

以混合式路由協定建構永不死亡的隨意式網路 提昇災害復原之能力

王淑卿
朝陽科技大學
資訊管理系

黃學馴*
朝陽科技大學
企業管理系

嚴國慶*
朝陽科技大學
企業管理系

王渝鈞
朝陽科技大學
資訊管理系

{scwang; s9937902; kqyan; s10514610}@cyut.edu.tw

*: 聯絡人

Abstract

When an ultra large disaster has been occurred, communication networks would be severely disconnected by the damages of network nodes. In the early stage of a disaster, disaster information such as life safety and evacuation shelters becomes extremely important for the people. For the sake of such situations, *Never Die Network* is one of the resilient network approaches. The *Mobile Ad Hoc Network* (MANET) has attracted significant attentions recently due to its features of infrastructure less, quick deployment and automatic adaptation to changes in topology. In the real world, the military takes advantage of highly mobility of MANET to communicate, emergency disaster rescue operation, and law enforcement. In this study, a *Hybrid Routing Protocol* for MANET-based never die network is proposed to improve the disaster resilience. In *Hybrid Routing Protocol*, the features of proactive (table driven) routing protocol and reactive (on-demand driven) routing protocol of MANET are combined to achieve an never die network environment.

Keywords: Never Die Network, Mobile Ad Hoc Network, Routing Protocol, Disaster Resilience.

摘要

由於地球氣候急遽的變遷，因此全球各地頻傳大型自然災害，而災害往往造成人員的損傷及環境損害。在災害發生時，災害的資訊傳遞，如災害來襲廣播與避難地點通知等，這些相關的資訊對人們即時的進行避難是相當的重要。然而當災害發生時，網路節點常因受到災害的侵襲，導致通訊網路的連接中斷，造成災害的警告資訊傳遞無法正常運作。因此，實現一個永不死亡的網路(Never Die Network)，對災害發生時的即時應變，就成為一個非常重要的議題。隨意式網路(Mobile Ad Hoc Network；MANET)擁有無基礎建設、可快速建置及自適應改變網路拓樸等特性，這些特性使在災害發生後而原有網路基礎建設卻故障時，MANET可以提供網路的相關服務。因此，本研究在MANET的基礎上，提出混合式路由協定(Hybrid Routing Protocol；HRP)，結合主動式(Proactive/Table Driven)路由協定與回應式(Reactive/On-Demand Driven)路由協定之特性，以因應災害發生前與發生後的網路需求，建構一個永不死亡的網路，以提昇災害復原之能力。

關鍵詞：永不死亡的網路、隨意式網路、路由協定、災害復原。

1. 前言

近年來隨著地球氣候急遽的變遷，全球各地陸續出現極端的氣候，這類氣候往往帶來天氣產生巨大變化，例如：地震、海嘯、火山爆發、...等。為了讓網路能正常進行通訊，以加速救援的速度，因此 Kuji 等學者於 2008 年提出永不死亡的網路(Never Die Network)之概念，其最主要的目的為當發生天然災害時，能確保網路的正常運行[6]。Uchida 等學者認為永不死亡的網路為一套強健有效率之系統，不會因為自然環境的變化，例如：颱風破壞基礎建設、土石流、...等等，而造成通訊中斷，為一套具有可適性的系統[10]。

台灣位處於西北太平洋，且位於北回歸線上，是熱帶氣旋主要活躍的地區，因此時常會有熱帶氣旋侵襲，而帶來豐沛的雨量。過去台灣就曾因氣候的遽變以致發生災情，如 2009 年 8 月莫拉克颱風形成而造成的八八水災，其為台灣帶來大量的雨水，造成台灣多處嚴重淹水、山崩與土石流，其中以山區的小林村所遭受的災害最為嚴重，並破壞山區與城市間的主要聯絡道路，及通訊等基礎建設，嚴重影響山區居民的逃生，與搜救隊的救援行動[11]。

