

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

適用於異質無線網路環境之前瞻 MoIP 手持裝置 SoC 設計 (1/3) 期中進度報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 95-2220-E-002-024-
執行期間：95年08月01日至96年10月31日
執行單位：國立臺灣大學電子工程學研究所

計畫主持人：吳安宇
共同主持人：逢愛君、黃寶儀、顧孟愷、簡韶逸、黃鐘揚
魏宏宇

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 12 月 13 日

目錄

一、 摘要	3
二、 計畫緣由與目的	3
三、 研究方法及成果	4
3.1 低耗電定位系統	4
3.2 適用於室內定位系統之粒子濾波器硬體設計	7
3.3 視覺導向錯誤補償之硬體架構設計	11
3.4 多媒體無線網路的傳輸演算法設計	16
3.5 聯合式訊源與通道編碼	20
3.6 ESL 系統平台建置	22
四、 結論與自評	25
五、 發表論文	25
六、 參考資料	27

適用於異質無線網路環境之前瞻 MoIP 手持裝置 SoC 設計

SoC Design of Advanced Multimedia-over-IP Handheld Device for Heterogeneous Wireless Network Environments

計畫編號：NSC 95-2220-E-002-024

執行期間：95 年 8 月 1 日至 96 年 10 月 31 日

計畫總主持人：吳安宇 台灣大學電子所教授

一、摘要

因應科技的日新月異及網路使用者日益增加，網路使用型態將不再侷限於書桌或辦公室，勢必會發展成隨時隨地都能行動上網，所以無線網路可以取代現有的有線網路。近來更因為 WiFi (802.11a/b/g/n) 以及 WiMAX (802.16/16e) 的崛起，都會區隨處可無線上網的願景指日可待。待都會區 WiMAX 佈建完成之後，上網也將不只是瀏覽網頁、收 Email 而已，將來會有更多的多媒體服務提供給使用者使用。為了順應潮流的發展，我們以跨越時代的想法去開發新架構，使得多媒體資料能在高品質的保證下傳輸 Multimedia-over-IP (MoIP)。因此，如何在異質網路(Heterogeneous Networks)間持續提供良好的服務品質(Quality-of-Service; QoS)，將是未來極具挑戰的議題。

本計畫團隊針對此議題，並配合晶片系統國家型科技計畫的第二期規劃主軸—創造優質生活之兆級多元化整合技術，提出前瞻性適用於異質網路之多媒體即時影音對講服務之規格制定計畫。預期研發之關鍵技術包括：(1) 低耗電定位系統，(2) 適用於定位系統之粒子濾波器硬體設計，(3) 多媒體無線網路的跨層設計，(4) 具有錯誤遮蔽 (error concealment) 功能的 H.264 視訊編解碼器，以及 (5) 電子系統層級 (Electronics System Level) 軟硬體共同設計與驗證等等。

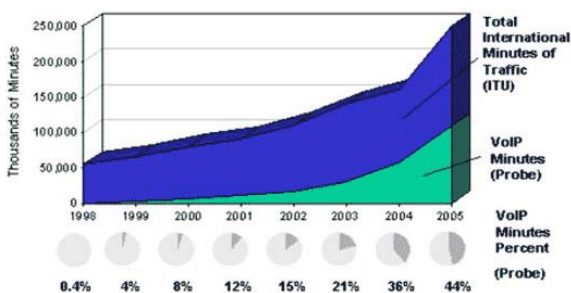
在過去一年中，我們已完成低耗電定位

系統的設計，並對粒子濾波器和視覺錯誤補償的演算法及硬體做了初步的探討及設計，提出了一種在無線網路上能夠提高多媒體資料 QoS 傳輸的架構，並在 ARM-Based 架構的虛擬處理器上，發展一個初步的虛擬平台。本報告的第二部份將簡單的介紹一下當初提出本計劃的背景與目的，第三部份會針對每個研究成果作詳細的報告，最後是結論與計畫自評，相關發表論文，以及參考資料。

二、計畫緣由與目的

隨著多媒體技術、寬頻技術、以及半導體製造技術的進步，多媒體傳輸通訊的時代已經來臨。舉凡影像電話、視訊會議、數位電視、網路電視、網路視訊串流、隨選多媒體等應用如雨後春筍般出現，這些商機也多半是國內各大 IC 設計公司的努力方向。日前 eBay 以 41 億美元高價購入 Skype 的舉動，更間接證明了類似 Skype 這樣提供高品質 Voice-over-IP (VoIP) 服務的需求。近來更因為 WiFi (802.11a/b/g/n) 以及 WiMAX (802.16/16e) 的崛起，都會區隨處可無線上網的願景指日可待。待都會區 WiMAX 佈建完成，不僅是 Voice-over-IP (VoIP)，其延伸之 Multimedia-over-IP (MoIP) 服務預期將會是現有有線及行動電話業者的一大勁敵。International Telecommunication Union (ITU) 日前統計，2005 年之後 VoIP 的技術將會佔有國際電話市場超過 40% (如圖一所示)。再者，無論是現有的 WiFi、3G

以及未來 WiMAX，都將以 IP 的技術建構其網路，以形成一個 All-IP 的網路架構，如此一來，無論是 VoIP 或是 MoIP 勢必都將在此不同類型的異質型無線網路上運作。因此如何在跨網路間持續提供好的服務品質 (Quality-of-Service, QoS)，也將是未來極具挑戰的議題。本團隊認為未來行動通訊市場對 MoIP 手持裝置 (MoIP Handheld Device) 的需求可期，因此，MoIP 手持系統上關鍵矽智財與應用軟體之開發與 SoC 設計將成為產、官、學、研所矚目的焦點。



圖一 國際 VoIP 電話市場佔有率

相對於目前 MSN 和 Yahoo Instant Messenger 所提供的免費語音/視訊電話服務，Skype 的成功在於：(a) 語音編碼技術的改進，(b) 穿越 NAT 和 Firewall 的能力，(c) 智慧型路由機制。Skype 宣稱他們的系統可以選擇最佳路徑，並經由此路徑有效地傳遞語音封包，這種技術稱為 QoS Routing。QoS Routing 技術原本是為了延伸現有的 IP Routing，在網路層提供具服務品質之封包遞送。目前網際網路的領域中，已有相當多研究企圖解決此一議題，並實作在如 Internet2 和 MPLS 之系統中。不同於 Internet2 和 MPLS 將 QoS Routing 機制寫入網路層 (Network Layer) 和接線層 (Link Layer) 中，Skype 是將 QoS Routing 的想法，利用疊加層網路 (Overlay Network) 的架構，實現在應用層 (Application Layer) 的

運作中，而不需改變任何的網路核心元件 (如路由器)。在目前文獻有關疊加層網路 (或應用層) QoS Routing 的研究中，當網路使用者大量增加時，絕大部分的機制都會造成大量的控制封包，進而使網路的運作癱瘓。預期未來使用普遍化，使用者數量攀升，可能遠超過目前 Skype 上二百多萬使用者同時在線的情況。如何在網路軟體與硬體技術上提昇，以維持系統在異質網路上的通話品質，是目前 MoIP 發展的最大挑戰，也是本計劃研發的重點。針對此部分的問題，本計畫將藉由創新的網路與編碼技術，以及跨層最佳化 (Cross-Layer Optimization) 的方式，提出更有效率之解決方案。

本計畫 NTU Location-aware Cross-layer Optimized MoIP SoC Design (N-MoIP) 的研發重點便在於『位置感知型跨階層最佳化 MoIP SoC 設計』，而方法上有別於一般傳統分層分工的架構。我們的主要訴求在於提供硬體層與軟體層間相關技術模組的互動，來達到跨層共同設計與最佳化 (Cross-Layer Optimization) 的效果。預料在整合本計畫所開發的矽智財、軟體智財並制定規格後，將整合開發出效能遠高於其他公司產品的多媒體傳輸系統；亦即在相同的網路情況及多媒體資料來源的情形之下達到更佳品質的多媒體傳輸，而能進一步創造可觀的產值。

三、研究方法及成果

3.1 低耗電定位系統

3.1.1 低耗電定位系統介紹

省電和定位準確度常常是兩個互相矛盾的目標。我們在此提出一種考量耗電量的定位系統。此系統能夠針對追蹤目標的移動狀況來動態調整取樣速率，以降低能量消耗且不大量犧牲定位準確度。我們設計了一個以訊號強度比對為基礎的定位方式，實作出一定位系統並對其效能作出評估。在滿足使用者對定位準確

度的要求下，我們試著動態調整取樣速率以降低能量消耗。我們提出的定位方式主要有三方面的貢獻。

(1) 我們建立了一個模型，此模型能夠預測追蹤目標在不同的移動狀況、定位系統的估計誤差、定位系統中的運算和網路延遲以及定位資訊的取樣速率下，一真實運作的定位引擎所會產生的定位誤差。

(2) 在一個真實的測試環境中，我們所提出的省電方式藉著附加的感測器，可解決估計移動狀況時產生誤差的問題。測試結果顯示我們可以提升預測準確度高達37.01%。

(3) 我們在一個真實運作的定位系統中實作了我們的省電方式，並在一個真實的辦公室環境進行效能評估。結果顯示我們的方式可以降低功率消耗達49.76%。

3.1.2 問題說明

給予一個追蹤目標 O 和可忍受的定位誤差 D (以距離計算)。定位誤差定義為實況位置與定位引擎回報的位置的相差量。

問題陳述：對於一個追蹤目標 O ，指定其定位誤差可容受度 D ，建立一個省電的方式能夠達到最大的省電度又使定位誤差超出範圍 D 的機率降到最低。

我們的省電方式是基於一個定位誤差模型，動態地調整定位資訊的取樣速率以減少耗電量。我們的取樣速率調節機制透過安裝在識別器上的感測器，可準確預測追蹤目標的移動狀況。需注意的是沒有任何預測機制是百分之百準確的，所以偶而超出指定的定位誤差範圍是有可能的。此省電方式的目標是把超出指定誤差率降到最低。

效能指標：根據以上的問題，我們定義了以下兩個評估效能的指標：

耗電量：使用此省電方式，定位系統在定位一移動目標所需之耗電量。

超出指定誤差率：定位系統之定位誤差超出指定可容忍範圍的機率。

3.1.3 低耗電取樣設計與實作

我們開發了三種省電方式以計算休眠時間長度：

- (1) 週期性取樣法
- (2) 適應性取樣法
- (3) 感測器輔助式適應性取樣法

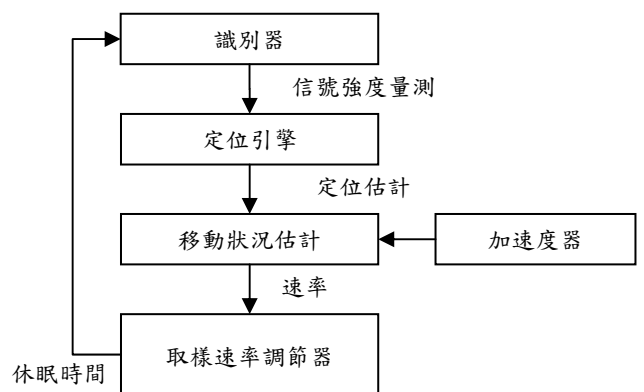
此三種方式詳細描述如下：

(1) 週期性取樣法

此方法在不考慮追蹤目標的移動狀況下計算出一固定的休眠時間。假設目標物的移動速率為一固定值，可用公式1計算出一固定的休眠周期。此一假設速率值應為一快速移動物件的保守估計速率。例如，若追蹤目標是在辦公室環境中的一個人，其速率應設定為一在快速步行的辦公室職員的移動速率，大概是每秒1.5米。

$$sleep_time = \frac{(error_tolerance - estimation_error)}{target_velocity} - pn_delay \quad (1)$$

以一個保守估計的速率(移動速率的上限)來周期性取樣，可以達到很好的一致率。可是，在我們的實驗中顯示，這種做法同樣也有更高的耗電量。由於周期性取樣沒有預測使用者即時的移動狀況，此一固定的休眠時間很有可能低於根據追蹤目標當前的移動狀況所計算出的最佳休眠時間長度。



圖二、低耗電定位系統架構

(2) 適應性取樣法

此一方法是根據一固定速率模型去預測

追蹤目標當前的速率。當前速率是由最近兩次位置估計值及其估計時間透過以下公式計算出來的：

$\begin{aligned} &target_velocity \\ &= \frac{position(t_i) - position(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}} \end{aligned}$	(2)
---	-----

此預測方法一個潛在的問題在於，定位引擎上的一點估計誤差就能明顯影響速率的預測準確度，以致高估或低估了移動速率。其中一個例子是，假設我們嘗試定位一目標以正常移動速率經過一辦公室大樓走廊。由於我們的定位引擎會產生估計誤差，以我們的實驗觀察，其定位誤差有80%的可以維持在4米內。假如在某一時刻下，定位引擎估計目標的位置在座標(10, 10)，若定位引擎此時不夠靈敏，在下一時刻仍將目標估計在同一位置上，預測出來的移動速率則為零。把此速率代入公式2，可得到無限大的休眠時間，代表追蹤目標的識別器會永遠關閉其無線傳輸介面，這顯然是錯的。就這種特例來看，為避免預測錯誤或追蹤目標會突然靜止的狀況，我們需要設定一休眠時間上限，以防止識別器休眠太久而使得定位誤差超出了誤差容忍範圍。

另一種可能的情況是，定位引擎在兩次連續的預測位置誤差在不同的方向。假如最近一次估計的位置是(20-誤差值, 20)，而在一秒前的其上一次估計位置是(21+誤差值, 20)，則預測速率會被高估了2倍的誤差值。若此誤差值很大，則代入公式2後會得到一接近零的休眠時間。由此看來，我們需要設定一下限以防止休眠時間太短，以致大幅增加無謂的耗電量。

