

衛星影像巨量資料儲存與應用平台建置

顏伸運^{1*} 陳靜盈²

摘要

福爾摩沙衛星二號, 簡稱福衛二號, 2004年5月21日衛星於美國加州范登堡發射場成功發射(Launch), 2004年6月2日完成衛星早期軌道操作進入任務軌道(Mission Orbit)。2004年6月4日遙測照相儀拍攝到第一張遙測影像。福衛二號選取高度為891公里之太陽同步軌道, 為當今唯一對同一地區能夠每日拍攝之遙測衛星, 且軌道夠高, 亦可拍到南緯90度地區。影像處理系統(Image Processing System, IPS)自主發展是基於認知此為連接衛星至使用者之關鍵技術。IPS是團隊自己設計的, 隨時可針對特別情況修改, 加上對衛星能力及使用者需求都非常清楚, 以致衛星操作團隊可以精確無誤快速反應。營運目標原訂以國內應用為主要導向, 後來也有國外案例的應用反而大放異彩。另外, 太空中心與International Charter、UNOSAT、SPOT Image合作, 提供緊急與災區影像, 協助國際人道救援。福衛二號自發設以來至今所累積的影像資料龐大, 這些寶貴的歷史影像資料對於災害、研究及後續營運皆有其重要性。因此, 適切的規劃進行資料儲存的媒體轉換, 以持續不斷提供資料給使用者為當前重要課題, 未來將研究以雲端技術取代傳統儲存管理系統之可能性。

關鍵詞：福衛二號、巨量資料、異地備援、媒體轉換

1. 緒論

1.1 緣起

颱風、地震、豪雨、山崩、土石流等為台灣常見的災害類型。對於人類居住環境帶來巨大的破壞與災害, 這些破壞包含了生命損失、房屋毀壞、農作物受災等等。由於有些災害受限於通訊中斷及地形因素, 對於災後第一時間的救助, 還有後續的重建及復原的行動中, 常常因為無法掌握災害的發源地、範圍以及受災程度而造成前述各項行動的成效大打折扣。

使用各種遙測技術勘災, 相對於使用傳統的人力勘災, 具備了範圍廣泛、空間解析度高、反應時間快、不受地形限制、沒有生命安全的威脅。以現今遙測技術而論, 這些系統對地面施行拍攝後儲存成影像相關的格式, 之後再進一步使用和分析。福

衛二號自2004年升空以來, 以累積了無數的巨量衛星影像資料, 所累積的影像磁帶資料數量與像及營運系統平台上, 提供給研究單位及使用者進行資料申請及購買。

1.2 福衛二號影像介紹

由國家太空中心規劃之我國自主擁有的第一枚遙測衛星「福爾摩沙衛星二號」於2004年5月21日成功發射, 進入距地球表面891公里的太陽同步軌道飛行, 福衛二號之任務係對台灣及全球陸地及海域進行近實時之遙測作業, 它在白晝地區拍攝的影像資料可應用於國土規劃、資源探勘、環境保護、防災救災...等。

福衛二號影像處理系統(Image Processing System, IPS)是由國家太空中心自行發展成功, 計畫性之拍照需求排定衛星取像時程, 取像後之影像

¹ 國家實驗研究院國家太空中心 副研究員

² 國家實驗研究院國家太空中心 助理研究員

收到日期:民國102年08月19日
修改日期:民國102年12月31日
接受日期:民國103年12月24日

*通訊作者, 電話: 03-5784208 ext.1581, E-mail: ysyun@nspo.narl.org.tw

資料經 X 頻天線下傳，接著進行前處理，包括輻射及幾何系統處理後歸檔，並依客戶之訂單製作產品遞交，此處理架構如圖 1 所示。影像處理系統為國家太空中心所主導的重要研發計畫之一，自 2000 年起在本中心同仁及合作廠商的共同努力下，於 2003 年 11 月順利完成福衛二號影像處理系統發展作業，並於 2004 年 06 月 04 日由福衛二號傳回第一張影像資料處，影像處理系統即於當晚處理成清晰高解析影像，證明研發過程嚴謹完善。

福爾摩沙衛星二號之地表遙測任務是拍攝衛星影像資料，以滿足台灣民生之需求，其影像資料可用來監控台灣本島、離島、台灣海峽及附近海域之環境及資源。此外，在國際合作的協議下，福爾摩沙衛星二號也在其它區域拍攝地表影像。福爾摩沙衛星二號的遙測任務以滿足臺灣地區之需求為主，衛星再訪頻率與適時性的獨特設計、全島大面積拍攝以及低價位影像的提供，是福爾摩沙衛星二號優於其他國際商業遙測衛星的地方，其遙測應用實例包括：土地利用、農林規劃、環境監控、災害評估及科學研究與教育。

