

教育部5G行動寬頻人才培育計畫 5G天線與射頻技術聯盟中心

5G終端天線設計與射頻課程

單元一:天線指向性與為微型天線基本觀念

廖文照

國立台灣科技大學
電機工程學系

TAIWAN TECH
National Taiwan University of Science and Technology



教育部5G行動寬頻人才培育計畫
5G天線與射頻技術聯盟中心

無線傳輸連結的需求

- 因應行動通訊的需要與有線連結的限制，產生多種無線通訊系統與規格
 - Radio broadcasting → Cellular phone → WLAN/ Bluetooth
- 隨著訊號處理與微波工程技術進步，無線傳輸從以往補足有線傳輸“不及之處”的角色，進而圖謀以成本優勢取代有線傳輸連結
 - Mobile phone ↔ Fixed line
 - WLAN ↔ RJ45 Cable



TAIWAN TECH
National Taiwan University of Science and Technology



教育部5G行動寬頻人才培育計畫
5G天線與射頻技術聯盟中心

無線傳輸連結的需求

- 從電磁傳播觀點來講，無線傳輸連結的可行性取決於是否可克服無線通道上的能量衰減與干擾達到符合頻寬規格的訊噪比(SNR)，工程手段包括

- 加大發射功率
- 增加接收機靈敏度
- 有效的使用天線

Can be expensive

基地台抗爭不斷 電信業者籲政府協助解決

【大紀元12月28日報導】(中央社記者程啓峰高雄二十八日電)行動電話基地台抗爭案件層出不窮，電信業者今天齊聚高雄市，舉行研討會研擬對策。電信業者認為，此風不可長，並籲請政府能出面協助宣導手機電磁波的正確觀念，消弭民眾不理性的疑慮及抗爭，以免造成通訊網缺口，影響廣大手機用戶的通訊品質。

近年來手機基地台抗爭案件不斷，今年已超過八百件。

大紀元
www.dajiyuan.com

空軍人員說，美軍技術人員之前來訪視花蓮機場G C A時，對於相關設施、營舍幾乎和G C A連在一起，就曾大呼不可思議，還有人私下勸告「你們怎麼敢住，簡直是在玩命！」並建議設施和雷達本身應有足夠的防護隔離和距離，才不致影響官兵的健康。



雷達操作員 一子難求？



〔記者游太郎／花蓮報導〕空軍各基地的G C A地面控制進場雷達操作人員，三十餘年來一直有個傳聞，長期服務於G C A的官兵大都不孕或僅生女兒，他們懷疑與強勁的雷達輻射波有關，因為他們所居住的營舍及設施，與雷達幾乎都連在一起。

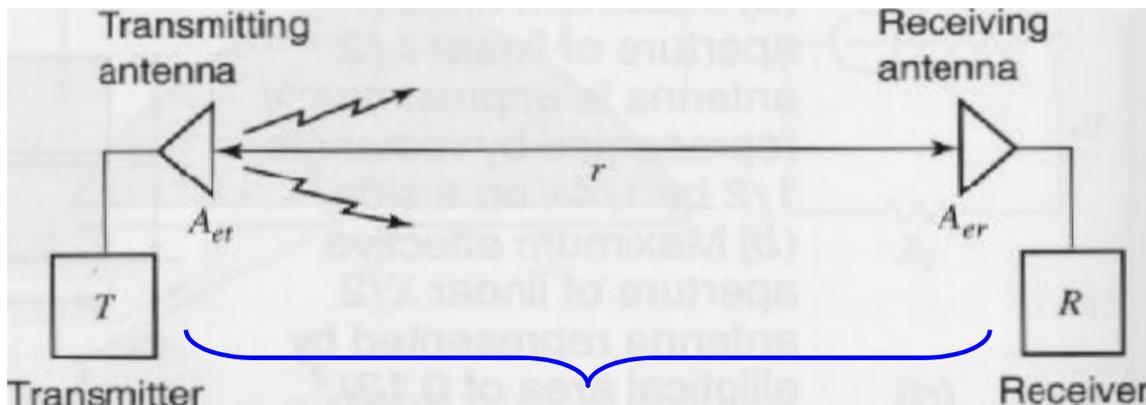
所謂G C A，這套設備是用來讓空中交通管制人員可以精確辨識、確認及引導戰機，順利通過防空識別區及精確引導起降之用。