關於上限和下限的選擇有許多的方法可以得到。一個可能的方法是使用者提供一合理的定位目標移動速率限制。例如，若目標是人，則我們可以一個人快速跑步的速率作為上限。另一個可能的方法是透過觀察定位目標的移動模式以得知其移動速率的上下限。我們可以先選定一保守的上下限，再一步步透過觀察

調節到更理想的數值。

(3) 感測器輔助式適應性取樣法

感測器輔助式適應性取樣法可以解決由定位引擎本身的定位誤差，所影響到的移動狀況估計，尤其是在所追蹤物品並沒有移動的時候。而在物品靜止時，定位系統同時也擁有更高的機會可以節省耗電量，此同時也是適應性取樣法的最主要目標。

以典型使用電腦辦公的職員為例，大部分的時間職員們都是坐在電腦前面，也就是說他們的移動量或移動的速度都是接近於0。同時因為定位引擎所提供的估計值具有誤差，這些估計的位置將可能會在每一次的取樣後移動2至4公尺。假設休眠時間設定為2至4秒鐘，系統將會估計出物品以1公尺/秒的速度移動。為了解決此問題，我們尋求使用低價格且低耗電的感測器來協助估計物品移動狀況。

我們所選擇的感測器為加速度器。經由比較加速度器讀值是否持續超過某一移動門檻值後，此結果可被視為物品是否有移動的指標。如果此指標顯示物品為靜止，識別器可繼續被設定為省電休眠狀態；如果此指標顯示物品在移動，則使識別器開始依上一節所提出之適應性取樣法進行定位系統取樣。

3.1.4 效能評估

我們對於週期性取樣法及適應性取樣法進行了數項實驗以比較並評估適應性取樣法的效能。我們在實驗中調整了兩項影響參數，分別是(1)指定的誤差容忍值及(2)所追蹤物品的移動程度，並在實驗中量測及比較單位耗電量及超出指定誤差率。

實驗的環境如圖三所示。圖上三角點為信標結點放置處，約各自距離6公尺遠。目前所使用的識別器硬體則如圖四所示

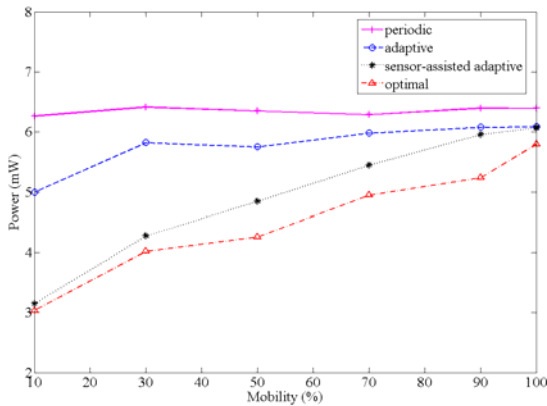


圖三、實驗環境



圖四、識別器及信標結點

在實驗期間，所追蹤目標會戴上識別器並在斜線區域內進行活動，這些區域包括了走廊、會議室、實驗室及廁所。實驗並測試了追蹤目標各種不同的移動程度。



圖五、在不同移動程度下之耗電量，指定之誤差範圍為7公尺

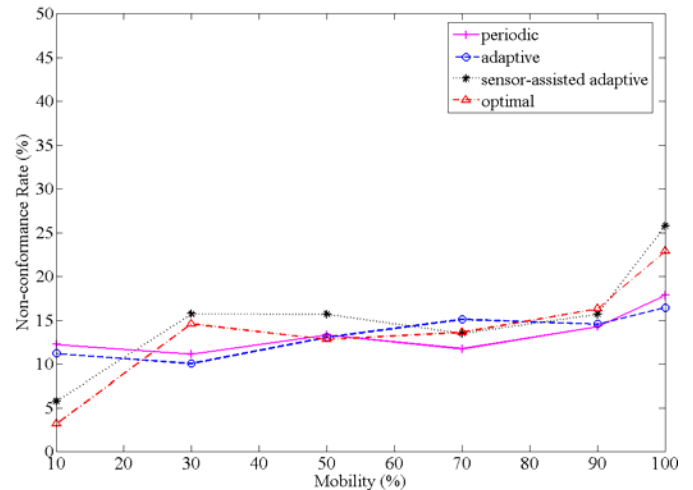
我們在實驗中加入了第四種於理論上可最佳化耗電量的方法。我們可由追蹤物品的真實速度及定位誤差模型計算出識別器的最佳休眠時間及最低耗電量，此方法可當作一標準與另外三種節省耗電量方法進行比較。

第一組實驗是於不同移動程度下比較四種省電方法(最佳化、週期性取樣、適應性取樣、感測器輔助適應性取樣)。此四種方法的耗電

量如圖五所示，其效能表現比較如下：

- ◆ 在這三種省電方法中，週期性取樣的效能最差，適應性取樣次之，而感測器輔助取樣法則擁有最佳的效能。在10%移動程度下，感測器輔助取樣法之耗電量較週期性取樣法大幅減少達49.76%，在90%移動程度下也可減少6.88%之耗電量。與適應性取樣法也分別可減少37.01%及1.97%。
- ◆ 對於適應性取樣法及感測器輔助適應性取樣法，耗電量都隨著移動程度增加而增加。此現象是因在較高的移動程度下，為達相同的誤差容忍度，則需要較高的取樣頻率，也因此造成了較高的耗電量。
- ◆ 對感測器輔助適應性取樣法而言，較週期性取樣法減少的耗電量可隨移動程度降低而增加。此現象是因週期性取樣並未完全利用所有可省電的機會，尤其是在低移動程度時，追蹤目標在大多時間都是處於靜止狀態。

圖六顯示了四種省電法在不同的移動程度下的超出指定誤差率。此四種方法均可在省電的狀況下，將誤差維持在一定的容忍值。



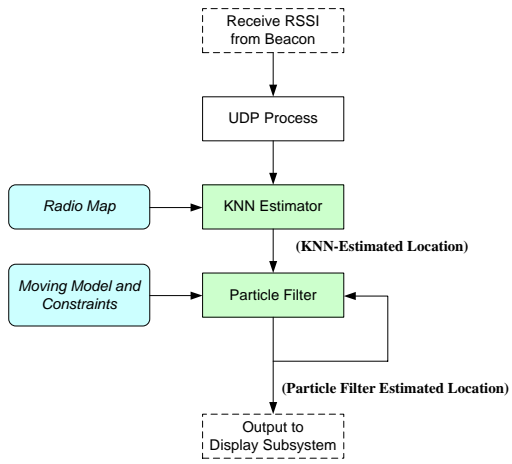
圖六、在不同移動程度下之不一致率，指定之誤差範圍為7公尺

3.2 適用於室內定位系統之粒子濾波器硬體設計

3.2.1 前言

在本計劃中，我們計畫開發一個以無線網

路為基礎的定位系統，以提供使用者即時的位置資訊，並藉此定位系統來提供使用者位置感知之網路服務。但是傳統的 GPS 只能適用於室外，在室內由於收不到衛星的訊號，故無法使用，於是我們採用了一種以比對訊號強度為基礎的定位系統。其流程圖如圖七所示：



圖七 定位系統流程圖

在我們的系統中，我們在天花板上佈置了許多 Beacon，當人帶著 tag 行走時，每隔一段時間就會從每個 Beacon 接收到不同的訊號。之後再根據所收到的訊號強度以及訊號的來源，比對事先建好的位置與訊號強度關係的資料庫，找出 K 個最近的點，平均之後得出人目前所在的位置。然而，由於無線訊號在空間中傳遞的時候，其訊號強度與距離的關係並非是一個固定的公式，而會隨著環境的不同而有很大的變化，例如環境中人的多寡、附近的門是否開啟、或者說是否有金屬物體等等，這些因素都會影響到同一個位置所收到的訊號強度，進而影響到定位的準確度。於是我們採用了粒子濾波器(Particle filter) [20][21][22]來改進預測的準確度。然而粒子濾波器運算量高，如果單純用軟體來算的話會有耗電量過大及計算時間過長的問題。因此我們打算設計粒子濾波器的硬體，以增進系統的省電效能，同時使得定位結果更準確。

3.2.2 研究目的

設計一個適合室內定位系統之粒子濾波器的硬體，以改善定位系統的準確度並增進系統的省電效能。

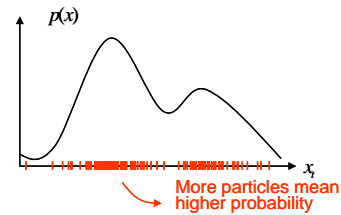
3.2.3 研究方法

在本段中，我們首先針對粒子濾波器的演算法做初步的介紹，接下來介紹初步的硬體架構設計以及成果。

在圖七的流程圖中，所謂 KNN Estimator 即是將比對訊號強度所得到的 K 最近的點，平均之後得到位置的估計值。然而，這個估計值僅和當時收到的訊號強度有關，萬一訊號強度受環境影響突然有很大的變化，所估計出來的位置和前一個時刻的位置可能會產生不合常理的情況，例如距離過遠等等。

而粒子濾波器則可有效的避免這種不合理的狀況，因為在粒子濾波器中，除了初步估計的值之外，我們再加入人的移動系統模型，和量測模型等資訊，以機率統計的方法，做出更準確的估計。

粒子濾波器[23]主要是用一些粒子以及相對應的權重去描述一個我們想要估計的機率分布，如果在某個區域的粒子密度越高，或者那邊的權重和較大，代表著我們所要估計的值越有可能落在那個範圍，如圖八所示。



圖八 粒子與機率關係圖

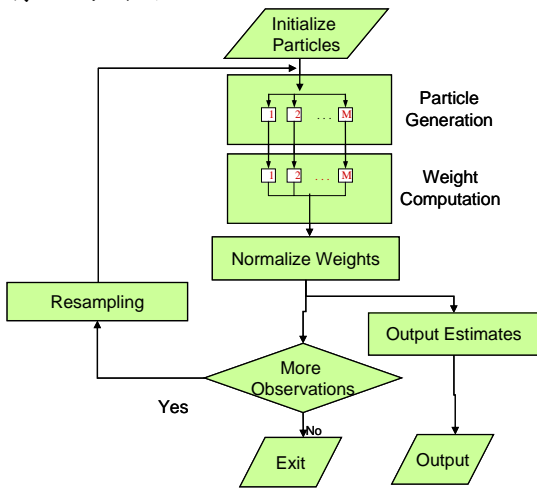
粒子濾波器整個運作流程圖如圖九，在初始化各粒子一開始的位置後，中間主要分成以下四個步驟：

1. 粒子產生(Particle Generation)：根據系統模型，預測下一個時間點粒子可能所在的位置。
2. 權重計算(Weight computation)：當

收到一個量測值後，根據這個量測值以及量測模型來判斷粒子在預測位置的機率，機率越高，代表計算出來的權重會越大。

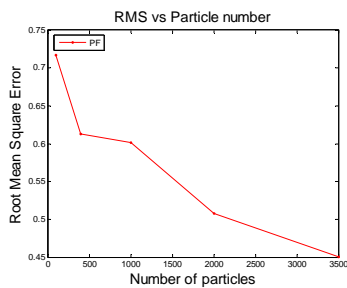
3. 權重正規化(Weight normalization)：將所有權重正規化，以方便輸出的計算以及做重新取樣。

4. 重新取樣(Resampling)：由於粒子濾波器在經過幾次循環後，會發生所有的權重都集中在少數幾個粒子上的情況(Degeneracy)。為了避免這個情況，我們必須對所有粒子做重新取樣的動作。將權重比較大的粒子打散成幾個權重比較小的粒子，而將權重比較小的粒子直接捨棄掉。這樣才能夠把我們的計算資源做最有效的利用。



圖九 粒子濾波器流程圖

由於粒子濾波器是用一些離散的粒子去描述一個連續的機率分布，為了達到更高的準確度，我們必須使用更多的粒子，如圖十的模擬圖所示。

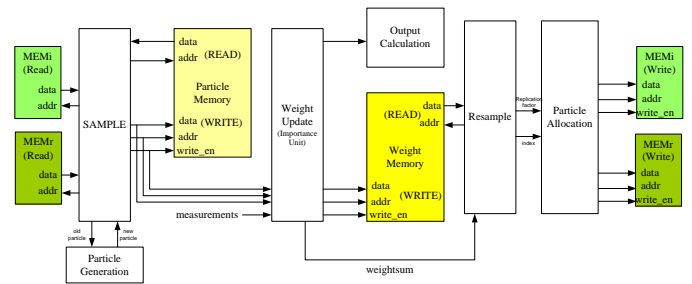


圖十 粒子數目 vs. 估計準確性

使用更多的粒子代表著計算量越多，每次循環所需要的時間就越長。但是，為了增加準

確度，我們必須盡量縮短每次循環的時間。因此，我們計劃用硬體去加速粒子濾波器的運算，使得運算速度可以讓我們使用更多的粒子，同時又可以縮短每次估計所需的時間。

我們參考[24]，設計出來的第一版架構如圖十一所示。其中彩色的部份是memory，最右邊的兩個memory和最左邊兩個memory是同樣的。在這個架構中，首先SAMPLE模組根據前一個時刻Resample之後所得出的資訊，從Particle Memory中讀取要被複製的粒子，根據系統模型預測了該粒子下一個時刻的位置，之後再把該粒子的資訊寫回Particle memory。如果該粒子要被複製多次，那麼多餘的粒子會根據MEMi所儲存的資訊，直接覆寫到因為前一時刻的權重太小而必須被捨棄的粒子上。