1.3 巨量資料介紹

巨量資料 (Big Data) 顧名思義即是有很多大量的資料，其規模已達到無法用傳統一般資料庫管理工具所能分析使用，亦即無法在合理的時間內完成資料存取、應用等。隨著網路技術的成熟，如何把雜散的資料透過系統性分析，整理成有用的資訊，運用在行銷、分析、保全等各方面，成為熱門顯學。在這個從「分散式管理」重新回到「集中式管理」的運算革命過程中，許多資料運算、儲存等工作都從個人電腦搬回雲端，也使伺服器 (Server)、儲存設備 (Storage)、交換器 (Switch) 等「3S」設備的需求大增。

福衛二號自 2004 年發射至今已累積 635TB 巨量影像資料，隨著未來福衛五號的發射，影像資料只會越來越多，如何將這些巨量影像資料做有效儲存、管理、運用與分析將會是重要課題。圖 2 為福衛二號所拍得得的台灣地區地面影像。

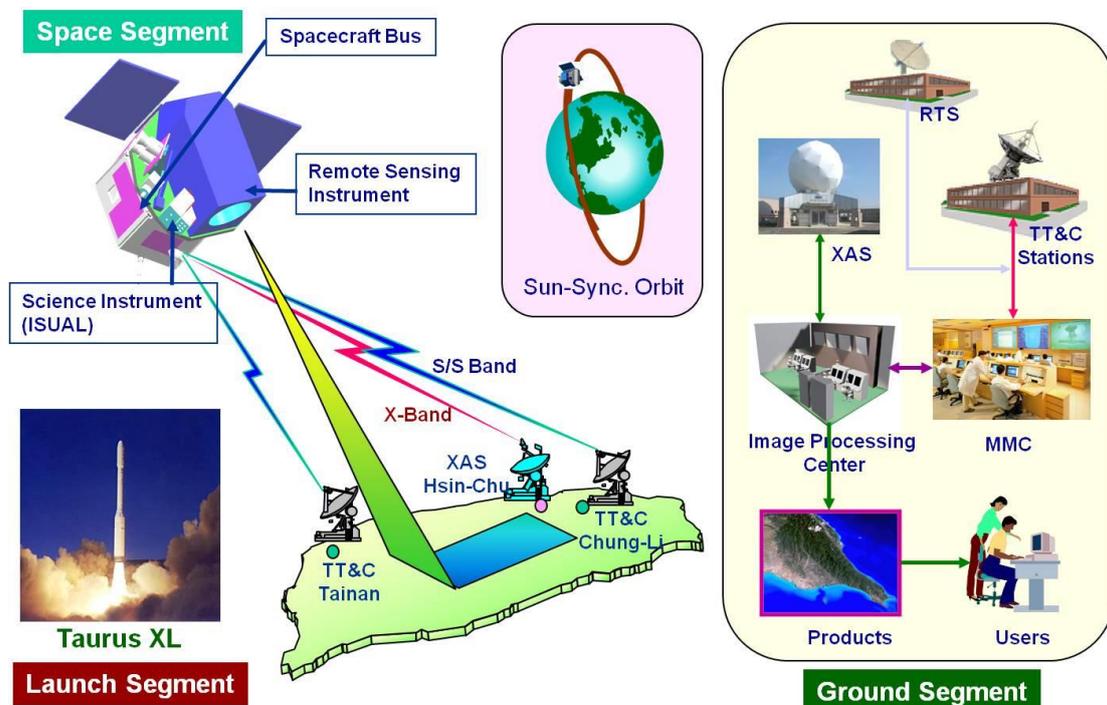


圖 1 福衛二號資料通訊處理架構 (圖 1 英文縮寫註記: XAS(X-Band Antenna System)、RTS(Receiving & Transmission Station)、TT&C Stations(Telemetry, Tracking and Command Stations)、MMC(Mission Control Center))



圖 2 福衛二號台灣地區衛星影像

2. 福衛二號影像巨量資料儲存架構圖

2.1 系統簡介

福衛二號依其涵蓋範圍將全球分為 14 軌，自台灣起始為第 1 軌向左依序遞增軌道數，可大致分為第 2、3、4 軌涵蓋亞洲區域；第 5、6 軌涵蓋歐洲區域；第 7、8、9、10 軌涵蓋美洲區域；第 11、12、13、14 軌涵蓋太平洋區域等。(如圖 3 所示, Latitude 為緯度, Longitude 為經度)。