當發生嚴重災難時，網路的通訊就顯得非常重要。在永不死亡的網路中，網路系統儘管受到外在因素影響，例如天然災害，只要整體系統沒被完全破壞，系統透過路由控制及多重路徑路由，自主尋找路由路徑，使網路不中斷，以達成網路的永不死亡。此外，在擁有高抗災能力之永不死亡的網路中，即使網路損害程度擴大，也可以自主維持良好的通訊與服務品質。

由於隨意式網路(Mobile Ad Hoc Network；MANET)擁有無基礎建設、可快速建置及自適應改變網路拓樸等特性，這些特性使在災害發生後而原有網路基礎建設卻故障時，MANET 可以提供網路的相關服務。因此，本研究將在

MANET 的基礎上，提出混合式路由協定(Hybrid Routing Protocol；HRP)，結合主動式(Proactive/Table Driven)路由協定與回應式(Reactive/On-Demand Driven)路由協定之特性，以因應災害發生前與發生後的網路需求，建構一個永不死亡的網路，以提昇災害復原之能力。

本研究所提出的混合式路由協定(HRP)，利用主動式路由協定所擁有的特性，當有路由需求到達目的地時，透過定期更新的路由表，即可快速取得傳送路由路徑的資訊。因此，在災難未發生時，所有的請求可以在最快的時間內達成，兼顧正常網路環境的狀況下使用。

除此之外，由於回應式路由協定，當來源路由發現需要路由路徑時，再交由路徑演算法找出路徑，此特性增強對移動節點的支持。因此，當災難來臨時，發生的過程及環境的改變是無法準確預估的，環境的改變，可能會使節點位置的改變，以致網路拓樸需要大量重建，在未知目的地路由資訊的情況下，對於路由路徑的尋找，回應式路由協定會比主動式路由協定來的容易。因此在災難發生後，本研究所提出的混合式路由協定將從主動式路由協定，轉換至回應式路由協定，以保持網路不中斷。

本研究的內容共分為 5 節。第 1 節為前言，說明研究背景動機與目的。第 2 節為文獻探討，分別說明永不死亡的網路及隨意式網路。第 3 節說明本研究所提出的混合式路由協定(Hybrid Routing Protocol；HRP)。第 4 節說明 HRP 的執行步驟。最後一節為結論與建議。

2. 文獻探討

在本節中將說明永不死亡的網路之目的及發展過程，與隨意式網路的特性及現階段衍生出的 MANET。

2.1 永不死亡的網路 (Never Die Network)

永不死亡的網路主要之目的在探討當經過大規模災難後，仍能保持正常通訊的災害通訊網路系統，其可以在正常操作期間保持高功能性、高性能和低功耗，並且當災難將發生時，也能無縫地轉移到更大的容錯模式中[4,9,12]。圖 1 所示為 Inaba 等人所提出的永不死亡的網路之架構，此架構可以支援大範圍的區域，且為避免纜線的毀損，及停電的問題，採用無線網路系統，確保網路可快速啟動[4]。

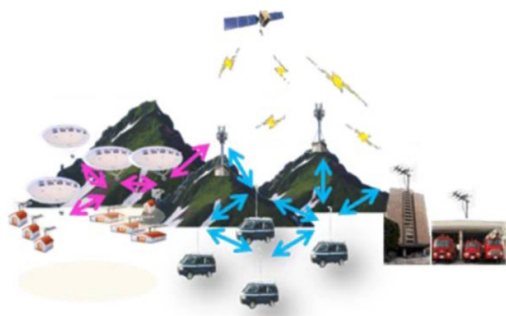


圖 1、災害通訊網路系統[4]