圖十一 粒子濾波器硬體架構圖

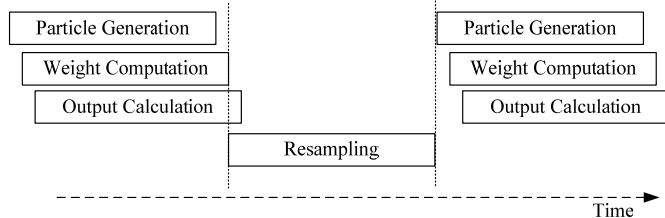
當一個粒子的下一個時刻位置預測出來後，就可以根據所收到的量測資料，和量測模型，推算出該粒子在該時刻該位置的可能性有多大，也就是算出該粒子的權重，如果該粒子在該位置所應該收到的量測資料和實際收到的量測結果很接近，那麼該粒子的權重就會比較高，反之亦然。此為IMPORTANCE模組的功能。

在得到每個粒子的權重之後，接下來就是重新取樣，RESAMPLE模組會根據每個粒子之權重大小，決定每個粒子是因為權重太小而要被刪除，或者因為權重較大而被複製。最後RESAMPLE模組會產生應該要被複製粒子的index以及要被複製的次數，分別存在圖十一中右邊的MEMi和MEMr裡面。當Resample結

束後，便由 SAMPLE 模組開始根據 MEMi, MEMr 裡面的資訊，繼續下一個循環的粒子產生運算。

另外還有一個 OUTPUT GENERATION 模組，其主要功能是將所有的粒子以及權重，做加權平均，以得出本系統最後估計的結果。

在此演算法當中，因為一個粒子被產生出來之後馬上就可以推算它的權重，而權重計算出來之後便可以將這個粒子加入輸出的估計中，因此我們設計成管線化(Pipelining)的形式，以增加系統整體效能。然而，因為 Resample 需要全部權重的資料，所以 Resample 這一部份，在第一版中我們先將它完全獨立出來，如圖十二所示。



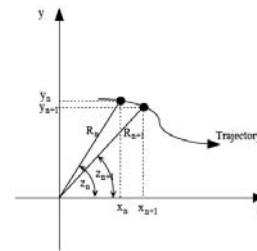
圖十二 粒子濾波器之 Pipelining

由於在很多關於粒子濾波器的論文中，都是用純方位追蹤(Bearings-Only Tracking)作為粒子濾波器的一個應用。因此我們的第一個版本將純方位追蹤的系統模型以及量測模型考慮進去，未來一年我們會再調整成適合於本計劃室內定位系統的模式。

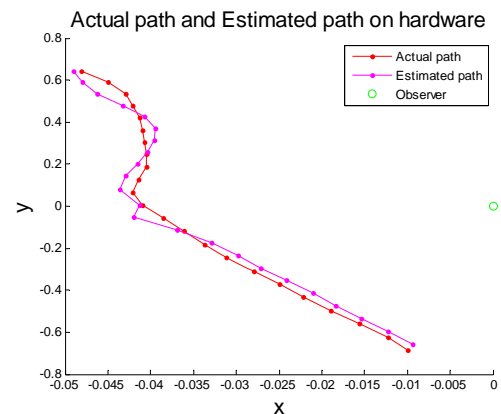
純方位追蹤(Bearings-Only Tracking)，顧名思義，就是當我們在對一個目標做追蹤的時候，因為某些限制，只能定期的收到目標的方位資訊，我們就根據這些方位的量測，進而預測出目標的位置。如圖十三所示：

我們採用了[25]裡的系統模型以及量測模型來進行我們硬體的驗證，在這個模型裡面，一開始的位置及速度是落在某個已知的範圍內，欲追蹤的目標基本上是採等速直線運動，實際上的速度變化則當成系統模型中的 noise 來模擬。我們所做出來的成果如圖十四

所示，圖中顯示了實際上的路徑以及估計出的路徑，我們可以看到兩者非常接近。

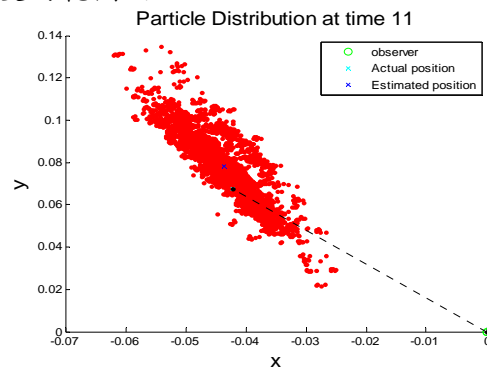


圖十三 純方位追蹤



圖十四 粒子濾波器硬體估計路徑與實際路徑比較

另外擷取某個時間點的粒子分布如圖十五所示，在圖十五中，觀察者在右下角，我們可以看到，相對於觀察者而言，粒子分布的角度範圍很小，因為如果某個粒子的角度和實際量測到的角度相差越多，表示這個粒子的可能性不大，亦即權重很小，而權重小的粒子在 Resample 的時候就極有可能被捨棄掉，故留下來的粒子的角度分布都會是集中在一個小角度的範圍內。



圖十五 粒子分布情況

3.2.4 結果與討論

在過去一年中，我們針對粒子濾波器的演算法做了一些瞭解，並成功設計出了第一版針對純方位追蹤問題的硬體。在未來的二年中，我們將設計出一個適用於本計劃室內定位系統的系統模型與量測模型，並把這些模型套用在粒子濾波器的演算法上，以完成適用於定位系統之粒子濾波器硬體的設計。

3.3 視覺導向錯誤補償之硬體架構設計

3.3.1 前言

本計畫之系統架設在無線網路上，需要做大量資訊傳輸。但受限於無線網路的頻寬有限，因此資料壓縮是不可或缺的。以現階段而言，H.264 是最有效率的壓縮工具，能以最小的頻寬傳輸品質最好的影片(video)。然而，無線網路很容易受到雜訊的干擾，而 H.264 標準中的 entropy-coding, intra/inter prediction 機制，會使傳輸中的影片很容易因為一個位元產生的錯誤，而擴散出去，對人眼視覺感覺不適。現階段而言，解決方法大致可分成以下三種：1. 重傳(Retransmission): 也就是重新傳輸發現是錯誤的封包。2. 錯誤更正碼(FEC)或多餘封包(redundancy packets): 這類的方法是藉由加入多餘的資訊在封包中，使錯誤產生時還有可能更正回正確的封包。FEC 就是在封包的開頭加上錯誤更正碼，當封包中的某些位元產生錯誤時有發現甚至有一定改正的能力。Redundancy packets 可以使得在某些封包遺失下還能還原。舉例來說，原本一個影片只需要七個封包就可以包含所有資訊，但我們可以加入額外三個封包，這樣在接收端我們只要收到這十個封包其中的七個就可以還原正確的影片。3. 錯誤補償(Error concealment): 雖然傳輸的過程中產生的錯誤會造成一些資訊的遺失，但可以利用正確接收的到部份來補償，包括空間(spatial)和時間(temporal)上的資訊。其中空間上的資訊指的是同一張影像(frame)上

的正確部份，而時間上的資訊是指前面幾張影像的正確部份。因為錯誤的部份跟鄰近影像有很大的相關性，所以可以利用周圍的資訊來補償錯誤的部份。以上三種方法，前兩種都會對本來就已經擁擠的無線網路造成更大的負擔，但在解碼器端的錯誤補償法卻不會，因此最後我們選擇錯誤補償法來處理傳輸過程中封包遺失或錯誤發生的情況。

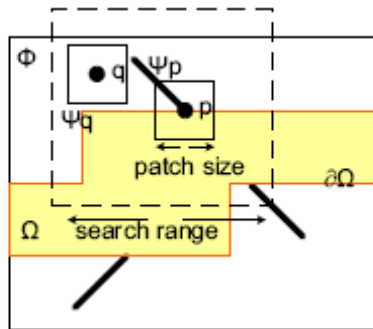
3.3.2 文獻探討

現今已經有很多人提出錯誤補償相關的演算法，大致可分成空間錯誤補償(spatial error concealment)、時間錯誤補償(temporal error concealment)以及同時使用上述兩者的空間時間補償法。

空間錯誤補償通常用來補償壓縮後的 I 影像(intra-frame)或者是當場景轉移(scene change)的時候，因為 I 影像沒有移動向量(motion vector)，沒有辦法直接跟前一張作對應，而場景轉移則代表前一張影像跟目前這張影像相似性不高，所以只能利用空間上的關聯性。而時間錯誤補償通常能得到比較好的效果，但是需要很好的去預測遺失的移動向量，通常使用在 P or B 影像上。若有時前一張影像也不見得能找到好的對應，所以就有所謂空間時間的補償法，來在兩者之間取得平衡。在這篇 paper 裡，我們主要是針對處理 I-frame 的演算法來做探討。

首先是 Wang et al. [26] 所提出的演算法，也是目前應用在 H.264 上的方法。作者利用錯誤的區塊 (Macroblock) 周圍正確的像素值來內插遺失的資訊，其權重反比於其與遺失位置的距離。Xu and Zhou 提出使用具有方向性的內插法，使得遺失區塊的方向性可以被還原 [27]。Agrafiotis et al. 把周圍區塊邊界的角度分成八個方向，計算角度分布的亂度，若亂度太大則為避免延伸出錯誤的邊界反而使缺陷更加明顯，就不會使用方向性的內插法 [28]。

在[29][30]兩篇論文中，周圍區塊會先依據像素值的分佈分類，然後會選擇適合的演算法來補償某一類的區塊。然而，以上這些演算法只能處理小範圍的遺失區塊，但都沒有讓大範圍的遺失區塊達到使人眼接受的程度。所以我們使用一個在電腦視覺領域發展多時的影像補償法，也就是” image inpainting”。



圖十六 Image inpainting 說明

這種演算法已經被很多相關論文證實錯誤區塊經過補償後，觀看者很難一眼辨認出錯誤的區域在哪裡。如同圖十六所示，對一張影像來說， Ω (圖十六中的黃色部份)是錯誤區塊所在的區域； $\partial\Omega$ (橘色部份) 是 Ω 的邊界； θ (白色部份)是正確區塊所在的區域。在 exemplar-based image inpainting演算法一開始必須要決定每個邊界點的先後次序(priority, $P(p)$)，利用以下公式：

$$P(p) = C(p) \times D(p) \quad (1)$$

其中 $C(p)$ 代表可靠度，是 p 點周圍點可靠度的平均值。對於正確區塊來說，其中每一點可靠度都起始為1，而錯誤區塊點可靠度則設為0。 $D(p)$ 是與周圍點分布有關的條件，和周圍邊緣(edge)強弱成正比。簡單來說，若周圍的邊緣越明顯，則 $D(p)$ 會比較大。Patch(Ψ)是這演算法的基礎運算元，其大小(patch size)由使用者來定義。它是以 $\partial\Omega$ 上的點為中心，張出長寬皆等於patch size的正方形。然後這個邊界點的

先後次序就是由這個小正方形裡頭的點來決定。每個邊界點所張出的patch的順位都決定好後，就由最高的開始補起找一個在正確區域裡最接近的patch。如同圖十六， Ψ_p 有最大的次序值因為有一個很明顯邊緣在附近，而 Ψ_q 是在定義好的搜索範圍之中，與它最接近的patch。用式子表示如下：

$$\psi_q = \arg \min_{\psi_q \in \phi} d(\psi_p, \psi_q) \quad (2)$$

其中 $d(\cdot)$ 是兩個 patch 間的距離函數，定義為兩者像素相減絕對值的累加(SAD, sum of absolute difference)。最後， Ψ_q 就會貼到 Ψ_p 範圍裡，並取代那些本來是錯誤的像素。並且會把那些位置的點之可靠度設成 Ψ_p 內所有點可靠度的平均值。同樣的步驟重複不斷的運作直到沒有任何沒有像素值的點就可以完成這個演算法，更多的細節可參照[31][32]兩篇論文。

3.3.3 研究目的

雖然 image inpainting 這個演算法能大幅改進錯誤補償的效果，但是卻無法滿足每秒三十張影像的即時運算需求(現在的演算法做一張影像需要的時間至少也要數秒，錯誤區域若比較大甚至要耗費數分鐘的時間)，因此需要硬體的加速。但原本的演算法要做成硬體會造成以下兩個問題：

1. 需要大量記憶體，成本太高
2. 執行時間和次數是不可預測的

這兩點使得硬體的設計極為困難，為此我們提出了一個以一個個區塊為基準的演算法，來降低記憶體的使用並把執行時間和次數控制在一定的數量上。重點是，也不會降低補償影像的品質。所以本研究的目的就是提出一個適於硬體的image inpainting演算法，使得錯誤補償即時運算的需求能被滿足，同時補償的結果能比現有的演算法使人眼更舒服。

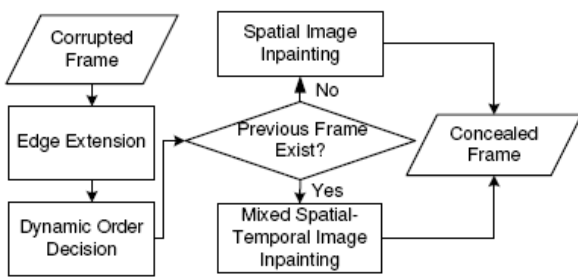
3.3.4 研究方法

圖十七是提出演算法的流程圖。由論文[33]，可知道如何預測錯誤區域的結構性(structure)對於錯誤補償是非常重要的。所以一開始我們提出了一個延長邊緣的機制，依據周圍正確區域的邊緣的方向性和強度來預測錯誤區域的邊緣並延伸出來。舉例來說，圖十八中的黑色點代表的就是依據周圍已存在的邊緣(實線)延伸出的邊緣點。有了這些結構性的資訊，就可以預先知道要先補那些點來維持結構性，所以公式(1)中的 $D(p)$ 就可以被省略簡化為公式(3):

其中 $|p|$ 是 Ψ_p 的面積。此外，為了更加減少硬體成本，image inpainting的流程不在是以整個錯誤區域為整體，而是分割成一個個區塊來處

$$P(p) = C(p), C(p) = \frac{\sum_{q \in \psi_p \cap (I - \Omega)} C(q)}{|\psi_p|}, \quad (3)$$

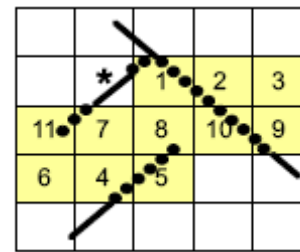
理。這樣的話，晶片內的記憶體就只需要存目前處理區塊附近一定範圍的資訊，而且運算所支援的遞迴也只需要支援一個小區塊的完成，比原先來得容易控制得多。



圖十七 我們提出之演算法流程圖

此外，為了維持邊緣的連續性，第二步動態決定目前要補償的區塊是不可或缺的。如同圖十八所示，只要我們從號碼較小的區塊補到號碼較大的區塊，並在每個區塊的補償過程中先從那些延伸出去的邊緣點開始，那麼這些邊

緣的連續性就可以像原本的演算法壓一樣連接起來。選擇完要補的區塊後，會開始spatial image inpainting 或 mixed spatial-temporal image inpainting依據前一個影像是否存在或有場景轉移的情況發生。但這張I影像是整個影片的第一張或者發現前一張影像跟這一張沒有什麼關聯性。也就是場景轉移產生時，會選擇spatial image inpainting，只會利用到目前影像的資訊來補償，反之則進入mixed spatial-temporal image inpainting，也就是同時利用空間和時間上的資訊。關於各項機制細節如下所述：



圖十八 邊緣延長.

