

# 市區巨細胞無線電通道之空階(角度)-時階特徵研究

## Characterization of Spatio(Angular)-Temporal Radio Channels in Urban Macrocells

計劃編號：NSC88-2213-E009-194

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：唐震寰 國立交通大學電信工程學系

### 1. 中文摘要

本論文利用先進的寬頻向量通道響應量測系統在交通大學光復校區及台北市等巨細胞環境進行無線通道空一時特性如脈衝響應及多重路徑入射角分佈之實地量測，進而驗證適應環境性傳播模型所預估延遲時間與水平入射角之效能。

關鍵詞：空-時通道、智慧型天線、適應環境性傳播模型

### Abstract

In this project, we employ a wideband channel sounder to perform the measurement of channel impulse responses and multipath AOA(Angle of Arrival) at National Chiao-Tung University campus and Taipei city. The site-specific model is validated by using the measurement result. It is found that the model works well except the prediction of local cluster scattering effects.

**key word** : Spatio-temporal Channel, Smart Antenna, Site-Specific Propagation Model

### 2. 簡介

在無線通訊系統中，訊號受到傳播路徑鄰近或遠方物體反射、繞射或散射效應，天線接收不同角度/延遲時間入射的多重路徑波，造成衰落(fading)與干擾的結果。早期無線電通道統計模型通常是為了窄頻信號傳輸系統所開發，因此大多只考

慮隨時間改變的接收訊號振幅與相位，而後來發展的模型大多都加入了時間延遲擴散的考量，時間延遲擴散效應對於數位調變的通訊鏈路是相當重要的。直到目前，為因應 SDMA 及智慧型天線系統之應用，無線通道模型大都考量通道隨空間與時間變化之特性，例如探討多重路徑之 TOA(Time of Arrival)與 AOA(Angle of Arrival) [1-2]。本研究將利用功能完整之寬頻向量通道響應量測系統，擷取並分析巨細胞向量通道之 TOA 及 AOA 特性，並利用適應環境性傳播模型 (site-specific propagation model) [3] 分析與比較 TOA 與 AOA 量測結果。

### 3. 寬頻向量通道響應量測系統

圖 1 為向量通道響應量測之系統方塊圖[7]，其中發射天線為全向性天線，RF 中心頻率為 2.44GHz，訊號頻寬為 120MHz，發射功率為 30dBm。接收天線為 8 個單元 (element) 的均勻線性陣列天線，單元間隔為  $\lambda/2$ ，有效範圍為  $120^\circ$  (接收陣列天線可視範圍)。發射與接收天線皆為鉛直極化，接收信號擷取至 DRU 後經由 FPC 軸綫路線傳送至 PC，最後採用 MATSYS 軟體做 TOA 及 AOA 之離線分析。其中 RFT 的 Dynamic range 為 40dB。

### 4. 量測環境與參數

本論文分別於交大光復校區及台北市信義區進行量測。圖 2 為交大光復校區量測路線圖，其中接收端陣列天線有效天線高度 (從地面起算) 為 34.2 公尺。發射天

線有效高度為 1.7 公尺。其中路徑#1 起點自資訊館與工三館之路口往操場方向行進，迄點為工三館與工四館之間的路口，行進方向與接收陣列單元排列方向平行，T-R 距離自 140 公尺到 160 公尺，路徑總長度為 50 公尺，每 5 公尺 (40.65 $\lambda$ ) 做一次定點量測，共計量 11 個大點，該路徑皆為非視線外傳播(Non-Line of Sight, NLOS)的環境，走道旁有零星停放車輛，主要傳播模型為屋頂繞射、牆面反射波與牆角繞射波，量測該路徑之目的是瞭解非視線外傳播時，牆角繞射與屋頂繞射之散射效應。圖 3(path#2、3)為台北市信義區量測路線圖，其中接收陣列天線(Rx)架設在中華電信研究所軟體大樓上，有效天線高度 38.5 公尺。發射天線高度為 1.7 公尺。量測的過程中陣列天線始終面向量測路徑，且大部份的傳播環境皆為 NLOS。量測過程中，將發射端放置於量測車上，以每小時 10 公里的車速前進，改變發射天線的位置，分析時兩個取樣點位置相隔 2.8 公尺 (22.76 $\lambda$ )，亦即每秒分析一次。