由於福衛二號衛星範圍可涵蓋全球，礙於衛星上內存記憶體有限，無法於繞行全球一週後才將拍照資料下載並回傳於台灣，為提高衛星拍攝之利用度，故將衛星接收站除了台灣外，另外亦設置了挪威與瑞典兩個海外接收站，如此一來，衛星即可達到隨拍隨下載或於當軌拍攝次軌下載的高效率。一旦發生緊急災難需求，即可馬上拍攝並安排接收，透過系統快速影像處理，緊急提供給相關防災單位做為救災及災後重建輔助資料使用。為了達到衛星資料的完整與可靠性，台灣除了新竹太空中心設置 X 頻段天線接收站外，同時於中壢中央大學太遙中心亦有接收站設備，做為太空中心之接收備援使用。

2.2 處理流程

當每日衛星資料自兩個海外站(瑞典 Kiruna 及挪威 Svalbard)接收後，海外影像處理系統會先產生影像快覽圖資料(Catalog Update Files, CUF)，這些檔案因為已經過壓縮處理，資料量極小，藉由 FTP 方式可快速回傳至太空中心。CUF 檔案可於第一時間提供線上人員進行影像接收品質研判、雲覆蓋率狀況瞭解及後續拍攝的參考依據。接著，海外站影像處理系統將接收後的原始影像資料儲存於磁帶中，累積到依約定的數量後再寄送回台灣，由太空中心進行集中式資料管理和保存，以利資料可集中調度和重複性使用。圖 4 為福衛二號海內外接收站及備援站示意圖。

太空中心針對台灣下載的福衛二號影像資料有完善的儲存機制，將儲存架構分為 on-line 端、near-line 端與 off-line 端等三層式架構；影像資料最終存於 AIT-3 磁帶中保存；當影像資料儲存時首先會存放於 on-line 端的磁碟陣列機(diskarray)中，待到達一定數量與大小後，會將磁碟陣列機中的資料搬移至 near-line 端的磁帶櫃(tape library)中儲存，每一磁帶可儲存 100GB 容量的未壓縮影像，太空中心之磁帶櫃最多可儲存 250 卷線上磁帶可供使用者存取使用；待當影像資料儲存超過 250 卷磁帶

容量後，才會手動將較舊日期且已裝滿的磁帶 off-line 卸載存放，以備當有 archive 產品訂單需求時可再次掛載於磁帶櫃中使用；太空中心自 2005 年發射至今已儲存上千捲磁帶等巨量資料，幸虧有完善的儲存架構才能於緊急救災時可快速製作並遞交影像產品。

福衛二號衛星影像資料於台灣接收後，除了於太空中心內存放外，中心為免重要影像資料發生不可抗拒之因素或人為疏失造成資料遺失，同時建置了異地備援機制，每日將接收後的影像資料自動儲存於新竹國網中心，待儲存一定數量後，新竹國網中心亦會自動將資料備份至台南國網中心存放。

