

# 前瞻性行動無線都會網路之設計與性能評估(第二年)

## 期中報告

計畫編號: NSC 96-2221-E-009-014-MY3

計畫執行時間: 97. 8. 1~98. 7. 31 (第二年)

主持人: 黃家齊教授

計畫參與人員: 鄭有財, 陳人豪

### 摘要

本計畫針對現行行動無線都會網路系統Wimax作深入研究, 了解其特性及可以改善的地方, 並運用最新的通訊領域技術加入於Wimax系統上面, 使所設計的新型Wimax系統有更佳的性能表現. 在傳送端方面, 本計畫使用多載波展頻技術(MC-CDMA)於傳送訊息的(OFDMA)頻率載波上, 使用具有正交特性之華氏碼作為展頻機制, 以期可以對抗通道衰變的問題, 在傳送端之通道編碼方面, 使用低密度同位檢查碼(LDPC), 並使用里察德森法編碼方式, 以減低編碼端之運算複雜度. 在接收端部份, 本計畫使用和一般接收機系統不同的架構模式, 本計畫使用智慧型渦輪等化暨多路徑干擾消除技術, 並結合軟式最大相似資料偵測器與低密度同位檢查碼解碼器, 作資料偵測與通道編碼之渦輪運算, 並以多路徑訊號最大比結合(MRC)之技術, 將多路徑訊號能量以最佳化方式結合, 因此所設計的系統有良好的性能表現. 相關之傳送機與接收機的設計並可提供前瞻性系統設計之參考.

### 簡介

行動無線都會網路(Wimax)為”全球互通微波存取”(Worldwide Interoperability for Microwave Access)之英文縮寫, 是由IEEE 802.16d [1]與IEEE 802.16e [2]演化而來的, 主要目的是要提供更高資料傳輸率, 穩定的行動通訊服務. Wimax [3][4]系統選用IEEE 802.16e之SOFDMA模式作為資料交通之規範, 其與傳統之OFDM系統所有載波只提供給單一使用者使用的機制不同, OFDMA模式將一個OFDM符元區分為好幾個子通道, 每個使用者可以使用由系統分配的數個子通道傳送資料, 因此一個OFDM符元可提供多個使用者多重進接傳遞資料, 系統也可視通道情況, 適時調整每個使用者所使用之子通道, 以增加整體網路之效率. 行動Wimax系統主要使用的頻段為2.3GHz, 2.5GHz, 3.5GHz, 依照最新的Wimax制定之標準(2009) [3], Wimax現在已可提供TDD與FDD二種模式, 以固接式之Wimax系統而言, 目前可使用TDD/FDD, 但是以行動Wimax而言, 目前僅提供TDD模式. 頻寬方面, 固接式Wimax頻寬提供3.5 MHz, 5 MHz, 7 MHz, 10 MHz, 而行動Wimax使用 3.5 MHz, 5 MHz, 10 MHz三種頻寬方式.

本計畫根據Wimax制定的標準, 了解其訊號之特性與訊號於通道傳輸時可能會遇到的問題. 由於行動Wimax是移動的使用[5][6], 因此通道會隨著時間改變, 在都市環境中, 通道已不再是直視路線(LOS), 而是呈現非直視路線(NLOS)多路徑通道[7], 當移動具有一定的速度時, 原本固定式的通道將會變為多路徑瑞雷衰變通道, 通道將會

隨著時間快速地變化,因此訊號在通道的傳輸將會受到相當程度的影響,OFDMA載波的特性就是每個載波之間是完全獨立的[9][10],如果沒有編碼保護及訊號處理,當一個載波遇到嚴重的衰變時,載波所載的訊號將會完全被破壞,即使加上編碼之後,載波仍然會受到一定的影響.因此本計畫針對此一問題,提出解決方案.

## 研究方法

第一步,本計畫使用具有正交特性之華氏展頻碼,將一個頻域載波的訊號,利用展頻的原理,將其均勻放置在所有的頻域載波上面,每個頻域載波的訊號都做一樣的動作,再將這全部載波的訊號疊加一起,如此一來,原本每一個載波的訊號會均勻由所有的載波傳送,頻域展頻後的每一個載波將會載有原本全部載波的訊號,由於使用華氏碼,每個載波上的所有原有載波訊號將會因為具有正交特性,而不會互相干擾,只要在接收端部份做對應的解展頻動作,將可以把所有的載波資料還原回來,而且因為使用展頻碼的關係,系統可以具有展頻增益而提升效能.

第二步,本計畫使用軟式等化器在頻域將通道效應補償,因為由標準所訂定的領航載波雖然較資料載波有2.5dB的增益,但是如果多路徑衰變通道如果很劇烈,原本少數數量的領航載波將不足以提供接收機作準確的通道估計,而產生不準的通道資訊,如果使用傳統的單一支路等化器,將會把整體訊號嚴重錯估,因此本計畫使用軟式等化器,可以減緩通道估計不準對資料偵測的影響.

