



# Introduction to Wireless Networks

## 無線網路概論

陳瑞奇

Jui-Chi Rikki Chen

亞洲大學資訊工程學系

Dept. of Computer Science and Information Engineering, Asia University

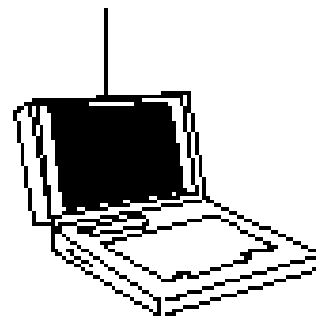
# Wireless Networks in Our Life

- ★ TV, Radio, Mobile Phone, Cordless Phone, Remote Controller, Wireless LAN, Satellite, and etc.

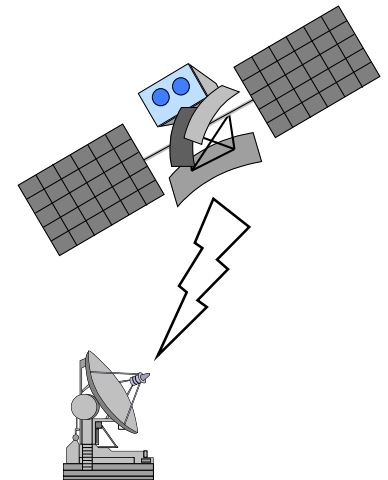
- ★ What?

- ★ Why?

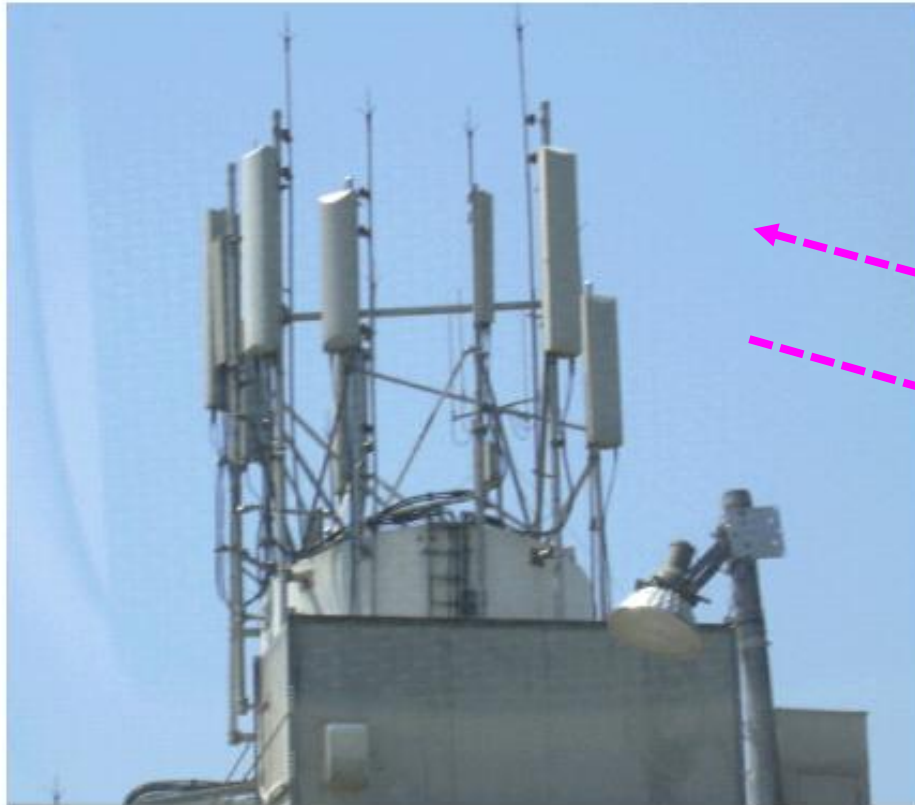
- ★ How?



