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および／または、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つをさらに決定する。

【００９２】

例７。この例は例１から３のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合は最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）および／または最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の１または複数をさらに有する。

【００９３】

例８。この例は例１から３のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する。

【００９４】

例９。この例は例６の要素を備え、特徴集合回路はＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨに調節、および／または、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調節のうちの少なくとも１つをさらに行う。

【００９５】

例１０。この例は例１から３のいずれか１つに係る要素を備え、複数の正規ＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを記憶する識別子マップ記憶装置をさらに備え、各正規のＥＣＵ　ＩＤは複数のメッセージＩＤの固有サブセットに関連付けられる。

【００９６】

例１１。この例によれば、セキュリティ方法が提供される。方法は、車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）の送受信機回路によりメッセージの送信および／または受信のうちの少なくとも１つを行う段階を備える。方法は、受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値および／またはローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つをＥＣＵの電圧測定回路により決定する段階をさらに備える。受信メッセージは複数のビットを有する。当該方法は、ＥＣＵの特徴集合回路によりハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）および／またはローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）のうちの少なくとも１つに少なくとも部分的に基づいて特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する段階をさらに備える。特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および／または、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを含む。

【００９７】

例１２。この例は例１１の要素を備え、さらに、ＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬのうちの少なくとも１つをＥＣＵのＡＣＫ閾値回路により決定する段階を備え、ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定される。

【００９８】

例１３。この例は例１１の要素を備え、受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを特徴値の集合に少なくとも部分的に基づいてＥＣＵの分類回路により識別する段階をさらに備える。

【００９９】

例１４。この例は例１３の要素を備え、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かをＥＣＵのシグネチャ回路により決定する段階をさらに備える。

【０１００】

例１５。この例は例１１の要素を備え、特徴集合はＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬを有し、ＶｔｈＨはハイＡＣＫ閾値電圧の初期値またはハイＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応し、ＶｔｈＬはローＡＣＫ閾値電圧の初期値またはローＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応する。

【０１０１】

例１６。この例は例１１の要素を備え、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および／または、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを特徴集合回路により決定する段階をさらに備える。

【０１０２】

例１７。この例は例１１の要素を備え、特徴集合は最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨｍａｘ）および／または最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の１または複数をさらに有する。

【０１０３】

例１８。この例は例１１の要素を備え、特徴集合はＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する。

【０１０４】

例１９。この例は例１６の要素を備え、ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨの調整、および／または、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調整のうちの少なくとも１つを特徴集合回路によりさらに行う段階を備える。

【０１０５】

例２０。この例は例１１の要素を備え、複数の正規ＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを識別子マップ記憶装置により記憶する段階をさらに備え、各正規のＥＣＵＩＤは複数のメッセージＩＤの固有サブセットに関連付けられる。

【０１０６】

例２１。この例は例１１の要素を備え、通信バスにより複数のＥＣＵを結合する段階をさらに備える。

【０１０７】

例２２。この例は例２１の要素を備え、通信バスはコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルに準拠し、かつ／または、これと互換性を有する。

【０１０８】

例２３。この例によれば、車両システムが提供される。車両システムは複数の電子制御ユニット（ＥＣＵ）と、複数のＥＣＵを結合する通信バスとを備える。各ＥＣＵは、メッセージの送信および／または受信のうちの少なくとも１つを行う送受信機回路を備える。少なくとも１つのＥＣＵは、電圧測定回路および特徴集合回路を備える。電圧測定回路は、受信メッセージの少なくとも０ビットのうちの０ビットそれぞれについて、ハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値、および／またはローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定する。受信メッセージは複数のビットを有する。特徴集合回路は、ハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）および／またはローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）のうちの少なくとも１つに少なくとも部分的に基づいて特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定する。特徴集合は、いくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ２）、および／または、いくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを含む。

【０１０９】

例２４。この例は例２３の要素を備え、少なくとも１つのＥＣＵはさらに、ＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを決定するＡＣＫ閾値回路を備え、ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定される。

【０１１０】

例２５。この例は例２３の要素を備え、少なくとも１つのＥＣＵは、受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを特徴値の集合に少なくとも部分的に基づいて識別する分類回路をさらに備える。