在災難發生後，由於衛星通訊系統因位處於外太空，受到影響的機率較小，使得衛星通訊系統相當合適應用在永不死亡的網路。然而有一些學者提出衛星通訊系統存在一些關於 QoS 的問題，包括：吞吐量低、網路延遲高、傳輸與接收的方式不同，且不適合傳輸多媒體內容及大型資料檔案等[4,9,12]。因此 Uchida 等學者結合無線識別網路 (Cognitive Wireless Network; CWN) 與衛星通訊系統，實現永不死亡的網路[10]。CWN 結合多種不同傳輸方式的協定，包括：IEEE802.11b、g、j、n 及 IEEE802.16 與蜂巢式網路等。換言之，Uchida 等學者將衛星通訊系統，運用在控制 CWN 的使用以建立網路連結，與切換傳輸網路資料和內容的連結，如圖 2 所示。

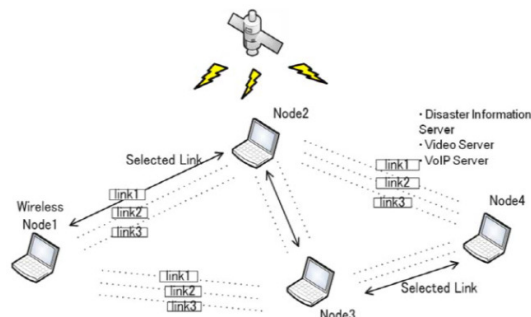


圖 2、無線網路架構[10]

2.2 隨意式網路(Mobile Ad Hoc Network; MANET)

MANET 是一種在設備連接時，自組建構的無線區域網路，其中網路不是建立在基礎建設上，因此網路路由方式不是依靠基礎建設進行決定[1]。MANET 路由方式的好處在於沒有集中管理之需求，所有無線節點都可以依據自身情況，選擇加入或退出，增強無線節點的自主性。每一無線節點路由路徑，需透過無線節點主動尋找和維護路由的資訊，無線節點路徑的尋找都是依靠路由協定，其負責網路拓模裡，每一無線節點路徑選擇的方式。經由各方研究者的努力，根據不同領域及用途，現階段衍生出的 MANET，包括[13]：

- 行動隨意網路 (Mobile Ad Hoc Network)：增強對於移動節點的支援。
- 車載隨意行動網路 (Vehicular Ad Hoc Network)：使車輛與車輛之間或是車輛與路面站台之間進行溝通。
- 智慧手機隨意網路 (Smartphone Ad Hoc Network)：運用智慧手機已有的硬體(藍芽和 Wi-Fi)，實現手機之點對點的通訊。
- 基於網際網路的行動隨意網路 (Internet-Based Mobile Ad Hoc Networks)：將已有的移動節點網路拓模，增加對網際網路的開道節點，增強網際網路功能。

- 軍事行動隨意網路(Military/Tactical Mobile Ad Hoc Network)：主要用於軍事用途的行動隨意網路，並增強其安全性。

MANET 消除對基礎建設的安裝和複雜的管理，使得節點在任何時間、任何地點，與幾乎任何服務應用，都可以加入這網路中。依據學者 Toh 的分析，MANET 目前遭遇到的問題，包括[8]：

- 設備的異質性、多樣化的通訊格式、移動性和節能。
- Ad hoc 網路，包括基於關聯性的路由(ABR)等 IETF MANET 路由協定。
- 現實生活實際運作問題，包括一個完整的原型實現。
- MANET 的性能。
- 解決 TCP 協定應用在 MANET 環境的問題。
- 對多點傳播通訊的支持。
- 藍芽與 WAP 的支援。

3. 研究方法

在本節中將說明本研究所提出的混合式路由協定(Hybrid Routing Protocol；HRP)。HRP 分為四個部分，分別為：(1)電力感知主動式路由協定(Energy Aware Proactive Routing Protocol；EAPRP)；(2)回應式路由協定(Reactive Driven Routing Protocol；RDRP)；(3)節點移動偵測模組(Node Motion Detection Module；NMDM)；及(4)故障節點偵測模組(Faulty Node Detection Module；FNMD)。