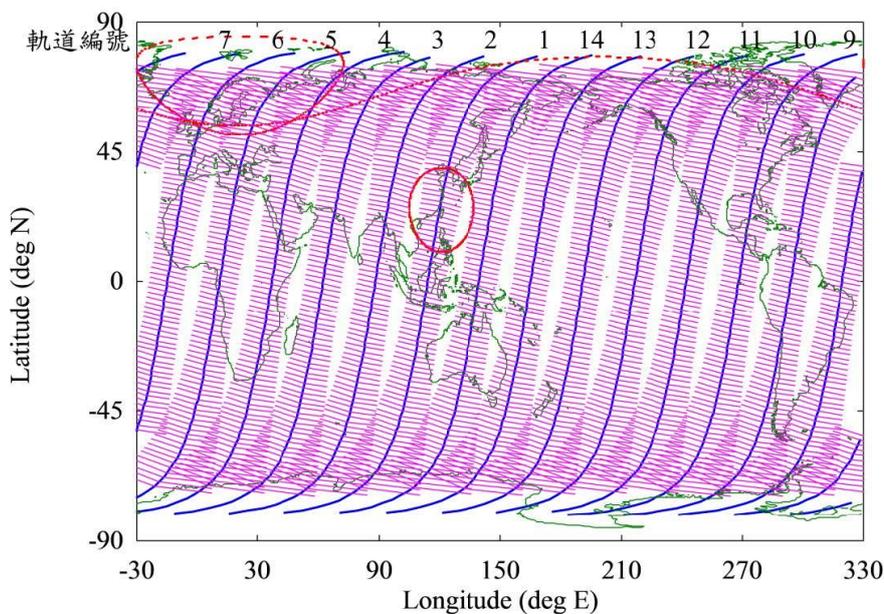


圖 3 福衛二號全球取像範圍

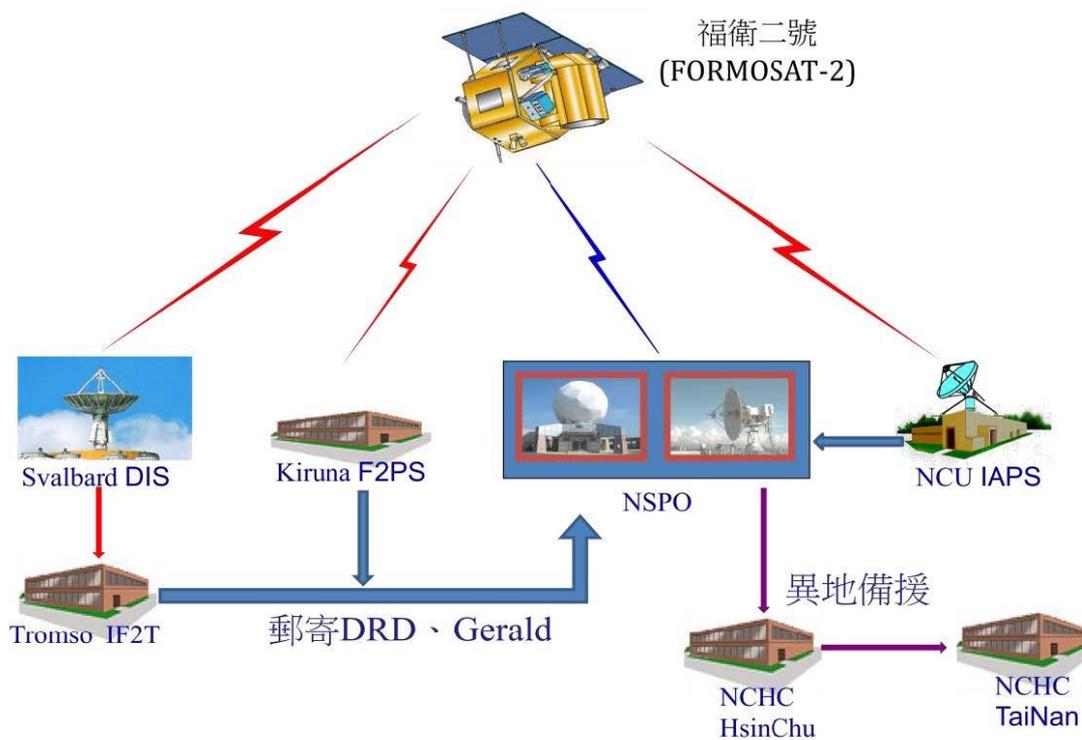


圖 4 福衛二號海內外接收站及備援站示意圖

3. 儲存媒體轉換

3.1 磁帶資料轉換需求與潛在問題

福衛二號每日運行地球 14 個整數圈，通過三個地面站(挪威接收站、瑞典接收站及國內接收站)將資料進行下載。國內地面站於國家太空中心接收站(NSPO)、中央大學太空及遙測中心備援接收站(NCU)皆設有 X 頻段天線站可用來接收福衛二號影像資料。福衛二號選取高度為 891 公里之太陽同步軌道，為當今唯一對同一地區能夠每日拍攝之遙測衛星，且軌道夠高，亦可拍到南緯 90 度地區。因此，海外站則於瑞典基努那(Kiruna)接收站與挪

威思瓦爾巴(Svalbard)接收站兩地面站進行資料下載。圖 5 為挪威及瑞典接收站的地理位置示意圖。

首先國內地面站影像資料下載後，經由地面站影像處理系統進行資料擷取、影像處理及影像儲存後，使用 AIT-3 (Advanced Intelligent Tape)磁帶將資料進行永久性保存。影像處理系統在 2001 開始建置時，即規劃採用 AIT-3 磁帶，該磁帶在當時為日本索尼(Sony)所研發與製造生產，儲存容量為 100GB，相較於同期磁帶 DDS 及 DAT 等，容量實為大的許多，因此當時選擇採用大廠牌及高容量等需求的磁帶進行資料儲存。圖 6 為 AIT-3 磁帶及外接式磁帶機外觀。