TAIWAN TECH
National Taiwan University of Science and Technology



教育部5G行動寬頻人才培育計畫
5G天線與射頻技術聯盟中心

天線在無線通訊中的角色



電磁波傳遞

- 天線是無線電傳輸中，傳導介質與傳輸系統的轉接點

TAIWAN TECH
National Taiwan University of Science and Technology



教育部5G行動寬頻人才培育計畫
5G天線與射頻技術聯盟中心

通訊系統的傳輸與接收功率

- 通訊系統的通訊品質與系統的敏感度息息相關，但接收到的功率大小也是影響的關鍵；天線是影響功率接收大小最重要的因素之一，也是影響系統前端設計的主角。→ antenna controls the power distribution in space
- 系統的發射與接收功率的關係式如下：

$$P_r = \frac{P_t G_t(\theta)}{4\pi R^2} \frac{\lambda^2 G_r(\theta)}{4\pi} \quad \text{Friis Transmission Equation}$$

- 其中， G_t 及 G_r 主要是天線相關的發射及接收端的增益。



什麼是天線？

- 國際電子電機協會定義天線如下
 - 天線：專用於輻射或接收電磁波的系統。
- Antenna: That part of a transmitting or receiving system which is designed to radiate or receive electromagnetic waves*
- 發射天線乃是可有效轉換電流成為電磁波輻射的裝置，而通常電磁波傳播的環境是在(大氣)空間。
 - 接收天線則是可以有效率的轉換入射電磁波成為電流的裝置。