在災難發生後，為保證災後的資訊傳遞不中斷，實現永不死亡的網路。因此，本研究所提出的 HRP 使用一個建立於無任何基礎建設的 MANET，並結合主動式路由協定與回應式路由協定之特性，且加入本研究所提出的兩種

不同偵測方法，對應災害發生前與發生後的不同狀況進行處理。

3.1 電力感知主動式路由協定(Energy Aware Proactive Routing Protocol；EAPRP)

主動式路由協定將維護一個路由表，始終保持從每個節點到網路中其他每個節點路由的路由資訊。路由資訊將儲存在每個節點的路由表中，並透過在整網路中傳遞路由更新以保持路由盡可能的相同。不同的路由更新方式，將會依不同的路由協定有所不同。然而，主動式路由協定都是以減少路由的維護為目標。由於每個路由協定均需產生額外的電力耗損，以控制及更新網路中每個節點路由表的一致性[2,7]。因此，主動式路由協定不適合高動態的網路環境[3]。

在主動式路由協定中，每一個節點都須定期維護網路中其他節點的路由，路由資訊會被保存在多個不同的路由表中，並更新網路中其他的路由資訊，以保持所有節點路由表盡可能相同。當請求發生時，便可以從路由表中快速得知目的地的路徑。因此，本研究運用此特點，在災難未發生的平時狀態，使用主動式路由協定，讓所有的服務請求可以在最快的時間內達成。

為確保災後的資訊傳遞不中斷，實現永不死亡的網路。因此，本研究改良傳統的主動式路由協定，在傳統的主動式路由協定所使用的路由表中加入剩餘電力及節點狀態。本研究所改良的主動式路由協定，稱之為電力感知主動式路由協定(Energy Aware Proactive Routing Protocol；EAPRP)。透過節點的剩餘電力與節點的狀態，以確保路由的可使用情形。表 1 所示即為 EAPRP 的路由表。EAPRP 的運作將在第 4 節中說明。

表 1、EAPRP 的路由表

Path	Source	Next	Destination	剩餘電力(Q)	Node Status
1	S	A	D	50%	idle
2	S	B	D	12%	idle
3	S	C	D	8%	sleep

3.2 回應式路由協定 (Reactive Driven Routing Protocol ; RDRP)

然而當災難來臨時，由於發生的過程及環境的改變是無法被準確的預估。亦即環境發生改變，可能會使節點位置的改變，也可能造成節點嚴重損壞，以致網路拓樸需要大量重建，導致網路將會中斷。

在回應式路由協定 (Reactive Driven Routing Protocol ; RDRP) 中，路由的選擇是被設計為通過僅維護活動路由的資訊來減少主動協定的維護的成本。這表示只在節點發出資料傳輸請求，為尋找目的地的路由資料才進行維護。RDRP 通常是以 Flooding 路由請求的方式，尋找在網路上目的地的路由資訊。因此，在未知目的地路由資訊的情況下，RDRP 對於路由路徑的尋找，會比主動式路由協定來的容易。因此，在災難發生後，本研究所提出的 HRP 將由 EAPRP 轉換至 RDRP，以保持網路不中斷。

3.3 節點移動偵測模組 (Node Motion Detection Module ; NMDM)

在節點移動偵測方法中，本研究所提出的節點移動偵測模組 (Node Motion Detection Module ; NMDM) 包含兩種功能。

- (1) 在正常網路環境的狀況下，由於 MANET 中，節點本身是可以隨意移動的。因此，當移動的節點數量大於一定的數量 m 時，判斷此網路拓樸在大量改變。因主動式路由協定對於網路拓樸的不停改變，會容易造成封包的遺失，使網路發生中斷。因此，在這種情況發生時，將 EAPRP 轉換

至 RDRP，以解決網路不穩定所造成尋找傳送路由成本過高的問題。

- (2) 當災難發生來臨時，由於發生的過程及環境的改變無法被準確預估，環境的改變，可能會使節點位置在短時間內大量的改變。以此判斷，當節點在短時間內，出現大量的移動，視為災難發生，將從主動式路由協定 EAPRP 換至 RDRP，以解決這情況發生的問題。

