



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201939187 A

(43) 公開日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 01 日

(21) 申請案號：107146046

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 12 月 20 日

(51) Int. Cl. : **G05D1/00 (2006.01)**

(30) 優先權：2018/01/15 美國 15/871,332

(71) 申請人：美商高通公司 (美國) QUALCOMM INCORPORATED (US)  
美國

(72) 發明人：馮諾維克三世 威廉亨利 VON NOVAK III, WILLIAM HENRY (US)；克姆勒 文森 KEMLER, VINCENT (US)；威蘭 寇帝 WHEELAND, CODY (US)；湯瑪士 雷恩 THOMAS, LAYNE (US)；庫利 寇特妮 COOLEY, COURTNEY (US)；休士頓 當諾柏登 HUTSON, DONALD BOLDEN (US)；卡斯基 馬克 CASKEY, MARK (US)

(74) 代理人：李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：30 項 圖式數：9 共 68 頁

(54) 名稱

管理機器人式運載工具的有限安全模式操作

(57) 摘要

實施例包括用於當來自主控制器的控制信號丟失時，維持對機器人式運載工具的控制的設備和方法。偵測器電路可以監測從主控制器至電子速度控制器 (ESC) 的信號以偵測有效控制信號的丟失。偵測器電路可以回應於偵測到有效控制信號的丟失，使輔助控制器開始向 ESC 發出電動機控制信號。輔助控制器可以被配置為根據預載入的電動機控制指令集，來向 ESC 發出電動機控制信號。預載入的電動機控制指令集可以是從主控制器接收的，及/或可以被配置為使輔助控制器向 ESC 發出電動機控制信號，該等電動機控制信號以使得機器人式運載工具進入安全模式操作或執行特定操縱的方式來控制電動機。

Embodiments include devices and methods for maintaining control of a robotic vehicle when control signals from a main controller are lost. A detector circuit may monitor signals from the main controller to an electronic speed controller (ESC) to detect a loss of valid control signals. The detector circuit may cause an auxiliary controller to begin issuing motor control signals to the ESC in response to detecting a loss of valid control signals. The auxiliary controller may be configured to issue motor control signals to the ESC according to a pre-loaded set of motor control instructions. The pre-loaded set of motor control instructions may be received from the main controller and/or may be configured to cause the auxiliary controller to issue motor control signals to the ESC that control motors in a manner that causes the robotic vehicle to enter a safe mode of operation or execute a particular maneuver.

指定代表圖：

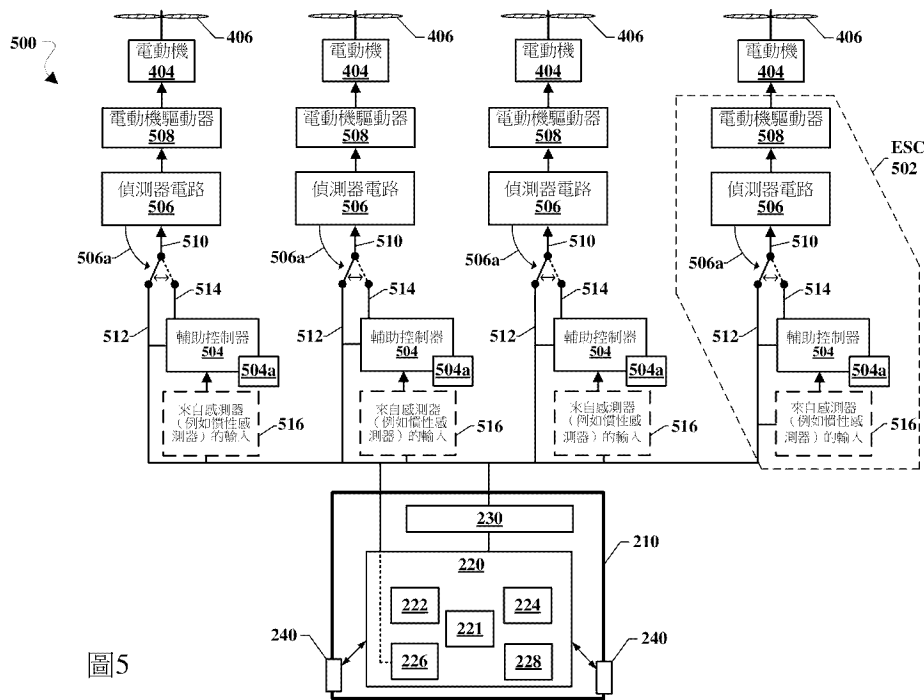


圖5

符號簡單說明：

- 210 . . . 控制單元
- 220 . . . 主控制器
- 221 . . . 穩健處理器
- 222 . . . 導航單元
- 224 . . . 記憶體
- 226 . . . 慣性感測器/陀螺儀/加速度計單元
- 228 . . . 航空電子模組
- 230 . . . 電源模組
- 240 . . . 感測器
- 500 . . . 機器人式運載工具
- 502 . . . ESC
- 504 . . . 輔助控制器
- 504a . . . 記憶體
- 506 . . . 偵測器電路
- 506a . . . 控制信號
- 508 . . . 電動機驅動器
- 510 . . . 開關
- 512 . . . 第一信號路徑
- 514 . . . 第二信號路徑
- 516 . . . 輸入

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】管理機器人式運載工具的有限安全模式操作

【英文發明名稱】MANAGING LIMITED SAFE MODE OPERATIONS OF A ROBOTIC VEHICLE

【技術領域】

【0001】 本申請案係關於機器人的控制。

【先前技術】

【0002】 機器人式運載工具（例如，「UAV」或「無人機」）被配置有越來越複雜的硬體和軟體。機器人式運載工具由處理該機器人式運載工具的眾多功能的主控制器進行控制，功能諸如飛行控制和導航、處理感測器資料（例如，來自攝像機、聲納、陀螺儀、加速度計等等的輸入）、接收和處理GPS信號、控制無線電以進行通訊等等。隨著該等元件和任務功能的複雜性增加，硬體或軟體故障導致主控制器的「系統故障」和重啟的可能性亦增加。

【0003】 在主控制器的軟體系統故障的情況下，主控制器將執行硬重啟。當執行硬重啟時，主控制器停止向電子速度控制器（ESC）發送信號傳遞，該等ESC對用於運載工具推進的電動機（例如，驅動運載工具轉子、車輪、螺旋槳等等的電動機）進行控制。因此，在硬重啟期間，主控制器無法控制運載工具推進，此情形可能導致ESC停止為轉子、車輪、螺旋槳等等提供動力，其導致機器人式運載工具暫時地失控。

【發明內容】

【0004】 各個實施例包括：用於當來自主控制器的信號丟失時維持對機器人式運載工具的控制的、可以在機器人式運載工具的處理器上實現的方法。各個實施例可以包括以下步驟：經由偵測器電路監測從機器人式運載工具的主控制器至電子速度控制器（ESC）的控制信號以偵測去往ESC的有效控制信號的丟失；及回應於偵測到去往ESC的有效控制信號的丟失，使輔助控制器開始向ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對機器人式運載工具的控制。

【0005】 在一些實施例中，回應於偵測到從主控制器到ESC的有效控制信號的丟失，使輔助控制器開始向ESC發出電動機控制信號可以包括：斷開用於將主控制器耦合到ESC的第一信號路徑，並且連接用於將輔助控制器耦合到ESC的第二信號路徑。

【0006】 一些實施例可以進一步包括：決定主控制器是否能夠恢復向ESC發送有效控制信號；及回應於決定主控制器能夠恢復向ESC發送有效控制信號，使輔助控制器停止向ESC發送電動機控制信號。在此種實施例中，決定主控制器是否能夠恢復向ESC發送有效控制信號可以包括：偵測關於主控制器已完成重啟程序。

【0007】 在一些實施例中，輔助控制器可以經由儲存在記憶體中的電動機控制指令被配置為向ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對機器人式運載工具的控制。在該等實施例中，儲存在記憶體中的電

動機控制指令可以配置輔助控制器向ESC發出電動機控制信號，以控制一或多個電動機來使機器人式運載工具採取安全模式操作。

【0008】 一些實施例可以進一步包括：在有效控制信號的丟失之前，經由輔助控制器從主控制器接收電動機控制指令；及經由輔助控制器將所接收的電動機控制指令儲存在記憶體中。在此種實施例中，從主控制器接收的電動機控制指令可以配置輔助控制器在有效控制信號的丟失之前向ESC發出電動機控制信號，以用於控制一或多個電動機使機器人式運載工具維持機器人式運載工具的姿態、方向或速度。

【0009】 在一些實施例中，經由輔助控制器向ESC發出電動機控制信號以控制一或多個電動機來維持對機器人式運載工具的控制可以包括：執行電動機控制指令集，以用於向ESC發出電動機控制信號來控制一或多個電動機使機器人式運載工具執行操縱；決定電動機控制指令集是否已完成；及回應於決定電動機控制指令集已經完成，向ESC發出電動機控制信號以控制一或多個電動機使機器人式運載工具採取安全模式操作。此種實施例可以進一步包括：在偵測到去往ESC的有效控制信號丟失之後，對計時器進行初始化；回應於決定該電動機控制指令集還沒有完成，決定計時器是否已經到期；及回應於決定計時器已經到期，向ESC發出電動機控制信號，以用於控制一或多個電動機使機器人式運載工具採取安全模式操作。

【0010】 一些實施例亦可以包括：執行對輔助控制器的測試；決定是否偵測到輔助控制器中的故障；及回應於偵測到輔助控制器中的故障，採取動作來保護機器人式運載工具。

【0011】 另外的實施例可以包括具有至少一個電動機、耦合到電動機的ESC、主控制器、偵測器電路和輔助控制器的機器人式運載工具，其中偵測器電路和輔助控制器被配置為執行上文所描述的方法的操作。在一些實施例中，偵測器電路可以被包括在輔助控制器中。在一些實施例中，輔助控制器可以被包括在ESC中。另外的實施例可以包括用於在機器人式運載工具中使用的輔助控制器，其被配置為執行上文所描述方法的操作。另外的實施例可以包括：機器人式運載工具，其包括用於執行上文所描述的方法的功能的構件。

