

無線通信運用新領域-應急無線通信系統整合與運用

◎林高洲

壹、前言

相信大部分的人都同意，平時透過無線通信服務進行聯繫溝通與資訊獲取，已完全融入我們生活與工作之中；當然我國無線通信系統的蓬勃發展與普及建設，確實為國人帶來相當大的便利性，舉凡生活、工作、求學、交通與育樂等諸多方面的運用與資訊彙整，都可透過無線通信隨時、隨地輕而易舉的完成。但可否想過，當自然災害產生或緊急事件發生時，目前我們所倚靠的無線通信系統，是否仍可做為人們緊急聯繫所使用的工具？回答這個問題頗讓人為難，其答案是「也許可以」或「可能不可以」，總是存在很大的不確定性！

此外，我國四面環海、地形變化大且位於環太平洋地震帶上，地震發生的次數十分頻繁；另我國又位於梅雨區及西太平洋颱風路徑上，經常會發生颱風、水災及土石流等災情。由於臺灣本島地形崎嶇且多高山、河流分布其間，一旦發生大規模地震或強烈颱風等重大天然災害時，常會造成地面通信設施的損害，甚至衍生系統全面的癱瘓；故也因而會讓我們平常所仰賴的無線通信系統「斷訊」無法使用。在另一方面，當災害或緊急狀況發生時，人們都會不約而同的拿起電話蜂擁的急向親友聯繫，這是一個溫馨且人之常情的舉動，卻是造成通信系統「癱瘓」的另一原因。以美國911事件為例，紐約地區在遭受恐怖攻擊之後的十幾分鐘，其基地台的通信容量瞬間增加4-10倍，完全癱瘓無線通信系統運作，當然也影響救災指揮運作。

眾所皆知，彈性靈活而有效運作的

無線通信是遂行災情發佈、災害傳遞、資源調度、救災推展與互助協調等工作是否順遂的關鍵因素，但往往當災害發生時，卻也造成無線通信系統毫無用武之地。基此考量，本文基於防救災與緊急事件處理等運用需求，探究無線通信系統整合與網路運用，期能作為建置新一代「應急無線通信系統(Wireless Emergency Communication System)」之參考，在緊急狀況時可用來彌補我們平日所倚靠無線通信的不足，相信這是我國發展無線通信系統另一個重要且急迫的課題。

貳、緊急狀況下之無線通信面臨挑戰

也許遇到的機會不大，但大家都知道緊急狀況或災害發生的第一件事就是「通信」，第一時間要發出求救或預警信號，而後接踵而來的就是「溝通聯繫」、「指揮調度」及「災情會報」，這些都需要倚靠「正常運作」的通信系統來完成；但問題是，這時候的通信系統還可靠、可用嗎？不妨從幾個案例來了解無線通信在應急狀況下所面臨的挑戰。

2001年美國911事件是突發性高、破壞力大的恐怖攻擊事件，造成嚴重的人員傷亡和經濟損失；事故現場通信系統癱瘓，造成指揮調度和聯絡溝通的混亂，事後檢討也指出美國政府在應急通信建設的失誤是造成混亂的根源，其問題有[1]：

1. 通信設施無法互聯互通，資源和情資無法共享。
2. 缺少綜合協調的應急聯合指揮系統。
3. 缺少準確度及效率高的資訊發佈平台和協助系統。

2005年卡崔娜(Hurricane Katrina)



颶風是美國歷史上損失最大的自然災害之一，其覆蓋範圍和破壞能力遠超過預期，災害也造成通信系統全面癱瘓，民眾、警察與消防隊的無線通信，卻因基地台缺乏備用發電機而無法使用，除災區救援工作無法開展外，也造成民眾的恐慌。事後獲得經驗 [1]：