## 5. 預估結果：

圖 4、圖 5 分別為不同頻率電波在都會區 LOS 及 NLOS 傳播時角度擴散標準差計次累積分佈預估結果。圖 6 為角度擴散平均值與標準差隨水平距離變化情形，由圖 6(a)可知距離短時角度擴散之平均值比較大，當距離變長時平均值變得比較小；圖 6(b)顯示角度擴散之標準差和水平距離較無直接的關係，因其和所在環境建物分佈有關。

## 6. 量測結果與分析：

### 路徑 1

圖 7、圖 8 分別為適應環境性傳播模型估算結果、量測結果所繪出的 PDP(Power Delay Profile)。圖 8 中第一個到達的脈衝接收功率甚小，反而傳播距離較遠的標記 D 脈衝接收功率較高，此乃是由於工三館屋頂並非平整，屋頂上仍有些許障礙物，因此標記 A 的脈衝經過工三館

屋頂繞射時功率衰減甚多，而標記 B 的脈衝已超過 ISB 面，接收功率亦急遽下降，反之行動台相對於標記 D 之繞射點而言處於第 I 區，故接收功率較高。圖 9、圖 10 分別為適應環境性傳播模型計算、量測結果之 TOA 與 AOA 所繪出之 DAS(Delay Azimuth Spectrum)，其中 delay 的時間則由其估算出的 TOA 加上 490.7 ns，與圖 7 之量測結果比較，圖 4 中標記 F 的脈衝應為二次反射所造成，其餘主要傳播路徑皆可預估得。

### 路徑 2

圖 11、圖 12 為信義路復興南路口往東至信義路敦化南路口之量測結果，由於量測起始點附近位於交叉路口，兩側建築物多為 17、8 層以上之高樓，且道路兩旁種植二層樓高以上的行道樹，故主要傳播效應為區域散射、屋頂繞射及遠端牆面反射，且 Delay Spread 與 Angle Spread 比較大，並隨著距離之改變上下振盪。當量測距離超過 50 公尺時，建築物高度有下降之趨勢，大約維持 4 至 8 層樓高，此時屋頂繞射與區域散射為主要之傳播效應，遠端反射效應不見了，Delay Spread 與 Angle Spread 才跟著漸漸降低。當量測距離超過 270 公尺時，發射點位於信義路 74 巷巷口，由於此時為 LOS 環境，且發射端與接收端距離最小，故 Delay Spread 與 Angle Spread 最小，約為 120ns 與 3 度；而當發射點位於巷口兩邊轉角附近時，此時仍屬於 NLOS 環境，除了之前的區域散射、屋頂繞射、遠端牆面反射外，還多了牆角繞射效應，故 Delay Spread 有突然增加之趨勢，Angle Spread 則沒有多大的變動，因為波傳播的方向被限制在巷道內。過了 74 巷巷口後，又恢復了 NLOS 環境，且建築物高度增加至 10~15 層樓，Delay Spread 與 Angle Spread 增加，且開始振盪。

### 路徑 3

圖 13、圖 14 為自信義路與敦化南路口往南的量測結果，由於敦化南路兩側皆為二十層以上大樓，所以大部份情況下皆為 NLOS 環境，主要傳播效應為牆角繞射與遠端繞射點散射，Delay Spread 約在 300 至 500ns 間振盪，Angle Spread 約在

20 度左右。不過當量測距離在 100 公尺到 250 公尺之間時，有幾處 Angle Spread 與 Delay Spread 突然變小，此乃由於接收天線陣列與發射端恰好能夠在大樓相鄰間隙形成 LOS 傳播；在 250 公尺之後，此種情形便不再發生，且由於建築物高度及密度依然偏高，因此 Delay Spread 與 Angle Spread 仍然持續在一定範圍內振盪。由路徑三的量測可知，高建築物所形成之 NLOS 傳播環境使得 Delay Spread 與 Angle Spread 整體分佈雖然偏高但變化卻較為平緩(上下振盪)。另外，路徑尾端的距離已愈來愈遠，建築物分佈情形也較為複雜，因此 Angle Spread 以及 Delay Spread 也逐漸上升。

### 7. 結論：

在本研究中，吾人利用先進的向量通道響應系統在交大校園與台北市信義區進行通道響應與特性之量測，進而分析與驗證適應環境性傳播模型所預估延遲時間與水平入射角之效能。我們發現在基地台陣列天線接收訊號脈衝響應均會呈現叢集式多重路徑傳播效應，包括直接波附近之區域散射體群與遠端反射/繞射體附近之區域散射體群所造成的叢集效應。而適應環境性傳播模型僅能預估主要電波傳播路徑，無法預估散射效應。未來應加入統計