【圖式簡單說明】

【0012】 被併入本文並且構成本說明書一部分的附圖圖示了示例性實施例，並且連同上文提供的概括描述以及下文提供的具體實施方式一起用來解釋各個實施例的特徵。

【0013】 圖1是在適用於各個實施例的通訊系統中操作的機器人式運載工具的系統方塊圖。

【0014】 圖2是圖示適用於實施例的機器人式運載工具的元件的元件方塊圖。

【0015】圖3是圖示適用於機器人式運載工具的控制器的元件的元件方塊圖。

【0016】圖4是圖示習知機器人式運載工具的元件的元件方塊圖。

【0017】圖5是圖示適用於實施例的機器人式運載工具的元件的元件方塊圖。

【0018】圖6是圖示適用於實施例的機器人式運載工具的元件的元件方塊圖。

【0019】圖7是根據各個實施例，圖示管理機器人式運載工具的操作的方法的程序流程圖。

【0020】圖8是根據各個實施例，圖示管理機器人式運載工具的操作的方法的程序流程圖。

【0021】圖9是根據各個實施例，圖示管理機器人式運載工具的操作的方法的程序流程圖。

#### 【實施方式】

【0022】將參照附圖來詳細地描述各個實施例。在可能的地方，將貫穿附圖使用相同的元件符號來代表相同或者類似的部件。對於特定實例和實施例的引用僅是用於說明目的，而不是意欲限制請求項的保護範疇。

【0023】各個實施例經由提供分散式、有限功能的輔助控制器來改良機器人式運載工具的功能和可靠性，該輔助控制器被配置為：經由在機器人式運載工具的主控制器停止向ESC發送控制信號的情況下，在有限的時間向ESC發出電動機控制信號來維持機器人式運載工具的穩定操

作。經由向ESC發出被配置為使機器人式運載工具採取安全或穩定操作配置的電動機控制信號，可以在主控制器完成完全重啟並重新獲得對ESC的控制時，保護機器人式運載工具免受損壞或損失。

**【0024】** 機器人式運載工具的主控制器通常是能夠控制機器人式運載工具的眾多功能的穩健處理設備，功能諸如飛行控制和導航、處理感測器資料（例如，來自攝像機、聲納、陀螺儀、加速度計等等的輸入）、接收和處理GPS信號、控制無線電以進行通訊等等。主控制器可以包括具有記憶體、穩健處理器、資料介面、航空電子感測器和處理器，以及被配置為監測和控制機器人式運載工具各種元件和功能的其他元件。可以將主控制器實現為「晶片上系統」（SOC），其是單個封裝或組裝件內的一組互連的電子電路，其通常（但不僅僅）包括一或多個處理器、記憶體、通訊介面和存貯記憶體介面。機器人式運載工具經由包括越來越複雜的硬體元件和基於軟體的功能來利用此種主控制器的功能。隨著機器人式運載工具元件和功能的複雜性增加，硬體或軟體故障需要重啟主控制器的可能性亦增加。

**【0025】** 在操作期間未經排程的主控制器重啟的後果對於機器人式運載工具可能是災難性的，是因為在處理器執行主處理器和和其他元件的硬重啟時，去往各個元件的控制信號被中斷。具體而言，主控制器的硬重啟中斷去往ESC的控制信號，該等ESC控制電動機驅動運載工具的

轉子、車輪或螺旋槳以用於運載工具的推進和操縱（例如，飛行控制）。當去往ESC的控制信號中斷時，電動機停止，此舉可能導致機器人式運載工具的失控，其潛在地導致機器人式運載工具與附近物體衝撞或墜毀。因此，即使主控制器在完成重啟之後仍然起作用，機器人式運載工具可能失能或丟失。

**【0026】** 各個實施例提供了在失去來自主控制器的有效控制信號的情況下，控制機器人式運載工具的一或多個電動機的元件、方法和系統。各個實施例適用於各種各樣的機器人式運載工具，包括自主的道路車、潛水式運載工具和空中運載工具（固定翼和旋翼飛行器）。在一些實施例中，機器人式運載工具可以被提供有一或多個小型輔助控制器，其耦合到每個ESC或者與每個ESC相關聯，並且被配置為在主控制器停止發送控制信號的情況下（例如，在主控制器硬重啟或故障的情況下）接管對ESC的控制。輔助控制器不如主控制器強大，並且可以被配置為提供足以維持對機器人式運載工具進行有限操縱控制的對相關聯的ESC的有限「安全模式」控制。

**【0027】** 在一些實施例中，與ESC相關聯的偵測器電路可以偵測主控制器何時停止向ESC發送控制信號。在一些實施例中，偵測器電路可以被配置為偵測來自主控制器的有效控制信號的丟失。在一些實施例中，偵測器電路可以被配置為偵測主控制器何時向ESC發送無效控制信號，例如包括超出範圍的值的控制信號（例如，其是損壞

的或亂碼的信號)。在一些實施例中，偵測器電路可以被配置為偵測來自主控制器的心跳信號的丟失，其中心跳信號指示主控制器正在正常地操作。在各個實施例中，可以利用硬體、軟體或硬體和軟體的組合來實現偵測器電路。

**【0028】** 在各個實施例中，回應於偵測到主控制器已經停止向ESC發送控制信號，偵測器電路可以控制輔助控制器來控制（亦即，將控制信號發送到）其相關聯的ESC。在一些實施例中，偵測器電路可以將信號路徑從連接主控制器與每個ESC，切換到連接每個相應的ESC與其輔助控制器。

**【0029】** 在一些實施例中，輔助控制器可以向其相關聯的ESC提供控制信號以維持機器人式運載工具的「安全模式」操作。在一些實施例中，輔助控制器可以被配置為當主控制器重啟（例如，執行硬重啟）時，在短時間內控制其ESC。在一些實施例中，安全模式操作可以包括輔助控制器控制其相關聯的ESC以執行有限安全模式操作。有限安全模式操作的實例可以包括：針對空中機器人式運載工具的懸停、針對潛水式機器人式運載工具的緩慢上升，以及針對自主道路機器人式運載工具的保持最後已知的轉向角度。

**【0030】** 在一些實施例中，輔助控制器可以發出複製先前從主控制器接收的電動機控制指令的有限集的控制信號。例如，在正常操作期間，輔助控制器可以週期性地監測並儲存來自主控制器的小的電動機控制指令集（例如，

接下來的 10 - 15 秒內的指令 ) ，以便輔助控制器可以向 E S C 發出將使機器人式運載工具沿著先前的路徑繼續前進的控制信號。

**【0031】** 在一些實施例中，輔助控制器可以發出複製預載入的電動機控制指令的有限集的控制信號，該等指令可以是工廠預載入的（例如，維持穩定懸停的指令）或者從主控制器定期接收的電動機控制指令集（例如，以某種方式飛行的指令）。在一些實施例中，預載入的電動機控制指令的有限集可能超出單個指令或單個操作模式，以及可以包括兩個或更多電動機控制指令的集合。在一些實施例中，預載入的電動機控制指令的有限集可以包括可選的操縱，例如，回應於決定特定環境狀況及 / 或機器人式運載工具的狀況而執行的操縱。

**【0032】** 在一些實施例中，輔助控制器可以發出電動機控制指令以執行有限安全模式操作，及 / 或單獨地或以某種組合來執行預載入的電動機控制指令的有限集。例如，輔助控制器可以在時間段（例如，諸如指令的 10 - 15 秒）內執行預載入的電動機控制指令的有限集的一或多個態樣，隨後輔助控制器可以切換（例如，「回退」）到執行有限安全模式操作。

**【0033】** 在一些實施例中，偵測器電路可以偵測到主控制器能夠恢復對 E S C 的控制。在一些實施例中，偵測器電路可以監測主控制器的重啟程序，並且可以偵測主控制器何時完成其重啟程序（例如，主控制器已經重新連線）。

在一些實施例中，偵測器電路可以偵測來自主控制器的控制信號（例如，來自主控制器的控制信號的恢復）。在一些實施例中，回應於偵測到主控制器能夠恢復對ESC的控制，偵測器電路可以控制輔助控制器放棄對每個ESC的控制。在一些實施例中，回應於偵測到主控制器能夠恢復對ESC的控制，偵測器電路可以重新連接主控制器與每個ESC之間的信號路徑。

**【0034】** 可以在各種各樣的通訊系統100內進行操作的機器人式運載工具中實現各個實施例，在圖1中圖示通訊系統100的實例。參見圖1，通訊系統100可以包括機器人式運載工具102、基地站104、存取點106、通訊網路108和網路元素110。

**【0035】** 基地站104和存取點106可以分別經由有線及/或無線通訊回載116和118來提供用於存取通訊網路108的無線通訊。基地站104可以包括：被配置為在大範圍（例如，巨集細胞）上提供無線通訊的基地站，以及小型細胞（其可以包括微細胞、毫微微細胞、微微細胞和其他類似的網路存取點）。存取點106可以被配置為在相對較小的區域上提供無線通訊。基地站和存取點的其他實例亦是可能的。

**【0036】** 機器人式運載工具102可以包括各種各樣的機器人式運載工具中的任何一種，例如，空中機器人式運載工具102a、地面機器人式運載工具102b和船舶機器人式運載工具102c。其他實例亦是可能的。機器人式運載

工具 102 可以經由無線通訊鏈路 112 與基地站 104 進行通訊，以及經由無線通訊鏈路 114 與存取點 106 進行通訊。無線通訊鏈路 112 和 114 可以包括複數個載波信號、頻率或頻帶，該等中的每一者可以包括複數個邏輯通道。無線通訊鏈路 112 和 114 可以使用一或多個無線電存取技術 (RAT)。可以在無線通訊鏈路中使用的 RAT 的實例包括：3GPP 長期進化 (LTE)、3G、4G、5G、行動通訊全球系統 (GSM)、分碼多工存取 (CDMA)、寬頻分碼多工存取 (WCDMA)、全球微波互通存取 (WiMAX)、分時多工存取 (TDMA) 和其他行動電話通訊技術蜂巢 RAT。可以在通訊系統 100 中的各個無線通訊鏈路中的一或多個無線通訊鏈路中使用的 RAT 的另外實例包括：諸如 Wi-Fi、LTE-U、LTE 直連 (LTE-Direct)、LAA、MuLTEfire 之類的中範圍協定以及諸如 ZigBee、藍芽和藍芽低能量 (LE) 之類的相對短範圍 RAT。

**【0037】** 網路元素 110 可以包括網路伺服器或其他類似的網路元素。網路元素 110 可以經由通訊鏈路 122，與通訊網路 108 進行通訊。機器人式運載工具 102 和網路元素 110 可以經由通訊網路 108 進行通訊。網路元素 110 可以向機器人式運載工具 102 提供各種各樣的資訊，例如導航資訊、天氣資訊、關於環境狀況的資訊、運動控制指令，以及與機器人式運載工具 102 的操作相關的其他資訊、指令或命令。

