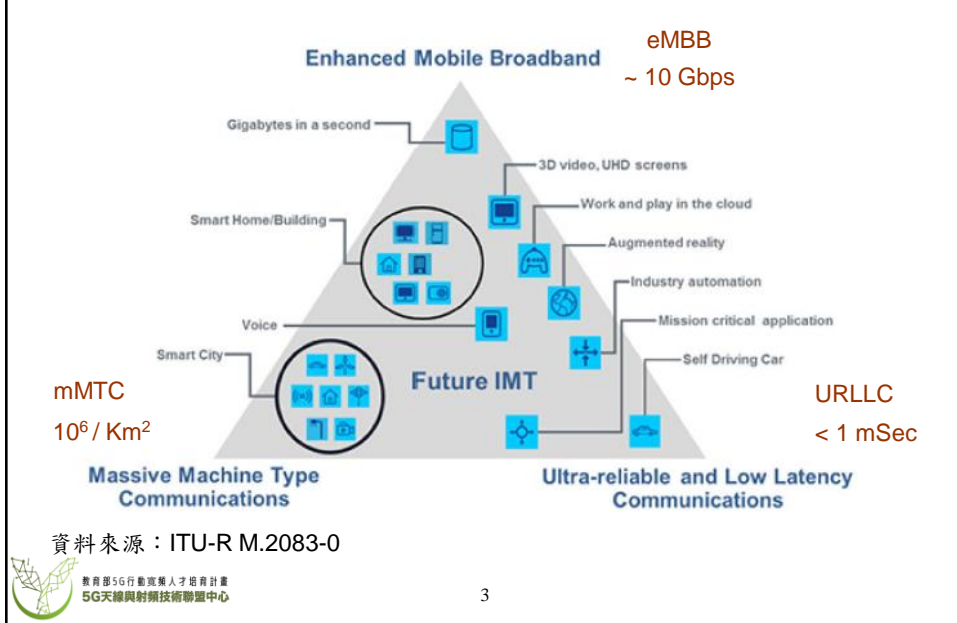

大型陣列天線射頻模組－ 5G多天線系統技術介紹

大綱

- 5G系統概觀與關鍵技術
- 毫米波技術概述
- 天線基礎與參數
- 多天線系統簡介
- 傳輸分集 (Transmit diversity)
- 空間複用 (Spatial multiplexing)
- 波束成型 (Beamforming)
- 巨量多輸入輸出系統 (Massive MIMO)