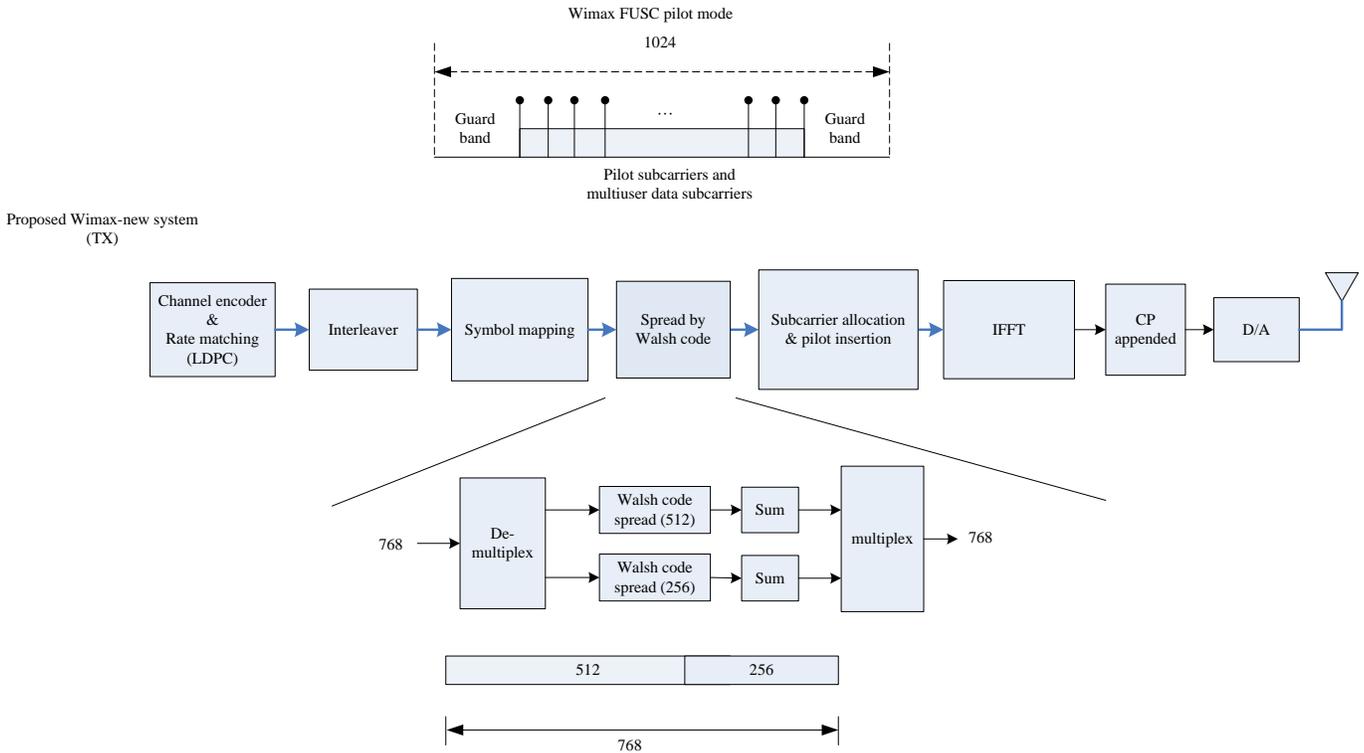
第三步,本計畫使用軟式資料偵測器.本計畫使用以機率為基底之最大相似比較式資料偵測器,由於針對訊號經過通道的機率模型,對訊號做可靠度分析運算,因此可以計算每一個資料位元的可靠度,每一個位元的可靠度可以透過轉換,轉換為軟位元,以提供資料分析之用.每一個位元之可靠量度值可以提供給低密度同位檢查碼之通道解碼器做解碼運算.

第四步,本計畫使用多路徑干擾消除技術.因為在都市無線通道的環境,主要是以多路徑通道為主,因此接收機會接收到多路徑的訊號,而這多路徑訊號將會破壞華氏碼的正交特性,因此有必要將多路徑訊號區分.而且因為每個路徑皆載有訊號,如可以將多路徑訊號分解,將可以利用最大比合併的方式,將每個路徑之能量集合起來,如此一來,將可以提升訊號對抗雜訊的能力,而且可以讓展頻碼的展頻增益發揮到最佳程度.

第五步,本計畫使用智慧型渦輪等化技術.因為即使使用通道編碼技術,系統效能仍會受限於多路徑干擾影響,因此本計畫將渦輪等化技術與通道低密度同位檢查解碼器結合,利用解碼器所計算之後置機率,重建出每個路徑的軟式符元訊號,而每個路徑的軟式符元訊號將可以回授給多路徑干擾消除模組,進行多路徑干擾消除運算,如此一來,經過幾個遞迴運算,系統將可以具有很好的性能.