【0038】 在各個實施例中，機器人式運載工具可以包括有翼或旋翼飛行器類型的空中機器人式運載工具。圖2圖示利用由相應的電動機驅動多個轉子202以提供升空（或起飛）以及其他空中運動（例如，前進、上升、下降、橫向運動、傾斜、旋轉等等）的空中機器人式運載工具200的實例。機器人式運載工具200被圖示為可以利用各個實施例的機器人式運載工具的實例，但是並不意欲隱含或要求各個實施例限於空中機器人式運載工具或旋翼式機器人式運載工具。各個實施例可以與有翼機器人式運載工具、陸基自主運載工具和水上自主運載工具一起使用。

【0039】 參見圖1和圖2，機器人式運載工具200可以類似於機器人式運載工具102。機器人式運載工具200可以包括多個轉子202、框架204和著陸柱206或著陸板。框架204可以為與轉子202相關聯的電動機提供結構支撐。著陸柱206可以支撐機器人式運載工具200的元件組合的最大負載重量，在一些情況下亦支撐有效負荷。為了便於描述和說明起見，省略了機器人式運載工具200的一些具體態樣，例如佈線、框架結構互連或者熟習此項技術者可能已知的其他特徵。例如，儘管將機器人式運載工具200圖示並描述為具有包括多個支撐構件或框架結構的框架204，但機器人式運載工具200可以使用模製框架（其中經由模製結構來獲得支撐）來構造。儘管所圖示的機器人式運載工具200具有四個轉子202，但此情形僅僅

是示例性的，並且各個實施例可以包括多於或少於四個的轉子 202。

【0040】 機器人式運載工具 200 亦可以包括控制單元 210，控制單元 210 可以容納用於供電和控制機器人式運載工具 200 的操作的各種電路和設備。控制單元 210 可以包括主控制器 220、電源模組 230、感測器 240、一或多個攝像機 244、輸出模組 250、輸入模組 260 和無線電單元 270。

【0041】 主控制器 220 可以包括穩健處理器 221，穩健處理器 221 被配置有處理器可執行指令以控制機器人式運載工具 200 的操縱和其他操作。穩健處理器 221 可以是多核處理器或多處理器元件。主控制器 220 亦可以包括（例如，作為 SOC）或者耦合到：導航單元 222、記憶體 224、慣性感測器/陀螺儀/加速度計單元 226（其可以包括加速度計、陀螺儀、磁力計、慣性量測單元和其他類似元件）以及航空電子模組 228，所有該等皆耦合到穩健處理器 221。主控制器 220 及/或導航單元 222 可以被配置為經由無線連接（例如，蜂巢資料網路）與伺服器進行通訊，以接收在導航中有用的資料、提供即時位置報告和評估資料。

【0042】 航空電子模組 228 可以耦合到穩健處理器 221 及/或導航單元 222，並且可以被配置為提供導航單元 222 可以用於導航目的（如，全球導航衛星系統（GNSS）位置更新之間的航位推算）的、與操縱控制相

關的資訊，例如海拔、姿態、空速、航向和類似資訊。陀螺儀/加速度計單元 226 可以包括加速度計、陀螺儀、慣性感測器或其他類似的感測器。航空電子模組 228 可以包括陀螺儀/加速度計單元 226 或者接收來自陀螺儀/加速度計單元 226 的資料，陀螺儀/加速度計單元 226 提供關於可以在導航和定位計算中使用的機器人式運載工具 200 的方向和加速度的資料，以及提供在用於處理圖像的各個實施例中使用的資料。

**【0043】** 主控制器 220 亦可以從諸如圖像感測器或光學感測器（例如，能夠感測可見光、紅外線、紫外線及/或其他波長的光的感測器）之類的感測器 240 接收另外的資訊。感測器 240 亦可以包括射頻（RF）感測器、氣壓計、濕度感測器、聲納傳輸器/偵測器、雷達傳輸器/偵測器、麥克風或另外的聲學感測器、雷射雷達感測器、飛行時間（TOF）3-D 相機，或者可以提供主控制器 220 能用於移動操作、導航和定位計算以及決定環境狀況的資訊的另一種感測器。感測器 240 亦可以包括：被配置為偵測由機器人式運載工具的一或多個元件產生的溫度的一或多個感測器，例如溫度計、熱敏電阻、熱電偶、正溫度係數感測器和其他感測器元件。

**【0044】** 電源模組 230 可以向包括主控制器 220、感測器 240、一或多個攝像機 244、輸出模組 250、輸入模組 260 和無線電單元 270 的各種元件供電。此外，電源模組 230 亦可以包括諸如可充電電池之類的能量儲存元件。主

控制器 220 可以配置有處理器可執行指令以控制電源模組 230 的充電（亦即，所收集的能量的儲存），例如經由使用充電控制電路來執行充電控制演算法。替代地或另外地，電源模組 230 可以被配置為管理其自己的充電。主控制器 220 可以耦合到輸出模組 250，輸出模組 250 可以輸出用於管理驅動轉子 202 的電動機和其他元件的控制信號。

**【0045】** 當機器人式運載工具 200 朝向目的地前進時，可以經由控制轉子 202 的各單個電動機來控制機器人式運載工具 200。主控制器 220 可以從導航單元 222 接收資料，並且使用此種資料以便決定機器人式運載工具 200 的當前位置和方向以及朝向目的地或中間網站的適當路線。在各個實施例中，導航單元 222 可以包括：使機器人式運載工具 200 能夠使用 GNSS 信號進行導航的 GNSS 接收器系統（例如，一或多個全球定位系統（GPS）接收器）。替代地或另外地，導航單元 222 可以裝備有無線電導航接收器，以用於從諸如導航信標（例如，超高頻（VHF）全向範圍（VOR）信標）、Wi-Fi 存取點、蜂巢網路網站、無線電站、遠端計算設備、其他機器人式運載工具等等之類的無線電節點接收導航信標或其他信號。

**【0046】** 無線電單元 270 可以被配置為接收導航信號（例如，來自航空導航設施的信號等等），並且將該等信號提供給穩健處理器 221 及 / 或導航單元 222 以輔助機器人式運載工具導航。在各個實施例中，導航單元 222 可以

使用從地面上的可辨識的RF傳輸器（例如，AM/FM無線電站、Wi-Fi存取點和蜂巢網路基地站）接收的信號。

【0047】 導航單元222可以包括規劃應用程式，其可以執行計算以規劃機器人式運載工具在某個體積空間內的行進路徑（「路徑規劃」）。在一些實施例中，該規劃應用程式可以使用包括以下各項的資訊來執行路徑規劃：關於要由機器人式運載工具執行的任務的態樣的資訊、關於環境狀況的資訊、機器人式運載工具的一或多個元件在執行任務時可以產生的熱量，以及一或多個熱約束條件。

【0048】 無線電單元270可以包括數據機274和傳輸/接收天線272。無線電單元270可以被配置為與各種各樣的無線通訊設備（例如，無線通訊設備（WCD）290）進行無線通訊，無線通訊設備的實例包括無線電話基地站或蜂巢塔（例如，基地站104）、網路存取點（例如，存取點106）、信標、智慧型電話、平板設備，或者機器人式運載工具200可以與其通訊的另一個計算設備（例如，網路元素110）。主控制器220可以經由無線電單元270的數據機274和天線272以及無線通訊設備290經由傳輸/接收天線292，來建立雙向無線通訊鏈路294。在一些實施例中，無線電單元270可以被配置為使用不同的無線電存取技術來支援與不同無線通訊設備的多個連接。

【0049】 在各個實施例中，無線通訊設備290可以經由中間存取點來連接到伺服器。舉例而言，無線通訊設備290可以是機器人式運載工具操作者的伺服器、協力廠商

服務（例如，包裹遞送、計費等）或網站通訊存取點。機器人式運載工具 200 可以經由一或多個中間通訊鏈路（例如，耦合到廣域網路（例如，網際網路）或其他通訊設備的無線電話網路）與伺服器進行通訊。在一些實施例中，機器人式運載工具 200 可以包括並採用其他形式的無線電通訊，例如與其他機器人式運載工具的網格連接或者與其他資訊源（例如，用於採集及 / 或分發天氣或其他資料收集資訊的氣球或其他站）的連接。

**【0050】** 在各個實施例中，控制單元 210 可以裝備有能夠用於各種應用的輸入模組 260。例如，輸入模組 260 可以從車載攝像機 244 或感測器接收圖像或資料，或者可以從其他元件（例如，有效負荷）接收電子信號。

**【0051】** 儘管將控制單元 210 的各個元件圖示為分開的元件，但是該等元件（例如，主控制器 220、輸出模組 250、無線電單元 270 和其他單元）中的一些或全部元件可以一起整合在單個設備、電路板或模組（例如，SOC）中。

**【0052】** 圖 3 圖示整合為 SOC 的機器人式運載工具主控制器 220 內的其他元件。參見圖 1 - 圖 3，主控制器 220 內的穩健處理器 221 可以包括一或多個處理器或處理器核心 314、工作記憶體 316、通訊介面 318 和存貯記憶體介面 320。存貯記憶體介面 320 可以被配置為使處理器 314 能夠將資料儲存到存貯記憶體 224 和從存貯記憶體 224 取得資料，存貯記憶體 224 可以如圖所示地整合在主

控制器 220 SOC 內或者連接為分開的元件。配置為 SOC 的主控制器 220 可以包括通訊元件 322，通訊元件 322 可以將無線電單元 270 與無線數據機 274 整合在一起，通訊元件 322 被配置為連接到天線 272 以建立無線通訊鏈路等等。

【0053】 整合為 SOC 的主控制器 220 亦可以包括硬體介面 328，硬體介面 328 被配置為使得穩健處理器 221 能夠與導航模組 222、慣性感測器/陀螺儀/加速度計模組 226 和航空電子模組 228 連接，以及與機器人式運載工具各個元件進行通訊並控制該等元件。在一些實施例中，硬體介面 328 亦可以提供從導航模組 222、慣性感測器/陀螺儀/加速度計模組 226 及/或航空電子模組 228 到輔助控制器的輸出 330，如下文所進一步描述的。從導航模組 222、慣性感測器/陀螺儀/加速度計模組 226 及/或航空電子模組 228 到輔助控制器的輸出 330 可以獨立於穩健處理器 221，使得即使穩健處理器 221 停止發送控制信號，輔助控制器亦可以從導航模組 222、慣性感測器/陀螺儀/加速度計模組 226 及/或航空電子模組 228 接收資料。在一些實施例中，穩健處理器 221 可以經由輸出 330 向輔助控制器發送電動機控制指令的有限集的週期性更新，如下文所進一步描述的。