整體而言，在正常網路環境的狀況下，當移動節點的數量降低，由於網路拓樸不再產生大量的改變，因此可以將網路由回應式路由協定 RDRP 轉換回主動式路由協定 EAPRP。當節點在短時間內出現大量的移動，將被視為災難發生。由於災難的處理是有時間性的，如大型地震，地震發生一段時間後會結束，或過一段時間後才會再出現餘震。因此當災難發生完一段時間後，移動節點的數量將會健趨於穩定。當移動節點的數量慢慢降低，網路拓樸將不再產生大量的改變。由於節點的位置及正常節點數量曾發生大改變，因此將重新建立主動式路由協定的網路拓樸，並將路由協定轉換回主動式路由協定 EAPRP。

3.4 故障節點偵測模組 (Faulty Node Detection Module ; FNDM)

在 MANET 中，當節點的電力來源並不是來自一個持續穩定供應電力的來源，而是有限電力的鋰電池 (Lithium Battery)，此時節點將僅具有有限的電力。然而，當電池電力低於一定程度時，代表該節點將失去其功能，當節點失

去其功能後，此網路拓模裡就不再需要該節點的路由資料，此時應將該節點從網路拓模路由表中移除。

若失去功能的節點不在少數，已然超過一定的數量 n ，此時大量的節點將被從網路拓模路由表中移除，這將會造成網路拓模大幅度改變。因此，當失去功能的節點超過一定的數量 n 時，本研究將以故障節點偵測模組(Faulty Node Detection Module；FNDM)，重新建立主動式路由協定的網路拓模。

本研究所提出的 FNDM，主要用以偵測節點可能發生的有限電力的問題。依據 Uchiday 等學者[10]與 Khediri 等學者[5]的研究結果，每一低電力的節點，應向鄰近節點發出電力狀態的通知，告知鄰近節點以保證節點功能正常。

因此，在本研究中所提出的 FNDM，為偵測節點功能是否存在。每一節點必須在一段時間內，定期傳送 1Bit 的“生存訊息”，給該節點的鄰近節點，以此通知鄰近節點，該節點功能正常。若當鄰近節點未收到該節點訊息，便發出詢問該節點是否不存在之請求。若該節點的其他鄰近節點，同樣發出該節點不存在之回復，便將該節點不存在的訊息，發送給網路拓模中每一節點。由於失去功能的節點可能超過一定的數量 n ，此時網路拓模將會進行重建。若失去功能的節點並未超過一定的數量 n ，則每一節點將該節點從路由表中移除。

4. 混合式路由協定的執行步驟

在本節中，將說明本研究所提出的混合式路由協定(Hybrid Routing Protocol；HRP)，利用本研究所提出的節點移動偵測模組(Node Motion Detection Module；NMDM)及故障節點偵測模組(Faulty Node Detection Module；FNDM)，在遭受大規模災難後，能迅速反應並維持網路的不中斷。或在災難未發生時，改善在主動式路由協定，對於大量移動節點的支

援，以兼顧正常網路環境的狀況下使用。本研究所提出的混合式路由協定之運作如圖 3 所示。

在本研究中假設原始環境為穩定且未發生任何災難，依據目前所有的節點，以本研究所設計的主動式路由協定 EAPRP 建立整體網路的拓模並記錄每個節點的剩餘電力及節點狀態，此時的狀態稱為主動式路由模式。在此模式下利用主動式路由特性，每一個節點都須維護網路中其他節點的路由，路由資訊會被保存在多個不同的路由表中，且每個節點的路由資訊大致相同。因此當請求發生時，路徑中的每一個節點便可以從路由表中快速得知目的地的路徑，快速的傳送資料。