1. 邊緣延長 Edge Extension

這個機制的目的是延長正確區塊內的邊緣到錯誤區塊中來得到結構資訊。由論文[34]我們可以得知，邊緣的強度和方向性可由Sobel邊緣偵測器計算出來。然後在正確區塊和錯誤區塊交界處，強度在3 x 3範圍內最大的點會沿著原本邊緣方向被延長到錯誤區塊內，延伸長度正比於其強度。

2. 動態區塊次序 Dynamic Order Decision

補償次序並不是依照 raster-scan的次序，因為那樣無法保證邊緣的延續。選擇區塊的方式改變為由有最強邊緣經過的區塊開始且最接近正確的區塊。以下是一些依循的規則：

- (1) 找出最靠近正確區塊的那一列
- (2) 計算這一系列裡每個區塊的次序值
- (3) 選擇次序值最高的區塊

次序值按照以下條件來決定：若那區塊只有延伸至正確區塊會以補償區塊的邊緣會最先處理；若有來自錯誤區塊延伸邊緣的區塊則會等周圍補完再補。若條件一樣，則以區塊裡面的邊緣點較多者優先。

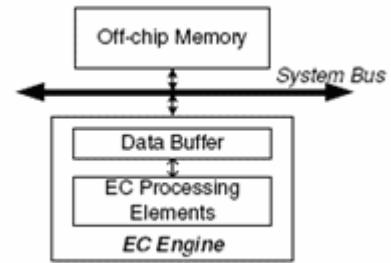
3. Spatial Image Inpainting

這個機制是要在沒有前一張影像的資訊下補償區塊的方法。首先，patch的長寬和搜索範圍要先定義，這部分會依據周圍區塊的特性而動態調整。舉例來說，當周圍的區域很平坦，邊緣不多時，長寬就可以設大一點，搜索範圍也可以小一點。反之，當周圍的特性很複雜，如細緻的花紋，這時長寬就要小一點來保存材質的特性。再來，為了要保持連續性和類似性，補償的流程會切分成三層。第一步會先從延伸出去的邊緣點開始找尋對應的patch，在來才是所有的邊界點，不過要貼上去之前會先檢查相減絕對值的平均值是否小於某個標準，否則則代表找不到相似的patch，自然就不會貼上去；剩下的點則以最好的對應貼上去。類似的步驟在每個錯誤區塊可以不斷重複，直到完全補償完畢為止。

4. Mixed Spatial-Temporal Image Inpainting

一般來說，前一張影像的資訊比目前影像錯誤區塊周圍區域相關性來得高。所以有前一張影像資訊的I影像應該要先選擇前一張影像的資訊來補償。為了維持空間上影像的連續性，patch的長寬要夠大，搜索範圍也限制在8 x 8的範圍，因為若使用patch的長寬太小容易產生前一張影像沒有的結構，而8 x 8的搜索範圍已經足以處理一般情形（I影像沒有移動項目可用）。在這演算法中，錯誤區塊會先以21 x 21的patch長寬來尋找補償16 x 16區塊的對應patch。如果差異太大，則會把原本的16 x 16區塊等分成4個8 x 8的區塊，並以11 x 11的patch size來找尋差異小於定義參數的對應。最後，如果還有未補償完成的區域，則會採取類

似C部份的演算法，把patch size切的更小，而且從邊緣點開始，至於補償資訊則可能來自目前影像會前一張的影像，看誰的差異比較小而定。



圖十九 用於硬體成本分析的硬體模型

表一
硬體成本比較

Method	Memory size(byte)	Iteration
[A]	50,688	1,828
[B]	6,656	1,828
[C]	6,656	851

3.3.5 結果與討論

● 硬體成本

首先，是硬體成本的比較，我們採用模型如圖十九所示。首先，錯誤補償機制會先從off-chip記憶體讀取需要的資料並存在on-chip暫存器中。存取的方法有兩種模式，一種是把整個slice所需的資料一次讀取進來的slice模式；種是指讀取目前所做patch搜索範圍內資料的模式，稱為MB模式。原本image inpainting演算法加上slice模式表示[A]實作法；若改加上MB模式則表示為[B]。而提出演算法配上MB模式則表示為[C]。分析的影片是” Flower”，CIF大小(352x288)，以H.264壓縮，且一個slice包含連續三列，總共有66個區塊大小，也就是如果有錯，一次會遺失66個區塊。在這哩，我們假設偶數個slice都遺失了，如圖二十所示。對slice模式而言，因為搜索範圍包含了上下兩列的區塊(搜索範圍是32 x 16)，所以共有88個

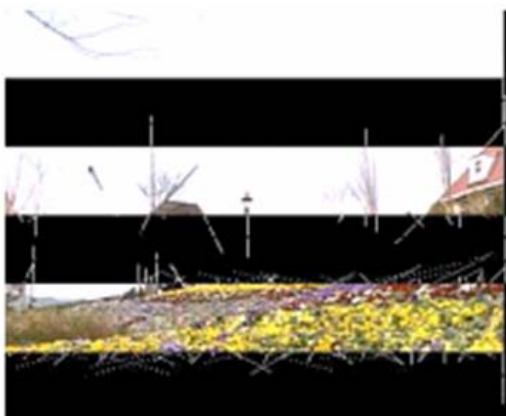
區塊的像素值需要存取。此外，為了計算次序值，必須存下每個補償點的可靠度，也就是66個區塊大小，並假設可靠度的精確值是8個位元。對MB模式而言，每個區塊只需要存取周圍12個區塊的像素值，而且只需要周圍8個區塊的可靠度。總結來說，因為每個像素的yuv值需要12位元而可靠度需要8位元，所以記憶體需要量計算如下：

$$88 \times 256 \times 1.5 + 66 \times 256 \times 1 = 50,688 \text{ (byte), Slice mode;}$$

$$12 \times 256 \times 1.5 + 8 \times 256 \times 1 = 6,656 \text{ (byte), MB mode.}$$

接下來，在原本演算法中，遞迴(iteration)次數會隨著錯誤區域的面積而有很大的改變，所以硬體的設計變得不確定性太大。舉例來說，通過軟體的模擬，本範例中單個 slice 最多需要1828次的遞迴。而我們的機制可以每個區塊每個區塊獨立處理設計，最多每個區塊只需要30個遞迴就可以完成，且不受錯誤區域面積影響。至於整個 slice 也只需要851次遞迴就可以完成。可以看出跟之前演算法相比可以有很大的突破。數據比較可見 Table I。

從之前的比較，可以證明提出的演算法在硬體實現性上較之前演算法有顯著的提升，而且視覺效果也類似，如圖二十一所示。



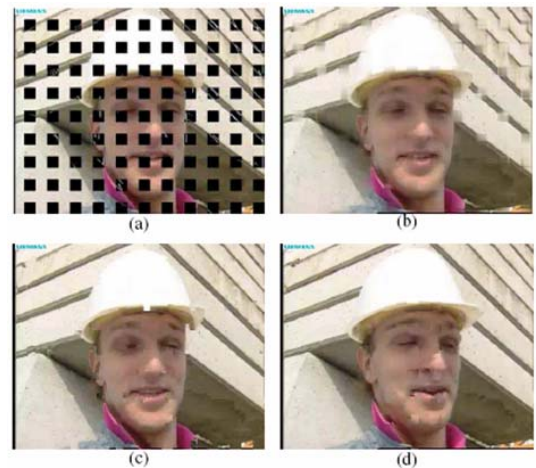
圖二十 偶數個 Slice 皆遺失的圖



圖二十一 Original image inpainting 的結果(左)以及 Block-based image inpainting 的結果(右)

● 補償結果

以下結果都是CIF格式 (352x288) 並以 JM10.2 baseline profile 壓縮。“Foreman”的補償結果如圖二十二。圖二十二(a)顯示錯誤的區域(黑色區域)和延長的邊緣(白色線)。



圖二十二 “Foreman” 的錯誤補償結果

圖二十二(c)是針對壓縮影片的第一張 intra 影像用提出演算法所補償的結果，也就是在沒有前一張影像的狀態下。對照於用官方 JM 軟體所得到的結果，即使 PSNR 不一定比較好，但視覺上的效果卻好了許多。然後我們驗證第二張 I 影像若用前一張 P 影像來補，時間上的連續性好不好，結果如圖二十二(d)，可發現提出演算法正確的選用前一張影像的資訊。之後，我們模擬前一張 P 影像和目前 I 影像之間有場景轉移現象發生的情況，可發現提出的演算法會自動選取 spatial image inpainting 的機制，

如圖二十三所示。可驗證提出的演算法可在 spatial image inpainting 和 temporal image inpainting 根據不同狀況選擇適當機制。最後，把”Flower”壓縮成一張影像和49張P影像，來驗證錯誤擴散後得到效果依舊比JM得到結果好，結果如圖二十四。



圖二十三 “Coastguard” 和 “Container” 的錯誤補償結果。



圖二十四 當第一個 I-frame 發生錯誤，分別用 JM(左)和所提出的演算法(右)錯誤補償後第 49 個 P-frame 的結果

3.4 多媒體無線網路的傳輸演算法設計

3.4.1 前言

由於無線網路所帶來的便捷性，愈來愈多的網路使用者擺脫有限的束縛，轉而改使用具有高移動性、高方便性的無線網路。其中最大宗的應用當屬多媒體的傳輸，像是即時影像串流傳輸或者是最近使用率節節上升的網際網

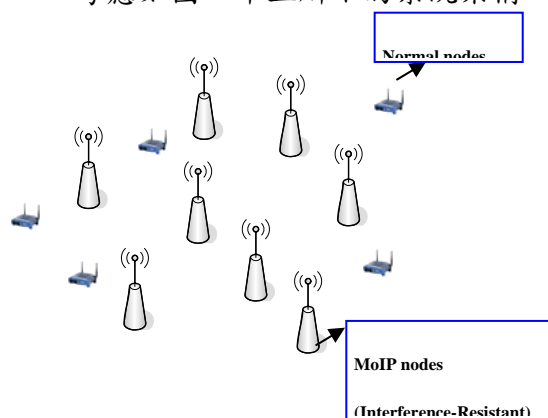
路語音服務等，都是相當重要也是相當具有市場潛力的應用。

雖然無線網路具有方便這項極重要的優點，但是無線網路本身也是擁有不可忽略的缺點。由於是無線傳輸的性質，在傳輸的過程中必須將一些無法預測的訊號考慮進去，像是週遭環境所造成的雜訊，或者是在傳輸範圍內其他正在傳送的節點所發出的干擾訊號。由於上述的因素，使得在無線網路上傳送多媒體資料時，不像是在有線的環境般比較容易得到品質服務的保證。如何在無線環境的挑戰之下，還能夠達成多媒體的品質服務傳輸，一直是網路專家們努力研究的課題之一。

3.4.2 研究目的

IEEE 802.11 是目前無線區域網路最主要的標準之一，它的運作模式分成兩種：分散式協調功能 (DCF) 與集中式協調功能 (PCF)。市面上的無線網路卡由於複雜度的關係，以分散式協調功能為主流。不過由於分散式協調功能所採用的是載波檢測多路存取/碰撞避免 (CSMA/CA) 的機制，是一種以競爭為基礎的媒體存取方式，所以並沒有任何的品質服務保證，如果想要確保多媒體在 802.11 的傳輸達到一定的品質保證，我們必須要設計某種的機制來滿足軟性的頻寬保證。

考慮如圖二十五所示的系統架構：



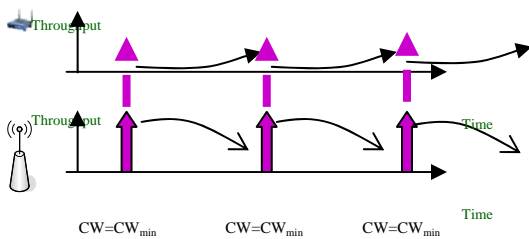
圖二十五 MoIP 系統架構

假設 MoIP 節點是屬於同一個控制中心所

部署的無線網路基地台，這些基地台的位置由於是統一部置的關係，所以在實地的配置之前即有可能針對干擾的範圍做了某種程度的最佳化規劃。至於其餘的 Normal 節點則是個別單位基於方便而獨立佈置的基地台。如此一來便有可能影響到了原本的規劃而使得在 MoIP 節點上傳輸的效能受到影響。本研究的目的便是基於此原因，希望可以想出一種機制來解決上述的問題。