【0054】 穩健處理器 221 可以包括各種不同類型的處理器 314 和處理器核心，諸如通用處理器、中央處理單元（CPU）、數位信號處理器（DSP）、圖形處理單元

(GPU)、加速處理單元(APU)、處理設備的特定元件的子系統處理器(例如,用於相機子系統的圖像處理器或用於顯示器的顯示處理器、輔助處理器、單核處理器和多核處理器)。穩健處理器221可以進一步體現其他硬體和硬體組合,例如現場可程式設計閘陣列(FPGA)、特殊應用積體電路(ASIC)、其他可程式設計邏輯設備、個別閘門邏輯、電晶體邏輯、效能監測硬體、看門狗硬體和時間參照。可以配置積體電路,使得積體電路的元件存在於單片的半導體材料(例如,矽)上。

【0055】主控制器220可以包括多於一個的穩健處理器221,從而增加主控制器220內的處理器314和處理器核心的數量。主控制器220亦可以包括不在穩健處理器221內的其他處理器(未圖示)。一或多個處理器314均可以被配置用於特定目的,其可以與穩健處理器221或主控制器220 SOC的其他處理器314相同或不同。可以將相同或不同配置的處理器314和處理器核心中的一或多個分類在一起。

【0056】穩健處理器221的工作記憶體316可以是揮發性或非揮發性記憶體,該記憶體被配置為儲存用於由處理器314存取的資料和處理器可執行指令。主控制器220及/或穩健處理器221可以包括被配置為儲存用於各種目的資料的一或多個存貯記憶體224,該資料包括與任務相關的資料(例如,視訊資料、導航地圖、任務規劃等等)。

工作記憶體 316 可以包括諸如隨機存取記憶體 (RAM) 或主記憶體和快取記憶體之類的揮發性記憶體。

【0057】 可以對主控制器 220 和穩健處理器 221 的一些或所有元件進行不同地佈置及 / 或組合，同時仍然服務於該各個態樣的功能。主控制器 220 和穩健處理器 221 可以不限於該等元件之每一者元件的一個元件，並且在各種配置中可以包括每個元件的多個實例。

【0058】 圖 4 是圖示習知機器人式運載工具 400 的元件的元件方塊圖。參見圖 1 - 圖 4，機器人式運載工具 400 可以類似於機器人式運載工具 102、200。將機器人式運載工具 400 圖示為機器人式運載工具的實例，但其並不意欲隱含或要求各個實施例限於空中機器人式運載工具或旋翼式機器人式運載工具。各個實施例可以與有翼機器人式運載工具、陸基自主運載工具和水上自主運載工具一起使用。

【0059】 習知的機器人式運載工具 400 可以包括耦合到控制單元 210 的習知電子速度控制器 (ESC) 402。ESC 402 可以處理包括以下的功能：經由相對應的電動機 404 來控制每個轉子 406 的操作的態樣。ESC 402 可以耦合到電源模組 230。電源模組 230 (例如，車載電池) 可以 (例如，經由 ESC 402) 耦合到電動機 404 和主控制器 220。每個電動機 404 可以與各自的電動機驅動器 402b 和解碼器 402a 相關聯。每個解碼器 402a 可以解碼

來自主控制器 220 的針對相對應的電動機驅動器 402b 的信號（例如，控制信號）。

【0060】主控制器 220 經由 ESC 402 可以控制電動機 404 的電力以驅動各轉子 406 之每一者轉子 406。主控制器 220 經由 ESC 402 可以用於控制電動機 404 的單獨的速度。ESC 402 可以以不同的轉速來驅動電動機 404「向前」以產生不同量的輔助推力，或者驅動電動機 404「向後」以產生不同量的混合空氣動力。經由控制與各轉子 406 之每一者轉子 406 相對應的各單獨的電動機 404，在機器人式運載工具 400 朝向目的地前進及 / 或以各種飛行模式進行操作時，可以對飛行中的機器人式運載工具 400 進行控制。

【0061】主控制器 220 通常是能夠控制機器人式運載工具的眾多功能（例如，經由 ESC 402 來控制電動機 404，以及包括飛行控制、處理感測器資料、接收和處理 GPS 信號、控制無線電以進行通訊等等的其他操作）的穩健處理設備。如前述，在空中機器人式運載工具的飛行操作期間主控制器故障或重啟的後果可能是災難性的，是因為主控制器 220 將停止向 ESC 402 發信號，導致 ESC 停止向電動機 404 供電。

【0062】圖 5 是圖示根據各個實施例的機器人式運載工具 500 的元件的元件方塊圖。參見圖 1 - 圖 5，機器人式運載工具 500 可以類似於機器人式運載工具 102、200。將機器人式運載工具 500 圖示為可以利用各個實施例的

機器人式運載工具的實例，但其並不意欲暗示或要求各個實施例限於空中機器人式運載工具或旋翼式機器人式運載工具。各個實施例可以與有翼機器人式運載工具、陸基自主運載工具和水上自主運載工具一起使用。

**【0063】** 在各個實施例中，機器人式運載工具500可以包括耦合到主控制器220的ESC 502。ESC 502亦可以經由獨立於主控制器220的路徑來耦合到電源模組230。ESC 502可以包括一或多個輔助控制器504、一或多個偵測器電路506，以及一或多個電動機驅動器508。輔助控制器504可以耦合到記憶體504a。在各個實施例中，偵測器電路506可以在硬體中作為專用電路來實現、利用在處理器（其可以是專用處理器）內執行的軟體來實現，或者實現成硬體和軟體的組合（例如，觸發軟體實現的程序的偵測電路）。例如，可以用可儲存在記憶體504a中並由輔助控制器504執行的處理器可執行或控制器可執行指令來實現偵測器電路506。再舉一個實例，可以在ESC 502的一或多個硬體元件中實現偵測器電路506。再舉一個實例，可以用在ESC 502的獨立硬體元件上儲存和執行的處理器可執行指令來實現偵測器電路506。偵測器電路506的其他實現方式亦是可能的，其包括前述的變形及/或組合。

**【0064】** 在正常操作期間，主控制器220可以沿著第一信號路徑512經由電動機驅動器508向電動機404提供控制信號串流。在一些實施例中，第一信號路徑512可以

經由開關 510（在一些實施例中，經由偵測器電路 506）將主控制器 220 耦合到每個電動機驅動器 508。

**【0065】** 在各個實施例中，偵測器電路 506 可以監測第一信號路徑 512 以偵測主控制器 220 何時停止控制 ESC 502（例如，由於主控制器 220 的重啟或故障）。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號的丟失。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號何時降級或者無效（例如，超過錯誤率的閾值水平）。在此種實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為偵測關於主控制器 220 已經停止發送有效控制信號。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號何時包括超出範圍的值（例如，其是損壞的或亂碼的信號）。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號的丟失。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為偵測心跳信號或者來自主控制器 220 的類似信號的丟失。在一些實施例中，主控制器 220 可以發送心跳信號以指示主控制器正在正常操作。在各個實施例中，主控制器 220 可以連續地、週期性地或者以一個或其他時間間隔來發送此種心跳信號。在一些實施例中，心跳信號可以是與 ESC 控制信號分開提供的。

**【0066】** 在各個實施例中，回應於偵測到主控制器 220 已經停止向 ESC 502 發送有效控制信號，偵測器電路

506 可以被配置為使輔助控制器 504 取得對 ESC 502 的控制（亦即，開始向 ESC 502 發出電動機控制信號）。在一些實施例中，回應於偵測到主控制器 220 已經停止向 ESC 502 發送控制信號，偵測器電路 506 可以被配置為控制開關 510（例如，經由控制信號 506a），該開關 510 將連接主控制器與每個 ESC 的第一信號路徑 512 改變為連接每個各自的輔助控制器 504 與其各自的電動機驅動器 508（在一些實施例中，經由偵測器電路 506）的第二信號路徑 514。在一些實施例中，從第一信號路徑 512 到第二信號路徑 514 的切換可以包括：斷開第一信號路徑 512，並且連接用於將輔助控制器 504 耦合到其各自的電動機驅動器 508 的第二信號路徑 514。

**【0067】** 在一些實施例中，當經由開關 510 連接第二信號路徑 514 時，輔助控制器 504 可以對其 ESC 502 進行有限的「安全模式」控制。在此種實施例中，輔助控制器 504 可以向電動機驅動器 508 提供電動機控制信號以實現有限安全模式操作。在一些實施例中，該安全模式操作可以包括：輔助控制器 504 向其各自的電動機驅動器 508 提供電動機控制信號以實現有限安全模式操作。在各個實施例中，該有限安全模式控制包括與主控制器提供的操縱控制相比要少得多的對機器人式運載工具的操縱控制。該有限安全模式操作的實例可以包括：針對空中機器人式運載工具的懸停、針對潛水式機器人式運載工具的緩慢上升，或者針對自主道路機器人式運載工具的保持最後已知

的轉向角度。在一些實施例中，輔助控制器 504 可以被配置為在短時間段內向其電動機驅動器 508 提供電動機控制信號，該短時間段足夠長以使主控制器能夠完成重啟程序（例如，執行硬重啟）。

**【0068】** 在一些實施例中，偵測器電路 506 可以被配置為從開關 510 接收信號。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以位於每個開關 510 與其各自的電動機驅動器 508 之間，並且被配置為對來自控制單元 210 的信號路徑 512 和來自輔助控制器 504 的信號路徑 514 執行故障監測。例如，偵測器電路 506 可以沿信號路徑佈置在開關 510 和電動機驅動器 508 之間。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以監測每個開關 510 與其分別的電動機驅動器 508 之間的信號路徑，但不需要沿著該信號路徑來佈置。在此種實施例中，當對開關 510 進行控制以連接第二信號路徑 514 時，偵測器電路 506 可以驗證輔助控制器 504 是否正在提供適當的電動機控制信號。