【０１１１】

例２６。この例は例２５の要素を備え、少なくとも１つのＥＣＵは、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定するシグネチャ回路をさらに備える。

【０１１２】

例２７。この例は例２３から２５のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬを有し、ＶｔｈＨはハイＡＣＫ閾値電圧の初期値またはハイＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応し、ＶｔｈＬはローＡＣＫ閾値電圧の初期値またはローＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応する。

【０１１３】

例２８。この例は例２３から２５のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合回路は、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および／または、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つをさらに決定する。

【０１１４】

例２９。この例は例２３から２５のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合は最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）および／または最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡ

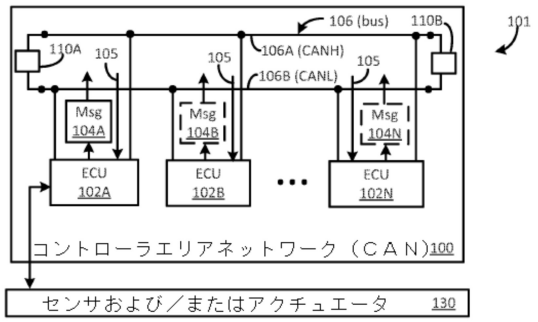
ＮＬ　ｍｉｎ）の１または複数をさらに有する。
【０１１５】
例３０。この例は例２３から２５のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する。
【０１１６】
例３１。この例は例２８の要素を備え、特徴集合回路はＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨに調節、および／または、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調節のうちの少なくとも１つをさらに行う。
【０１１７】
例３２。この例は例２３から２５のいずれか１つに係る要素を備え、少なくとも１つのＥＣＵは、複数の正規ＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを記憶する識別子マップ記憶装置をさらに備え、各正規のＥＣＵ　ＩＤは複数のメッセージＩＤの固有サブセットに関連付けられる。
【０１１８】
例３３。この例は例２３から２５のいずれか１つに係る要素を備え、通信バスはコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルに準拠し、かつ／または、これと互換性を有する。
【０１１９】
例３４。この例によれば、コンピュータ可読記憶デバイスが提供される。コンピュータ可読記憶デバイスは、１または複数のプロセッサにより実行された場合にメッセージの送信および／または受信のうちの少なくとも１つを行うこと、受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについてハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値および／またはローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つを決定することであって、受信メッセージは複数のビットを含むことと、ハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）および／またはローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）のうちの少なくとも１つに少なくとも部分的に基づいて特徴集合の少なくとも１つの特徴の値を決定することであって、特徴集合はいくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）および／またはいくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを有すること、の動作をもたらす命令を記憶している。
【０１２０】
例３５。この例は例３４の要素を備え、命令は１または複数のプロセッサにより実行された場合に、ＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬのうちの少なくとも１つを決定することを含み、ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定される、追加のオペレーションをもたらす。
【０１２１】
例３６。この例は例３４の要素を備え、命令は１または複数のプロセッサにより実行された場合に、受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを特徴値の集合に少なくとも部分的に基づいて識別することを含む追加のオペレーションをもたらす。
【０１２２】
例３７。この例は例３６の要素を備え、命令は１または複数のプロセッサにより実行された場合に、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かを決定することを含む追加のオペレーションをもたらす。
【０１２３】
例３８。この例は例３４から３６のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬを有し、ＶｔｈＨはハイＡＣＫ閾値電圧の初期値またはハイＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応し、ＶｔｈＬはローＡＣＫ閾値電圧の初期値またはローＡＣＫ