3.4.3 研究方法

為了確保 MoIP 節點的效能，一個重要的關鍵就是確保 MoIP 節點搶到頻道的機會。根據 IEEE 802.11 的標準，我們知道一個傳輸的節點搶到頻道與否是跟該節點的競爭窗口 (contention window, CW) 大小有很大的關係。一般而言，CW 較小的節點能夠搶到頻道的機會比較大，相反的，CW 較大的節點搶到頻道的機會相對比較小。根據這個觀察，我們所想出的方法就是週期性的將 MoIP 節點的 CW 值設成系統預設的最小值 (CW_{min})，如此一來 MoIP 節點就會有較多的時間是處在 $CW = CW_{min}$ 的情況下，進而也就有較大的機會去搶到頻道的使用權。此種方法的示意圖如圖二十六所示：



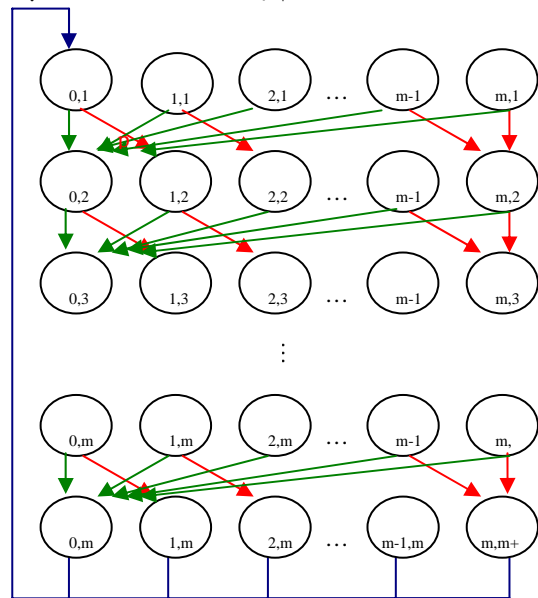
圖二十六 MoIP 節點的競爭窗口(CW)

圖中的上列是 Normal 節點，下列是 MoIP 節點。由於 MoIP 節點定期的重設 CW 值，所以我們也可以預期在這種情況之下，Normal 節點對於 MoIP 節點的干擾可以獲得紓解。為了更進一步了解我們所設計的方法所能帶來

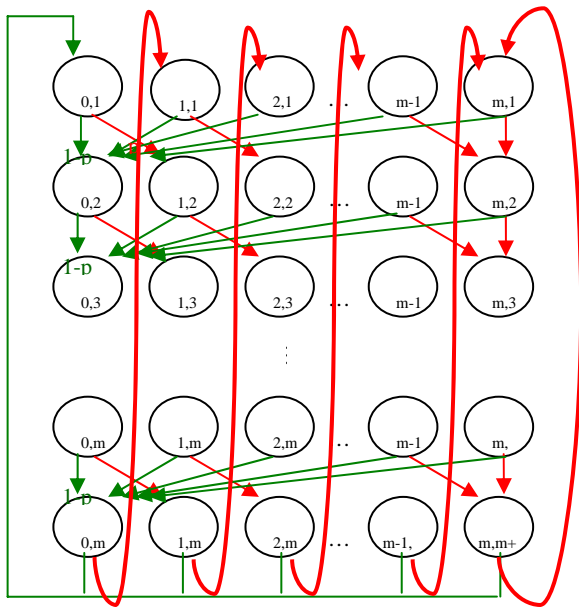
的效果是如何，我們首先利用數學上的 Markov chain 來當成定量分析的工具，並且最後會搭配網路模擬工具，NS2，來驗證所分析的結果是否正確。

使用 Markov chain 作為無線網路效能分析的工具是其來有自，像是[35][36][37]。我們藉由這三篇論文所引發的想法，再加上對於所提出的機制的觀察，我們可以分別針對 MoIP 節點以及 Normal 節點畫出它們所對應的狀態轉換圖，分別如圖二十七和圖二十八所示。每一個狀態都有兩個隨機變數，分別代表節點目前所處的后退階段 (back-off stage) 以及時槽同餘週期。

圖二十七和圖二十八中的紅線代表狀態轉移機率是 p ，綠線則是代表 $1-p$ ，而藍線則是 1 。其中 p 代表的是碰撞機率。根據圖二十七和圖二十八的狀態轉換圖我們可以推導出 MoIP 節點以及 Normal 節點的傳輸機率和碰撞機率。有了這兩個值之後，便可以更進一步的探討期望的吞吐量和在每一個週期內各節點傳送一次以上的機率。

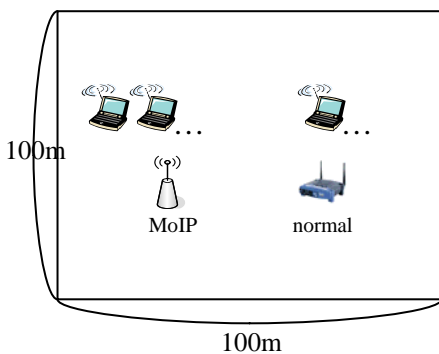


圖二十七 MoIP 節點的狀態轉換圖



圖二十八 Normal 節點的狀態轉換圖

至於模擬的部分，我們採用目前頗具有公信力的網路模擬程式——NS2。我們新增了部分程式碼已達到我們所設計的要求。模擬的示意圖如圖二十九所示：在一個 100x100 的方格中放置兩個基地台，分別是 MoIP 節點和 Normal 節點的基地台，接著隨機的撒上若干個節點，連上所對應的基地台，然後在每一組節點跟基地台的配對上傳送 CBR (constant bit rate) 流量，並且調整流量跟流量之間的間距，使其達到飽和的狀態。重複上述的步驟 25 次，求其平均值，藉此和數學分析的結果相對照。

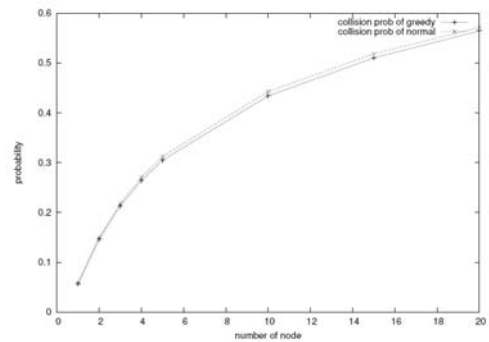


圖二十九 模擬示意圖

3.4.4 結果與討論

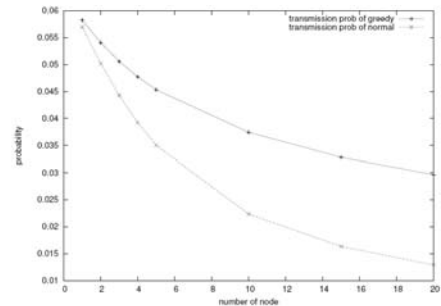
我們首先將數學分析所推導出來的結果，也就是 MoIP 節點以及 Normal 節點的碰撞機率和傳輸機率分別如圖三十和圖三十一

所示：



圖三十 MoIP 節點以及 Normal 節點的碰撞機率

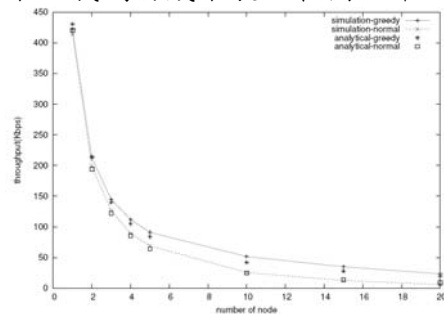
從圖三十中我們可以看到雙方的碰撞機率隨著節點的增加有上升的趨勢，而且從圖中可以明顯的看出 Normal 節點的碰撞機率較 MoIP 節點來的高，且隨著點數的增多，雙方的差距也慢慢為顯著。



圖三十一 MoIP 節點以及 Normal 節點的傳輸機率

至於圖三十一所畫出來的傳輸機率，更是可以看出我們所設計的方法讓 MoIP 節點相較於 Normal 節點，有更多的機會搶到頻道的使用權。點數少的情形跟點數多的情形之間的差距一目瞭然。

以上兩個是最基本的衡量標準，接下來便更進一步的看由這兩個值所推導出的吞吐量 (throughput) 以及由模擬程式所跑出來的結果，我們將成果展示在圖三十二。

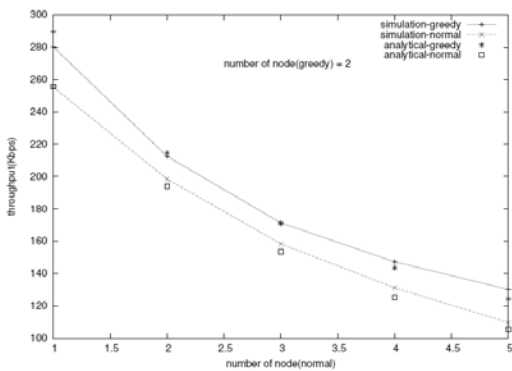


圖三十二 吞吐量(Throughput)的推導值以及模擬結果

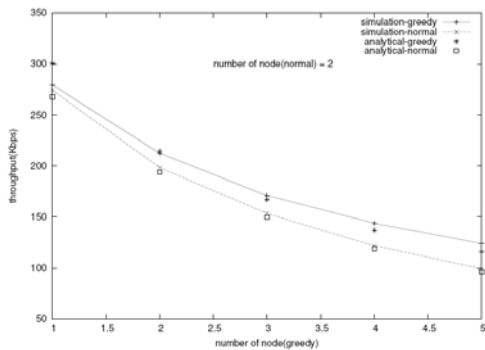
圖三十二的橫軸代表雙方的節點個數，其中有打點的表示模擬的點數，分別有 1、2、3、4、5、10、15 和 20；而縱軸則是指每一個節點平均的吞吐量，單位是每秒一千個位元。我們可以從這張圖中看到幾個重點：第一，當然是明顯的看出由數學分析所得到的結果和由程式所模擬的結果是相當的符合，也就是說我們所提出的數學分析過程相當的貼近系統實際上所運作的情形；

第二，結果也相當符合我們的預期，也就是 MoIP 節點的吞吐量相較於 Normal 節點而言是比較佔到優勢的；最後，吞吐量會隨著點數的上升而下降，這一點由於網路節點數變多所帶來的碰撞機會也隨之變多，所以是可以預見的。

除了研究雙方點數一樣多的情況，我們也有觀察固定 MoIP 節點數為 2，改變 Normal 節點的個數從 1 至 5；固定 Normal 節點的個數為 2，改變 MoIP 節點的個數從 1 至 5。其結果如圖三十三和圖三十四所示。



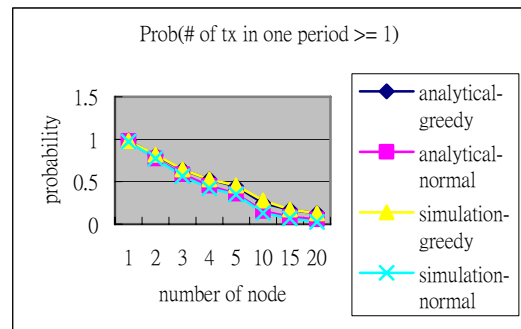
圖三十三 固定 MoIP 節點數為 2，改變 Normal 節點的個數，與吞吐量的關係



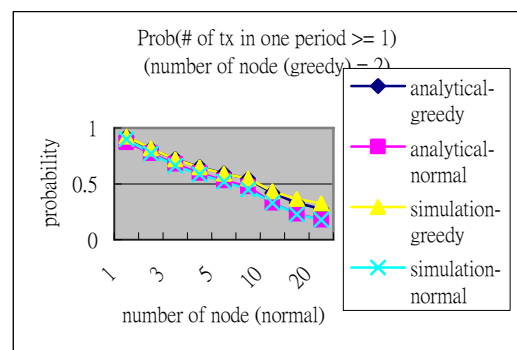
圖三十四 固定 Normal 節點的個數為 2，改變 MoIP 節點的個數，與吞吐量的關係

圖三十三和圖三十四縱軸跟橫軸所代表意義跟圖三十二是一樣的。無論是從圖三十三以及圖三十四可以看出數學分析的結果跟程式模擬的結果也是相當符合，除了這個觀察之外，另一個觀察則是 MoIP 節點的平均吞吐量無論 Normal 節點的個數如何的改變，都可以佔到優勢。

以上所展示的結果都是著重在吞吐量的觀察，接下來要展示的是另一個評量的標準，也就是在每一個週期內各節點傳送一次以上的機率。我們同樣分成兩種情形來進行觀察，一種是將 MoIP 節點數和 Normal 節點設成相同，另外一種則是固定 MoIP 節點數為 2，改變 Normal 節點的個數從 1 至 6、10、15 和 20。兩者的結果分別呈現在以下兩圖中：



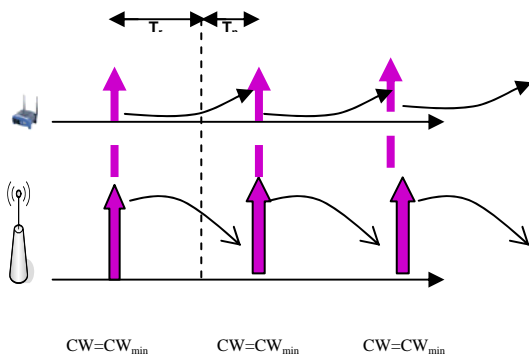
圖三十五 當 MoIP 節點數和 Normal 節點數相同時，節點數與傳送機率的關係



圖三十六 固定 MoIP 節點數為 2，改變 Normal 節點的個數，與傳送機率的關係

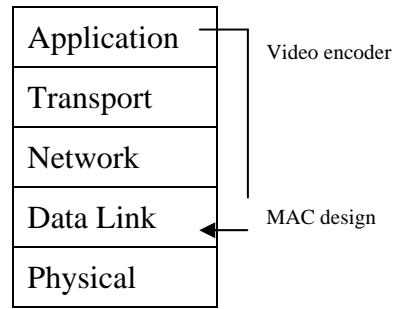
從這兩張圖我們可以看到，理論值和模擬的結果也是相當的接近，而且雙方的差距也隨著點數的增加而有逐漸拉大的趨勢。