**【0069】** 在一些實施例中，輔助控制器 504 可以執行先前從主控制器 220 接收的電動機控制指令的有限集，以繼續在丟失來自主控制器 220 的有效控制信號之前存在的機器人式運載工具的軌跡和方向。在一些實施例中，輔助控制器 504 可以執行預先載入在記憶體中或者從主控制器 220 接收的預載入的電動機控制指令的有限集。電動機控制指令的有限集可以被儲存在輔助控制器 504 的記憶體 504a 中。在一些實施例中，在正常操作期間，輔助控

制器 504 可以從主控制器 220 接收並儲存電動機控制指令的有限集的週期性更新（例如，持續大約 10-15 秒的指令）。在一些實施例中，預載入的電動機控制指令的有限集可能超出單個指令或單個操作模式，並且可以包括兩個或更多電動機控制指令的集合。在一些實施例中，預載入的電動機控制指令的有限集可以包括將使機器人式運載工具執行可選的操縱（例如，回應於決定特定環境狀況及 / 或機器人式運載工具的狀況而執行的操縱）的電動機控制信號。

**【0070】** 在一些實施例中，輔助控制器 504 可以向其電動機驅動器 508 發出電動機控制信號，以啟用有限安全模式操作及 / 或單獨地或以任何組合方式來發出預載入的電動機控制信號的有限集。例如，輔助控制器可以在時間段內（例如，諸如指令的 10-15 秒）發出預載入的電動機控制指令的有限集的一或多個態樣，隨後輔助控制器 504 可以切換（例如，「回退」）到向電動機驅動器 508 發出電動機控制信號，以使機器人式運載工具進入安全模式操作。

**【0071】** 在各個實施例中，每個輔助控制器 504 可以從機器人式運載工具 500 的一或多個感測器（例如，感測器 240、226）接收輸入 516。例如，每個輔助控制器 504 可以從慣性感測器、陀螺儀和加速度計（例如，從慣性 / 陀螺儀 / 加速度計模組 226）或機器人式運載工具 500 的另一個感測器接收輸入 516。輔助控制器 504 中的每一個

輔助控制器 504 可以使用來自感測器的輸入 516 來決定適當的電動機控制信號，以經由其各自的電動機驅動器 508 來控制其各自的電動機 404。例如，輔助控制器 504 中的每一個可以獨立地操作，以基於從感測器接收的輸入 516 來產生控制信號，並且輔助控制器 504 中的每一個輔助控制器 504 可以向其各自的電動機驅動器 508 傳輸所產生的控制信號。在一些實施例中，輔助控制器 504 中的每一個輔助控制器 504 可以獨立地操作以控制各自的電動機驅動器 508 和電動機 404 來實現安全模式操作及 / 或執行預載入的電動機控制信號的有限集。在一些實施例中，即使丟失來自主控制器 220 的控制信號，輔助控制器 504 中的每一個輔助控制器 504 亦可以接收輸入 516。在一些實施例中，每個 ESC 502 可以包括一或多個獨立的感測器（例如，慣性感測器、陀螺儀、加速度計等等），該等感測器可以向輔助控制器 504 提供該輔助控制器 504 能夠用於向其各自的電動機驅動器 508 產生控制信號的資訊。

**【0072】** 在一些實施例中，偵測器電路 506 可以偵測到主控制器 220 能夠恢復對 ESC 502 的控制。在一些實施例中，偵測器電路 506 可以監測主控制器 220 重啟程序，以及可以偵測何時主控制器 220 已完成其重啟程序（例如，主控制器已重新連線）。在一些實施例中，回應於偵測到主控制器 220 能夠恢復對 ESC 502 的控制，偵測器

電路 506 可以重新連接主控制器 220 與每個 ESC 502 之間的第一信號路徑 512。

【0073】 圖 6 是圖示根據各個實施例的機器人式運載工具 600 的元件的元件方塊圖。參照圖 1 - 圖 6，機器人式運載工具 600 可以類似於機器人式運載工具 102、200。將機器人式運載工具 600 圖示為可以利用各個實施例的機器人式運載工具的實例，但是並不意欲隱含或要求各個實施例限於空中機器人式運載工具或旋翼式機器人式運載工具。各個實施例可以與有翼機器人式運載工具、陸基自主運載工具和水上自主運載工具一起使用。

【0074】 在各個實施例中，機器人式運載工具 600 可以包括耦合到主控制器 220 的 ESC 602。ESC 602 亦可以經由獨立於主控制器 220 的路徑耦合到電源模組 230。ESC 602 可以包括輔助控制器 604、偵測器電路 606、耦合到各自的一或多個電動機驅動器 608 的一或多個解碼器 616。輔助控制器 604 可以耦合到記憶體 604a。在各個實施例中，偵測器電路 606 可以用硬體、軟體或硬體和軟體的組合來實現。例如，可以利用可儲存在記憶體 604a 中並由輔助控制器 604 執行的處理器可執行或控制器可執行指令來實現偵測器電路 606。再舉一個實例，可以在 ESC 602 的一或多個硬體元件中實現偵測器電路 606。再舉一個實例，可以將偵測器電路 606 實現成在 ESC 602 的獨立硬體元件上儲存和執行的處理器可執行

指令。偵測器電路 606 的其他實現方式亦是可能的，其包括前述的變形及 / 或組合。

【0075】 在正常操作期間，主控制器 220 可以沿著第一信號路徑 612 經由解碼器 616 向電動機驅動器 608 提供一系列控制信號。在一些實施例中，第一信號路徑 612 可以經由開關 610 將主控制器 220 耦合到每個解碼器 616 和每個電動機驅動器 608。每個解碼器 616 可以解碼來自主控制器 220（或者輔助控制器 604）的控制信號，將經解碼的控制信號提供給其各自的電動機驅動器 608。在一些實施例中，每個解碼器 616 可以決定從主控制器 220 或輔助控制器 604 接收的控制信號是否是用於其各自的電動機驅動器 608 的。

【0076】 在各個實施例中，偵測器電路 606 可以被配置為監測第一信號路徑 612 以偵測主控制器 220 何時停止向 ESC 602 發送控制信號（例如，作為處理器重啟或主控制器 220 的故障的結果）。在一些實施例中，偵測器電路 606 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號的丟失。在一些實施例中，偵測器電路 606 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號何時降級或者無效（例如，超過錯誤率的閾值水平）。在此種實施例中，偵測器電路 606 可以被配置為偵測主控制器 220 已經停止發送有效控制信號。在一些實施例中，偵測器電路 606 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號何時包括超出範圍的值（例如，其是損壞的或亂碼的信號）。在一些實

施例中，偵測器電路 606 可以被配置為偵測來自主控制器 220 的控制信號的丟失。在一些實施例中，偵測器電路 606 可以被配置為偵測心跳信號或者來自主控制器 220 的另外的類似信號的丟失。在一些實施例中，主控制器 220 可以提供心跳信號以指示主控制器正在正常地操作。在各個實施例中，主控制器 220 可以連續地、週期性地或者以一個或其他時間間隔來提供此種心跳信號。在一些實施例中，心跳信號可以是與一或多個其他控制信號分開提供的。

**【0077】** 在各個實施例中，回應於偵測到主控制器 220 已經停止向 ESC 602 發送有效控制信號，偵測器電路 606 可以被配置為控制輔助控制器 604 來取得對 ESC 602 的控制。在一些實施例中，回應於偵測到主控制器 220 已經停止向 ESC 602 發送控制信號，偵測器電路 606 可以被配置為控制開關 610（例如，經由控制信號 606a），以從連接主控制器 220 與 ESC 602 的第一信號路徑 612 切換為連接 ESC 602 與其輔助控制器 604 的第二信號路徑 614。在一些實施例中，從第一信號路徑 612 到第二信號路徑 614 的切換包括：斷開第一信號路徑 612，並且連接用於將輔助控制器 604 與解碼器 616 相耦合的第二信號路徑 614。

**【0078】** 在一些實施例中，當經由開關 610 連接第二信號路徑 614 時，輔助控制器 604 可以（例如，經由每個各自的解碼器 616）向電動機驅動器 608 發出電動機控制信

號，其使得每個電動機404以使機器人式運載工具進入「安全模式」的方式進行操作。在一些實施例中，輔助控制器604可以被配置為在短時間段（例如足夠長以使主控制器能夠完成重啟（例如，執行硬重啟））內對ESC 602進行控制。在一些實施例中，輔助控制器604可以向各自的解碼器616發出電動機控制信號，以控制每個電動機驅動器608，使得電動機與有限安全模式操作一致地進行操作。如前述，有限安全模式操作可以包括：針對空中機器人式運載工具的懸停、針對潛水式機器人式運載工具的緩慢上升，或者針對自主道路機器人式運載工具的保持最後已知的轉向角度。在一些實施例中，輔助控制器604可以獨立地為每個電動機驅動器608產生電動機控制信號，從而經由各自的解碼器616和電動機驅動器608來實現對每個電動機404的獨立控制。在一些實施例中，即使來自主控制器220的控制信號丟失，輔助控制器604亦可以接收輸入618。在一些實施例中，602可以包括一或多個獨立感測器（例如，慣性感測器、陀螺儀、加速度計等等），該等感測器可以向輔助控制器604提供該輔助控制器604能夠用於向一或多個電動機驅動器608產生控制信號的資訊。

**【0079】** 在一些實施例中，偵測器電路606可以被配置為從開關610接收信號。在一些實施例中，偵測器電路606可以位於開關610與電動機驅動器608之間，並且被配置為執行對來自控制單元210的信號路徑612和來自

輔助控制器 604 的信號路徑 614 的故障監測。例如，偵測器電路 606 可以沿信號路徑佈置在開關 610 和解碼器 616 之間。在一些實施例中，偵測器電路 606 可以監測開關 610 與偵測器電路 606 之間的信號路徑，但不需要沿著該信號路徑來佈置。在此種實施例中，當控制開關 610 以連接第二信號路徑 614 時，偵測器電路 606 可以驗證輔助控制器 604 是否正在向解碼器 616 提供電動機控制信號。

**【0080】** 在一些實施例中，輔助控制器 604 可以執行在工廠預先載入的或者從主控制器 220 接收的預載入的電動機控制指令的有限集。電動機控制指令的有限集可以儲存在輔助控制器 604 的記憶體 604a 中。在一些實施例中，在正常操作期間，輔助控制器 604 可以從主控制器 220 接收並儲存電動機控制指令的有限集的週期性更新（例如，大約 10 - 15 秒內的指令）。在一些實施例中，預載入的電動機控制指令的有限集可能超出單個指令或單個操作模式，並且可以包括兩個或更多電動機控制指令的集合。在一些實施例中，預載入的指令的有限集可以包括電動機控制信號，該等電動機控制信號將使得機器人式運載工具繼續進行在失去來自主控制器的有效控制信號之前由機器人式運載工具執行的操縱。例如，輔助控制器 604 可以發出電動機控制信號，該等電動機控制信號使得機器人式運載工具沿著在失去來自主控制器的有效控制信號之前遵循的行進路徑繼續行進。再舉一個實例，輔助控制器 604 可以發出電動機控制信號，其重複或模仿在失