**WiFi**



# Mobile Communication System



**BS**  
**(Base Station)**

*Uplink (Reverse Link)*

*Downlink (Forward Link)*

**(Mobile Station)**  
**MS**



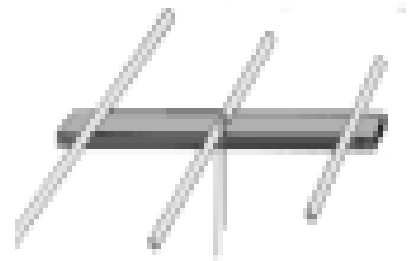
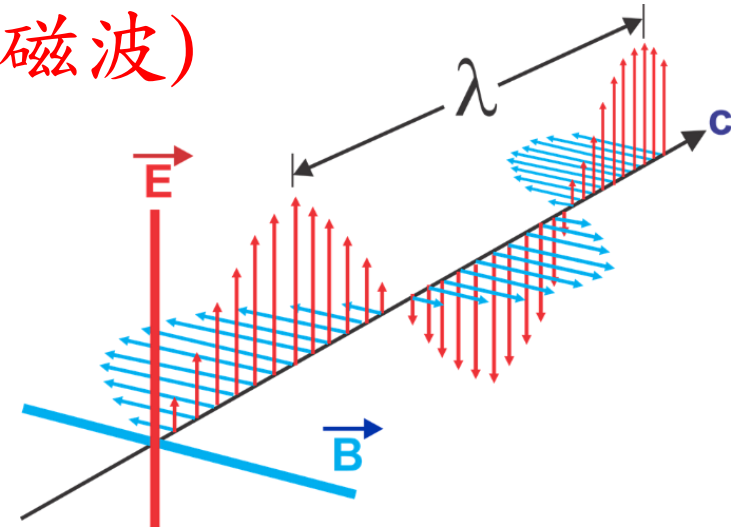
電磁波?  
在哪裡?

# Did you know?

## ★ Electromagnetic waves (電磁波)

### — Characteristics

- ★ Frequency/Amplitude/Phase
- ★ Penetration(穿透力)
- ★ Radio Propagation Effects
- ★ Antenna



- ★ Power Control: dB, dBm

# 5支手機圍一圈 電磁波”爆米花”??



# Did you know?

## ★ Electromagnetic waves

### — Radiation

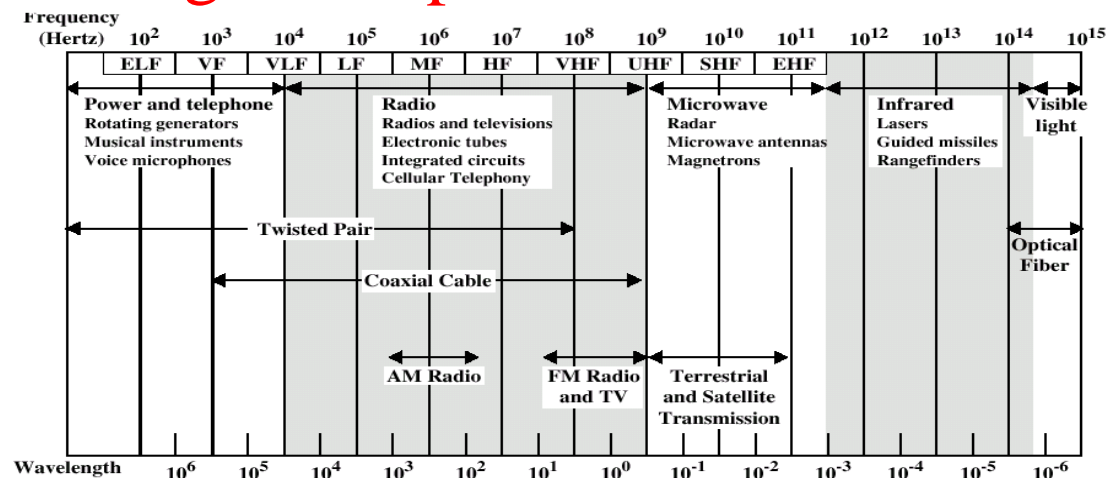
★ Ionizing Radiation(游離輻射)

★ Non-ionizing radiation

★ Radiation Safety: SAR(Specific Absorption Rate)



### — Electromagnetic Spectrum



Source: <https://cc0.wfublog.com/> & <http://photopin.com/>

# Mobile Communications

## 行動通訊標準演進過程

標準	1998	1999	2000	2001	2002
GSM	<b>2G</b> GSM (9.6Kbps)	HSCSD (64Kbps)	GPRS (115Kbps) <b>2.5G</b>	EDGE (384Kbps) <b>2.9G</b>	W-CDMA (2Mbps) <b>3G</b>
CDMA	<b>2G</b> CDMA IS-95A (14.4Kbps)	IS-95B (115Kbps)	IS-95C(1X) (144Kbps)	cdma2000(3X) (384Kbps) <b>3G</b>	