- 1.除衛星通信外，大量地面通信設施都遭受風災破壞。
- 2.備用供電設施不足，造成存活的通信系統無法運作。
- 3新的通信技術已成為應急通信的保障。

2005年倫敦地鐵車站爆炸事件，原屬小區域局部傷亡事件，但卻也影響倫敦地區的通信網路運作；按理不應該造成通信系統癱瘓，但爆炸發生後，公眾電信網路話務量急遽增加，民眾不約而同握著電話搶撥，而且佔線時間過長，嚴重影響政府搶救工作執行。事後檢討歸結[1]：

- 1.政府專用於調度指揮通信系統不足。
- 2.國家應急通信建置與全局控制能力不足。

2008年汶川地震是中國近50年以來破壞性最強、影響最大、波及範圍最廣的地震，汶川地震造成四川、甘肅及陝西的公眾通信網路嚴重損壞，部分地區對外聯繫管道完全中斷，同樣延誤救災之指揮調度推展；災害檢討歸結[1]：

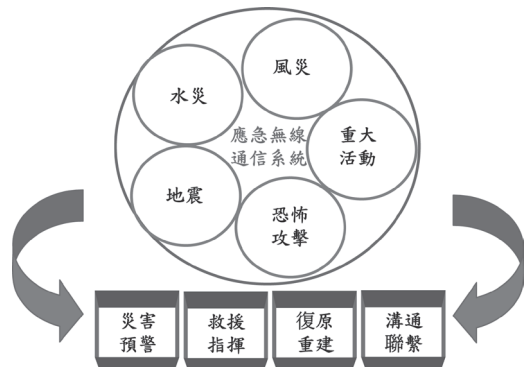
- 1.衛星通信為應急通信不可替代方式。
- 2.國家應急通信系統能力有待加強。
- 3.國家應急通信法律基礎不夠完善，管理機制缺乏。

從上述的幾個案例可知，完善、可靠的應急無線通信系統確實有助於政府救災搶險工作的推展，同時也可以提供民眾使用，以達到安撫情緒而免於陷入恐慌。

參、應急無線通信系統意義

應急無線通信系統[1-5]是為因應對突發之大型自然災害或公共事件而快速建立

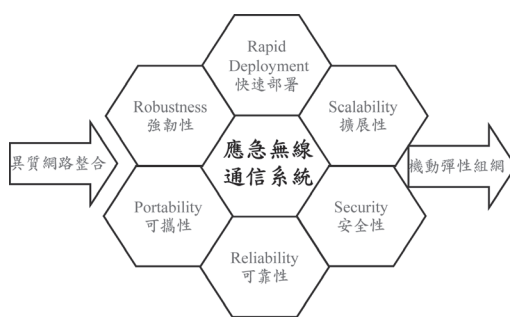
的臨時通信系統，希望能透過完善、較強的無線通信能力，為救災組織、人員及特定用戶提供完整的資訊服務，期能有效降低災難財物損失、維護民心穩定和協助災後重建等工作；從各國以往的防災、救災經驗來看，應急無線通信系統可用於遭受水災、地震、颶風、土石流等重大自然災害，以及火災發生、交通事故和恐怖攻擊等緊急突發事件，因此應急無線通信系統之意義與建置運用可以綜整成如圖一所示。



圖一：應急無線通信系統之建置運用示意圖

為滿足緊急救援與指揮調度之特殊運用需求，應急無線通信系統必須滿足時間突發性、地點不確定性、業務緊急性、資訊多樣性和過程短暫性等使用需求[3]；此外，應急無線通信系統必須能夠快速部署、彈性組網並提供可靠、穩定的通信電路，以俾利救援人員開展救援行動。基此，各國要求所建置的應急無線通信系統都具備部署快速(Rapid Deployment)、強韌性和可擴展性強(Robustness and Scalability)、使用便利並具可攜性好、安全性強且成本合理[5]等特點；最後，應急無線通信系統還要能支援用戶的高速移動，能夠與其他通信手段做到介面整合與互聯互通，藉以提供可靠的資訊傳輸服