去來自主控制器的有效控制信號之前向ESC發送的電動機控制信號，此舉可以導致在主控制器完成重啟時，機器人式運載工具維持姿態、朝向及/或速度。在一些實施例中，預載入的電動機控制指令的有限集可以支援可選的操縱，例如，回應於決定特定環境狀況及/或機器人式運載工具的狀況（例如，基於從機器人式運載工具的一或多個感測器接收的輸入，如下文所進一步描述的）來執行的操縱。

**【0081】** 在一些實施例中，輔助控制器604可以經由各自的解碼器616向一或多個電動機驅動器608發出電動機控制信號，以啟用有限安全模式操作及/或單獨地或以任何組合方式來發出預載入的電動機控制信號的有限集。例如，輔助控制器可以在時間段內（例如，諸如指令的10-15秒）發出預載入的電動機控制指令的有限集的一或多個態樣，隨後輔助控制器可以切換（例如，「回退」）到經由各自的解碼器616向電動機驅動器608發出電動機控制信號，以使機器人式運載工具進入安全模式操作。

**【0082】** 在各個實施例中，輔助控制器604可以從機器人式運載工具600的一或多個感測器（例如，感測器240、226）接收輸入618，例如，來自慣性感測器、陀螺儀和加速度計（例如，來自慣性/陀螺儀/加速度計模組226）或機器人式運載工具600的另一個感測器的輸入。輔助控制器604可以使用來自感測器的輸入618來決定適當的電動機控制信號，以經由其各自的電動機驅動器

608 來控制每個電動機 404。例如，輔助控制器 604 可以基於輸入 618 來為每個電動機驅動器 608 產生不同的電動機控制信號，並且輔助控制器 604 可以經由其各自的解碼器 616 向其各自的電動機驅動器 608 傳輸所產生的控制信號。在一些實施例中，輔助控制器 604 可以經由各自的解碼器 616 和電動機驅動器 608 來獨立地控制各電動機 404 中的每個電動機 404，以實現安全模式操作及/或執行預載入的電動機控制指令的有限集。

**【0083】** 在一些實施例中，偵測器電路 606 可以偵測到主控制器 220 能夠恢復對 ESC 602 的控制。在一些實施例中，偵測器電路 606 可以監測主控制器 220 重啟程序，並且可以偵測何時主控制器 220 已完成其重啟程序（例如，主控制器已重新連線）。在一些實施例中，回應於偵測到主控制器 220 能夠恢復對 ESC 602 的控制，偵測器電路 606 可以重新連接主控制器 220 與 ESC 602 之間的第一信號路徑 612。

**【0084】** 圖 7 根據各個實施例，圖示管理機器人式運載工具的操作的方法 700。參照圖 1 - 圖 7，方法 700 可以在機器人式運載工具（例如，102、200）的硬體元件及/或軟體元件中實現，其操作可以由機器人式運載工具的一或多個偵測器電路（例如，506、606 等等）和輔助控制器（例如，504、604 等等）來控制。

**【0085】** 在方塊 702 中，偵測器電路可以監測第一信號路徑（例如，512、612），經由該第一信號路徑，機器

人式運載工具的主控制器（例如，220）可以經由電動機驅動器（例如，508、608）向電動機（例如，404）提供一或多個控制信號。

【0086】 在決定方塊704中，偵測器電路可以決定主控制器是否已經停止向機器人式運載工具的ESC（例如，502、602）發送控制信號。在一些實施例中，偵測器電路可以偵測主控制器何時停止控制ESC（例如，作為主控器的重啟或故障的結果）。

【0087】 回應於決定主控制器還沒有停止向ESC發送控制信號（亦即，決定方塊704 = 「否」），在方塊702中，偵測器電路可以繼續監測第一信號路徑。

【0088】 回應於決定主控制器已經停止向ESC發送控制信號（亦即，決定方塊704 = 「是」），在方塊706中，偵測器電路可以控制輔助控制器來取得對相關聯的ESC的控制。在一些實施例中，偵測器電路可以在方塊706中控制開關（例如，510、610），以從連接主控制器與一或多個ESC的第一信號路徑切換到連接一或多個ESC與一或多個輔助控制器的第二信號路徑。

【0089】 在方塊708中，一或多個輔助控制器可以向ESC發出電動機控制信號，其被配置為控制電動機，使得機器人式運載工具進入安全模式操作。有限安全模式操作的實例包括：針對空中機器人式運載工具的懸停、針對潛水式機器人式運載工具的緩慢上升，或者針對自主道路機器人式運載工具的保持最後已知的轉向角度。

【0090】 在方塊710中，偵測器電路可以決定主控制器是否能夠恢復對ESC的控制。在一些實施例中，偵測器電路可以決定主控制器是否能夠恢復向ESC發送有效控制信號。例如，偵測器電路可以決定主控制器何時完成重啟的程序，或者主控制器何時重新連線。在一些實施例中，偵測器電路可以偵測來自主控制器的電動機控制信號。

【0091】 回應於決定主控制器不能夠恢復對ESC的控制（亦即，決定方塊710=「否」），在方塊708中，一或多個輔助控制器可以繼續向ESC發出電動機控制信號。在一些實施例中，回應於決定主控制器不能恢復對ESC的控制，偵測器電路可以維持第二信號路徑的連接。

【0092】 回應於決定主控制器能夠恢復對ESC的控制（亦即，決定方塊710=「是」），偵測器電路可以控制一或多個輔助控制器以將對每個相關聯的ESC的控制放棄給主控制器。在一些實施例中，回應於決定主控制器能夠恢復對ESC的控制，偵測器電路可以斷開第二信號路徑，並且重新連接主控制器與每個ESC之間的第一信號路徑。

【0093】 在方塊702中，處理器可以繼續監測第一信號路徑。

【0094】 圖8根據各個實施例，圖示管理機器人式運載工具的操作的方法800。參照圖1-圖8，方法800可以在機器人式運載工具（例如，102、200）的硬體元件及/

或軟體元件中實現，其操作可以由機器人式運載工具的一或多個處理器（例如，控制器 220、504、604 等等）來控制。在方塊 702-712 中，機器人式運載工具的處理器可以執行如前述的方法 700 的相同編號的方塊的操作。

**【0095】** 在方塊 802 中，輔助控制器（例如，504、604）可以從主控制器（例如，220）接收並儲存電動機控制指令的有限集的週期性更新。在一些實施例中，電動機控制指令的有限集可以是相對短的時間段內的指令（例如，大約 10-15 秒內的指令）。在一些實施例中，電動機控制指令的有限集可以包括兩個或更多個電動機控制指令的集合。在一些實施例中，電動機控制指令的有限集可以包括電動機控制，該等電動機控制將使機器人式運載工具執行可選的操縱，例如，回應於決定特定環境狀況及/或機器人式運載工具的狀況而執行的操縱。可以將電動機控制指令的有限集儲存在與輔助控制器相關聯的記憶體中。

**【0096】** 在可選方塊 804 中，在一或多個輔助控制器開始在方塊 706 中向 ESC 發出電動機控制信號之後，處理器可以對計時器進行初始化，可以如下文所進一步描述的一般使用該計時器。

**【0097】** 在方塊 806 中，輔助控制器可以執行小的電動機控制指令集以產生並向 ESC 發出電動機控制信號。

**【0098】** 在決定方塊 808 中，偵測器電路可以決定主控制器是否能夠恢復對 ESC 的控制。

【0099】 回應於決定主控制器能夠恢復對ESC的控制（亦即，決定方塊808 = 「是」），在方塊712中，偵測器電路可以控制輔助控制器來放棄對相關聯的ESC的控制。

【0100】 回應於決定主控制器不能夠恢復對ESC的控制（亦即，決定方塊808 = 「否」），在決定方塊810中，輔助控制器可以決定是否已經完成了電動機控制指令的有限集。

【0101】 回應於決定還沒有完成小的電動機控制指令集（亦即，決定方塊810 = 「否」），在可選的決定方塊812中，輔助控制器可以決定計時器是否已經到期。

【0102】 回應於決定計時器還沒有到期（亦即，可選的決定方塊812 = 「否」），在方塊806中，輔助控制器可以繼續執行電動機控制指令的有限集。

【0103】 回應於決定已經完成電動機控制指令的有限集（亦即，決定方塊810 = 「是」），或者回應於在可選的決定方塊812中決定計時器已經到期（亦即，可選的決定方塊812 = 「是」），在方塊708中，輔助控制器可以開始向ESC發出電動機控制信號，其使機器人式運載工具執行有限安全模式操作。

【0104】 圖9根據各個實施例，圖示管理機器人式運載工具的操作的方法900。參照圖1-圖9，方法900可以在機器人式運載工具（例如，102、200）的硬體元件及/或軟體元件中實現，其操作可以由機器人式運載工具的一

或多個處理器（例如，控制器 220、504、604 等等）來控制。在方塊 702-712 和 802-812 中，機器人式運載工具的處理器可以執行如所描述的方法 700 和 800 的相同編號的方塊的操作。

**【0105】** 在各個實施例中，機器人式運載工具的處理器可以時常地測試各個輔助控制器（例如，504、604）的操作，並在偵測到輔助控制器故障時，可以採取動作或執行操縱以保護機器人式運載工具。偵測到輔助控制器中的故障可以指示：在主控制器發生故障或啟動重啟的情況下，機器人式運載工具是脆弱的（例如，可能系統故障）。因此，針對其功能測試輔助控制器可以作為飛行前測試的一部分來執行及/或作為確保機器人式運載工具的安全操作的一部分在操作期間週期性地執行。

**【0106】** 在方塊 902 中，輔助控制器及/或主控制器（例如，220）可以執行對輔助控制器的測試，該測試被配置為決定每個輔助控制器是否能夠正常地運行。例如，此種測試可以涉及：信號傳遞及/或對回應的分析，以決定輔助控制器的一或多個參數是否滿足閾值效能水平及/或指示正常運行的標準。例如，輔助控制器可以向主控制器發送測試信號，並且主控制器可以基於來自輔助控制器的測試信號，來決定輔助控制器是否正常地運行。在一些實施例中，回應於來自輔助控制器的測試信號，主控制器可以發送回應信號，並且輔助控制器可以基於該回應信號來決定其是否正常地運行。再舉一個實例，主控制器可以向輔