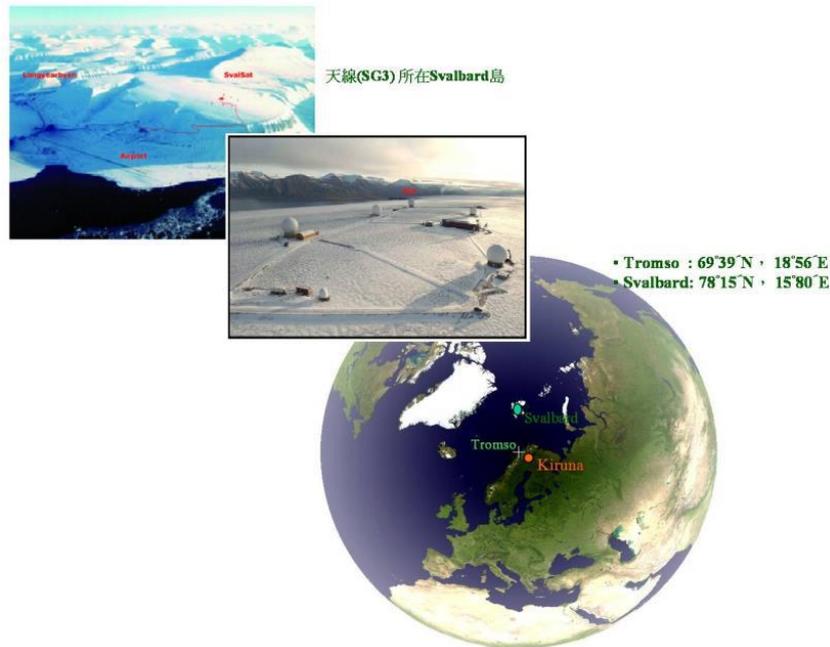


圖 5 挪威及瑞典接收站的地理位置示意圖



圖 6 AIT-3 外接式磁帶機及儲存磁帶

福衛二號於海外站接收下載後，經兩站地面站影像處理系統處理後，採用 AIT-3 磁帶機將資料進行儲存，並定期將磁帶經國際快遞運送回太空中心進行統一保存及管理，以達到資料集中化管理的目的。兩個海外站所回傳的磁帶初步皆會進行數量點收、收納管理及門禁限制，以確保磁帶完整，可用及安全性。

福衛二號衛星影像 AIT-3 磁帶資料數量與資料量目前具有一定的規模，統計至 2013 年 5 月 31 日為止，國內站 AIT-3 磁帶有 958 捲，資料量約 42.29TB。國外站 AIT-3 磁帶有 8604 捲，資料量約 593TB。如此龐大的資料量因面臨了一些潛在問題，因此需要進行媒體轉換，使得資料得以符合潮流媒體繼續保存及被使用。

潛在的問題包含了有：(1)AIT-3 磁帶機已停產，需於有限的時間及設備下，儘速完成媒體轉換處理；(2)磁帶數量日益增加，保存空間的需求將持續增加；(3)AIT-3 磁帶機讀寫速率每秒最大 12MB，將磁帶讀入所需耗費的時間可想而知，僅能依賴用較多的磁帶機能提昇轉換效率，但同時仍面臨磁帶機現貨日益減少的問題。(4)國內站磁帶由封閉式 Amass 系統備份程式搭配 ADIC Scalar 1000 大型磁帶櫃機制進行儲存，影像資料難以使用現存市面任一轉檔機制將資料讀出，仍需仰賴透過 Amass 軟體將磁帶資料讀出。

3.2 磁帶資料轉換系統架構與工作流程

為了讓磁帶資料轉換工作能順利進行，因此規劃與建置磁帶資料轉換系統，以利完成磁帶資料轉換，其系統架構如圖 7 所示。此系統主要功能包含有：將現有 AIT-3 磁帶轉為標準 LTO-4 磁帶或存入到磁碟陣列機、可與未來福衛五號系統整合界面、具有資料管理查詢系統及具有集中管理 IT 架構。

國內站系統因使用 ADIC Scalar 1000 磁帶櫃及 Amass 備份軟體，因此設計了資料儲存轉換程式，提供人機介面，安裝於 UNIX 主機上，使主機能夠自動讀取磁帶櫃內的磁帶轉入到 LTO-4 磁帶

或指定的儲存設施。海外站的系統則因使用 AIT-3 獨立式外接磁帶機，進行明碼儲存，不受限於備份軟體的加密因素。因此另外設計了有別於國內站的資料儲存轉換程式，亦提供人機介面，安裝於一般電腦上，搭配上外接式磁帶機即可將磁帶上資料讀入。資料轉入到 LTO-4 磁帶後，系統將提供 AIT-3 及 LTO-4 磁帶轉換對應資訊查詢，利用人機介面，可用影像資料檔名關鍵字進行查詢。



圖 7 磁帶資料轉換系統

3.3 磁帶讀取與轉換成果

目前福衛二號已轉換的 AIT-3 磁帶數量約計已超 950 捲，資料量約為 57TB。而這些已轉出資料同時匯入及整合至福衛五號系統內，可供未來使用者可同時查詢及訂購兩種衛星影像資料。這些轉出的資料也已分別匯進到新系統的磁碟陣列機及新的儲存磁帶媒體內，達到資料延續及可用性的處理。完成的 AIT-3 磁帶轉換數量雖然僅約總數的九分之一，由於龐大的影像資料是寶貴資產，因此仍持續進行磁帶轉換，讓歷史寶貴資料得以持續保存。