務。為了便於讀者了解其特殊性，有關應急無線通信系統所需具備之特點綜整圖二所示。



圖二：應急無線通信系統特點示意圖

實際上，應急無線通信系統並不是一種全新的技術，而是各種無線通信技術、通信手段在緊急情況下的整合構連與運用，其技術核心是在緊急情況下提供一個互聯互通的無線通信網路；因此，應急無線通信系統應充分運用成熟的無線通信技術和網路設備，並將它們整合成便於配置和管理之可擴展、可靠的安全無線通信網路，使其能夠對系統內的其他無線通信手段、網路節點、移動隨意通網路(Mobile Ad Hoc Network, MANET)[6]和無線傳感器網路(Wireless Sensor Network, WSN)[7]等的異質網路進行整合，並建置實施多層保護措施來保障網路的安全性[3-5]。

整合建置一個可靠、穩定、強韌的應急無線通信系統已是各國非常關注的問題；近年來，隨著大型自然災害產生的巨大影響，對應急無線通信的需求更顯其迫切性，也是目前無線通信研究的課題之一。

肆、應急無線通信建置考量

應急無線通信系統具有暫時性的特殊無線通信機制，必須在出現自然或人為突

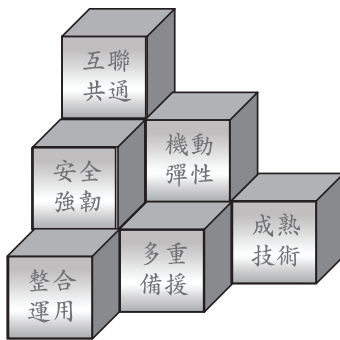
發性緊急情況時，快速整合各種通信資源，提供防災救險、緊急救援、災害救助和必要通聯所需的通信手段。在建置上需考量到隨機性、不確定性、緊急性、靈活性、安全性等因素，說明如後：

- (1)需要應急無線通信的時間和地點是無法預測的，可能城市、郊區、山區或海上，具有很高的不確定性；而且大多數緊急事件都是突發的，時間不可預測，或者只可在有限時間內預測但是來不及做準備，如地震。這就要求對於目前公眾無線通信不能覆蓋的區域，如山區或海上，也必須要有技術上的措施來建立臨時的無線通信系統。
- (2)通信網路受自然災害或緊急事件破壞的程度具有不確定性；如在破壞性的緊急事件（如恐怖攻擊）或自然災害（如水災、地震）發生的情況下，公眾通信網路的基礎設施可能會受到損壞進而使系統癱瘓。基此，必須有技術上的措施可以隨時修護、填補或替代遭破壞的網路設施。
- (3)應急無線通信容量需求的不均衡及不可預測性；當緊急事件或自然災害發生時，局部出現的大通信流量一定會造成網路擁塞，同樣也可能癱瘓網路的正常運作；若進一步的分析，通信流出現匯聚式的趨向，大量的通信流會指向少數幾個站台，如110或119處理中心，這個不均衡的通信容量需求也是隨機的，規模很難預測。所以，應急無線通信必須具有自我調節、流量管制或優先等級的功能，要能強制空出部分容量，專用於救援活動與指揮調度。
- (4)應急無線通信的時間緊迫性及部署靈活性；即時的通信保障是實施救援、有效指揮和提高應急處理能力之先決條件，同時需要部署應急無線通信的地點可能沒有基本的通信網路設施，而且多數情況下地理環境複雜多變，所以需要具備

能在較短時間內佈建靈活彈性、中繼傳輸的通信設施能力。

綜上述說明，應急無線通信需兼顧指揮調度暢通、防災救險工作執行順遂及緊急事件處理，所以在建置上需要綜合應用各種通信手段，利用不同的無線通信系統、技術或手段來建置系統，其功能需求應具備（請參考圖三所示）：

- 1.互聯共通，需達到聯合指揮調度。
- 2.機動彈性，可不受地形地物限制。
- 3.安全強韌，能確保情資成功送達。
- 4.多重備援，應強化系統抗摧毀性。
- 5.整合運用，要做好網路介面構連。
- 6.成熟技術，以提供價廉可靠系統。