## Wimax-New 系統模型

本計畫所設計之新型Wimax系統具有多重碼之特性，其傳送端架構與資料結構如圖一所示，本計畫所採用的領航載波模式是以Wimax標準之FUSC模式為主。

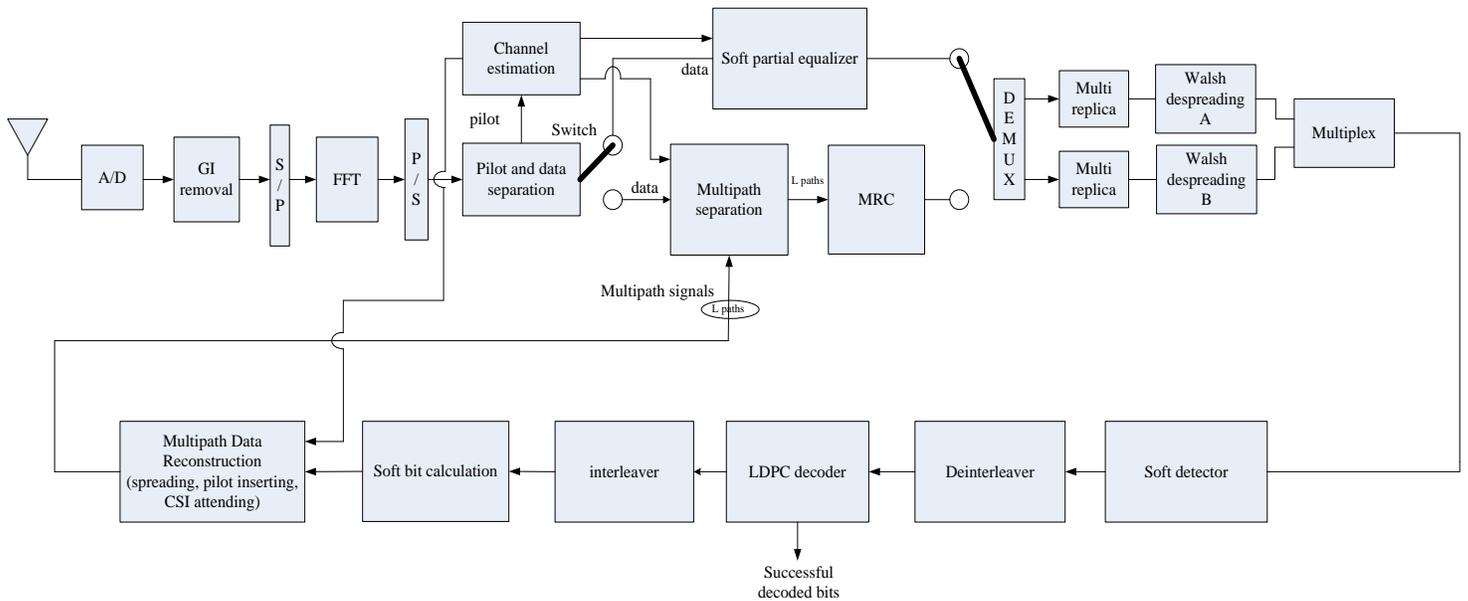


圖一 Wimax-New傳送端模型與訊號載波設計

Wimax之資料流初步經由低密度同位檢查編碼器編碼處理，碼率可由系統依照通道品質做適時調整，所使用之編碼方式會在後面章節說明。編碼之後的訊號會經過交錯器處理，交錯器會將訊號的位置調換，相臨的位元訊息將會互相遠離，使用交錯器的目的是要減低叢集錯誤對更正碼的影響，以提高更正碼保護的能力。接著訊號將會依照使用符元的方式，將位元訊號組合為符元訊號。符元訊號會進行頻域的展頻處理，本計畫所採用的是Wimax規格內之FUSC模式，因此真正載資料的載波數目只佔整體的一部份，以1024點模式為例，資料載波有768個，領航載波有96個，其餘為護衛區間，領航載波限定用BPSK調變，不適合使用展頻，因此真正有需要展頻為資料載波，在Wimax系統裡，因為使用OFDMA方式，因此這邊的資料載波包含很多不同使用者之資料載波，每個使用者依照系統分配，使用特定的子通道載波。本計畫使用具有正交特性的華氏碼展頻，華氏碼的規則是展頻長度必須為2的N次方，因此我們在這邊可以將資料載波區分成長度為512及256的資料區塊，如此一來本來無法使用展頻碼的資料載波將可以使用展頻碼展頻。展頻之後的資料載波，將加入領航載波與護衛區間，領航載波之功率強度較一般資料載波高2.5dB [2][3]，主要是用來作接收機之通道估計之用，護衛區間則是用來保護資料區塊，以避免不同OFDM符元之間互相干擾。接著整個載波區

塊將做IFFT運算,即OFDM調變,以最新的行動式Wimax標準(2009),FFT長度設定為512點及1024點二種.經過IFFT運算,訊號即由頻域轉到時域,接著加入護衛區間,護衛區間的目的,是要保護整個OFDM符元可以對抗多路徑通道之影響,Wimax標準設定值為符元長度之1/4,1/8,1/16,及1/32.多路徑之最大延遲如果在護衛區間裡面,符元均可透過通道估計將通道效應還原.經過D/A轉換後,訊號即由傳送端發送出去.

接收端方面,如圖二所示.