助控制器發送測試信號。在一些實施例中，基於來自主控制器的測試信號，輔助控制器可以決定其是否正在或能夠正常地運行。在一些實施例中，回應於來自主控制器的測試信號，輔助控制器可以發送回應信號，並且主控制器可以基於該回應信號來決定輔助控制器是否正在或能夠正常地運行。

**【0107】** 在決定方塊904中，機器人式運載工具的處理器（例如，主控制器及/或輔助控制器）可以決定是否偵測到輔助控制器故障。

**【0108】** 回應於決定沒有偵測到輔助控制器故障（亦即，決定方塊904 = 「否」），可以如所描述的一般執行方法700的決定方塊704的操作。

**【0109】** 回應於偵測到輔助控制器故障（亦即，決定方塊904 = 「是」），在方塊906中，處理器可以使機器人式運載工具採取動作或者執行安全操縱以保護機器人式運載工具。作為安全操縱的實例，若在飛行中偵測到故障，則空中機器人式運載工具可以著陸，潛水式機器人式運載工具可以浮出水面，而陸地機器人式運載工具可以操縱到安全位置（例如，操縱到路邊）。作為安全操縱的另一個實例，任何類型的機器人式運載工具皆可以返回到基地。再舉一個實例，若在操作前測試期間偵測到故障，則可以禁止機器人式運載工具的操作。

**【0110】** 提供所圖示和描述的各個實施例僅僅是作為用於說明請求項的各種特徵的實例。但是，關於任何給定

實施例圖示和描述的特徵並不必限於相關聯的實施例，以及可以與所圖示和描述的其他實施例一起使用或組合。此外，請求項並不意欲受到任何一個示例性實施例的限制。例如，方法700和800的操作中的一或多個操作可以替代為方法700和800的一或多個操作或者與其相組合，反之亦然。

**【0111】** 上述的方法描述和程序流程圖僅僅是作為說明性實例，而不是意欲要求或者隱含著必須以所提供的順序來執行各個實施例的操作。如熟習此項技術者將理解的，可以以任何順序來執行上述的實施例中的操作的順序。諸如「其後」、「隨後」、「接著」等等之類的詞語並不意欲限制操作的順序；該等詞語僅僅僅是用於引導讀者通讀該方法的描述。此外，任何對請求項元素的單數形式引用（例如，使用冠詞「一（a）」、「一（an）」或者「該（the）」）不應被解釋為將該元素限制為單數形式。

**【0112】** 結合本文所揭示的實施例描述的各種說明性的邏輯方塊、模組、電路和演算法操作均可以實現成電子硬體、電腦軟體或二者的組合。為了清楚地表示硬體和軟體之間的此種可交換性，上文對各種說明性的元件、方塊、模組、電路和操作均圍繞其功能進行了整體描述。至於此種功能是實現成硬體還是實現成軟體，取決於特定的應用和對整體系統所施加的設計約束條件。熟習此項技術者可以針對每個特定應用，以變通的方式實現所描述的功

能，但是，此種實施例決策不應解釋為導致背離本發明的保護範疇。

【0113】 可以利用被設計用於執行本文所述功能的通用處理器、數位信號處理器（DSP）、特殊應用積體電路（ASIC）、現場可程式設計閘陣列（FPGA）或其他可程式設計邏輯設備、個別閘門或者電晶體邏輯裝置、個別硬體元件或者其任意組合，來實現或執行結合本文所揭示的態樣描述的、用於實現各種說明性的邏輯、邏輯方塊、模組和電路的硬體。通用處理器可以是微處理器，或者，該處理器亦可以是任何習知的處理器、控制器、微控制器或者狀態機。處理器亦可以實現為接收器智慧物件的組合，例如，DSP和微處理器的組合、複數個微處理器、一或多個微處理器與DSP核心的結合，或者任何其他此種配置。或者，可以由特定於給定的功能的電路系統來執行一些操作或方法。

【0114】 在一或多個態樣，所描述的功能可以在硬體、軟體、韌體或其任意組合中實現。當在軟體中實現時，可以將該等功能儲存成非暫時性電腦可讀取儲存媒體或者非暫時性處理器可讀取儲存媒體上的一或多個指令或代碼。本文所揭示的方法或演算法的操作可以體現在處理器可執行軟體模組或者處理器可執行指令中，其可以位於非暫時性電腦可讀取儲存媒體或處理器可讀取儲存媒體上。非暫時性電腦可讀取或處理器可讀取儲存媒體可以是電腦或處理器能夠存取的任何儲存媒體。舉例而言，但非

做出限制，此種非暫時性電腦可讀取媒體或者處理器可讀取儲存媒體可以包括RAM、ROM、EEPROM、快閃記憶體、CD-ROM或其他光碟儲存、磁碟儲存或其他磁儲存智慧物件，或者能夠用於儲存具有指令或資料結構形式的期望的程式碼並能夠由電腦進行存取的任何其他媒體。如本文所使用的，磁碟和光碟包括壓縮光碟（CD）、鐳射光碟、光碟、數位多功能光碟（DVD）、軟碟和藍光光碟，其中磁碟通常磁性地複製資料，而光碟則用鐳射來光學地複製資料。上述的組合亦應當包括在非暫時性電腦可讀取媒體和處理器可讀取媒體的保護範疇之內。另外，方法或演算法的操作可以作為代碼及/或指令集中的一者或者其任意組合存在於非暫時性處理器可讀取儲存媒體及/或電腦可讀取儲存媒體上，該儲存媒體可以併入到電腦程式產品中。

**【0115】** 為使任何熟習此項技術者能夠實現或者使用請求項，提供了對所揭示的實施例的前文描述。對於熟習此項技術者而言，對該等實施例的各種修改將是顯而易見的，並且本文定義的整體原理亦可以在不脫離本發明的精神或保護範疇的情況下應用於其他實施例。因此，本案內容並不限於本文所展示的實施例，而是符合與所附申請專利範圍和本文揭示的原理和新穎性特徵相一致的最廣範疇。

#### **【符號說明】**

#### **【0116】**

- 1 0 0 通訊系統
- 1 0 2 機器人式運載工具
  - 1 0 2 a 空中機器人式運載工具
  - 1 0 2 b 地面機器人式運載工具
  - 1 0 2 c 船舶機器人式運載工具
- 1 0 4 基地站
- 1 0 6 存取點
- 1 0 8 通訊網路
- 1 1 0 網路元素
- 1 1 2 無線通訊鏈路
- 1 1 4 無線通訊鏈路
- 1 1 6 無線通訊回載
- 1 1 8 無線通訊回載
- 1 2 2 通訊鏈路
- 2 0 0 機器人式運載工具
  - 2 0 2 轉子
  - 2 0 4 框架
  - 2 0 6 著陸柱
  - 2 1 0 控制單元
  - 2 2 0 主控制器
    - 2 2 1 穩健處理器
    - 2 2 2 導航單元
    - 2 2 4 記憶體
    - 2 2 6 慣性感測器 / 陀螺儀 / 加速度計單元

- 2 2 8 航空電子模組
- 2 3 0 電源模組
- 2 4 0 感測器
- 2 4 4 攝像機
- 2 5 0 輸出模組
- 2 6 0 輸入模組
- 2 7 0 無線電單元
- 2 7 2 傳輸 / 接收天線
- 2 7 4 數據機
- 2 9 0 無線通訊設備 ( W C D )
- 2 9 2 傳輸 / 接收天線
- 2 9 4 無線通訊鏈路
- 3 1 4 處理器
- 3 1 6 工作記憶體
- 3 1 8 通訊介面
- 3 2 0 存貯記憶體介面
- 3 2 2 通訊元件
- 3 2 8 硬體介面
- 3 3 0 輸出
- 4 0 0 機器人式運載工具
- 4 0 2 電子速度控制器 ( E S C )
  - 4 0 2 a 解碼器
  - 4 0 2 b 電動機驅動器
- 4 0 4 電動機

- 4 0 6 轉 子
- 5 0 0 機 器 人 式 運 載 工 具
- 5 0 2 E S C
- 5 0 4 輔 助 控 制 器
- 5 0 4 a 記 憶 體
- 5 0 6 偵 測 器 電 路
- 5 0 6 a 控 制 信 號
- 5 0 8 電 動 機 驅 動 器
- 5 1 0 開 關
- 5 1 2 第 一 信 號 路 徑
- 5 1 4 第 二 信 號 路 徑
- 5 1 6 輸 入
- 6 0 0 機 器 人 式 運 載 工 具
- 6 0 2 E S C
- 6 0 4 輔 助 控 制 器
- 6 0 4 a 記 憶 體
- 6 0 6 a 控 制 信 號
- 6 0 6 偵 測 器 電 路
- 6 0 8 電 動 機 驅 動 器
- 6 1 0 開 關
- 6 1 2 第 一 信 號 路 徑
- 6 1 4 第 二 信 號 路 徑
- 6 1 6 解 碼 器
- 6 1 8 輸 入

- 7 0 0 方法
- 7 0 2 方塊
- 7 0 4 決定方塊
- 7 0 6 方塊
- 7 0 8 方塊
- 7 1 0 決定方塊
- 7 1 2 方塊
- 8 0 0 方法
- 8 0 2 方塊
- 8 0 4 可選方塊
- 8 0 6 方塊
- 8 0 8 決定方塊
- 8 1 0 決定方塊
- 8 1 2 決定方塊
- 9 0 0 方法
- 9 0 2 方塊
- 9 0 4 決定方塊
- 9 0 6 方塊

【生物材料寄存】

【 0 1 1 7 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 1 8 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無



201939187

**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 管理機器人式運載工具的有限安全模式操作**【英文發明名稱】** MANAGING LIMITED SAFE MODE OPERATIONS OF A  
ROBOTIC VEHICLE**【中文】**

實施例包括用於當來自主控制器的控制信號丟失時，維持對機器人式運載工具的控制的設備和方法。偵測器電路可以監測從主控制器至電子速度控制器（ESC）的信號以偵測有效控制信號的丟失。偵測器電路可以回應於偵測到有效控制信號的丟失，使輔助控制器開始向ESC發出電動機控制信號。輔助控制器可以被配置為根據預載入的電動機控制指令集，來向ESC發出電動機控制信號。預載入的電動機控制指令集可以是從主控制器接收的，及/或可以被配置為使輔助控制器向ESC發出電動機控制信號，該等電動機控制信號以使得機器人式運載工具進入安全模式操作或執行特定操縱的方式來控制電動機。

**【英文】**

Embodiments include devices and methods for maintaining control of a robotic vehicle when control signals from a main controller are lost. A detector circuit may monitor signals from the main controller to an electronic speed controller (ESC) to detect a loss of valid control signals. The detector circuit may cause an auxiliary controller to begin issuing motor control signals to the ESC in response to detecting a loss of valid control signals. The auxiliary controller may be configured to issue motor control signals to the ESC according to a pre-loaded set of motor control instructions. The pre-loaded set of

motor control instructions may be received from the main controller and/or may be configured to cause the auxiliary controller to issue motor control signals to the ESC that control motors in a manner that causes the robotic vehicle to enter a safe mode of operation or execute a particular maneuver.