5G系統之三大特色



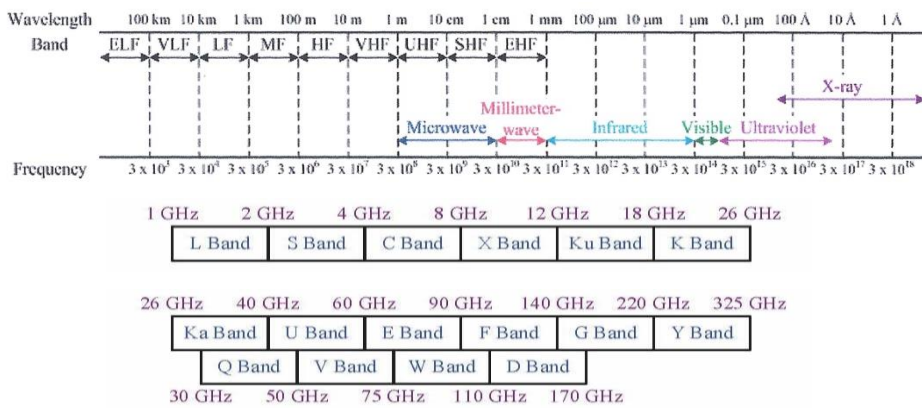
3

5G系統關鍵技術

- 毫米波技術
- 巨量之多輸入輸出天線系統 (Massive MIMO)
- 實體層信號處理技術
- 網路虛擬化技術

4

毫米波頻段



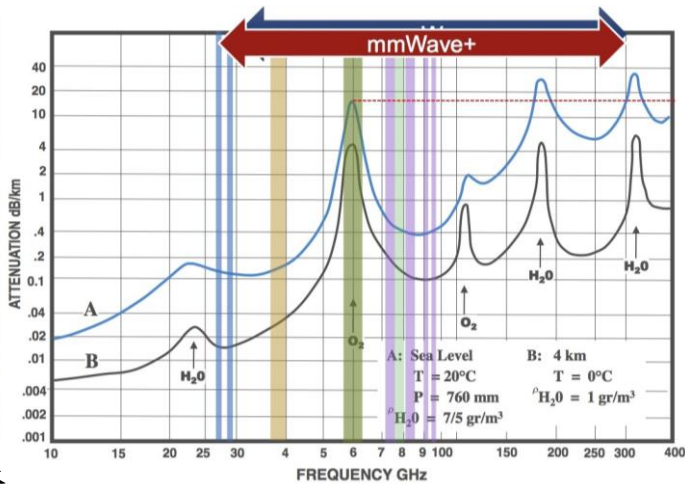
- 微波：0.3 GHz ~ 30 GHz
- 毫米波：30 GHz ~ 300 GHz

資料來源：林坤佑教授，單晶微波／毫米波積體電路與相關應用簡介，2018夏季電磁教育引領研討會



毫米波頻帶特性

- LMDS (1 GHz Channels)**
27.5 – 28.35 GHz,
29.1 – 29.25 GHz and
31.075 – 31.225 GHz bands,
31.0 – 31.075 GHz and
31.225 GHz – 31.3 GHz.
- Carrier Service**
38.6 to 40.0 GHz
14 - 50MHz channels
- 60 GHz UNII (Unlicensed)**
57-64 GHz (US)
- E-Band (Lightly Licensed)**
71 to 76 GHz (5 GHz)
81 to 86 GHz (5 GHz)
92 to 94 GHz (2 GHz)
94.1 to 95 GHz (0.9 GHz)
- Automotive Radar**
76-81 GHz



- 信號衰減變大
- 傳輸頻寬提高

資料來源：Keysight Technologies Inc.

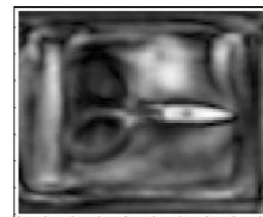
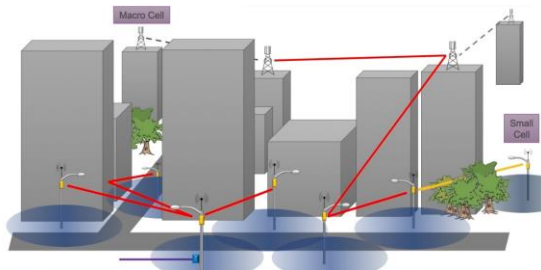


毫米波技術門檻

- 元件、電路與系統裝置尺寸精度要求更嚴格
- 信號源輸出功率能力降低
- 信號傳輸衰減變大
- 量測不確定度與誤差劣化
- 元件、電路與系統等設備價格昂貴
- 技術人員訓練時間變長

毫米波頻段應用

- 無線骨幹資訊傳輸系統 (71 GHz ~ 86 GHz)
- 毫米波影像 (30 GHz ~ 300 GHz)
- 5G 系統 (28 GHz, 38 GHz, 60 GHz)
- 無線影音傳輸 (60 GHz)
- 汽車防撞雷達 (76 GHz ~ 81 GHz)