天線是能量轉換與控制能量在空間中分佈的裝置



喇叭其實就是聲波的天線

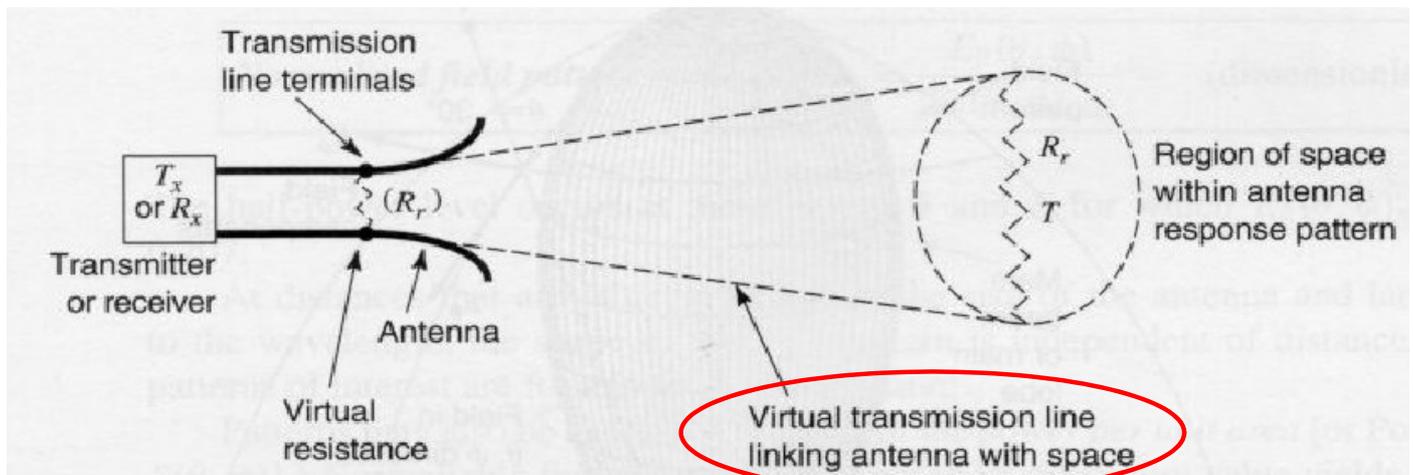


Vuvuzela: an efficient device that converts air flow into acoustic wave

An active acoustic antenna



天線是傳輸系統與空間的轉換器



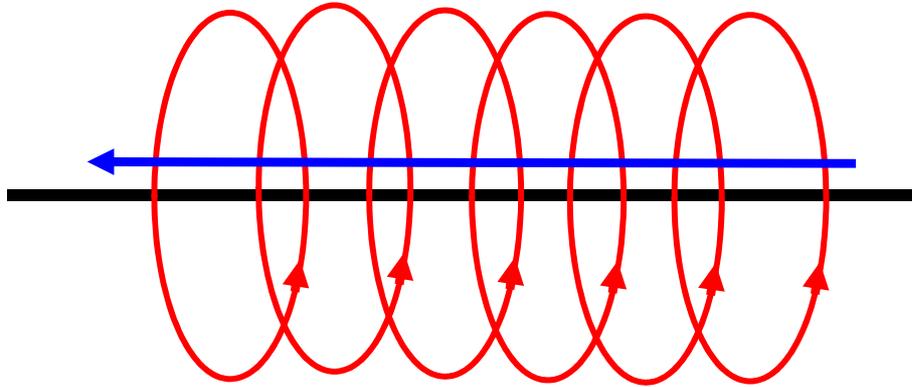
- 可以想像在空氣振盪區內有一無形的傳輸線，一端接傳輸系統，另一端接空間



天線的輻射

Everything Radiates, But Most Things Cancel!

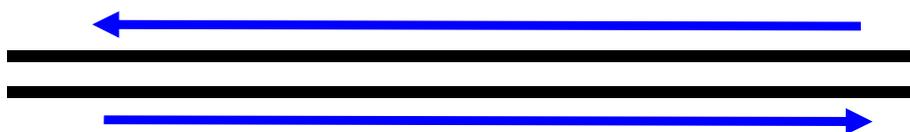
- 安培右手定則告訴我們，電流可產生磁場



微觀來說，所有物質只要不是絕對零度，就有電磁場

天線的輻射

- 反向時變電流(Differential Mode Current)的輻射磁場會互相抵消
 - 如傳輸線，由兩個靠近載有相同大小電流但相反方向的導體組成，產生的輻射很小。

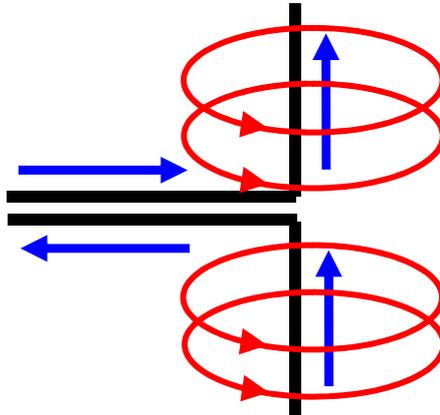


Radiations Cancel

天線的輻射

- 單向的時變電流(Common Mode Current)則會形成較強的輻射

➢ 如偶極天線



- 一般來說，只要有材質或幾何結構上的不連續，就會產生輻射、反射、散射...等現象

天線的輻射

- 一般來說，只要有材質或幾何結構上的不連續，就會產生輻射、反射、散射...等現象

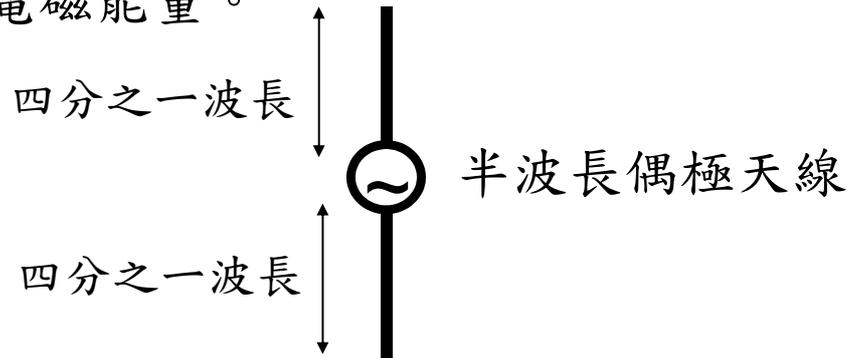
Where there are discontinuities, there are radiation, reflection, refraction, scattering...

Continuous Structure: Transmission Lines

Discontinuous Structure: Antenna

天線的輻射

- 為了讓天線有效率的轉換電流成電磁波，天線的尺寸必須與操作頻率的波長相當或稍大。
- 相較之下，電流在電路板上的傳輸迴路，除了極高頻的諧振外，對於基頻頻率的波長而言是非常小的。
- 因此當電路長度較波長小得許多時，便無法有效的輻射或接收電磁能量。