閾値電圧の調整値に対応する。
【０１２４】
例３９。この例は例３４から３６のいずれか１つに係る要素を備え、命令は１または複数のプロセッサにより実行された場合に、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および／または、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを特徴集合回路により決定することを含む追加のオペレーションをもたらす。
【０１２５】
例４０。この例は例３４から３６のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合は最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）および／または最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の１または複数をさらに有する。
【０１２６】
例４１。この例は例３４から３６のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する。
【０１２７】
例４２。この例は例３４から３６のいずれか１つに係る要素を備え、命令は１または複数のプロセッサにより実行された場合にＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨの調整、および／または、ＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調整のうちの少なくとも１つを行うことを含む追加のオペレーションをもたらす。
【０１２８】
例４３。この例は例３４から３６のいずれか１つに係る要素を備え、命令は１または複数のプロセッサにより実行された場合に、複数の正規ＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを記憶することを含む追加のオペレーションをもたらし、各正規のＥＣＵＩＤは複数のメッセージＩＤの固有サブセットと関連付けられる。
【０１２９】
例４４。この例によれば、セキュリティデバイスが提供される。デバイスは、車両の電子制御ユニット（ＥＣＵ）の送受信機回路によりメッセージを送信する手段および／または受信する手段のうちの少なくとも１つを備える。デバイスはさらに、受信メッセージの少なくとも１つの０ビットのうちの０ビットそれぞれについてハイバスライン電圧（ＶＣＡＮＨ）値および／またはローバスライン電圧（ＶＣＡＮＬ）値のうちの少なくとも１つをＥＣＵの電圧測定回路により決定する手段を備え、受信メッセージは複数のビットを有する。デバイスはさらにハイアクノリッジ（ＡＣＫ）閾値電圧（ＶｔｈＨ）および／またはローＡＣＫ閾値電圧（ＶｔｈＬ）のうちの少なくとも１つに少なくとも部分的に基づいて特徴集合の少なくとも１つの特徴の値をＥＣＵの特徴集合回路により決定する手段を備え、特徴集合はいくつかのＶＣＡＮＨ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたハイバスライン電圧値（ＶｆｒｅｑＨ２）および／またはいくつかのＶＣＡＮＬ値のうち動作中に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ２）のうちの少なくとも１つを含む。
【０１３０】
例４５。この例は例４４の要素を備え、ＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬのうちの少なくとも１つをＥＣＵのＡＣＫ閾値回路により決定手段をさらに備え、ＶｔｈＨは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＨ値（ＶｆｒｅｑＨ１）に少なくとも部分的に基づいて決定され、ＶｔｈＬは初期に最も頻繁に測定されたＶＣＡＮＬ値（ＶｆｒｅｑＬ１）に少なくとも部分的に基づいて決定される。
【０１３１】
例４６。この例は例４４の要素を備え、受信メッセージを送信した送信ＥＣＵを特徴値の集合に少なくとも部分的に基づいてＥＣＵの分類回路により識別する手段をさらに備える。
【０１３２】
例４７。この例は例４６の要素を備え、識別された送信ＥＣＵにより受信メッセージが正当に送信されたか否かをＥＣＵのシグネチャ回路により決定する手段をさらに備える。