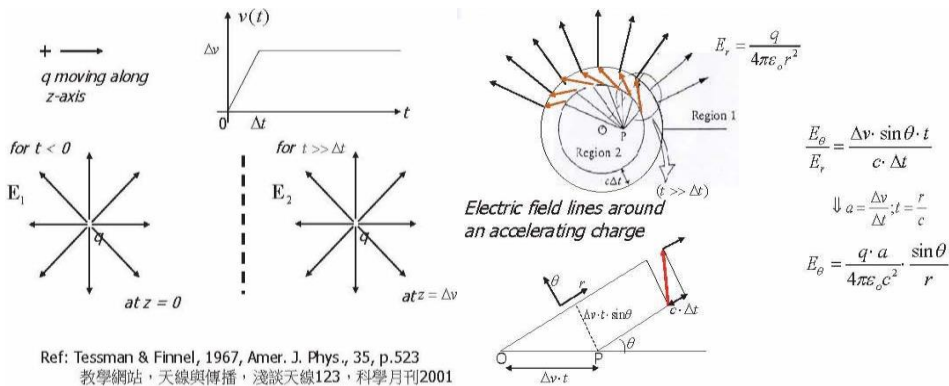
1cm

5G多天線輸入輸出系統

- 目的
 - 增加天線系統等效全向輻射功率
 - 提升傳輸信號品質
 - 增加資訊傳輸率
- 實現方式
 - 平面式天線搭配嵌入式射頻模組
 - 可調整每個天線信號的大小與相角
 - 可執行不同功能
 - ✓ 傳輸分集 (Transmit diversity)
 - ✓ 空間複用 (Spatial multiplexing)
 - ✓ 波束賦形 (Beamforming)

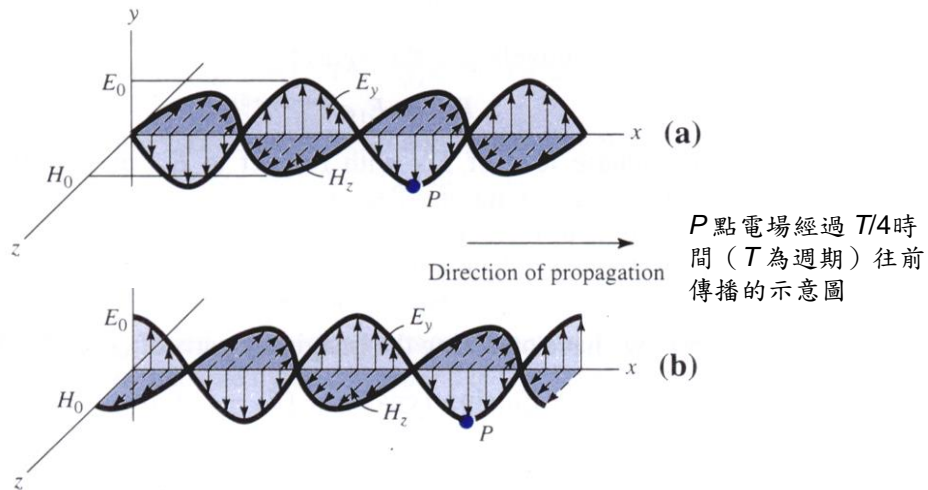
天線工作基本原理—電磁輻射機制

- 電荷加速運動造成輻射效應—交流電流裝置可作為天線



資料來源：吳瑞北教授，Development of Electromagnetic Science and Technology, 2018夏季電磁教育引領研討會

自由空間之電磁傳播



P點電場經過 $T/4$ 時間 (T 為週期) 往前傳播的示意圖

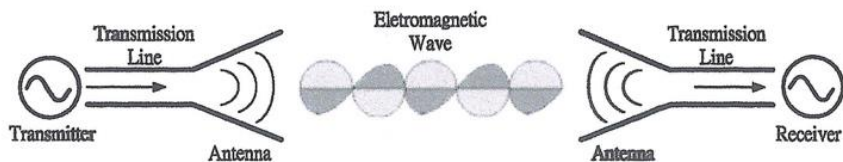
資料來源：J. D. Kraus and D. A. Fleisch, *Electromagnetics with Applications*, 5th ed., McGraw-Hill, 1999.



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

11

天線運作方式



- 天線介接於導波裝置（傳輸線或導波管）與自由空間之間，傳遞電磁能量與信號的裝置
- 韋氏大辭典（Weber's Dictionary）：A usually metallic device (as a rod or wire) for radiating or receiving waves.
- IEEE Standard Definition of Terms for Antennas (1983): A means for radiating or receiving waves.