透過 EAPRP 建立完整體的網路拓模後，將進入主動式路由模式，並啟動節點移動偵測模組 NMDM 及故障節點偵測模組 FNDM。在移動節點偵測中，其最主要功能在於偵測整體網路中，處於移動狀態的節點數量。因在 MANET 中，每個節點都可處於移動狀態或非移動狀態下進行工作。當移動狀態下的節點數量超過 m 時，判斷為此網路拓模將發生大量的變化，因此 HRP 將會轉換至回應式路由模式，以改善主動式路由協定對於大量移動節點的支援，此時將同時記錄下移動節點數量超過 m 的時間 T_m 。

在 HRP 轉換至回應式路由模式後，移動節點偵測功能，將會持續觀察節點的移動數量是否降低，並且在移動節點的數量趨於穩定後，網路拓模將不再發生大量改變。如觀察結果為否，將維持回應式路由模式。如觀察結果為是，此同時加入先前時間的紀錄 T_m 。並判斷發生時間 T_m 是否小於時間 t ，由此判斷是大規模災難發生，導致節點在短時間內產生大量的移動。

在主動式路由模式下的網路拓模，因產生大量的改變，需對整體網路進行重建，重建完後，進入主動式路由模式。但如果發生時間

T_m 大於時間 t ，表示節點的移動，可能不是由災難所導致，則主動式路由模式下的網路拓樸，不會產生大量的改變，將轉換回主動式路由模式，利用路由協定原有的路由更新功能，更新整體網路拓樸。

故障節點偵測中，由於 MANET 中的節點可能發生電力效應的問題。因此本研究採用 Khediri 等學者[5]所提出的門檻值，每一節點的門檻值 e 將設在其節點整體電力的 10%。當節點電池電力 Q 小於 e 時，故障節點偵測模組 FNDM 將會把該節點視為故障，並將該節點狀態更改為睡眠模式。睡眠模式下，節點進入充電並停止路由功能，直至該節點電力 Q 回復至初始整體電力，並通知該節點之鄰近節點，該節點進入閒置模式，如表 1 所示。每一節點的電力若高於 e 時，需定期向鄰近節點傳送 1Bit 的“生存訊息”，以此通知鄰近節點，該節點功能正常。若當鄰近節點未收到該節點訊息，便發出詢問該節點是否不存在之請求，若該節點其他鄰近節點，發出同樣該節點不存在之回復，便將該節點不存在的訊息，發送給網路拓樸中每一節點，移除該節點。考慮到發生大規模災難時，有可能造成網路拓樸短時間內節點大量故障，當 T_n 小於 t 時代表是由大規模災難導致，將會移除故障節點，並交由移動偵測模組 NMDM 偵測功能，判斷網路模式及網路拓樸重建與否。若 T_n 大於 t 且故障節點數量大於 n ，表示節點的故障可能不是由災難所導致，則將主動式路由模式的網路拓樸進行重建，已使確保整體網路在受到大規模災難後，仍能保持網路不中斷。

5. 結論與未來研究

永不死亡的網路其主要之目的在於建立一個經過大規模災難後，能保持正常通訊的強大通訊系統。由於一般網路，是建立在基礎建設上，如基地台與有線網路等。但，一旦面臨大規模災難發生，往往基礎建設在災難後被破

壞殆盡，亦或供電來源被破壞失去電力，兩者都將造成基礎建設失去功能，整體網路被中斷。在受到大規模災難後，某一些地區因為地區地形的關係，造成地區與其他地區的隔離，若此時地區與地區之間網路中斷，缺乏資訊和溝通將導致地區完全孤立，影響搜救人員工作、人員的撤離及物資的供應。