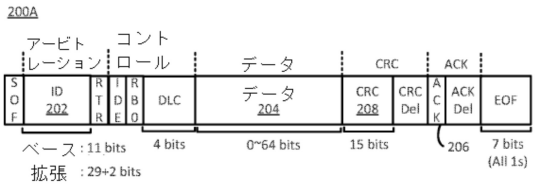
【０１３３】
例４８。この例は例４４から４６のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｔｈＨおよび／またはＶｔｈＬを有し、ＶｔｈＨはハイＡＣＫ閾値電圧の初期値またはハイＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応し、ＶｔｈＬはローＡＣＫ閾値電圧の初期値またはローＡＣＫ閾値電圧の調整値に対応する。
【０１３４】
例４９。この例は例４４から４６のいずれか１つに係る要素を備え、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＨ値がＶｔｈＨより大きい第１確率（ＰｏｕｔＨ）、および／または、直近でキャプチャされたＶＣＡＮＬ値がＶｔｈＬより小さい第２確率（ＰｏｕｔＬ）のうちの少なくとも１つを特徴集合回路により決定する手段をさらに備える。
【０１３５】
例５０。この例は例４４から４６のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合は最大の測定ＶＣＡＮＨ値（ＶＣＡＮＨ　ｍａｘ）および／または最小の測定ＶＣＡＮＬ値（ＶＣＡＮＬ　ｍｉｎ）の１または複数をさらに有する。
【０１３６】
例５１。この例は例４４から４６のいずれか１つに係る要素を備え、特徴集合はＶｆｒｅｑＨ２の移動平均およびＶｔｈＨの移動平均、および／または、ＶｆｒｅｑＬ２の移動平均およびＶｔｈＬの移動平均をさらに有する。
【０１３７】
例５２。この例は例４９の要素を備え、ＰｏｕｔＨに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＨの調整および／またはＰｏｕｔＬに少なくとも部分的に基づくＶｔｈＬの調整のうちの少なくとも１つを特徴集合回路により行う手段をさらに備える。
【０１３８】
例５３。この例は例４４から４６に係る要素を備え、複数の正規ＥＣＵ識別子（ＩＤ）および複数のメッセージＩＤを識別子マップ記憶装置により記憶する手段をさらに備え、各正規のＥＣＵ　ＩＤは複数のメッセージＩＤの固有サブセットに関連付られる。
【０１３９】
例５４。この例は例４４から４６に係る要素を備え、通信バスにより複数のＥＣＵを結合する手段をさらに備える。
【０１４０】
例５５。この例は例５４の要素を備え、通信バスはコントローラエリアネットワーク（ＣＡＮ）バスプロトコルに準拠し、かつ／または、これと互換性を有する。
【０１４１】
例５６。この例によれば、セキュリティシステムが提供される。システムは例１１から２２のうちのいずれか１つに記載の方法を実行するよう構成された少なくとも１つのデバイスを備える。
【０１４２】
例５７。この例によれば、セキュリティデバイスが提供される。デバイスは例１１から２２のうちのいずれか１つに記載の方法を実行する手段を備える。
【０１４３】
例５８。この実施例によればコンピュータ可読記憶デバイスが提供される。デバイスは１または複数のプロセッサにより実行された場合に例１１から２２のいずれか１項に記載の方法を含むオペレーションをもたらす命令を記憶する。