資料來源：涂文化教授，Introduction to Modern Antenna Design, 2018夏季電磁教育引領研討會



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

12

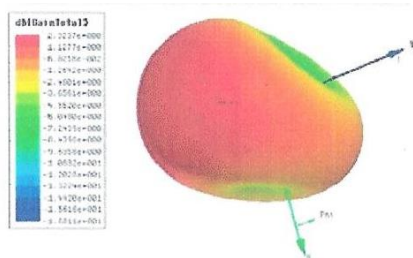
天線基本參數

- 輻射場型
- 輻射場型之型態
- 輸入阻抗
- 指向性、增益與效率
- 極化
- 等效全向輻射功率

輻射場型及其型態

• 輻射場型

- 在遠場情形下，天線輻射特性空間中的數學或圖形表示法
- 輻射特性可為場量大小、相角或極化特性
- 通常以電場大小表示

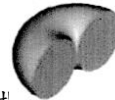


輻射場型之型態

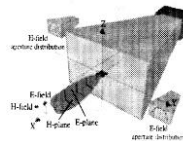
- 等向性 (Isotropic)



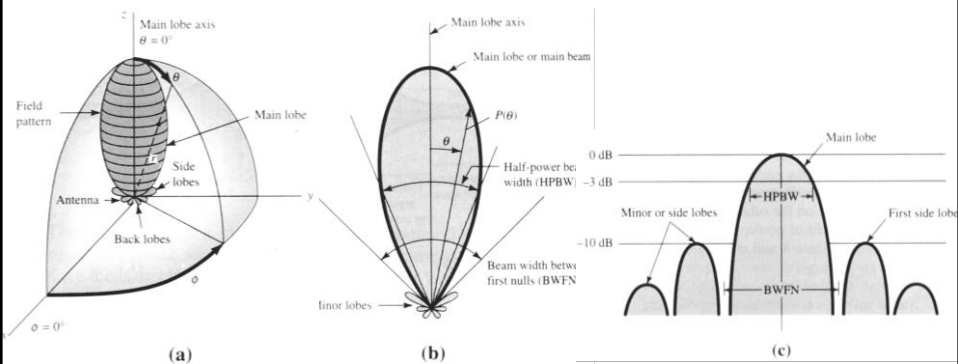
- 全向性 (Omnidirectional)



- 指向性 (Directional)



天線場型術語



- 主波瓣 (Main lobe)
- 旁波瓣 (Side lobe)
- 後向波瓣 (Back lobe)
- 半功率波束寬 (Half-Power Beam-Width, HPBW)
- 第一零點波束寬 (Beam-Width between First Null, BWFN)

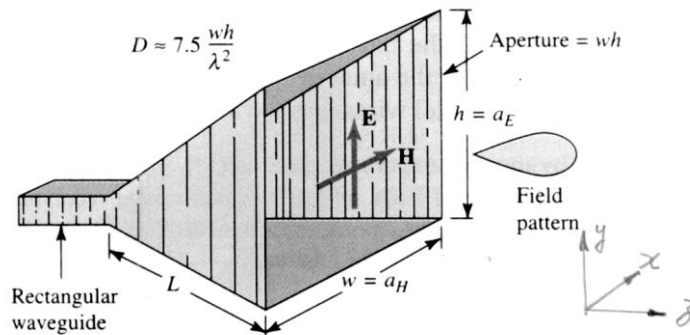
資料來源：J. D. Kraus and D. A. Fleisch, *Electromagnetics with Applications*, 5th ed., McGraw-Hill, 1999.



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

15

天線場型術語 (續)



- E-plane 場型：包含電場的平面所描述之場型 (y-z 平面)
- H-plane 場型：包含磁場的平面所描述之場型 (x-z 平面)

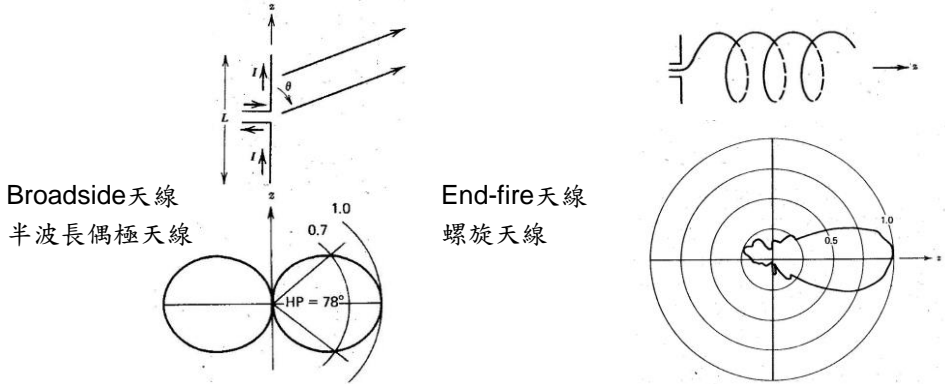
資料來源：J. D. Kraus and D. A. Fleisch, *Electromagnetics with Applications*, 5th ed., McGraw-Hill, 1999.