通道模型彌補該項不足。

### 8. 參考文獻：

- [1] Joseph C. Liberti, JR. Theodore S. Rappaport, "Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications".
- [2] K. I. Pedersen, P. E. Mogensen, B. H. Fleury, "A Stochastic Model of the Temporal and Azimuthal Dispersion Seen at the Base Station in Outdoor Propagation Environments," IEEE Trans., Vol. 49, No. 2, March 2000.
- [3] Lubherz, W. Wiesbeck, and Krank, "A versatile wave propagation model for the VHF/UHF range considering three-dimensional terrain," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 40, pp. 1121-1131, Oct. 1992.
- [4] R. S. Thoma, D. Hampicke, A. Richter, G. Sommerkorn, A. Schneider, U. Trautwein, and W. Wirtzner, "Identification of Time-Variant Directional Mobile Radio Channels," IEEE Trans. On Instrumentation and Measurement, No. 2, April 2000.

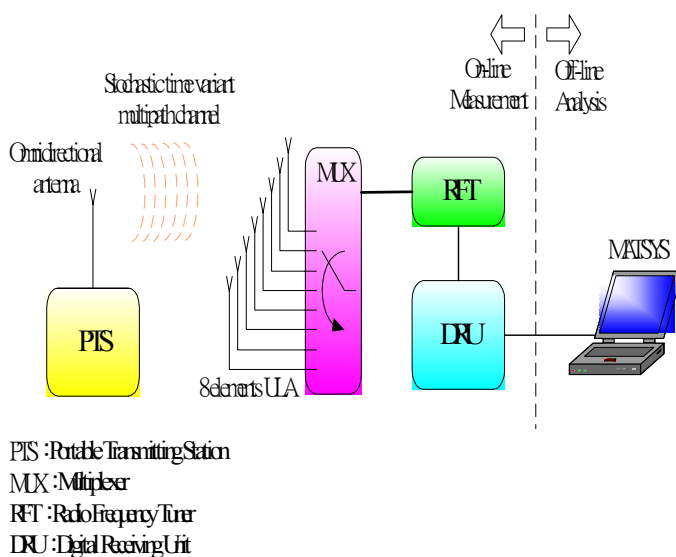


圖 1：向量通道響應量測系統 (RUSK Vector Channel Sounder)