4. 海外站資料回傳

4.1 海外站建置

瑞典航太公司 (Swedish Space Corporation, SSC) 與國家太空中心的合作關係，開始於 2002 年。經公開徵選後，瑞典航太公司做為

福衛二號海外緊急追蹤服務的提供者，每年提供太空中心超過 2500 軌的影像資料下載服務。瑞典航太公司為衛星操控服務市場的主要領導廠商之一，其已具有的全球衛星地面站網絡的優越地理位置與分佈，對於尋求合作夥伴及進行國際衛星操控服務市場，均是一個具關鍵角色的廠商。

挪威 Kongsberg Satellite Services(KSAT)由挪威最大商業集團 Kongbergs Group 與挪威政府共同合資成立。其最大的特色為擁有位於北緯 78 度 Svalbard 島上的衛星地面站，此地面站為全球最高緯度的衛星地面站設施，對於極軌道衛星可以有完全的涵蓋。

4.2 海外站系統架構及運作

福衛二號自 2004 年升空後短短一年已做出多項重大貢獻，包括台灣的七二水災、艾利颱風及納坦颱風等，國外的南亞海嘯等，均提供即時清晰的高解析度衛星影像，對災害研判及救災工作發揮莫大助益，獲得國際上相當的重視與肯定。在國外市場方面，與 SpotImage 簽署獨家經銷合約，並在北極建置接收站。瑞典 kiruna 接收站已於 5 月 1 日正式加入營運的行列，今後衛星影像資料除在台灣下傳外，亦可在北極接收站下傳，大幅提升福衛二號全球營運的能力，如圖 8 所示。

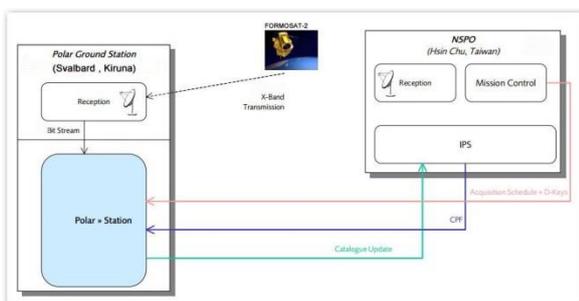


圖 8 瑞典接收站影像資料回示意图

太空中心在挪威 95 年完成設置福衛二號北極第二接收站(F2KSAT)，以因應福衛二號全球營運的需求。此接收站系統採用分散式架構，接收天線及前端處理器系統(Data Ingestion System, DIS)設置在北緯 78 度的斯瓦巴群島(Svalbard)上，可進行影像資料擷取。而影像處理終端機(IF2T)則設置

在挪威本土北緯 69 度的特羅姆瑟(Tromso)地區，可進行影像資料分類、查詢、管理與影像產品製作。Kongsberg Satellite Services (KSAT)是一個全球領先的商業衛星中心，在特羅姆瑟及斯瓦巴群島皆設有地面站。KSAT 支援福衛二號影像接收、原始資料及影像產品處理，而系統設備維護和檢修則由本中心和維護商負責。圖 9 為挪威站影像處理終端機系統架構圖。

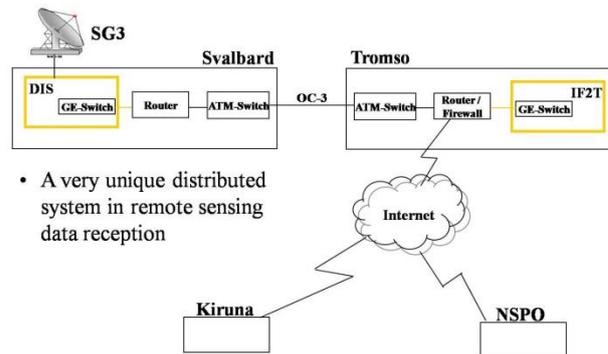


圖 9 挪威站影像處理終端機系統架構圖

4.3 資料回傳及未來規劃

有鑒於海外站下載後的影像資料需經由磁帶儲存後，再經由郵寄方式送回太空中心。雖然太空中心可對海外站影像處理系統進行遠端資料處理和操作，但對於大量及緊急事件的影像需求而言，時間刻不容緩，因此需要規劃更有效率的方式，縮短影像取得及製作時間。

福衛二號影像產品產製過程須經過取像、影像資料傳送回地面接收站、影像後製做處理、輸出等作業程序。福衛二號衛星與挪威 KSAT 公司配置地面衛星接收站，當衛星繞行至此地面站之通訊涵蓋範圍時，福衛二號攝取之影像始得以傳回地面，受限於地面接收站通訊涵蓋範圍之限制與配合地面工作人員上班時間之考量，臺灣以西之影像得等到隔天上午 10 時衛星通過臺灣上空時，方能下載至地面，進行後製處理。遇重大事件時，雖可安排地勤人員於夜間接收衛星資料，但影像畫面取得時間也是 12 小時之後。