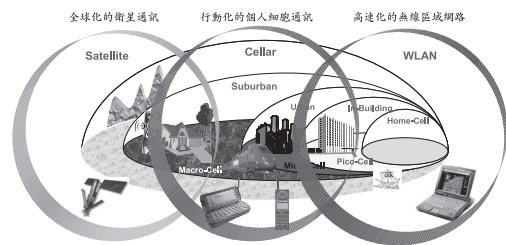
圖三：應急無線通信系統六大功能需求示意圖

伍、應急無線通信整合架構

如前所述，應急無線通信系統重要工作在於各種不同通信系統的整合，這些異質通信系統包含不同頻段與通聯特性，如可進行長距離通信的衛星通信(Satellite Communication)及高頻通信(HF Communication)，及視距內傳輸的特高頻通信(VHF Communication)及超高頻通信(UHF Communication)；因此，應急無線通信系統必須加強『各種無線通信方式與

系統之有效整合』，用以達到災區無縫隙之覆蓋，提供高頻譜效率及系統容量，期能讓使用者獲得高速、多元之多媒體無線傳輸服務。

若以現代無線通信技術觀點來考量，應急無線通信系統應包括行動化的個人蜂巢式通信(Personal Cellular Communication)、高速化的無線區域網路(Wireless Local Network)及全球化的衛星通信系統，其整體架構設計如圖四所示，也是需要透過整合技術將不同通信系統連結起來，藉以完成行動、大範圍之高傳輸及高品質無線通訊服務。



圖四：應急無線通信系統整合架構示意圖

從運用觀點比較幾種重要無線通信手段可以發現，不同的無線通信方式都有各自的特點，故在應急無線通信中的使用情況也各有不同，簡單說明如下：

- (1)高頻通信（又稱短波通信）是利用電離層反射來進行遠距離通信，或透過地波反射來進行近距離通連。高頻通信設備簡單、機動靈活及成本低廉，且其傳輸介質的電離層不易遭受人為或大自然破壞，故適合做為搶險救災的應急無線通信手段。其主要缺點是頻段低造成傳輸率低，且通道品質易受電離層變化影響，常用於中長距離之應急無線通信中[1-2]。

- (2) 衛星通信主要係運用地表高空衛星之轉頻器(Transponder)，作為無線電波收發之中繼轉播，用以達成各地面站台間之通連。由於衛星居高臨下，使其具有無遠弗屆的涵蓋範圍，也較不易受天然災害的影響，即使因事故中斷也能很快就恢復通信。就因為衛星通信不受地形、氣候等條件的限制，故在應急無線通信中比較常用，幾乎具備不可替代性，但是衛星通信的通道容量有限，加上通信成本比較高，所以也不能大量用於緊急救援行動。
- (3) 特高頻或超高頻通信是政府單位所必備的通信手段，也是應急無線通信中一直備受青睞的通信方式，這是因為特高頻或超高頻通信的環境適應性強、通道資源豐富，且在滿足時、頻、空三域

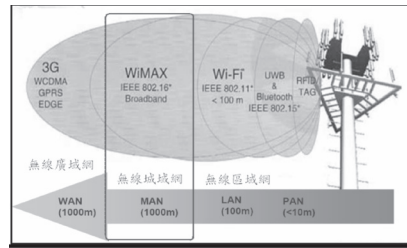
隔離的情況下，非常適合進行頻率複用(Frequency Reuse)。在特高頻或超高頻通信中，集群通信系統(Trunking Communication System)是最為常用且普及的通信手段，主要由於集群通信除了有普通無線電通信的語音、數據等功能外，還具備群組呼叫、優先分級、快速接續等能力，所以適用於指揮調度通信（有關集群通信與公眾無線通信系統比較，請參考表一所示）；特別值得注意的是，近年來歐洲標準之Tetra集群通信系統已廣泛被用於我國政府、企業，軍警及國安等單位，能滿足各種特殊用戶群體對無線通信之接續時間、可靠性、安全性、系統傳輸容量以及數據傳輸等要求，故可直接納編整合用於應急無線通信系統之指揮調度。