圖二 Wimax-New接收端模型

接收到的訊號會先進行A/D轉換為數位訊號,接著移除護衛區間,移除護衛區間的OFDM符元即可進行FFT運算,即OFDM之解調,訊號將會從時域轉至頻域,在本系統設計裡,我們假設系統已同步. OFDM之次載波包含領航次載波與資料次載波,因此在完成FFT運算之後,領航次載波會提出到通道估計模組,進行通道估計工作,本系統採用FUSC模式,因此我們可以利用領航次載波之特性進行通道估計,估計出的通道資訊會送到軟式部份等化器.本系統採用的是遞迴式多層次運算,因此不同遞迴所經過的訊號處理會不一樣,第一次的運算是軟式部份等化訊號處理,第二次以後的運算是軟式連續式多路徑干擾消除訊號處理,訊號處理由切換器依照遞迴次數做選擇動作.

第一次運算是使用軟式部份等化器,主要功能是抵消接收訊號受到通道的影響,等化器所使用的通道參數由通道估計模組所估計的通道資訊計算出來,主要是因為通道估計不一定準確,如果直接使用反轉等化,將會造成雜訊放大的現象,因此我們使用軟式部份等化的方式,由一beta參數來調整等化器的等化參數,如此一來會有較佳的等化效果.等化之後的接收訊號即已補償通道的效應,因此可以進行解展頻,本系統的解展頻運算是在頻域來運作.因為使用華氏碼,接收機所使用的華氏碼需要對應傳送端所使用的華氏碼,有二種不同的長度會對應其相關的華氏碼,解展頻之後的訊號就可以進行資料偵測的工作.本系統採用軟式資料偵測的方法,利用機率模型與最大相似比方法,算出每個位元之對數相似比值,由於是使用機率的方式計算每個位

元的資訊，因此資料偵測的效果會比一般硬式資料偵測的方法還要好。計算出之位元資訊，經過解交錯器之解交錯的動作之後，即可送到後面解碼器作解碼的運算。本系統使用高效能之低密度同位檢查碼解碼器來解碼，由於傳統的低密度同位檢查碼解碼方式運算複雜度太高，因此在這邊我們使用最大對數的解碼方法，在輕微減低系統效能的情況下，可以大幅減低運算複雜度，因此可以加快解碼器的運算效果。低密度同位檢查碼解碼器會在解碼器內部作多次的解碼遞迴運算，每次遞迴運算都可以增加解碼的效果。最後解碼器會計算出一組後置機率，根據這組後置機率，我們可以判斷系統是否已完全更正傳輸訊號受到通道影響而產生的位元錯誤，如果解碼器已成功解碼，則訊號即可送到外部之處理器進行其它訊號處理。如果訊號經過解碼器判斷並未全部正確，則接收機會開啟之後的軟式連續式多路徑干擾消除訊號處理。軟式連續式多路徑干擾消除訊號處理主要功能，在於利用前一次運算所建立的多路徑訊號，將真正接收訊號的多路徑訊號區分開來，因此在前一次運算，我們可以根據解碼器所計算的後置機率重建訊號。解碼器所算出的後置機率值經過交錯器之後，進入軟位元計算轉換模組，這裡會將後置機率值轉換為軟位元並將之組合調變為軟符元，接著軟符元會進行華氏碼分組與展頻，之後會加入領航符元，重建的訊號會根據真實通道狀態資訊(CSI)重建出每個路徑的訊號，如此L條路徑的訊號都可以被重建出來，接著這些重建的路徑訊號會送到下一個遞迴的軟式連續式多路徑干擾消除訊號處理模組。

由於新的遞迴是採用軟式連續式多路徑干擾消除訊號處理，因此切換器會切換到這個路線，首先要將每個接收訊號的路徑區分開來，因此第i條路徑的訊號為接收訊號扣除路徑i以外的其它重建路徑訊號，如此一來，重建的第i條訊號只包括第i條路徑的訊號，雜訊，及其它殘餘估不準路徑的訊號，每一條路徑都可以透過這個方法將其它多路徑干擾的訊號消除。訊號處理之後，每個路徑都將是單一路徑，有其本身對應的通道效應，因此重建出的L條單一路徑只會有其對應的L個單一通道效應。經過多路徑干擾消除的運算，可以利用最大比合併的方式將所有的路徑訊號依照通道強度予以加強及合併，因此可以有非常好的訊號品質。經過最大比合併的訊號接下來繼續做解展頻，解交錯及低密度同位檢查碼解碼的運算。經過解碼之後，可以再判斷新的遞迴所計算出的後置機率是否已經將接收訊號正確解出，如果正確解出，則可以將訊號送到其它處理器運算，如果檢查仍有錯誤，就繼續軟式連續式多路徑干擾消除訊號處理的遞迴。

經過每次遞迴，多路徑的訊號可以越來越清楚，因此經過最大比合併的訊號也會有越好的訊號品質，再加上低密度同位檢查碼解碼的運算，系統整體的效能將可以提升。

## 接收機演算法

接收機第一個遞迴運算是軟式部份等化器, 其等化係數如式(1)所示

$$G_i = H_i^* / |H_i|^{1+\beta}, \quad 0 \leq i \leq (N-1), -1 \leq \beta \leq 1 \quad (1)$$