由於位在北歐 KSAT 的地面接收站距離衛星經過台灣上空的時間，只有兩個小時至兩個半小時

之間。原先資料接收後，經由一般網際網路頻寬回傳檔案，傳送速率比學術網路來得慢。若經由學術網路傳回台灣，可縮短資料回傳時間，將可大幅提升影像產出之時效性與市場價值，同時可提高災害影像供應效率。

5. 巨量資料應用於影像災防與營運系統

5.1 系統簡介

福衛二號自 2005 年發設至今已累計相當龐大的巨量影像資料，這些 archive 儲存的資料除了提供客戶針對歷史影像訂購產品訂單或是緊急救災時可快速提供災前災後影像比對外，目前尚無任何用途；加上原本太空中心規劃影像產品訂單時，國外客戶統一由法國廠商進行銷售，國內客戶統一由四個分送中心(台灣大學、師範大學、中央大學與成功大學)進行銷售處理，但是隨著時代潮流變遷，太空中心之經營策略已由過去銷售模式漸漸將改為中心自行營運銷售，除了既有的代理商策略外，亦自行發展營運模式。

為達成太空中心自行影像營運銷售策略，首先中心需具備有可對外自行銷售的能量，首要之務即是建置對外影像查詢系統與銷售系統等可供民眾自動化查詢與訂購。

5.2 處理流程

建置對外影像查詢系統與銷售，共分為兩部分進行，其一為將目前福衛二號既有影像處理系統作業流程精進，使其能自每日衛星影像接收後便能進行自動化影像後處理作業，以取代原本繁瑣需人工介入操作作業流程，如此一來，當客戶有緊急需求或是災害發生期間，影像後處理的作業效率將影響防救災的即時性，如圖 10 所示。

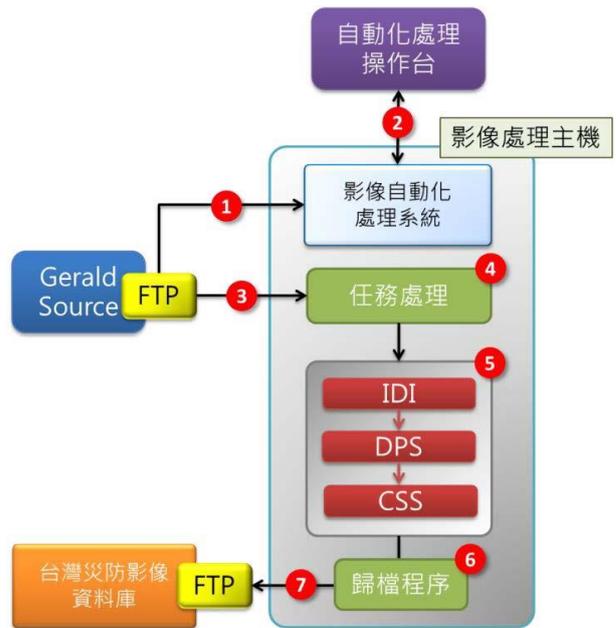


圖 10 自動化影像處理系統流程示意圖

建置對外影像查詢系統與銷售另一部分為，將上述的自動化影像後處系統完成後，將影像產品的詮釋資料與快覽圖匯入台灣災防與影像銷售資料庫，再透過另行建置的影像查詢系統查詢影像產品或正射影像資料，使用者經過授權後即可即時查詢最新影像資料，並將有興趣的影像產品經由檔案配送等相關功能進行訂購服務，如圖 11 所示。

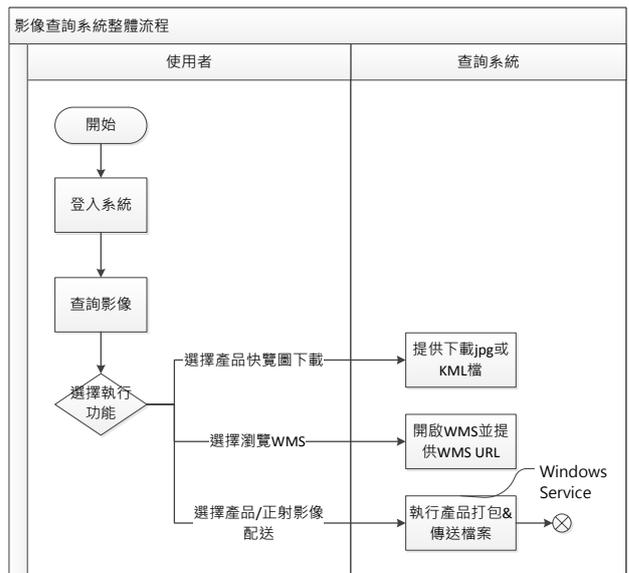


圖 11 影像查詢系統整體流程

5.3 成果與應用

當每日福衛二號影像自台灣接收後，即可自動化進行影像後處理，並將結果匯入至台灣災防與影像銷售資料庫，除了可讓使用者利用影像查詢系統即時查詢產品與正射資料外，亦可提供當災害發生時災防單位進行相關的災害防救災工作，而災後亦能提供相關研究單位進行災害分析與研判；目前該系統已建置完成，但使用者現階段為太空中心內部人員使用，待對外服務政策與相關配套措施如資訊安全或網路架構建置完善後即可進行對外銷售服務，如此一來針對太空服務又增添了多元性。