表一：集群通信與公眾無線通信系統比較表

項目	集群通信系統	公眾無線通信系統
構建用途	專用無線指揮調度	公眾電信網
組成架構	大區域單、多基站	小區域蜂巢式基站
使用頻段	380-800MHz	900, 1800MHz
通信模式	單工、全雙工及直通	全雙工
用戶類別	個人、群組及廣播	個人
接通速度	快速接通，要求 0.3 秒	接通較慢
通信安全	保密等級高、雙向認證	保密等級低、單向認證
調度功能	具廣域指揮調度能力	無
組呼功能	具群組及廣播能力	無
優先等級	具優先等級處理能力	無
運用彈性	具派遣調度、彈性擴充	低



(4)公眾無線通信網路有不同的標準來滿足不同的運用要求，如圖五所示包含無線區域網(WLAN)、無線城域網(WMAN)及無線廣域網(WWAN)；在眾多的系統中又以無線城域網的WiMax(全球微波接入互操作性系統)及無線廣域網的3G(第三代行動通信系統)最適合納入應急無線通信系統整合運用。但若以我國應急無線通信運用為考量，本文認為WiMax應屬較為適用的公眾無線通信網路，主要是WiMax無線信號傳輸距離遠(可達50公里)、覆蓋面積大(3G的10倍)及傳輸率高(75M以上，是3G的30倍)；此外，WiMax系統擴展方便、組網靈活、傳輸品質佳，而且利用MIMO空間自由度提升傳輸速率與改善通信品質，同時採用OFDM調變技術提高頻譜效率並對抗多路徑效應能力，這些技術足以確保通信品質和移動性需求。



圖五：公眾無線通信網路類別與運用範圍示意圖

綜合上述分析，應急無線通信系統不是採用單一通信手段所構成的系統，而是整合不同的無線通信方式來建置一個具備彈性、靈活、廣域且克服地形地物障礙的無線通信系統，這個用於救災搶險、指揮調度的通信系統組成如圖六所示，各單一通信系統之特性比較如表二所示；整合後之應急無線通信系統將具備高速傳輸及確保傳輸品質能力，可提供高品質的語音、數據、圖像及視訊等通信情資。



圖六：應急無線通信系統組成架構示意圖

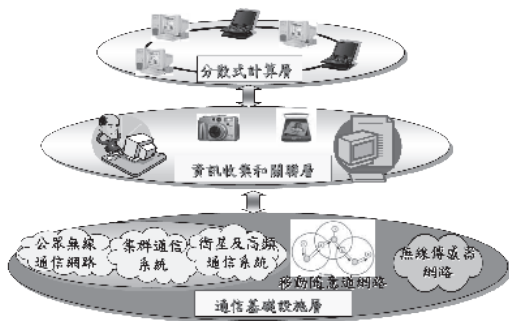
表二：應急無線通信系統各組成系統特性比較表

項目	衛星通信	高頻通信	Tetra 集群通信	WiMax
移動性	動中通	動中通	>100Km/小時	100Km/小時
傳輸率	約 512Kbps	9.6Kbps	28.8 Kbps	70 Mbps
覆蓋面	數百公里	數百公里	平均 20 公里	平均 5 公里
通信技術	數位通信	自動鏈路控制	TDMA	MIMO/OFDM
系統特點	廣域網路	長距離通信	指揮調度通聯	區域高速網路

陸、應急無線通信網路運用

應急無線通信系統整合不同頻段與通信手段，提供一個無縫隙覆蓋的通信環境，但這樣的系統所能達到的通聯效果與通信容量仍然受限，尤其在緊急調度、彈性組網等運用能力仍嫌不足，為強化這些能力並能提供更多用戶使用，現階段各國都朝向以網路整體運用體系來支撐應急無線通信系統。