其中H代表估計的通道, G代表等化器之等化係數,  $\beta$  為等化器之調整參數, 我們可以依照通道的品質設定不同的調整參數, 當調整參數設定為1時, 此一等化器近似為零級強力反轉等化器, 當調整參數設定為0時, 此一等化器近似為相等增益等化器, 當調整參數設定為-1時, 此一等化器近似為最大比合併等化器, 當調整參數設定為其它值, 其具有綜合特性, 因此可以利用此一軟式部份等化器來提高等化品質。

經過解展頻之後, 訊號會進行軟式資料偵測運算, 軟式資料偵測運算是利用中央極限定理, 找出資料的機率模型, 在依照機率模型計算出其對數相似比值. 所使用的機率模型如式(2)所示

$$P(z_{l,k} | x_k = s_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_z^2}} \exp\left(-\frac{(z_{l,k} - m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (2)$$

其中平均值與變異數的運算為式(3)~(5)

$$m_z = x_k \sum_{i=1}^{L_w} g_i h_i \quad (3)$$

$$\sigma_z^2 = (L_w - 1) \sum_{i=1}^{L_w} \psi_i^2 + \sigma_n^2 \sum_{i=1}^{L_w} |g_i|^2 \quad (4)$$

$$\psi_i = g_i h_i - \frac{1}{L_w} \left( \sum_{j=1}^{L_w} g_j h_j \right) \quad (5)$$

$L_w$  為展頻碼的長度. 因此我們可以用此方式算出每個位元的對數相似比值.

$$\Gamma_{z,b_i} = \ln \frac{\sum_{z_i \in \{b_i=1\}} P_{z_i}}{\sum_{z_i \in \{b_i=-1\}} P_{z_i}} \quad (6)$$

接著就可以把每個位元的對數相似比值送到低密度同位檢查碼解碼器作解碼運算. 解碼正確的位元即送到其它處理器作運算, 如果解碼之後仍有部份錯誤, 就需要進行下一遞迴之運算. 開始下一遞迴之運算需要先將多路徑訊號重建, 重建所使用的資料就是本次遞迴所估算出來的資訊. 首先, 將低密度同位檢查碼解碼器送出來的對數相似比值轉換為軟位元及軟符元, 如式(7)所示.

$$\hat{x}_k = 1/\sqrt{2}[\tanh(\Gamma_{2k-1}/2) + \tanh(\Gamma_{2k}/2)] \quad (7)$$

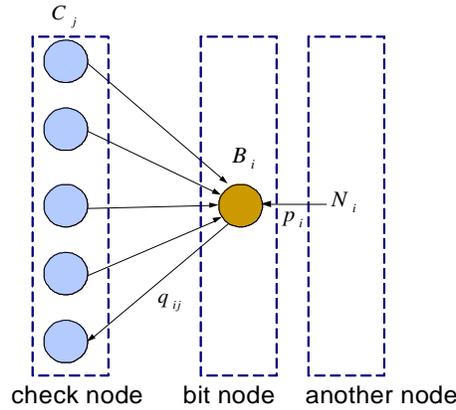
軟符元會在加入領航符元及通道狀態資訊之後，送到下一遞迴之多路徑干擾消除運算，如式(8)所示

$$\mathbf{r}_d = \mathbf{R} - \left( \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq d}}^P \mathbf{H}_i \right) \left( \sum_{k=1}^{L_w} \hat{x}_k \mathbf{c}_k \right), \quad 1 \leq d \leq P \quad (8)$$

接著就是進行解展頻與軟式資料偵測的運算，在這一級因為多路徑干擾的影響已消除，因此資料偵測所用的模式可以簡化，其變異數可以不需要考慮展頻在多路徑的影響。經過資料偵測之後，就是進行低密度同位檢查碼解碼運算。經過多次渦輪運算，可以提升系統的效能。

### 低密度同位檢查碼

本系統使用的低密度同位檢查碼依照Wimax標準作設計。在編碼端我們使用里察德森法作編碼[8]，此係利用同位檢查矩陣的特性作編碼，如此一來可以較傳統低密度同位檢查碼編碼減低運算複雜度。解碼方面本系統使用最大對數法作解碼，如此可以較傳統低密度同位檢查碼解碼的方式減低運算複雜度，以下為本系統低密度同位檢查碼解碼的演算法。圖三為位元節點與檢查節點的資訊交通。



圖三 位元節點與檢查節點的資訊交通

#### 1. 初始化

將軟式資料偵測器所計算之對數相似比值送至每一個對應之位元節點，每一位元節點再將其所接收的內質機率(intrinsic probability),即對數相似比值 (LLR),傳送到與其連接之所有檢查節點。

#### 2. 計算所有位元節點端送到檢查節點端的機率訊息

$$LLR^{(K)}(q_{ji}) = LLR(p_i) + \sum_{j \in M(i) \setminus \{j\}} LLR^{(K-1)}(r_{ji}) \quad (9)$$