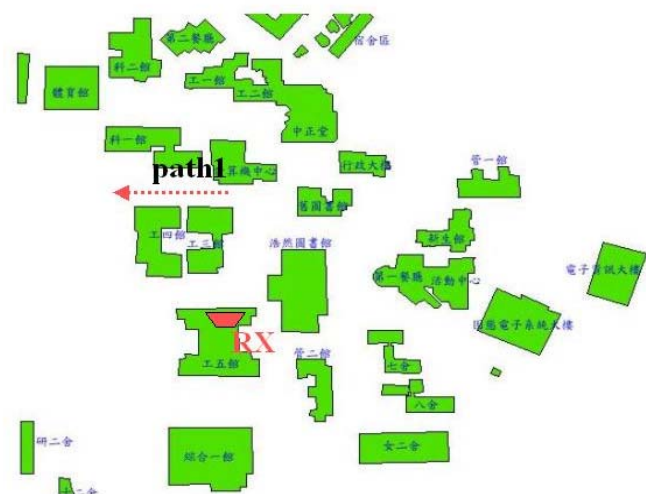


圖 2：交大大學光復校區量測路線圖

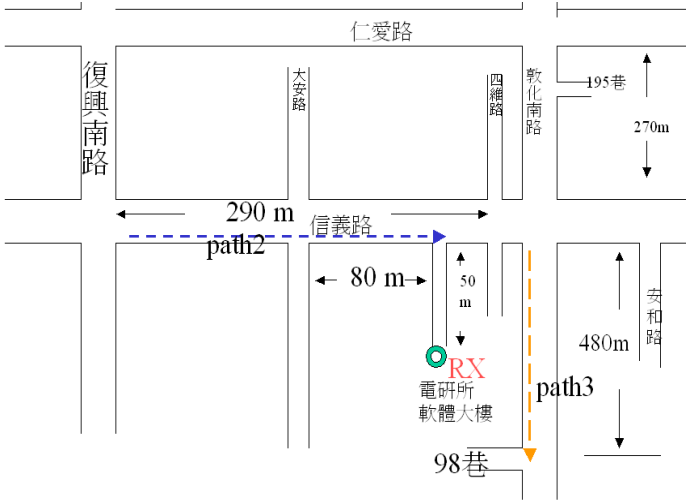


圖 3：台北市量測路線圖

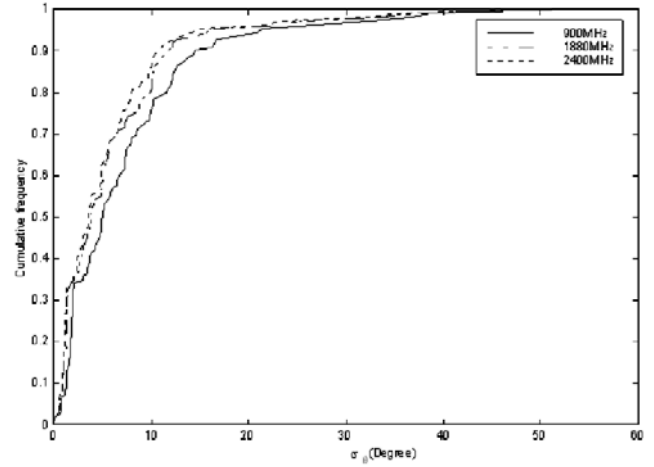


圖 4：不同頻率電波在都會區(台北市)LOS 傳播時序度擴散標準差計次累積分佈預估結果

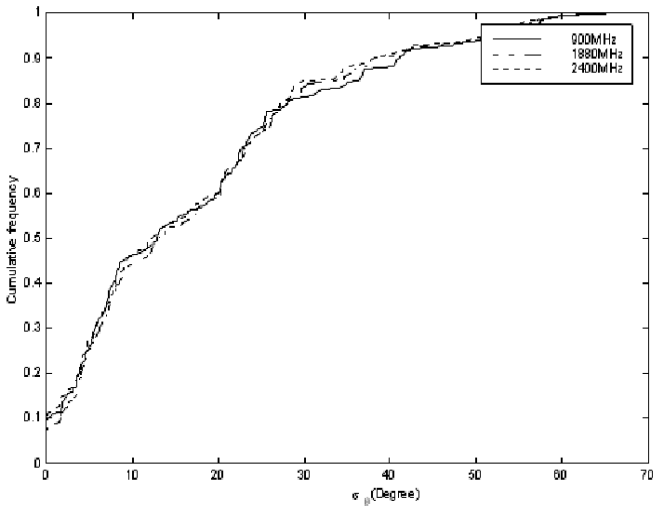


圖 5：不同頻率電波在都會區(台北市)NLOS 傳播時序度擴散標準差計次累積分佈預估結果

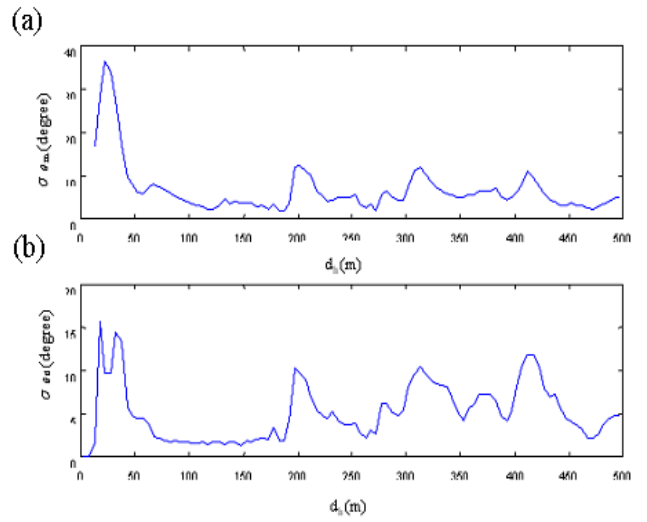