【指定代表圖】第（ 5 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

- 2 1 0 控制單元
- 2 2 0 主控制器
  - 2 2 1 穩健處理器
  - 2 2 2 導航單元
  - 2 2 4 記憶體
  - 2 2 6 慣性感測器 / 陀螺儀 / 加速度計單元
  - 2 2 8 航空電子模組
- 2 3 0 電源模組
- 2 4 0 感測器
- 5 0 0 機器人式運載工具
  - 5 0 2 E S C
  - 5 0 4 輔助控制器
    - 5 0 4 a 記憶體
  - 5 0 6 偵測器電路
    - 5 0 6 a 控制信號
  - 5 0 8 電動機驅動器
  - 5 1 0 開關
  - 5 1 2 第一信號路徑

5 1 4 第二信號路徑

5 1 6 輸入

【特徵化學式】

無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種用於當來自一主控制器的控制信號丟失時，維持對一機器人式運載工具的控制的方法，包括以下步驟：

經由一偵測器電路監測從該機器人式運載工具的一主控制器至一電子速度控制器（ESC）的控制信號以偵測至該ESC的有效控制信號的一丟失；及

回應於偵測到至該ESC的有效控制信號的一丟失，使一輔助控制器開始向該ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制。

【第2項】 根據請求項1之方法，其中回應於偵測到從該主控制器到該ESC的有效控制信號的丟失使一輔助控制器開始向該ESC發出電動機控制信號之步驟包括以下步驟：斷開用於將該主控制器耦合到該ESC的一第一信號路徑，並且連接用於將該輔助控制器耦合到該ESC的一第二信號路徑。

【第3項】 根據請求項1之方法，亦包括以下步驟：

決定該主控制器是否能夠恢復向該ESC發送有效控制信號；及

回應於決定該主控制器能夠恢復向該ESC發送有效控制信號，使該輔助控制器停止向該ESC發送電動

機控制信號。

【第4項】 根據請求項 3 之方法，其中決定該主控制器是否能夠恢復向該 ESC 發送有效控制信號之步驟包括以下步驟：偵測到該主控制器已完成一重啟程序。

【第5項】 根據請求項 1 之方法，其中該輔助控制器是經由儲存在記憶體中的電動機控制指令被配置為向該 ESC 發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制的。

【第6項】 根據請求項 5 之方法，其中儲存在該記憶體中的該等電動機控制指令將該輔助控制器配置為向該 ESC 發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具採取一安全模式操作。

【第7項】 根據請求項 5 之方法，亦包括以下步驟：

在有效控制信號的該丟失之前，經由該輔助控制器從該主控制器接收電動機控制指令；及

經由該輔助控制器將所接收的該等電動機控制指令儲存在該記憶體中。

【第8項】 根據請求項 7 之方法，其中從該主控制器接收的該等電動機控制指令將該輔助控制器配置為：在有效控制信號的該丟失之前，向該 ESC 發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具維持該機器人式運載工具的一姿態、方向或速

度。

【第9項】 根據請求項 1 之方法，其中經由該輔助控制器向該 ESC 發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機來維持對該機器人式運載工具的控制之步驟包括以下步驟：

執行一電動機控制指令集，以向該 ESC 發出電動機控制信號來控制一或多個電動機使該機器人式運載工具執行一操縱；

決定該電動機控制指令集是否已完成；及

回應於決定該電動機控制指令集已經完成，向該 ESC 發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具採取一安全模式操作。

【第10項】 根據請求項 9 之方法，亦包括以下步驟：

在偵測到至該 ESC 的一有效控制信號丟失之後，對一計時器進行初始化；

回應於決定該電動機控制指令集還沒有完成，決定該計時器是否已經到期；及

回應於決定該計時器已經到期，向該 ESC 發出電動機控制信號，以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具採取一安全模式操作。

【第11項】 根據請求項 1 之方法，亦包括以下步驟：

執行對該輔助控制器的一測試；

決定是否偵測到該輔助控制器中的一故障；及  
回應於偵測到該輔助控制器中的一故障，採取一動作來保護該機器人式運載工具。

【第12項】 一種機器人式運載工具，包括：

一電動機；

一電子速度控制器（ESC），其耦合到一電動機；

一主控制器，其耦合到該ESC；

一偵測器電路，其被配置為監測從該主控制器至該ESC的控制信號以偵測至該ESC的有效控制信號的一丟失；及

一輔助控制器，其被配置為回應於該偵測器電路偵測到從該主控制器至該ESC的有效控制信號的一丟失，向該ESC發出電動機控制信號以用於控制該電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制。

【第13項】 根據請求項12之機器人式運載工具，亦包括：一開關，其連接到該偵測器電路和該輔助控制器，並且被配置為回應於由該偵測器電路偵測到從該主控制器到該ESC的有效控制信號的一丟失，來斷開用於將該主控制器耦合到該ESC的一第一信號路徑，並且連接用於將該輔助控制器耦合到該ESC的一第二信號路徑，以使該輔助控制器開始向該ESC發出該等電動機控制信號。

【第14項】 根據請求項12之機器人式運載工具，其中該偵測器電路亦被配置為：決定該主控制器是否能夠恢復向該ESC發送有效控制信號。

【第15項】 根據請求項14之機器人式運載工具，亦包括：一開關，其連接到該偵測器電路和該輔助控制器，並且被配置為回應於由該偵測器電路決定該主控制器能夠恢復向該ESC發送有效控制信號，斷開用於將該輔助控制器耦合到該ESC的一信號路徑以使該輔助控制器停止向該ESC發送電動機控制信號，並且連接用於將該主控制器耦合到該ESC的一信號路徑。

【第16項】 根據請求項14之機器人式運載工具，其中該偵測器電路亦被配置為：回應於偵測到該主控制器已完成一重啟程序，決定該主控制器能夠恢復向該ESC發送有效控制信號。

【第17項】 根據請求項12之機器人式運載工具，其中該輔助控制器是經由儲存在記憶體中的電動機控制指令被配置為向該ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制的。

【第18項】 根據請求項17之機器人式運載工具，其中儲存在該記憶體中的該等電動機控制指令將該輔助控制器配置為向該ESC發出電動機控制信號，以用於控

制一或多個電動機來使該機器人式運載工具採取一安全模式操作。

【第19項】 根據請求項17之機器人式運載工具，其中該輔助控制器被配置為：

在有效控制信號的該丟失之前，從該主控制器接收電動機控制指令；及

將所接收的該等電動機控制指令儲存在該記憶體中。

【第20項】 根據請求項19之機器人式運載工具，其中從該主控制器接收的該等電動機控制指令將該輔助控制器配置為：在有效控制信號的該丟失之前，向該ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具維持該機器人式運載工具的一姿態、方向或速度。

【第21項】 根據請求項12之機器人式運載工具，其中該輔助控制器亦被配置為：

執行一電動機控制指令集，以向該ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具執行一操縱；

決定該電動機控制指令集是否已完成；及

回應於決定該電動機控制指令集已經完成，向該ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機

使該機器人式運載工具採取一安全模式操作。

【第22項】 根據請求項21之機器人式運載工具，其中該輔助控制器亦被配置為：

在偵測到從該主控制器到該ESC的一有效控制信號丟失之後，對一計時器進行初始化；

回應於決定該電動機控制指令集還沒有完成，決定該計時器是否已經到期；及

回應於決定該計時器已經到期，向該ESC發出電動機控制信號，以用於控制一或多個電動機使該機器人式運載工具採取一安全模式操作。

【第23項】 根據請求項12之機器人式運載工具，其中該主控制器被配置有處理器可執行指令以進行以下操作：

執行對該輔助控制器的一測試；

決定是否偵測到該輔助控制器中的一故障；及

回應於偵測到該輔助控制器中的一故障，採取一動作來保護該機器人式運載工具。

【第24項】 根據請求項12之機器人式運載工具，其中該偵測器電路是該輔助控制器內的一元件。

【第25項】 根據請求項12之機器人式運載工具，其中該輔助控制器是該ESC內的一元件。

【第26項】 一種用於在一機器人式運載工具中使用的

輔助控制器，其被配置為：

回應於由一偵測器電路偵測到從一主控制器到該 ESC 的一有效控制信號的丟失，向一電子速度控制器（ESC）發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制。

【第 27 項】 根據請求項 26 之輔助控制器，其中該輔助控制器亦被配置為：回應於該偵測器電路控制一開關斷開用於將該主控制器耦合到該 ESC 的一第一信號路徑並且連接用於將該輔助控制器耦合到該 ESC 的一第二信號路徑，來向該 ESC 發出電動機控制信號。

【第 28 項】 根據請求項 26 之輔助控制器，其中該輔助控制器亦被配置為：

決定該主控制器是否能夠恢復控制該 ESC；及

回應於由該偵測器電路決定該主控制器能夠恢復對該 ESC 的控制，停止向該 ESC 發送電動機控制信號。

【第 29 項】 根據請求項 26 之輔助控制器，其中該輔助控制器是經由儲存在記憶體中的電動機控制指令被配置為向該 ESC 發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制的。

【第 30 項】 一種機器人式運載工具，包括：

用於監測從該機器人式運載工具的一主控制器到一

電子速度控制器（ESC）的有效控制信號的一丟失的構件；及

用於回應於偵測到從該主控制器到該ESC的有效控制信號的一丟失，向該ESC發出電動機控制信號以用於控制一或多個電動機，來維持對該機器人式運載工具的控制的構件。

