天線的輻射

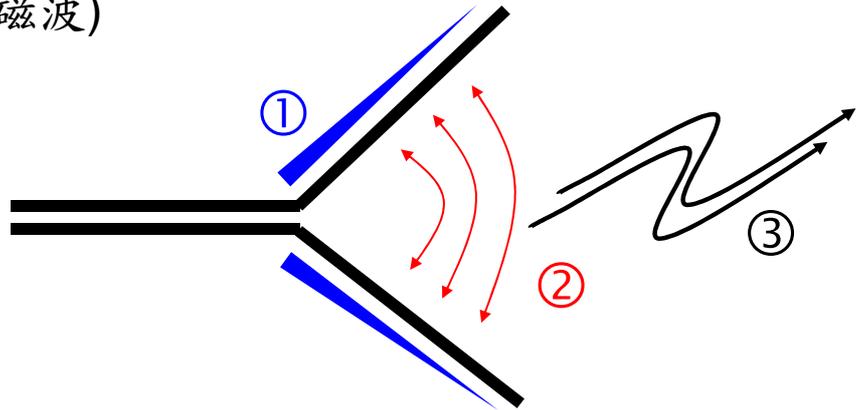
- Example:
 - 主機板大小約在 30×30 cm
 - 100 MHz的主機板頻率波長約為 300 cm
 - 線路長度極小於波長，電流不易輻射
 - 基頻的高次諧振，波長便與電路的長度相近，有可能形成輻射，造成EMI干擾



天線的輻射

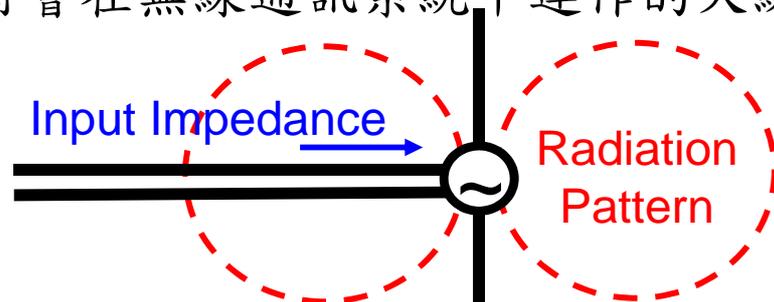
● 輸入天線的能量轉換為

- 任何有限導電率金屬製成的發射天線都會有**歐姆耗損** ① (Ohmic Loss) → 天線變成電熱器
- 能量以**電磁場**的方式儲存在天線中 → 天線變成電容 ②
- 能量會以**電磁波**的形式均勻的向各個方向**輻射**出去 (天線 ③ 將能量轉換為電磁波)