圖 6：(a)序度擴散平均值 V.S. 水平距離  
(b)序度擴散標準公差 V.S 水平距離

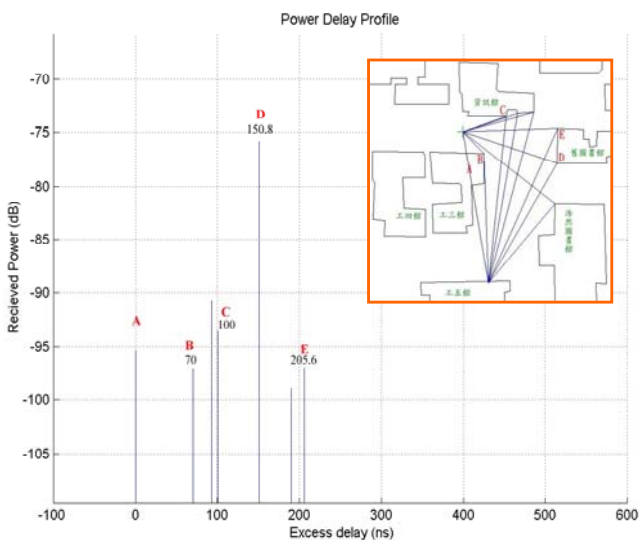


圖 7 路徑#1 距離起點 10 公尺處估算之傳播功率延遲

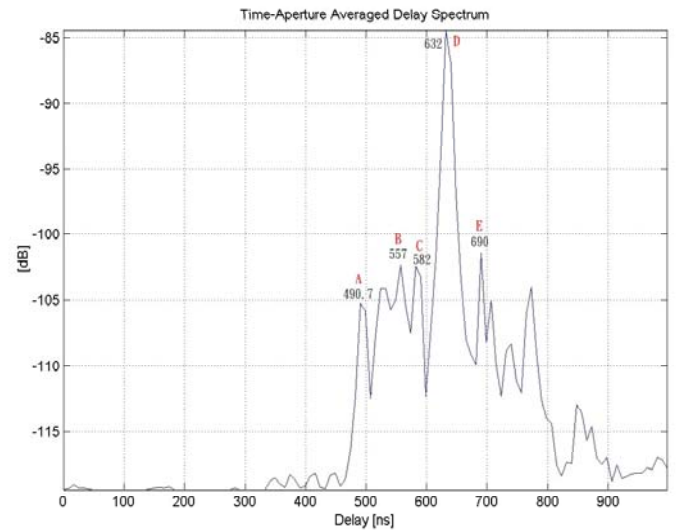


圖 8 路徑#1 距離起點 10 公尺處傳播功率延遲之量測結果

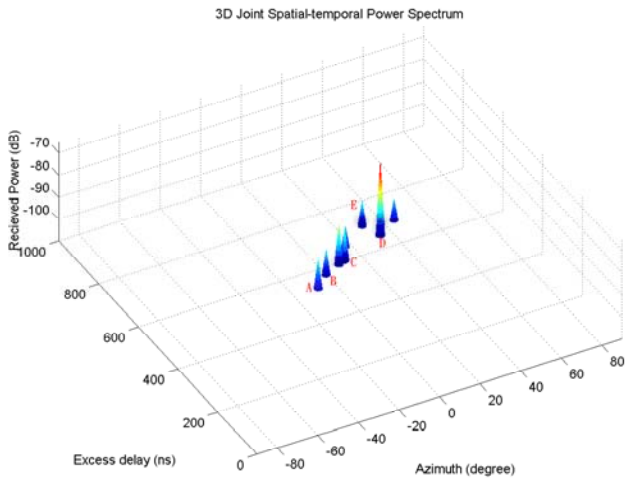


圖 9 路徑#1 距離起點 10 公尺處估算之 DAS

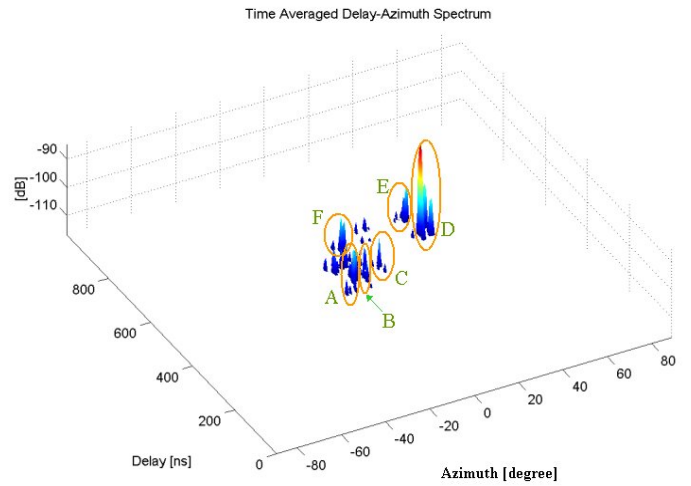