以上是我們目前研究的進度以及一些成果，我們所設計的方法就結果來看是的確可以保證 MoIP 節點佔到了優勢，而使得效能提高了。不過就另外一個角度來看，MoIP 節點似乎太貪心 (greedy) 了，以公平性而言，是犧牲掉了 Normal 節點的效率。因此為了更能夠不失公平原則，我們可以稍微修改原本如圖二十六的設計，改成如圖三十七所示：



圖三十七 修改過後的 MoIP 競爭窗口

圖三十七跟圖二十六的差別在於新的設計將原本的一個週期區分成 T_r 和 T_n ，在原本的設計中，無論是 MoIP 節點或者是 Normal 節點在每個週期內都會傳送資料，經過區分之後的週期，MoIP 節點將只會在 T_r 內傳送資料，在 T_n 時將暫時停止傳送封包；而 Normal 節點則是一樣在整個週期內都會持續的傳送封包。至於 T_r 和 T_n 的取法則是盡可能使得在這種情況之下，MoIP 節點的期望平均吞吐量和 Normal 節點的期望平均吞吐量是相同的，以滿足我們上述關於公平性的議題。有了我們對於媒體存取層做的設計，在部分的時段 MoIP 節點有較高的機會搶到頻道，我們便可以利用這項資訊提供給屬於應用層的串流編碼端以到達跨階層無線多媒體網路的設計，如圖三十八所示。



圖三十八 跨階層無線多媒體網路的設計

3.5 聯合式訊源與通道編碼

3.5.1 前言

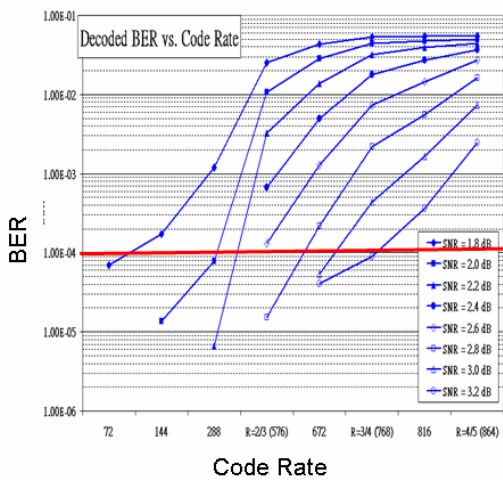
延續前一年度所完成之工作，即以 H.264 負責視訊壓縮、以低密度奇偶校驗碼 (Low-Density Parity-Check Code, LDPC Code) [38] 來保護資料之聯合式訊源與通道編碼系統，我們將所提出之系統加以改良，以提升其效能。本年度主要的研究項目為以下兩項：1) 採用新的編碼/解碼方式，即平行串接式低密度奇偶校驗碼 (Parallel Concatenated LDPC Code or Parallel Concatenated Gallager Code, PCGC) [39] 取代單純的 LDPC 碼，2) 實作本系統並整合軟硬體在同一平台上。以下就此兩項工作分別說明。

3.5.2 基於 PCGC 碼之聯合式訊源與通道編碼

PCGC 碼是一種平行串接式的 LDPC 編碼，與單純的 LDPC 碼相較，它在編解碼的彈性比較高，更適於應用在需要多重編碼率的系統中，如我們的 JSCC 系統。因此我們針對 PCGC 碼，以 Puncturing 技術[40][41]為基礎，設計出一套達成多重碼率的方法。並且將此方法產生之多重碼率的編碼應用在 H.264 視訊資料的不等量錯誤保護 (Unequal Error Protection, UEP) 上。除此之外，針對 PCGC 碼解碼時間過久的問題，我們也提出一個新的解碼停止原則 (Stopping Criterion)，在不影響解碼的錯誤更正效能下，減少解碼的時間。由於 PCGC 碼的解碼過程可分為 global iteration 和 local

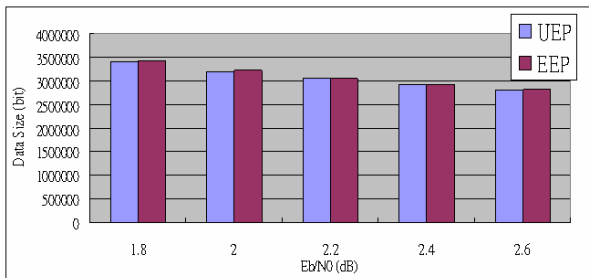
iteration，而一般的解碼停止原則都僅針對 global iteration，而未處理 local iteration。因此我們的解碼原則即是考慮 local iteration，配合 global iteration 的原則，來縮短最多的解碼時間。

圖三十九顯示不同的通道狀況下(SNR)，我們所設計出的各種編碼率的 PCGC 碼的錯誤更正能力。在可容忍的錯誤率下 (BER=10⁻⁴)，不同的通道狀況都有其相對應的編碼，這可以使資料的傳輸更有效率，不會浪費過多的頻寬。



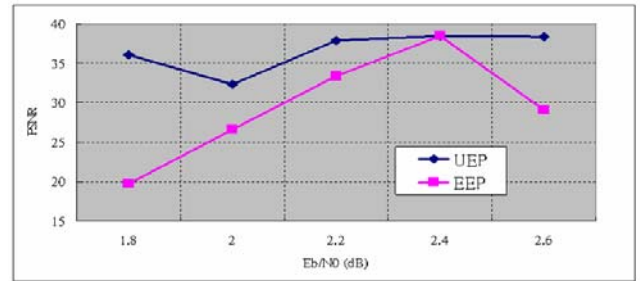
圖三十九 各種通道狀況下，不同編碼率之 PCGC 碼的效能

圖四十一比較了我們所設計的 UEP 機制與一般的等量錯誤保護(Equal Error Protection, EEP)機制在 150 張 frame 的 H.264 視訊上的效能(PSNR)。並且結合了前文所提出之多重碼率 PCGC 碼與解碼停止原則。相較於 EEP 所呈現出不太穩定的影像品質，UEP 只用了相近的傳輸資料量(如圖四十)就達到較穩定的影像品質。



圖四十 兩種機制在各種通道狀況下的傳輸資料量

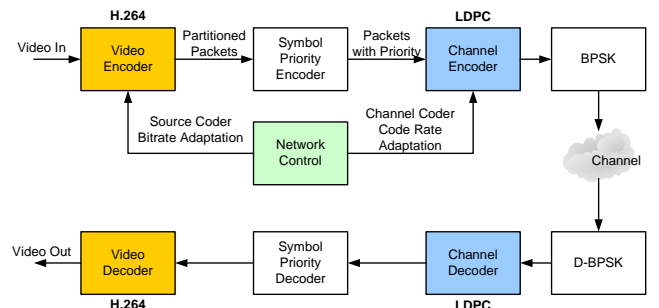
SNR	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
UEP	36.08	32.35	37.87	38.46	38.33
EEP	19.71	26.56	33.38	38.46	29.05



圖四十一 各種通道狀況下，不同編碼率之 PCGC 碼的效能

3.5.3 軟硬體實作與平台整合

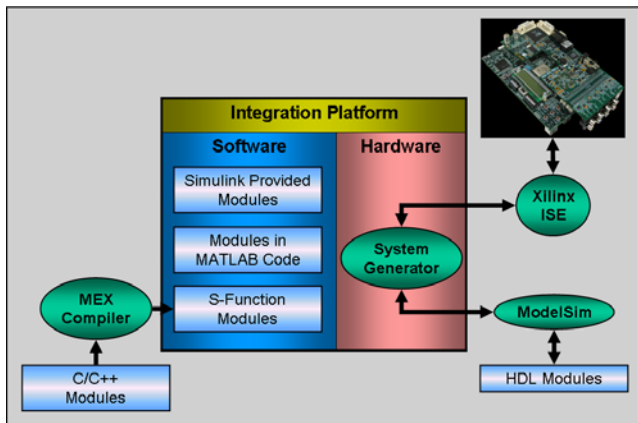
我們提出的系統如圖四十二所示，係由數個獨立的模組所組成。考量不同模組間的特性與計算複雜度，本系統預期會以軟硬體整合的方式呈現，因此開發一個整合介面的平台來驗證系統正確性並直接的觀察其效能是必要的。



圖四十二 聯合式訊源與通道編碼之系統方塊圖

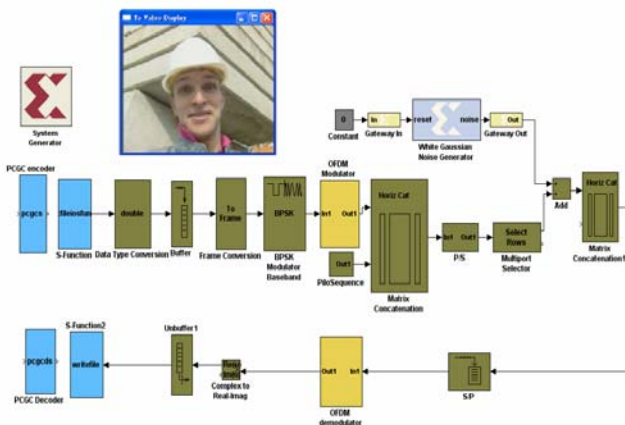
我們以 MATLAB/Simulink 工具來發展整合平台。整個平台架構如圖四十三所示，軟體部分我們整合了 Simulink 內建的模組、以 MATLAB 撰寫的模組、及以 C/C++撰寫的模組。C/C++模組需透過 MATLAB 的 MEX 編譯器編譯為 S-Function 才可相容於此環境。硬體的模組可分為 HDL 階段的模組和可燒錄至 FPGA 執行的已合成 RTL 模組。這些模組是利用 System Generator for DSP 與硬體的 simulator 如 ModelSim 與 ISE 等工具互相溝

通。因此 FPAG 板執行的結果也可以直接輸出至模擬平台上，達到軟硬體整合的模擬。



圖四十三 整合平台架構圖

此平台之執行畫面快照如圖四十四，左上方之影片畫面即為系統輸出之影片檔。我們所使用的FPGA板為Xilinx Virtex-4 Video Starter Kit。



圖四十四 整合平台執行畫面快照

3.6 ESL 系統平台建置

3.6.1 前言

電子系統級(Electronics System Level, ESL)設計[42]，能夠快速並且及早驗證系統晶片(System on a Chip, SoC)的正確性，對於系統開發人員來說，能夠有效解決高度複雜度的電路設計，在此報告中，我們採用 SystemC [43]，發展高階層指令集模擬器，並達到指令集精準度(Instruction Set Simulation, ISS)之處理器模型，並基於此模型到高速軟硬體共

同設計、模擬與驗證。配合抽象階層之系統晶片周邊基礎元件，快速完成系統晶片平台建置及模擬的工作，證明採用我們的設計方式對系統設計人員的系統開發，驗證，再利用上有所幫助。最後我們比較幾個先前的成果，我們依照電子系統級設計方式所提出的架構可以增進最少五倍的軟硬體同模擬速度。

3.6.2 研究目的

由於高複雜度的晶片設計發展，快速並且及早驗證其晶片功能的正確性對於系統開發人員來說，是個刻不容緩的問題。系統開發人員規劃出整個系統晶片的軟硬體架構之後，必須花費冗長時間將硬體開發完成，才能夠開始撰寫軟體，進行模擬與驗證。電子系統級設計技術使得系統設計人員可以在架構設計之階段，能以富彈性、低成本的方式達成修改系統架構、進行實驗及收集數據以達成分析與改良系統的目的；提出系統晶片架構最早期的可執行規格書。

3.6.3 文獻探討

近年來許多的國際著名之晶片設計及電子設計自動化(EDA)期刊等皆有針對ESL 設計舉辦講習會(session)及研討會(workshop & Conference)，如 ICCAD(International Conference on Computer Aided Design)，DAC (Design Automation Conference)，DATE (Design Automation and Testing Conference in Europe) 等發表對電子系統設計方法(ESL Design Methodology)、系統架構開拓於電子系統層級(Exploiting System Architecture in ESL Design)、電子系統層級合成(ESL Design Synthesis)、電子系統層級功能驗證(ESL Design Verification)等探討主題及論文。亦有許多的公司投入對ESL設計的研發工作，如 ARM 的 SoC Designer，CoWare ConvergenSC，Cadence Transaction Modeling

Library等。

3.6.4 研究方法

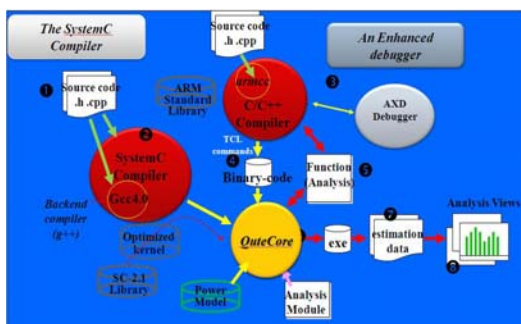
此段提出研究方法將採用 OSCI 組織所公佈之SystemC語言建構所有需要的電子系統階層模組。下一段將會詳細說明建造平台之組織架構；第三段將描述處理器模型之架構，解釋其模型對於模擬環境上之應用；第四段闡述此平台所應用之現行晶片設計技術及展示提供模組間溝通工具的可靠性匯流排模組；第五段介紹系統架構的分析方法；第六段呈現用本系統對於JPEG編碼及加入增加IDCT模組對於增進圖像編碼效果之實驗結果。

圖四十五為本實驗之系統平台架構圖，內含以ARM V5[44]架構的處理器為主，搭配直接記憶體存取(DMA)模組、匯流排仲裁(Arbitr)模組、記憶體(RAM/ROM)模組及匯流排(Bus)模組，亦可擴充及搭配其它模組。