其中 K 代表遞迴的次數， $M(i) \setminus \{j\}$  代表除了目標物檢查節點 (j) 以外，其他檢查

節點送訊息到這個位元節點 (i) 的檢查節點集合。

### 3. 計算所有檢查節點端送到位元節點端的機率訊息

$$LLR(r_{ji}) = (-1)^{|L(j)|} \left( \prod_{i' \in L(j) \setminus \{i\}} \text{sgn}(LLR^{(k)}(q_{ji'})) \right) \cdot \Psi \left( \sum_{i' \in L(j) \setminus \{i\}} \Psi(|LLR^{(k)}(q_{ji'})|) \right) \quad (10)$$

利用  $\Psi(x) = -\log\left(\tanh\left(\frac{x}{2}\right)\right) = \log\left(\frac{1 + \exp(-x)}{1 - \exp(-x)}\right)$  函數的特性，可以將式子簡化為下列式子，使用簡化後的式子可以大大減低運算複雜度。

$$LLR(r_{ji}) = (-1)^{|L(j)|} \left( \prod_{i' \in L(j) \setminus \{i\}} \text{sgn}(LLR^{(k)}(q_{ji'})) \right) \cdot \min_{i' \in L(j) \setminus \{i\}} (|LLR^{(k)}(q_{ji'})|) \quad (11)$$

### 4. 計算後置機率

利用初始狀態外部送進低密度同位檢查碼解碼器的內質機率  $LLR(p_i)$ ，及經過低密度同位檢查碼解碼器運算所解出的外在機率(extrinsic probability)，即可計算出後置機率(posterior probability)  $LLR^{(k)}(q_i)$ ：

$$LLR^{(k)}(q_i) = LLR(p_i) + \sum_{j \in M(i)} LLR^{(k-1)}(r_{ji}) \quad (12)$$

計算出後置機率之後，即可利用硬式判斷(hard decision)解出資訊位元是”0”還是”1”：

$$\hat{v}_i^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{if } LLR^{(k)}(q_i) \geq 0 \\ 0, & \text{if } LLR^{(k)}(q_i) < 0 \end{cases} \quad (12-1)$$

$\hat{v}_i^{(k)}$  即代表解碼後的碼字(codeword)。

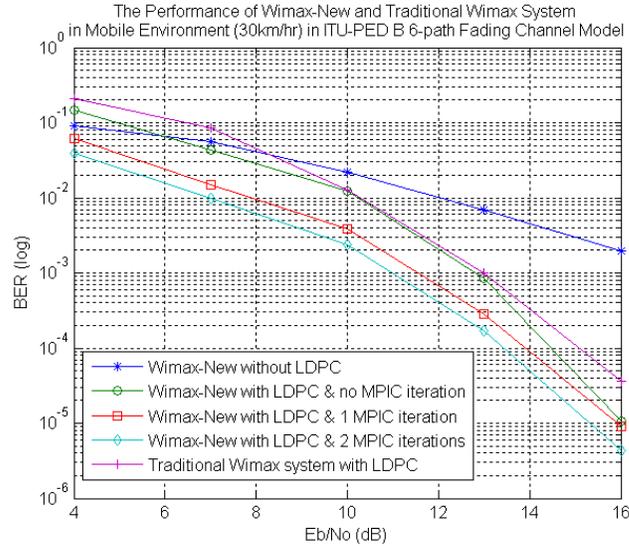
### 5. 計算解碼徵兆

由以上步驟可以計算出碼字，再利用區塊碼的特性，碼字與同位檢查矩陣相乘，所計算出之解碼徵兆應該為 0， $\mathbf{H}\hat{\mathbf{V}}^T = \mathbf{0}$ ，測試所解碼出來的碼字是否為正確的碼字，如果符合徵兆為 0 的條件，此碼字即為正確的解碼碼字，亦即傳送端送出來的碼字，如果不符合徵兆為 0 的條件，則重覆上述第 2 到第 5 的步驟，一直到符合徵兆條件，或遞迴數達到最大的預設值為止。