圖 10 路徑#1 距離起點 10 公尺處 DAS 之量測結果

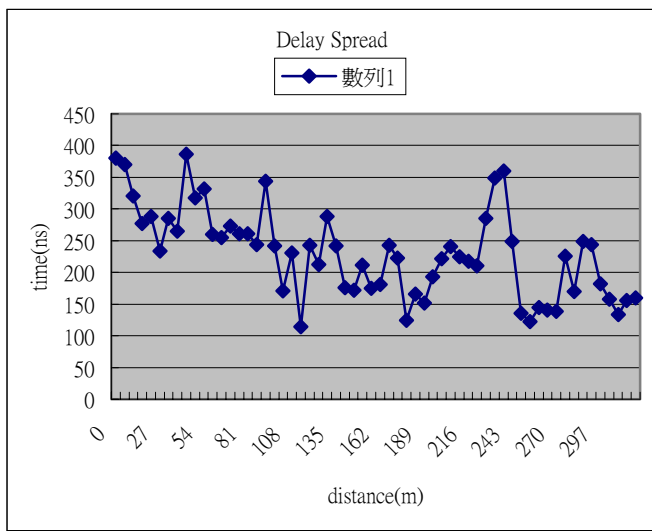


圖 11 信義路量測之 Delay Spread

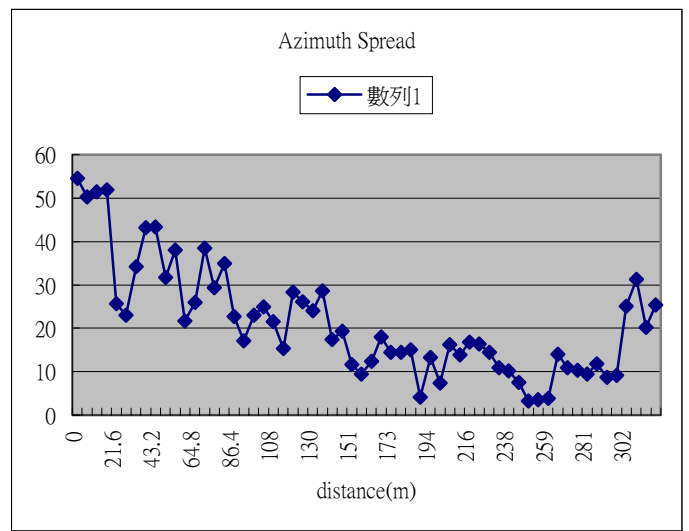


圖 12 信義路量測之 Angle Spread

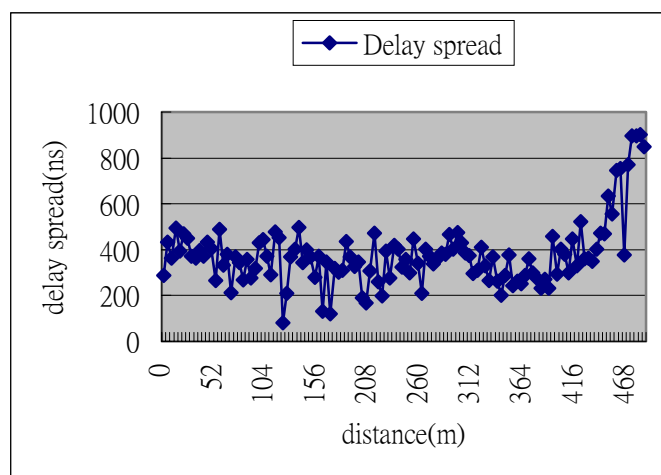


圖 13 敦化南路量測之 Delay Spread

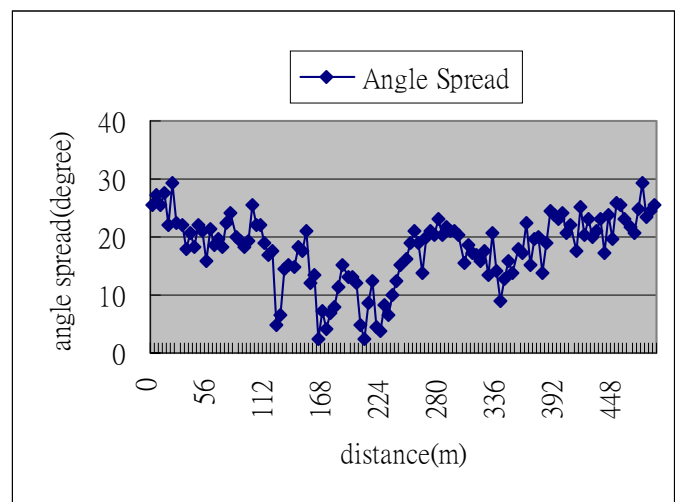


圖 14 敦化南路量測之 Angle Spread