此平台操作流程可始於使用者定義之功能規格，目的為驗證演算法及系統功能之正確性及完整性。圖四十六為平台建立之組織關係圖，透過圖四十六可以瞭解系統平台組織的實現及軟硬體共同模擬、驗證、分析的方式於該系統的組織分工。



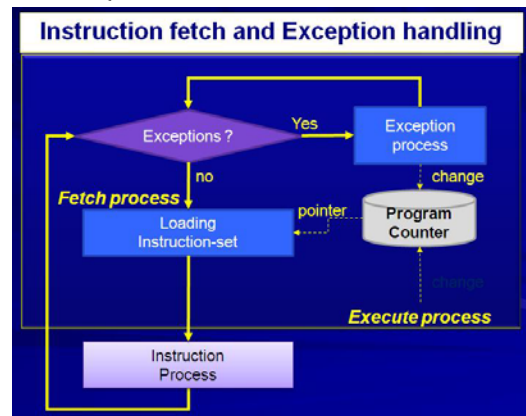
圖四十五 系統架構圖



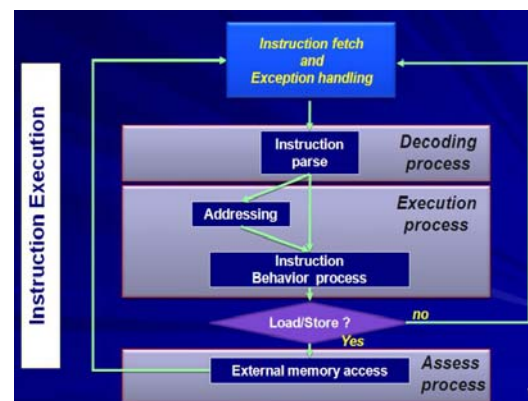
圖四十六 系統分工組織及流程圖

對於處理器的模型，本實驗採用 ARM V5 架構以期可適用於 MoIP 計劃，並以嵌入式系統架構完成 MoIP 所需功能，針對該處理器，為了及早驗證其功能性，將對此處理器做”指令集(ISS)”精準度級的抽象化不但可提升模擬速度，亦達成完整呈現系統之功能。

圖四十七為處理器模型的操作流程，說明指令進入處理器後的分析、再組譯，對應並執行該指令的功能函數。圖四十八為處理器內指令集操作與例外事件發生管理流程圖，說明本處理器模型處理程式判斷、分支、跳躍等例外處理方式。



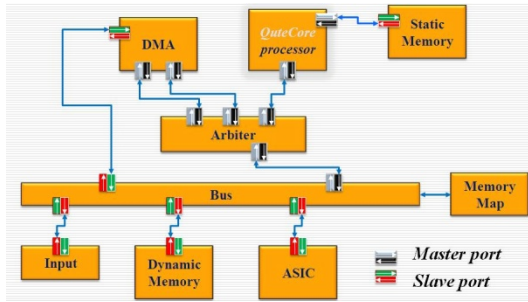
圖四十七 處理器模型流程圖



圖四十八 處理器指令集及例外事件管理

嵌入式系統中，模組間的溝通方式常採用匯流排架構的方式，故匯流排的架構將決定模組間連接的方式架構，本系統平台採用由BUS 模組搭配Arbitr 模組支配各主動元件模組溝

通的排程，使得每個模組間可以平順地交換資料及溝通訊息。圖五為 bus 的組織架構圖。



圖四十九 匯流排組織架構圖

前面大多在描述系統的架構、設計等硬體模組，此段要說明的是用電子系統級 ESL 設計時對於效能分析上的優點在於軟硬體模擬是在同一個平台上，並且藉由模擬的方式則可同時監視(Monitor)許多不同的模組，其功能對一般傳統的除錯工具而言是無法達到的 [45]。此外，在本系統亦提出一個名為 GTRM(generic transaction recording mechanism) 的機制，可以有效記錄流入及流出的交易資料。

3.6.5 研究結果

提出一種以 ARM-Based 架構的虛擬處理器搭配其它矽智財發展一個完整的虛擬平台達成(1)分析系統平台效能、(2)測量晶片內部溝通資料流量、(3)在 ESL 抽象階層下，提供餘弦(Co-Sine)函數指令集增進處理器功能(4)整合實際網路與虛擬平台之溝通介面(5)提供以 JPEG 編碼為例的硬體架構及相關指令集。

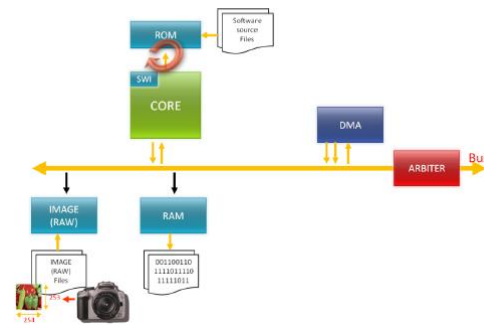
實驗架構則如圖五十所示，由軟體人員在設計初期撰寫以 C Base 的圖片編碼程式，經由 ARM Compiler 的輸出得到 ARM V5 架構之機械原始碼(Native Code, 或稱 Image file)，接下來置入於本實驗平台的記憶體模組模型中與處理器一起搭配其它週邊模組模型共同模擬及驗證其功能正確性。

圖五十一主要說明經由上述的分析，搭配本實驗系統提出一種適用於普遍性模組功能

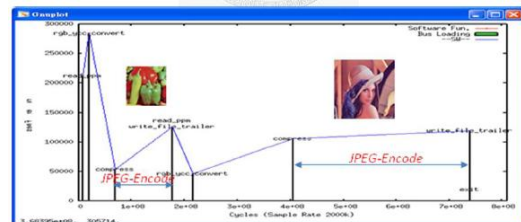
記錄機制(GTRM)，該機制是以時間軸為橫軸，BUS 流量為縱軸，追蹤並加以記錄系統中圖片處理相關函數對應該系統執行程式比重的特殊工具，這個工具幫助系統開發者清楚地瞭解造成系統負荷的主要來源，以便日後無論是做系統效能評估及系統架構改善能有所依據。

此外，由 GTRM 所提供的資料顯示圖片編碼過程中 DCT 與 IDCT 的運算是造成系統執行時最大的負荷來源，因此，本實驗系統加入處理 DCT 與 IDCT 的專用模組，協助整體系統運作。圖八則為加入 DCT 模組與不加入 DCT 模組的詳細比較數據，由內容可以得知 DCT 模組的加入將可以使得系統整體效能增進約 35%，證明 GTRM 對幫助改善系統的重要性。

最後，我們將本實驗系統與一般系統模擬做效能比較，在相同的樣版測試後，由圖五十三所示可以得知我們的系統模擬效能比 MPARM (SWARM)模擬快了約 5 倍；比 RTL 層級模擬則快了數十倍之多。



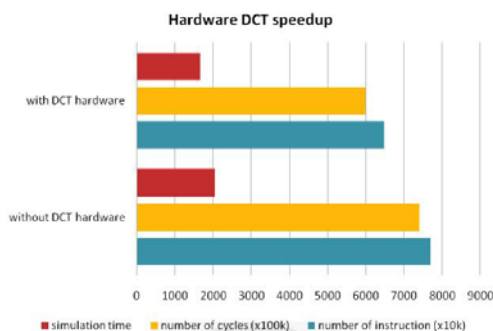
圖五十 適用 JPEG 編碼的系統架構圖



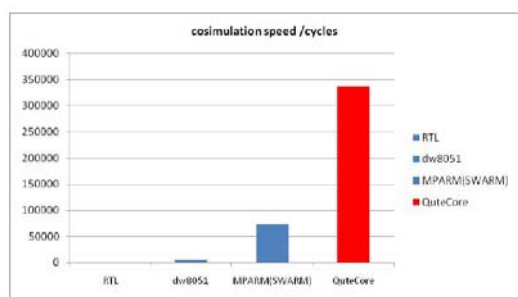
圖五十一 系統功能追蹤及分析結果圖

由上述之實驗報告，此虛擬平台可適用於一般性 SoC 系統模擬也提供了統計分析各系統功能呼叫次數、資料流量、對應真實平台所耗費之時間、記憶體評估等功能，使得系統開發者可以不斷地經由這些評估再做系統架構的

再改善、再評估。



圖五十二 DCT 模組對於系統效能影響圖



圖五十三 本系統平台相較於其它模擬系統比較圖

3.6.6 研究討論

由研究成果可以得知本實驗採用 ESL 設計方式，主要是想要開發適當之系統架構以幫助 MoIP 計劃對於軟硬體規格之制定、功能驗證及提供一個軟硬體整合之實驗平台。結果也顯示了本系統確實能達成在設計初期即能對系統架構做出有效之評估及再改善之成效，亦能早期驗證該應用的功能性與正確性。

四、結論與自評

本團隊在第一年中已實現了低耗電定位系統以及基於 802.11e 的多媒體跨層設計雛型系統，初步設計了改進定位系統準確度的粒子濾波器硬體，和視覺錯誤補償的硬體架構。並用電子系統層級設計 (Electronic System Level Design) 的概念設計出一軟硬體共同模擬的平台。在未來二年中，我們預計將結合軟體智財、硬體智財、以及系統設計驗證等團

隊，擬訂規格標準，繼續開發完成關鍵矽智財與應用軟體，共同整合出“NTU 位置感知型跨階層最佳化 MoIP SoC 設計(N-MoIP)”之雛型系統(prototyping system)。

我們預期在整合本計畫所開發出的矽智財、軟體智財、以及制定的規格之後，一方面將利於行動多媒體產業開發出高效能的多媒體無線傳輸系統，創造出可觀的產值，另一方面將結合系統晶片之技術，進而強化國內積體電路及系統設計產業在國際上的競爭優勢。

五、發表論文

- [1] Te-Yuan Huang, Kuan-Ta Chen, Polly Huang, Chin-Laung Lei, “A Generalizable Methodology for Quantifying User Satisfaction,” *IEICE Transaction on Communication*, Invited Paper, To Appear, May 2008
- [2] Meng-Ting Lu, Jui-Chieh Wu, Kuan-Jen Peng, Polly Huang, Jason J. Yao, Homer H. Chen, “Design and Evaluation of A P2P IPTV System for Heterogeneous Networks,” *IEEE Transactions on Multimedia*, To Appear, Nov. 2007
- [3] Chuang-wen You, Polly Huang, Hao-hua Chu, Yi-Chao Chen, Ji-Rung Chiang, Seng-Yong Lau, “Sensor-Enhanced Mobility Prediction for Energy-Efficient Localization,” *Ad Hoc Networks*, To Appear, Nov. 2007
- [4] Kuan-Ta Chen, Polly Huang, Chin-Laung Lei, “Game Traffic Analysis: An MMORPG Perspective (Extended),” *Computer Networks*, Vol. 50, No. 16, pp. 3002-3023, Nov. 2006
- [5] Kuan-Ta Chen, Polly Huang, Chin-Laung Lei, “How Sensitive are Online Games to Network Quality?,” *Communications of ACM*, Vol. 49, No. 11, pp. 34-38, Nov. 2006
- [6] Hsing-Jung Huang; Ting-Hao Chang; Shu-Yu Hu; Polly Huang, “Magnetic Diffusion: Scalability, Reliability, and QoS of Data Dissemination Mechanisms for Wireless Sensor Networks,” *Computer Communications*, Vol. 29, No. 13., pp. 2482-2493, Aug. 2006
- [7] Tung-Chien Chen, Shao-Yi Chien, Yu-Wen Huang, Chen-Han Tsai, Ching-Yeh Chen, To-Wei Chen, and Liang-Gee Chen, "Analysis and architecture design of an HDTV720p 30 frames/s H.264/AVC encoder," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 16, no. 6, pp. 673--688, June