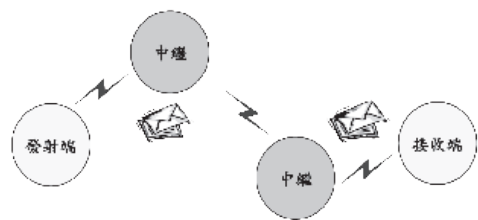
一個完善的應急無線通信網路體系應為層次式之網路架構，如圖七所示，包括三個層次：通信基礎設施層、分散式計算層及資訊收集和關聯的中間層[4]；其中，通信基礎設施層整合現有無線通信系統和臨時部署的通信網路來支援各種防災搶險通信業務，包括屬於無線通信整合之公眾無線網路、集群通信系統、衛星及高頻通信系統外，也常需臨時部署之移動隨意通網路(MANET)以及用於監視受災區域的無線傳感器網路(WSN)；圖七的中間是「資訊收集和關聯層」，用來收集和關聯通信基礎設施層內的各種資訊並在上下層之間交互關聯必要的資訊；上層則為「分散式計算層」，負責分散式資訊處理，進行數據分析並輔助指揮調度決策和做到完善、平衡的通信資源分配。



圖七：應急無線通信網路運用與管理體系示意圖

隨意通(Ad hoc)是用來解決地形地物限制，並達到靈活部署與彈性組網的無線網路技術。如前所述，任何一種單一網路或單一技術可能已無法滿足搶險救災的通信需求；因此，必須透過聯合不同的終端、不同的機制、不同的技術、不同的系統，來獲得它們各自獨立運行/應用時所不具有的能力，這是一種「合作」的無線通信機制。這種觀念在無線電通信環境中，已逐漸被重視和使用，如移動無線隨意通(Ad Hoc)網路(MANET)[8]就是一種藉由通信中繼的合作機制，來克服地形地物限制、延展通信距離，如圖八所示。

無線隨意通(Ad Hoc)網路是行動無線通信和資訊網路技術融合發展的產物，它由一組移動無線節點組成的多跳、無固定基礎設施支持、臨時開設的無中心網路，強調多跳中繼傳輸能力、自組織和無中心的概念；隨意通(Ad Hoc)技術緣起於1970年代，因其多跳路由、組網彈性和高抗毀性等能力，所以特別適合突發、臨時性的應急無線通信場合。有關隨意通(Ad Hoc)的主要特點說明如下：



圖八：無線隨意通(Ad Hoc)網路示意圖

- (1)無中心：Ad Hoc網路沒有嚴格的控制中心，所有的節點地位平等，為一平等式網路架構；節點可隨時加入或離開，所以部分節點故障並不會影響網路正常運作，故具備很強的抗摧毀性。
- (2)自組織：Ad Hoc不需要現有固定網路基礎設施支持，即能在任何時間、任何地

點快速構建成一個移動無線網路。

- (3)多跳路由：Ad Hoc網路節點有多重角色扮演，既可為終端用戶，亦可為路由器，當用戶要執行長距離通信時，其他鄰近用戶即扮演路由器來進行中繼轉接，以此構成一個多跳路由無線網路。
- (4)動態變化網路架構：Ad Hoc網路中，移動用戶終端能以任何速度和任意方式在網路中移動，使其路由器具有隨機性，隨時會改變網路的拓樸結構。

早期的隨意通(Ad Hoc)網路主要用於軍事通信，當時主要研究都集中在保證多跳無線網路環境中能獲得高效率 and 可靠的數據傳輸能力；目前隨著資訊技術的進步，Ad hoc 網路的應用已逐漸轉向民用和商業領域，研究的領域也更為廣泛，包括網路架構、分簇演算、跨層設計、QoS支援、網路互聯和資訊安全傳輸等。與此同時，因實際應用需要，以 Ad hoc 網路技術也衍生出其它無線自組網技術，如無線網狀網(Wireless Mesh Network, WMN)和無線傳感器網路(WSN)，這些技術也將可用於應急無線通信網路。