依據永不死亡的網路之主要目的，本研究選用無須任何基礎建設的 MANET，並結合主動式路由協定與回應式路由協定之特性，提出的混合式路由協定(Hybrid Routing Protocol；HRP)。本研究所改良的主動式路由協定，稱之為電力感知主動式路由協定(Energy Aware Proactive Routing Protocol；EAPRP)。透過節點的剩餘電力與節點的狀態，以確保路由的可使用情形。在回應式路由協定中，當原路由發現需要路由路徑時，再交由路徑演算法找出路徑，此特性增強對移動節點的支持，利用這點改善回應式路由協定，在未知移動節點資訊狀態下的支援，因應大規模災難後，造成整體網路改變，須整體網路拓樸重建之問題。

在本研究中，提出節點移動偵測模組(Node Motion Detection Module；NMDM)及故障節點偵測模組(Faulty Node Detection Module；FNDM)，在遭受大規模災難後，能迅速反應並維持網路的不中斷。運用移動節點偵測及故障節點偵測，判斷災難是否發生，當兩者偵測到的節點，在同樣短的時間內大量產生，代表災難產生，以此最作為自適應協定切換模式的時機，增強整體網路在災難後的通訊能力。

本研究目前聚焦於建立一個永不死亡的網路，確保災後網路不中斷，研究中提出混合式路由協定、移動節點偵測模組及故障節點偵測模組。在未來研究中，將加入更詳細的災難偵測方式，並強化回應式路由協定，使其不僅只是用在改善主動式路由協定的建置成本，更加利用其特性增強整體網路的效能。