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

16

天線場型術語 (續)

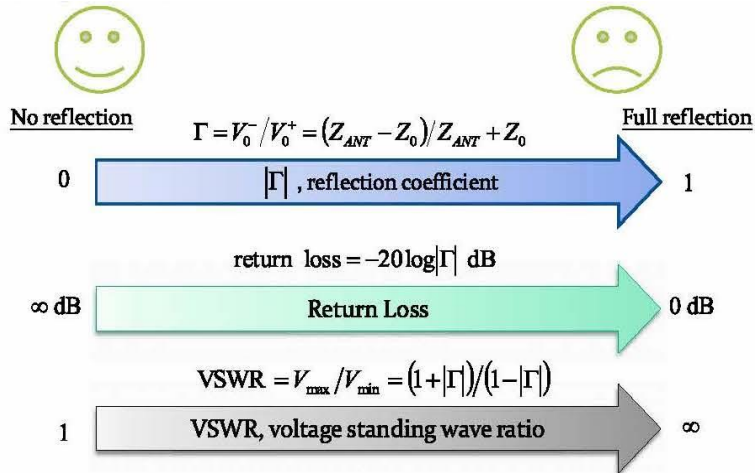


- Broadside天線：主波瓣方向垂直於包含天線的平面
- End-fire天線：主波瓣方向在包含天線的平面上

資料來源：W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1981.



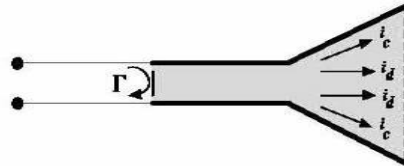
天線輸入阻抗



資料來源：涂文化教授，Introduction to Modern Antenna Design, 2018夏季電磁教育引領研討會



指向性、增益與效率



$$D \equiv \frac{U(\theta, \phi)}{U_{ave}} = \frac{U(\theta, \phi)}{P_{rad}/4\pi}$$

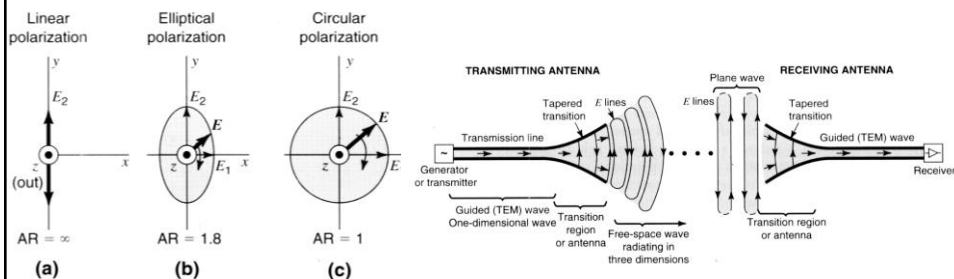
- 指向性 (Directivity)：某方向輻射場強與所有方向輻射場強之平均值的比值
- 增益 (Gain)：某一方向輻射場強與理想等向性場強的比值
- 效率 (Efficiency)：輻射功率與饋入天線功率的比值， $G = \eta D$

資料來源：涂文化教授，Introduction to Modern Antenna Design, 2018夏季電磁教育引領研討會



19

極化



- 極化 (Polarization)：天線輻射時空間中某點時變電場的軌跡
- 發射／接收天線之極化需匹配，否則會引致很大的傳輸損耗

資料來源：J. D. Kraus and R. J. Marhefka, *Antennas for All Applications*, 3th ed., McGraw-Hill, 2002.



20