## 系統模擬結果

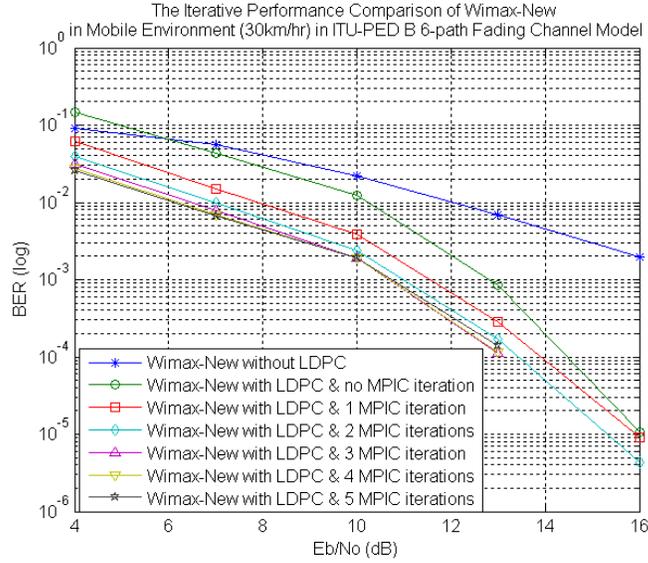
表一 模擬參數

模擬系統	Wimax-New
使用頻段	2.5GHz
訊號頻寬	11.2MHz
FFT長度 (符元長度)	1024
資料載波數	768
領航載波	96
左護衛載波	80
右護衛載波	79
DC 載波	1
載波間隔	10.94kHz
符元時間 (不含護衛區間)	91.4usec
護衛區間 (1/8)	11.4usec
模擬用戶數	4
資料載波調變	QPSK
領航載波調變	BPSK (需高於資料載波2.5dB)
通道編碼	LDPC
碼率	1/2
編碼長度	1536
編碼參數 $Z_m$	64
LDPC內部最大遞迴次數	10
系統整體遞迴最大次數	6
華氏碼展頻	512+256
軟式等化器參數beta	0.5
模擬車速	30km/hr, 90km/hr
最大都卜勒頻率	69.44 Hz, 208.33Hz
模擬通道	ITU-PED B 通道模型
通道衰變模型	瑞雷衰變模型
通道數目	6
通道增益規模(dB)	[0, -0.9, -4.9, -8.0, -7.8, -23.9]
通道延遲規模(samples)	[0, 2, 9, 14, 26, 42]



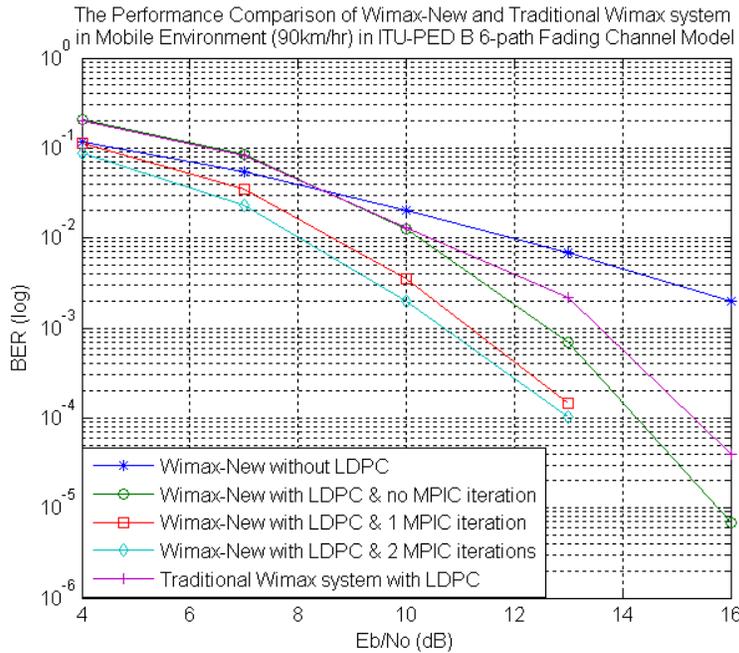
圖四 Wimax-New與傳統Wimax系統之比較  
(車速30km/hr, 編碼碼率1/2, 模擬通道ITU PED-B 通道)

圖四為本系統設計Wimax-New系統與傳統Wimax系統之效能比較, 為了比較公平, 二個系統都使用相同的LDPC碼, 接收機方面, 二個系統都使用軟式部份等化器與軟式資料偵測器, 二個系統的差異, 在於Wimax-New系統使用多重碼展頻, 與多層次軟式連續式多路徑干擾消除技術, 而傳統的Wimax系統不使用. 由電腦模擬, 在ITU PED-B 6路徑瑞雷衰變通道底下, 以車速30km/hr的表現來看, 在BER=10<sup>-3</sup>等級的表現, 本系統設計如果沒有遞迴, 系統效能跟傳統系統差不多, 但如果使用第一次軟式多路徑干擾消除, 則系統效能可以提升1.5dB, 如果使用二次軟式多路徑干擾消除, 則系統效能可以提升2dB. 由模擬可以得知, 本系統設計使用LDPC碼與沒有使用LDPC碼的差異, 如果沒有遞迴運算, 編碼增益約為4dB, 如果有多次遞迴運算, 整體效果可以提升6dB左右.