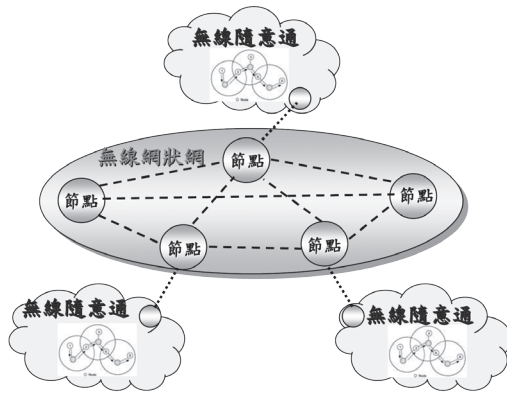
無線網狀網(WMN) [8]也是一種具有多跳、自組織和自癒等功能的寬頻無線網路，網狀網(Mesh)中的節點可以與通信範圍內的其他節點構連，網路各節點能透過相鄰的其它節點以無線多跳方式相連，其特點為：

- (1)多跳功能：無線網狀網中節點之間可以透過中間節點轉接通信，從而把單點覆蓋擴充成區域覆蓋，提高通信範圍和傳輸距離。
- (2)網狀結構：無線網狀網以「網狀(Mesh)」為架構，在無線功率輻射範圍內，任何節點均可直接構連；超過功率輻射範圍，也可以透過中間節點轉接中繼來通連。
- (3)自組織能力：無線網狀網的網狀拓樸結構不需依賴中心站來集中管理，也無需事先規劃，網路中的節點可自組織構成網路，而且可以隨著環境改變來適應調整。
- (4)自癒能力：當網路中某一節點故障時，無線網狀網的其它節點會自動調整路由，同時相鄰節點會加大輻射功率來達到網路的自我修護目的。
- (5)自平衡能力：無線網狀網可根據網路節點流通量之擁擠程度，選取最佳傳輸路徑，進而有效維持傳輸品質並提高網路容量。

從上述特點說明可知，無線網狀網(WMN)與無線隨意通(Ad Hoc)網路兩者技術相似，但也存在一些差異，其比較如表三所示。事實上，無線網狀網(WMN)與無線隨意通(Ad Hoc)網路兩者是可整合成一個階層式網路，並納入應急無線通信網路運用與管理體系，其架構如圖九所示。

表三：無線網狀網(WMN)與無線隨意通(Ad Hoc)網路比較表

項目	無線網狀網(WMN)	無線隨意通(Ad Hoc)網路
拓樸結構	網狀架構	動態拓樸
控制方式	集中式或分佈式	分中間節點轉接式
移動性	較低	較高
自組織能力	較低	較高
自癒能力	較高	較低
自平衡能力	較高	較低
設計目的	用戶接入網路	用戶間通信



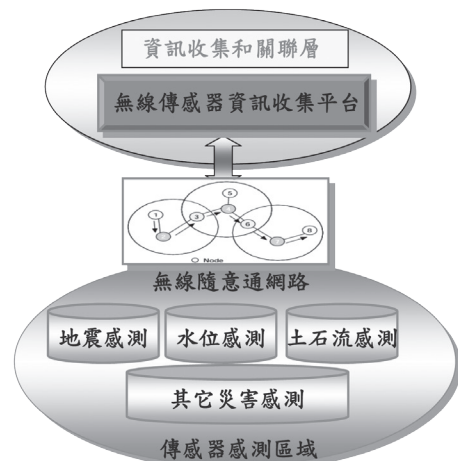
圖九：無線網狀網與無線隨意通(Ad Hoc)網路整合示意圖

無線傳感器網路(WSN) [7-8]整合無線隨意通(Ad Hoc)網路、傳感器技術和分散式資訊處理技術，是一種用於收集、傳播和處理傳感資訊的 Ad hoc 網路。無線傳感器網路(WSN)是信息獲取、情資傳輸及資訊處理三大技術融合而成的產物，可以有效監控特定目標區域，即時向相關用戶發出預警通告，並通過對收集的傳感資訊加以處理來輔助行動決策。