【図面】

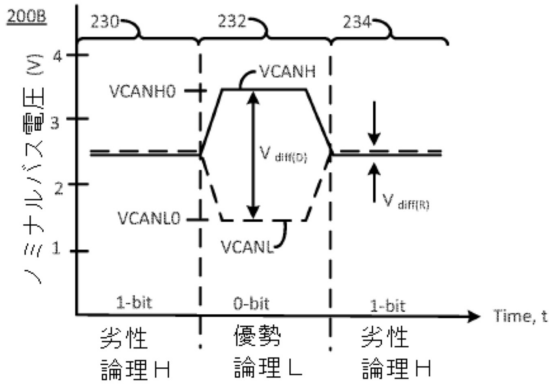
【図１】



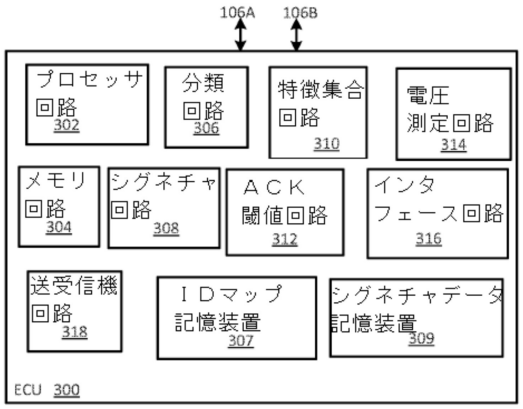
【図２Ａ】



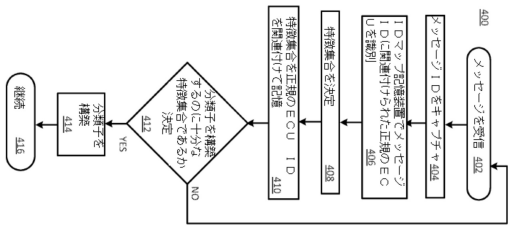
【図２Ｂ】



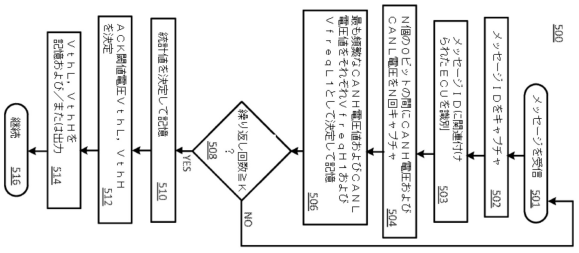
【図３】



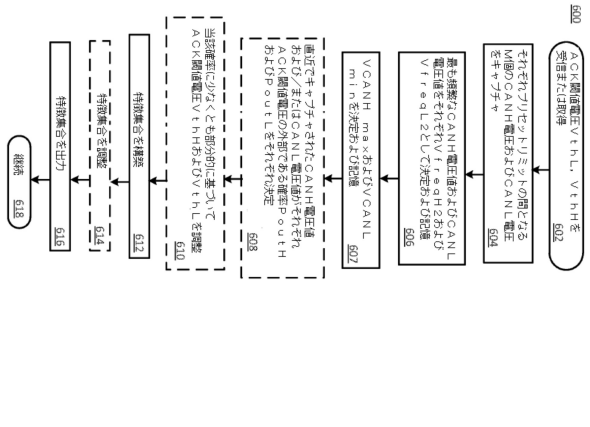
【図４】



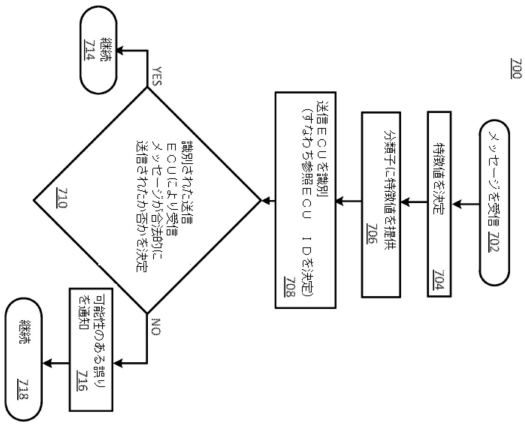
【図５】



【図６】


600
ACK閾値電圧VthL、VthHを受信または取得
602
それぞれプリセットリミットの間になるMI個のCANH電圧およびCANL電圧
604
最も頻繁なCANH電圧値およびCANL電圧値をそれぞれVfreqH2およびVfreqL2として決定および記憶
606
VCANH、maxおよびVCANL、minを決定および記憶
607
直近でキャプチャされたCANH電圧値および／またはCANL電圧値がそれぞれACK閾値電圧の外部である閾値PoutHおよびPoutLをそれぞれ決定
608
当該閾値に少なくとも部分的に基づいてACK閾値電圧VthHおよびVthLを調整
610
特徴集合を構築
612
特徴集合を調整
614
特徴集合を出力
616
継続
618

【図７】


700
メッセージを受信 702
特徴値を決定 704
分類子に特徴値を提供 706
送信ECUを識別（すなわち参照ECU ID）を決定 708
識別された送信ECUにより受信メッセージが合法的に送信されたか否かを決定 710
YES
継続 714
NO
可能性のある誤りを通知 716
継続 718

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
レッジ ブーレバード・２２００ インテル・コーポレーション内
(72)発明者 サストリー、マノイ アール.
アメリカ合衆国 ９５０５４ カリフォルニア州・サンタクララ・ミッション カレッジ ブーレバード・２２００ インテル・コーポレーション内
審査官 中川 幸洋
(56)参考文献 特開２０１５－０２３３４０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０７２６７３（ＪＰ，Ａ）
PAL-STEFAN MURVAY ET AL，"Source Identification Using Signal Characteristics in Controller Area Networks"，IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS, vol. 21 no. 4 31 January 2014 (2014-01-31) pages 395 - 399 XP055185318 ISSN: 1070-9908 DOI: 10.1109/LSP.2014.2304139，2014年01月31日
(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０４Ｌ １２／２８
Ｂ６０Ｒ １６／０２３
Ｇ０８Ｃ １９／００
Ｈ０４Ｌ ９／００
Ｈ０４Ｌ ６１／００