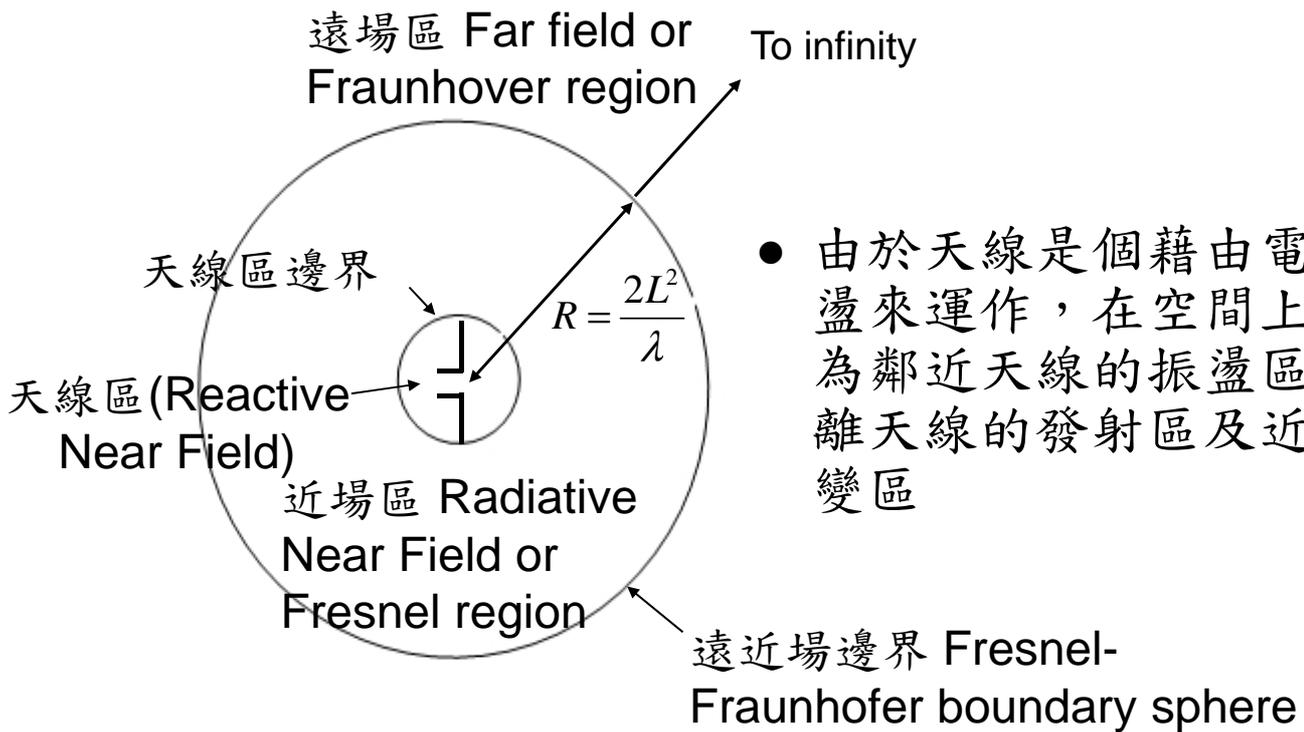


天線有哪些重要的特性呢？

- 有兩個基本的參數用來形容天線的運作特性
 - **增益的場形** (電磁波能量在空間的分布): 描述輻射能量的空間分布和電場與磁場的向量方向
 - **輸入阻抗** (傳輸線至天線的阻抗匹配): 由傳輸線端看入天線端的等效阻抗，好的天線須達成天線端與傳輸線的匹配，使能量有效進入天線
- 有關這兩個名詞將會在無線通訊系統中運作的天線裡更完整的描述



天線區、近場及遠場的分野



- 由於天線是個藉由電場振盪來運作，在空間上區分為鄰近天線的振盪區、遠離天線的發射區及近場轉變區

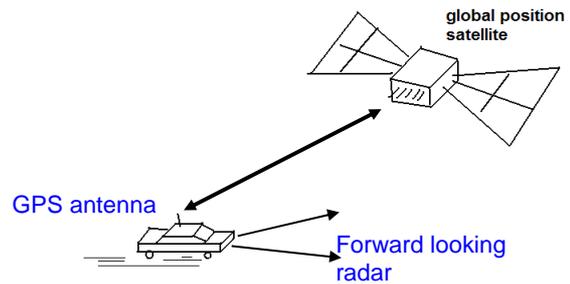
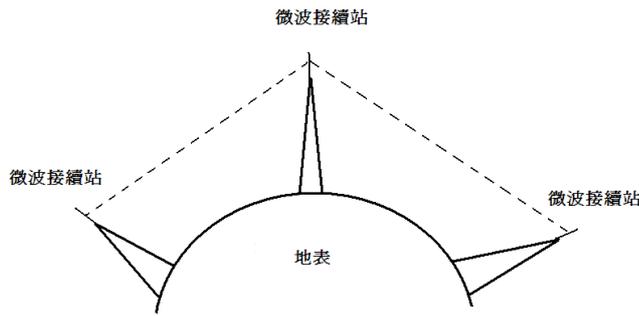
甚麼樣的天線最好？

- 甚麼樣的天線最好？
- 如何選擇天線？
- 有那些天線參數？
- 甚麼樣的天線參數對我重要？

- Principle: Consider the power distribution in space
從能量的空間分佈需求來考量

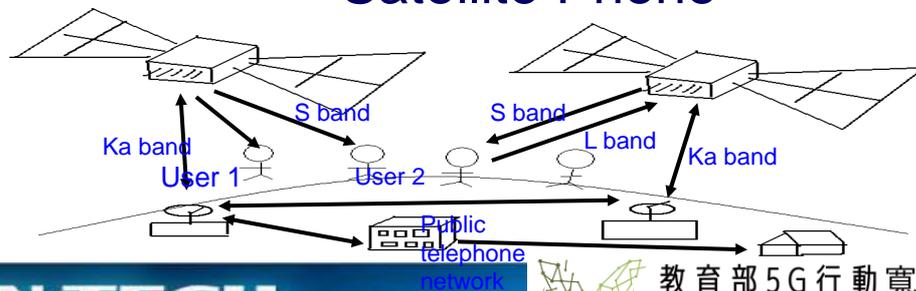
天線需求視應用而異—高指向性天線需求

GPS Navigation



Wi-Fi / WiMax Applications

Satellite Phone



天線需求視應用而異—無方向性天線需求

蜂巢式行動電話的基地台分布