若從通信技術方面歸類，無線傳感器網路(WSN)屬於一種特殊的隨意通(Ad Hoc)網路，它雖與傳統Ad Hoc有諸多相似性，但也有顯著差異，如無線傳感器網路(WSN)節點更為密集、輻射功率更小且節點在大部分情況下是處於「靜止」狀態；但當啟動時，多個傳感節點是以協同合作方式運作，故在設計時需根據網路規模和應用需求，選用合適的資訊收集與處理機制和路由協定，以完成特定的資訊監測和傳輸任務。

再從應急無線通信應用考量，無線傳

感器網路(WSN)其網路架構如圖十所示，其中最重要的功能是感測、收集並傳輸監測環境中各種情資的變化，因此感測器是節點的基本組成單元，不同的應用環境需有不同的感測器，如用於地震感測器、水位感測器或土石流感測器等；隨著感測器的不同也造成佈置與功能存有差異，但共同的是都需透過特殊的隨意通(Ad Hoc)網路，將感測到的情資送到應急無線通信資訊收集和關聯層之「無線傳感器資訊收集平台」，用以進一步執行分析、比對及關聯等處理。



圖十：應用於應急無線通信之無線傳感器網路(WSN)示意圖

整體而言，應急無線通信網路運用是需要包含無線網狀網及無線傳感器網路這兩種無線自組網技術，期能利用隨意通(Ad Hoc)技術來達到快速構建高抗毀性的應急無線通信網，提供高容量的網狀化網路，並可用於搶險防災指揮調度和有效開展救災工作。

柒、結語

應急無線通信系統是無線通信另外一個重要運用領域，深受美國、英國、日本及中國所重視，使無線通信除為人們便利生活提供資訊服務外，必要時也能成為我們防災救險的必要設備，當然為無線通信開創全新的應用視野與發展遠景，充滿機會不過也極具挑戰。另一方面，我國四面環海且位處環太平洋地震帶上，震災、風災及水災發生的機會高，再加上要有隨時應付可能發生的突發事件處理的準備，所以建置一個組網靈活、互聯互通的應急無線通信系統確有實需，這應是我國無線通信發展另一重要且迫切的課題；尤其在我國經歷過921大地震、88風災後，更應是值得我們深思檢論的問題。

應急無線通信系統的發展應考量任務需求與運用模式，兼顧財力、能力與時程，要以務實、全方位思維來進行規劃。基此，本文針對應急無線通信之特點與技術考量，在系統整合方面，闡述衛星通信、高頻通信、集群通信及公眾無線通信網路等整合架構；另在網路運用方面，介紹層次式應急無線通信網路體系之網路架構，並納入隨意通(Ad Hoc)網路、無線網狀網與無線傳感器網路來建置互聯互通、組網彈性的網路，期能使讀者掌握並瞭解應急無線通信系統相關技術與設計考量，希望能對我國規劃建置新一代應急無線通信系統做奠基準備。

捌、參考資料

- [1]張雪麗、王睿、董曉魯及湯立波等主編，應急通信新技術與系統應用，中國北京機械工業出版社，2010年。
- [2]李文峰、韓曉冰、汪仁及張登福，現代

應急通信技術，中國西安電子科技大學出版社，2007年。

- [3]王海濤，應急通信網絡設計及其關鍵技術，通信對抗，2010。
- [4]Francesco Chiti et al., A Broadband Wireless Communications System for Emergency Management, IEEE Wireless Communication, June 2008.
- [5]Nirwan Ansari et al., Networking for Critical Conditions, IEEE Wireless Communication, April 2008.
- [6]C. Perkins, Ad Hoc Network, Addison-Wesley, 2000.
- [7]于宏毅、李鷗及張效義，無線傳感器網路-理論、技術與實現，中國北京國防工業出版社，2007年。
- [8]于全，戰術通信理論與技術，中國北京電子工業出版社，2009年。