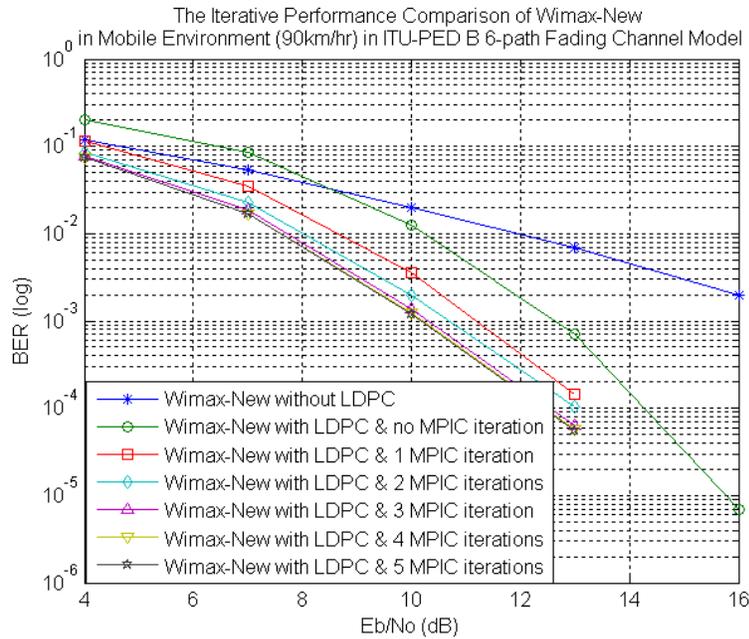
圖五 Wimax-New系統於不同遞迴訊號處理之性能比較  
(車速30km/hr, 編碼碼率1/2, 模擬通道ITU PED-B 通道)

圖五為本系統設計於車速30km/hr的6路徑瑞雷衰變通道, 在不同遞迴運算的效能比較, 由模擬可以知道, 在遞迴次數越多的運算, 系統效能可以越提升, 不過提升的速率也會慢慢收斂, 第一次遞迴運算可以提升1.5dB的效能, 第二次運算與第一次運算比較, 效能提升0.5dB, 更多遞迴其效能提升的效果會越來越小, 由此可知, Wimax-New的系統約3次遞迴即可有不錯的表現。



圖六 Wimax-New與傳統Wimax系統之比較  
(車速90km/hr, 編碼碼率1/2, 模擬通道ITU PED-B 通道)

圖六為本系統Wimax-New與傳統Wimax系統在車速 90km/hr的性能比較, 由圖可以知道, 傳統系統即使有使用LDPC碼保護, 在高車速的情況下, 系統效能一樣會減低, 而本系統則仍可有的表現。



圖七 Wimax-New系統於不同遞迴訊號處理之性能比較 (車速90km/hr, 編碼碼率1/2, 模擬通道ITU PED-B 通道)

圖七為本系統設計於車速90km/hr的6路徑瑞雷衰變通道, 在不同遞迴運算的效能比較, 由模擬可以知道, 因為有多路徑增益的物理現象保護, 本系統即使在高車速的情況下, 其系統效能仍有不錯的表現。

## 結果與討論

本計畫依照Wimax規格, 設計出一改良式Wimax系統, 其具有多重碼展頻與多路徑干擾消除訊號處理, 再加上低密度同位檢查碼的編碼保護, 因此具有很強的抗通道干擾的優點, 經過解碼器與多路徑干擾消除器組合而成的渦輪等化訊號處理, 系統可在多次遞迴運算之後, 有更好的表現. 經過電腦模擬, 本系統設計具有穩定且不錯的性表現, 因此本系統可提供作為未來行動都會網路的標準設計參考。

## 成果自評

本計畫設計一改良式Wimax系統, 經過電腦模擬, 具有相當不錯的表現, 目前是以單一基地台多使用者為設計基礎, 未來發展可以設計多基地台之環境. 多基地台之環境為多訊號干擾之環境, 不同地方之基地台於同一頻段將有可能互相干擾, 因此如何設計多重碼以減低不同基地台之間的干擾, 將是本計畫未來發展的方向。

## 參考文獻

- [1] IEEE 802.16-2004, "Local and Metropolitan Networks —Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," 2004.
- [2] IEEE 802.16e-2005, "Local and Metropolitan Networks— Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum1," 2006.
- [3] Wimax Forum®, "Mobile System Profile Specification: Release 1.5 Common Part", Feb, 2009.
- [4] Wimax Forum, "Mobile Wimax — Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation," 2006.
- [5] Bo Li; Yang Qin; Chor Ping Low; Choon Lim Gwee, "A Survey on Mobile Wimax [Wireless Broadband Access]," *Communications Magazine, IEEE* , vol.45, no.12, pp.70-75, December 2007.
- [6] Jeffrey G. Andrews; Arunabha Ghosh; Rias Muhamed , "Fundamentals of Wimax: Understanding Broadband Wireless Networking", *Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series*, Feb, 2007.
- [7] Atul Salvekar; Sumeet Sandhu; Qinghua Li; Minh-Anh Vuong; Xiaoshu Qian," Multiple-Antenna Technology in Wimax Systems," *Intel Technology Journal*, 2004.
- [8] Richardson, T.J.; Urbanke, R.L., "Efficient encoding of low-density parity-check codes," *Information Theory, IEEE Transactions on* , vol.47, no.2, pp.638-656, Feb 2001.
- [9] Fan Wang; Ghosh, A.; Sankaran, C.; Fleming, P.; Hsieh, F.; Benes, S., "Mobile Wimax systems: performance and evolution," *Communications Magazine, IEEE* , vol.46, no.10, pp.41-49, October 2008.
- [10] Khan, M.N.; Ghauri, S., "The Wimax 802.16e physical layer model," *Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2008. IET International Conference on* , vol., no., pp.117-120, 11-12 Jan. 2008.