2006. (SCI & EI)
- [8] Yu-Wen Huang, Bing-Yu Hsieh, Shao-Yi Chien, Shyh-Yih Ma, and Liang-Gee Chen, "Analysis and complexity reduction of multiple reference frames motion estimation in H.264/AVC," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 16, no. 4, pp. 507 - 522, April 2006. (SCI & EI)
- [9] Ching-Yeh Chen, Shao-Yi Chien, Yu-Wen Huang, Tung-Chien Chen, Tu-Chih Wang, and Liang-Gee Chen, "Analysis and architecture design of variable block-size motion estimation for H.264/AVC," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 53, no. 3, pp. 578--593, March 2006. (SCI & EI)
- [10] Hao-ji Wu, Ho-lin Chang, Chuang-wen You, Hao-hua Chu, Polly Huang, Modeling and Optimizing Positional Accuracy Based on Hyperbolic Geometry for the Adaptive Radio Interferometric Positioning System," *International Symposium on Location- and Context-Awareness (LOCA 2007) in cooperation with UBICOMP 2007*, Oberpfaffenhofen, Germany, Sept. 2007
- [11] Te-Yuan Huang, Chih-Ming Chen, Chun-Yang Chen, Polly Huang, "Towards User-Centric Rate Adaptation for VoIP Traffic," *ACM SIGCOMM 2007 Data Communication Festival (SIGCOMM 2007)*, Poster Session, Kyoto, Japan, Aug. 2007
- [12] Meng-Ting Lu, Hung Nien, Jui-Chieh Wu, Kuan-Jen Peng, Polly Huang, Jason Yao, Homer H. Chen, Chih-Chun Lai, "A Scalable Peer-to-Peer IPTV System," *IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2007)*, Las Vegas, USA, Jan. 2007
- [13] Cheng-Ying Ou, Chia-Li Huang, Cheng-Chun Lou, Ming-Tsang Tsai, Kuan-Ta Chen, Polly Huang, "Path Selection Criteria for Peer-to-Peer Voice," *Workshop of Internet Measurement Technology and its Applications to Building Next Generation Internet in conjunction with SAINT*, Invited Speech Abstract, Hiroshima, Japan, Jan. 2007
- [14] Shih-wei Lee, Shao-you Cheng, Jane Yung-jen Hsu, Polly Huang, Chuang-wen You, "Emergency Care Management with Location-Aware Services," *Workshop on Location Based Services for Health Care (LOCARE 2006)*, Innsbruck, Austria, Nov. 2006
- [15] Kuan-Ta Chen, Chun-Ying Huang, Polly Huang, Chin-Laung Lei, "Quantifying Skype User Satisfaction," *ACM SIGCOMM Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communication (SIGCOMM 2006)*, Pisa Italy, Sept. 2006
- [16] Chuang-wen You, Yi-Chao Chen, Hao-hua Chu, Polly Huang, Ji-Rung Chiang, Seng-Yong Lau, "Sensor-Enhanced Mobility Prediction for Energy-Efficient Localization," *IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON 2006)*, Reston VA, USA, Sept. 2006
- [17] Hsing-Hau Chen, Polly Huang, Chia-Hui Chen, Heng-Shuen Chen, Jer-Junn Luh, "Sensor Data Fusion for Timely Emergency Alarm," *International Conference on E-Health Networking Applications and Services (Healthcom 2006)*, New Delhi, India, Aug. 2006
- [18] Seng-Yong Lau, Ting-Hao Chang, Shu-Yu Hu, Hsing-Jung Huang, Lung-de Shyu, Chui-Ming Chiu, Polly Huang, "Sensor Networks for Everyday Use: The BL-Live Experience," *IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC 2006)*, Industrial Program, Taichung Taiwan, Jun. 2006
- [19] Jui-Chieh Wu, Kuan-Jen Peng, Meng-Ting Lu, Chang-Kuan Lin, Yu-Hsuan Cheng, Polly Huang, Jason Yao, Homer H. Chen, "HotStreaming: Enabling Scalable and Quality IPTV Services," *IPTV Workshop in conjunction with the 15th International World Wide Web Conference (WWW 2006)*, Edinburgh Scotland UK, May 2006
- [20] Y.-H. Chien and M.-K. Ku, "A High Throughput H-QC LDPC Decoder," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2007)*, pp. 1649-1652, New Orleans, USA, May 2007.
- [21] H.-S. Li, M.-K. Ku, and C.-Y. Lin, "GA-based Low-Density Parity-Check Code Search Algorithm," *IASTED International Conference on Wireless and Optical Communications (WOC 2007)*, Montreal, Canada, May 2007.
- [22] T.-H. Lo, M.-K. Ku, and C.-Y. Lin, "A Design of Two-Stage Hybrid ARQ Scheme using LDPC Codes", *IASTED International Conference on Wireless and Optical Communications (WOC 2007)*, Montreal, Canada, May 2007.
- [23] Chao-Yue (Colby) Lai, Chung-Yang (Ric) Huang, and Kei-Yung Khoo, "Improving Constant-Coefficient Multiplier Verification by Partial Product Identification," *Design Automation and Test in Europe (DATE)*, Munich, Germany, Mar. 2008
- [24] Chih-Chun Lee, Jie-Hong Roland Jiang, Chung-Yang (Ric) Huang, and A. Mishchenko,

“Scalable Exploration of Functional Dependency by Interpolation and Incremental SAT Solving,” *IEEE/ACM International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD)*, San Jose, USA, Nov. 2007

- [25] Hsing-Chih Hung, Chi-Wen Chang, Tin-Hao Lin, and Chung-Yang (Ric) Huang, “QuteIP: An IP Qualification Framework for System on Chip,” *IEEE SoC Conference (SOCC)*, Hsin-Chu, Taiwan, Aug. 2007
- [26] Chi-An Wu, Ting-Hao Lin, Chih-Chun Lee and Chung-Yang (Ric) Huang, “QuteSAT: A Robust Circuit-based SAT Solver for Complex Circuit Structure,” *Design Automation and Test in Europe (DATE) Conference*, Nice, France, Apr. 2007

六、參考資料

- [1] J. Winter, Y. Xu, and W.-C. Lee, “Prediction Based Strategies for Energy Saving in Object Tracking Sensor Networks,” *Proc. IEEE Int’l Conf. Mobile Data Management (MDM 04)*, Jan. 2004, pp. 346-357.
- [2] S. Tilak, V. Kolar, N.B. Abu-Ghazaleh, K.D. Kang, “Dynamic Localization Control for Mobile Sensor Networks,” *Proc. IEEE Int’l Workshop on Strategies for Energy Efficiency in Ad Hoc and Sensor Networks (IWSEEASN 05)*, Apr. 2005.
- [3] M. Youssef, A. Agrawala, and A.U. Shankar, “WLAN Location Determination via Clustering and Probability Distributions,” *Proc. IEEE Int’l Conf. Pervasive Computing and Communications (PerCom 03)*, Mar. 2003.
- [4] Y. Chen, Q. Yang, J. Yin and X. Chai, “Power-Efficient Access-Point Selection for Indoor Location Estimation,” *IEEE Tran. Knowledge and Data Eng. (TKDE 2006)*, vol. 18, no. 7, July 2006, pp. 877- 888.
- [5] J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, “Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research,” *Proc. 4th Int’l Conf. Information Processing in Sensor Networks: Special track on Platform Tools and Design Methods for Network Embedded Sensors (IPSN/SPOTS 05)*, Apr. 2005
- [6] V. Shnayder, M. Hempstead, B.-R. Chen, G. Werner-Allen, and M. Welsh, “Simulating the Power Consumption of Large-Scale Sensor Network Applications,” *Proc. 2nd ACM Conf. Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 04)*, Nov. 2004, pp. 188-200.
- [7] E. Vildjiounaite, E.-J. Malm, J. Kaartinen, P. Alahuhta, “Location Estimation Indoors by Means of Small Computing Power Devices, Accelerometers, Magnetic Sensors, and Map Knowledge,” *Proc. 1st Int’l Conf. Pervasive Computing*, Lecture Notes In Computer Science, vol. 2414, Aug. 2002, pp. 211-224.
- [8] C.E. Jones, K.M. Sivalingam, P. Agrawal, and J.C. Chen, “A survey of energy efficient network protocols for wireless networks,” *ACM Wireless Networks*, vol. 7, no. 4, Aug. 2001, pp. 343-358.
- [9] L. Cong and W. Zhuang, “Hybrid TDOA/AOA mobile user location for ideband CDMA cellular systems,” *IEEE Tran. Wireless Communications*, vol. 1, no. 3, July 2002, pp. 439-447.
- [10] N. Patwari, “Relative location estimation in wireless sensor networks,” *IEEE Tran. Signal processing*, vol. 51, no. 8, Aug. 2003, pp. 2137-2148.
- [11] D. Niculescu, “Positioning in ad hoc sensor networks,” *IEEE Networks*, vol. 18, no. 4, July 2004, pp. 24-29.
- [12] P. Bahl and V. Padmanabhan, “An in building RF-based user location and tracking system,” *Proc. Conf. Computer Communications (IEEE Infocom 00)*, March 2000, pp. 775-784
- [13] K. Lorincz and M. Welsh, “Motetrack: A robust, decentralized approach to RF-based location tracking,” *Proc. Int’l Workshop on Location- and Context-Awareness (LoCA 05) at Pervasive 2005*, May 2005.
- [14] N. Priyantha, A. Charkraborty, and H. Balakrishnan, “The cricket location support system,” *Proc. 6th Annual ACM Int’l Conf. Mobile Computing and Networking*, Aug. 2000.
- [15] M. Youssef and A. Agrawala, “Handling samples correlation in the horus system,” *Proc. 23rd Annual Joint Conf. IEEE Computer and Communications Societies (Infocom 04)*, vol. 2, Mar. 2004, pp. 1023-1031.
- [16] D. Madigan, E. Elnahrawy, and R. Martin, “Bayesian indoor positioning systems,” *Proc. 24th Annual Joint Conf. IEEE Computer and Communications Societies (Infocom 05)*, vol. 2, May 2005, pp. 1217-1227.
- [17] L.-W. Chan, J.-R. Chiang, Y.-C. Chen, C.-N. Ke, J. Hsu, H.-H. Chu, “Collaborative Localization -- Enhancing WiFi-Based Position Estimation with Neighborhood Links in Clusters,” *Proc. Int’l conf. Pervasive Computing (Pervasive 06)*, May 2006.
- [18] T.-H. Lin, P. Huang, H.-H. Chu, H.-H. Chen, J.-P. Chen, “Enabling Energy-Efficient and Quality Localization Services,” *Proc. IEEE Int’l Conf. Pervasive Computer and Communications*

- (PerCom 06), Work In Progress Session, Mar. 2006, pp. 624- 627.
- [19] Y.-C. Chen, J.-R. Chiang, H.-H. Chu, P. Huang, A. W. Tsui, "Sensor-Assisted Wi-Fi Indoor Location System for Adapting to Environmental Dynamics," *Proc. ACM Int'l Symp. Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWIM 05)*, Oct. 2005.
- [20] B. Ristic and S. Arulampalam, *Beyond the Kalman filter : particle filters for tracking*. Boston, MA: Artech House, 2004.
- [21] Doucet, N. De Freitas, and N. Gordon, *Sequential Monte Carlo methods in practice*. New York: Springer, 2001.
- [22] P. M. Djuric, J. H. Kotecha, Z. Jianqui, H. Yufei, T. Ghirmai, M. F. Bugallo, and J. Miguez, "Particle filtering," *Signal Processing Magazine, IEEE*, vol. 20, pp. 19-38, 2003.
- [23] M. S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, and T. Clapp, "A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-Gaussian Bayesian tracking," *Signal Processing, IEEE Transactions on*, vol. 50, pp. 174-188, 2002.
- [24] M. Bolic, "Architectures for Efficient Implementation of Particle Filters," *PhD. Dissertation, Dept. of Electrical Engineering, State University of New York at Stony Brook*, August 2004
- [25] N. J. Gordon, D. J. Salmond, and A. F. M. Smith, "Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation," *Radar and Signal Processing, IEE Proceedings F*, vol. 140, pp. 107-113, 1993.
- [26] Y. K. Wang, M. M. Hannuksela, V. Varsa, A. Hourunranta, and M. Gabbouj, "The error concealment feature in the h.261 test model," in *Proc .Int. Conf Image Processing (ICIP)*, Sept. 2003, pp. 729-732.
- [27] Y. L. Xu and Y. H. Zhou, "H.264 video communication based refined error concealment schemes," *Consumer Electronics, IEEE Transactions*, vol.50, no. 4, pp. 1135 - 1141, Nov. 2004.
- [28] D. Agrafiotis, D. R. Bull, and C. N. Canagarajah, "Enhanced error concealment with mode selection," *IEEE transactions on circuits and system for video technology*, vol. 16, no. 8, Aug. 2006.
- [29] S. D. Rane, G. Sapiro, and M. Bertalmio, "Structure and texture fillingin of missing image blocks in wireless transmission and compression applications," *Image Processing, IEEE Transactions*, vol. 12, no. 3, pp. 296-303, Mar. 2003.
- [30] M. H. Jo, H. N. Kim, and W. J. Song, "Hybrid error concealments based on block content," *Image Processing, IET*, vol. 1, no. 2, pp. 141-148, June 2007.
- [31] A. Criminisi, P. P'erez, and K. Toyama, "Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting," *Image Processing, IEEE Transaction*, vol. 13, no. 9, pp. 1200-1212, Sept. 2004.
- [32] B. R. Li, Y. Qi, and X. K. Shen, "An image inpainting method," in *Ninth International Conference on Computer Aided Design and Computer Graphics (CAD/CG)*, 2005.
- [33] J. Sun, L. Yuan, J. Jia, and H. Y. Shum, "Image completion with structure propagation," in *ACM SIGGRAPH*, 2005.
- [34] W. Y. Kung, C. S. Kim, and C. C. J. Kuo, "Spatial and temporal error concealment techniques for video transmission over noisy channels," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions*, vol. 16, no. 7, pp. 789-803, July 2006.
- [35] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, vol. 18, pp. 535-547, 2000.
- [36] K. Yu-Liang, L. Chi-Hung, W. Eric Hsiao-Kuang, C. Gen-Huey, and T. Yi-Hsien, "Performance analysis of the enhanced distributed coordination function in the IEEE 802.11e," in *Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th*, 2003, pp. 3488-3492 Vol.5.
- [37] K. Yu-Liang, L. Chi-Hung, E. H. K. Wu, and C. Gen-Huey, "An admission control strategy for differentiated services in IEEE 802.11," in *Global Telecommunications Conference, 2003. GLOBECOM '03. IEEE*, 2003, pp. 707-712 Vol.2.
- [38] R.G. Gallager, "Low-density parity-check codes," *IRE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-8, pp. 21-28, Jan. 1962.
- [39] H. Behairy and S. Chang, "Parallel concatenated Gallager codes," *Electronics Letters*, vol. 36, no. 24, pp. 2025-2026, 2000.
- [40] J. Ha, J. Kim, and S. McLaughlin, "Puncturing for finite length lowdensity parity-check codes," *IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT 2004)*, 2004.
- [41] J. Ha, J. Kim, D. Klinc, and S. McLaughlin, "Rate-compatible punctured low-density parity-check codes with short block lengths," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 2, pp. 728-738, 2006.
- [42] Singzi-Hong, " A Virtual Platform for

System-on-Chip Design and Verification,"
*Master's thesis, Graduate Institute of Electronics
Engineering, National Taiwan University, Taipei,
Taiwan, 2007*

- [43] W. Müller, W. Rosenstiel, and J. Ruf, *SystemC Methodologies and Applications*: Springer, 2003.
- [44] "ARM Architecture Reference Manual.":
<http://www.arm.com>,
- [45] L. Semeria and A. Ghosh, "Methodology for hardware/software co-verification in C/C++," in *Design Automation Conference, 2000. Proceedings of the ASP-DAC 2000. Asia and South Pacific*, 2000, pp. 405-408.