6. 結論與未來工作

6.1 結論

2004 年福衛二號發射後至今，對於平均每月發生一次之國際大型災害事件，幾乎每次都以前一時間拍攝到影像。例如：2004 年南亞海嘯、2006 年吉尼號漏油、2006-2008 年支援國際極區年 (International Polar Year, IPY) 進行極區影像拍攝、2007 年美國南加州大火、2008 年威爾金斯冰架崩解、2008 年四川強震及 2011 年日本強震，反映了福衛二號這許多來所拍攝的影像在國內外造成衝擊的事件及成效。福衛二號在全球發生重大災害時，第一時間提供受災地區緊急影像拍攝服務及資料，為臺灣在國際人道救援上盡一分心力。衛星影像可以配合勘災、賑災、重建等作業，而操作團隊間首重互相學習、交換訊息、建立默契。福衛二號災後取像總是快速反應，透過這些整合後的巨量資料運算平台，更能有效地提供最新及歷史影像資料供研究分析。經由運用此應用平台，海外接收站回傳檔案經由學術網路可縮短大檔案傳送的時間，並結合自動化的影像處理系統，更可大幅縮短資料的處理。可於最影像下載後約 4 小時之內可提供給使用者影像資料，尤其在提供災害等相關事件影像，更是分秒必爭。太空中心參與國家災防中心召集的空間情報任務小組，經常支援國內災害的拍攝與資料提

供，例如：颱風汛期、地震及高雄氣爆等事件。顯示使用此應用平台所帶來的影像加速處理，對災害救援及後期建置有實質的時效性助益。

6.2 未來工作

近年來迅速發展的雲端運算技術係利用電腦網絡群集，具備快速儲存、處理巨量資料的能力，這種技術可以集合使用數以百萬計的電腦各種資源，包括硬體、軟體以及資訊資源，不論是在虛擬化或是平行運算，都比過去有著更低成本及更高效能的特性，同時可解決短時間產生的巨量資料帶來的諸多問題。

在將福衛二號衛星影像有系統的統整儲存規劃後，未來將研究進行雲端分散式運算技術評估取代傳統的儲存方式的可能性，希冀藉由雲端系統的可行性評估研究，了解如何運用雲端技術對巨量影像資料進行有效的儲存與管理，規劃福衛二號衛星影像私有雲之軟、硬體架構與大量影像資料儲存、管理、分析以及提供線上服務，並為未來福衛五號之儲存管理機制預先準備，以作為預備日後進一步導入雲端技術。

參考文獻

- 顏君毅，張中白，2007，遙測影像技術與勘災／防災應用，國土資訊系統通訊第六十一期期刊。
- 周士傑，2012，以雲端分散式運算技術儲存福衛二號巨量影像之可行性研究，國家實驗研究院國家太空中心。
- 陳靜盈，2012，影像處理系統流程自動化及台灣災防影像查詢系統技術報告，國家實驗研究院國家太空中心。

The Application of Big Satellite Image Data Platform

Sheng-Yun Yan ^{1*} Chin-Yin Chen ²

ABSTRACT

FORMOSAT-2 satellite was launched from Vandenberg California, United States on May 21, 2004. The satellite joined mission orbit on June 2, 2004 and photo the first image on June 4, 2004. FORMOSAT-2 satellite has the higher orbit and more viewer, so FORMOSAT-2 images the same places on the surface of the earth at the same time every day.

Image Processing System (IPS) is independent research and development on NSPO. The system is modified for special case and is known clear how to verify user requirement.

There are the big image data on FORMOSAT-2 satellite from 2004 to present. It is important how to plan, store and reuse to media conversion for these big date.

Keywords: FORMOSAT-2 satellite 、 Big Data 、 Remote Backup 、 Media Conversion

¹ Associate Research Fellow, National Space Organization, National Applied Research Laboratories

² Assistant Researcher, National Space Organization, National Applied Research Laboratories

*Corresponding Author, Phone: 886-3-5784208 ext.1581, E-mail: ysyun@nspo.narl.org.tw

Received Date: Aug. 19, 2013

Revised Date: Dec. 31, 2013

Accepted Date: Dec. 24, 2014