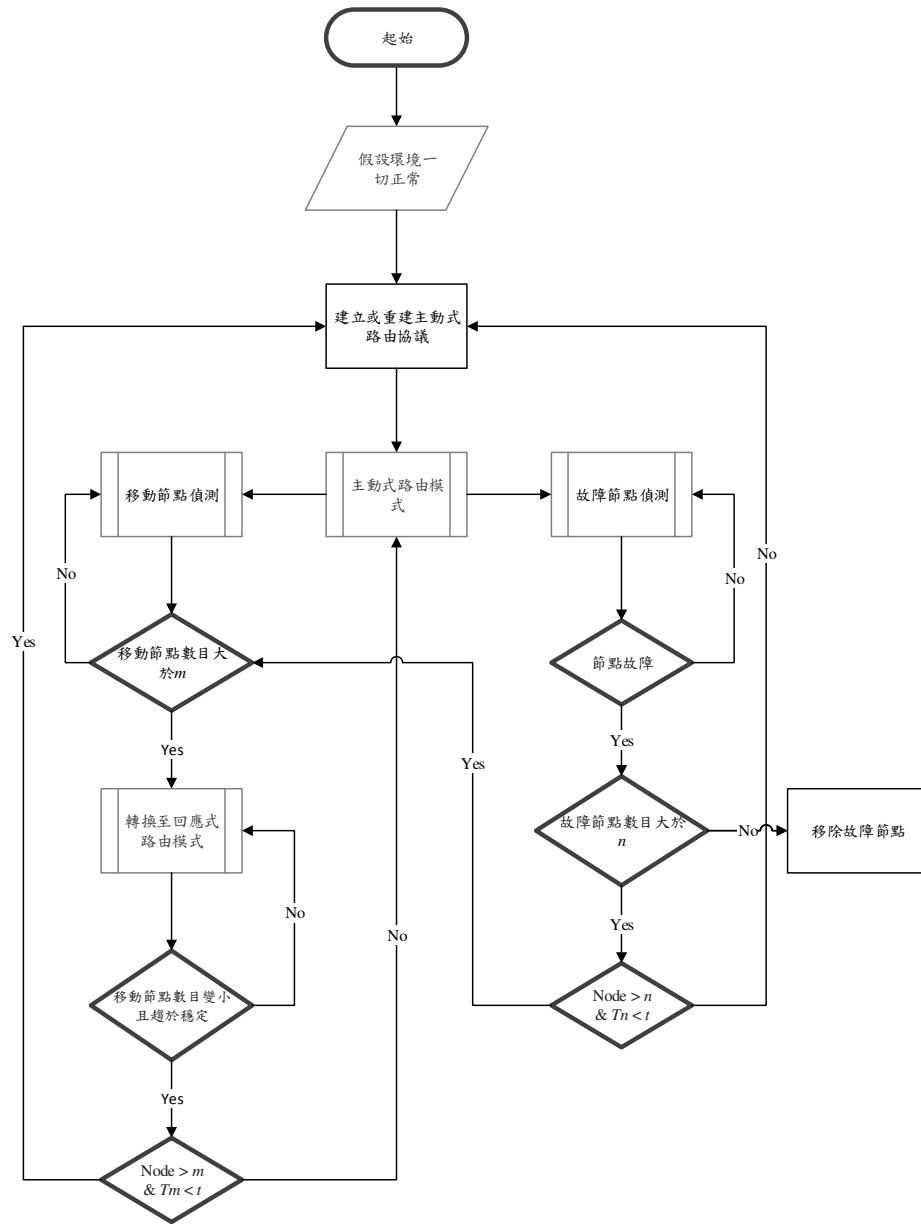


圖 3、混合式路由協定運作流程圖

參考文獻

- [1] Abolhasan M., Wysocki T. and Dutkiewicz E., "A Review of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks," *Ad Hoc Networks*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-22, 2004.
- [2] Bade S., Kumar M. and Kamat P., "A Reactive Energy-Alert Algorithm for MANET and Its Impact on Node Energy Consumption," *International Journal of Computer Applications*, Vol. 71, No. 18, pp. 1-6, 2013.
- [3] Boukerche, A., Turgut, B., Aydin, N., Ahmad, M.Z., Bölöni, L, and Turgut, D., "Routing Protocols in Ad Hoc Networks: A Survey," *Computer Networks*, Vol. 55, No. 13, pp. 3032-3080, 2011.
- [4] Inaba T., Ogasawara T., Kita N., Nakamura N., Suganuma T. and Shiratori N., "Green-oriented Never Die Network Management: The Concept and Design," *International Conference on Systems and*

- Informatics (ICSAI)*, Yantai, pp. 529-535, 2012.
- [5] Khediri S.E., Nasri N., Benfraj A., achouriA. K and Wei A., "Routing Protocols in MANET: Performance Comparison of AODV, DSR and DSDV Protocols using NS2," *Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, Hammamet, pp.1-4, 2014.
 - [6] Kuji, W., Satou, G., Koide, K., Shibata, Y. and Shiratori, "Never-die Network and Disaster-control System," *IPSJ SIG Notes*, 54, pp. 131-135, 2008.
 - [7] Lee E., Kim M., Yu C. and Kim M., "Node Alarm Mechanism for Energy Balancing in Mobile Ad Hoc Network," *Proc. of Mobile Computing and Networking (Mobicom), 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, Orlando, pp. 85-96, 2002.
 - [8] Toh C.K.K, *Ad Hoc Mobile Wireless Networks*, Prentice Hall Publishers, ISBN 978-0-13-007817-9, 2002.
 - [9] Uchida, N., Takahata, K, Shibata, Y. and Shiratori N., "Evaluation of Never Die Network for a Rural Area in an Ultra Large Scale Disaster," *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS)*, Palermo, pp. 306-313, 2012.
 - [10] Uchida, N., Takahata, K., Shibata, Y. and Shiratori N., "Never Die Network Based on Cognitive Wireless Network and Satellite System for Large Scale Disaster," *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications*, Vol. 3, No. 3, pp. 74-93, 2012.
 - [11] Uchida, N., Takahata K. and Shiratori N., "A Large Scale Robust Disaster Information System based on Never Die Network," *Proceedings of the 2012 IEEE 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pp. 89-96, 2012.
 - [12] 無線 Ad Hoc 行動隨意網路架構之技術發展評析 <http://www.cteccb.org.tw/pdf/IECQ-49-6.pdf>.
 - [13] Wireless Ad Hoc Network, https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_ad_hoc_network.