WiMAX

**HSDPA**  
**HSUPA**  
**HSPA+**

**3.5G****3.9G****LTE****4G****5G**

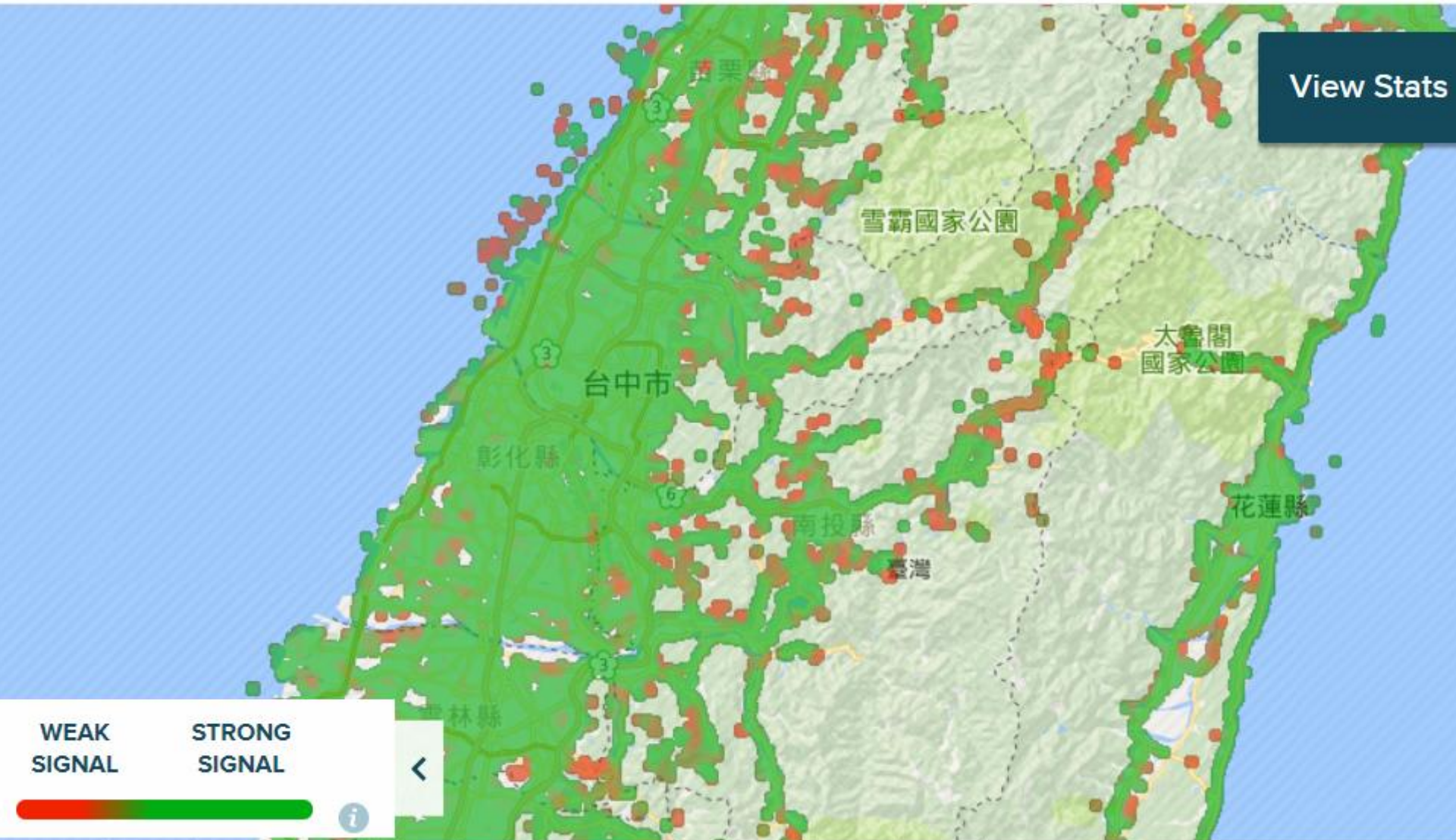
## 4G LTE電信服務

- ★ 按ITU定義，用戶靜態傳輸速率可達1Gbps，在高速移動狀態可達100Mbps
- ★ 國家通訊傳播委員會（NCC）核發4G特許執照(總標金額達到 1186.5 億)至2030年12月31日止
  - 中華電信(3G/4G): 上下行各 35MHz
  - 台灣大哥大(3G/4G): 上下行各 30MHz
  - 遠傳電信(3G/4G): 上下行各 30MHz
  - 亞太電信：(3G/4G)
  - 台灣之星：頂新(4G)併購威寶電信(3G)



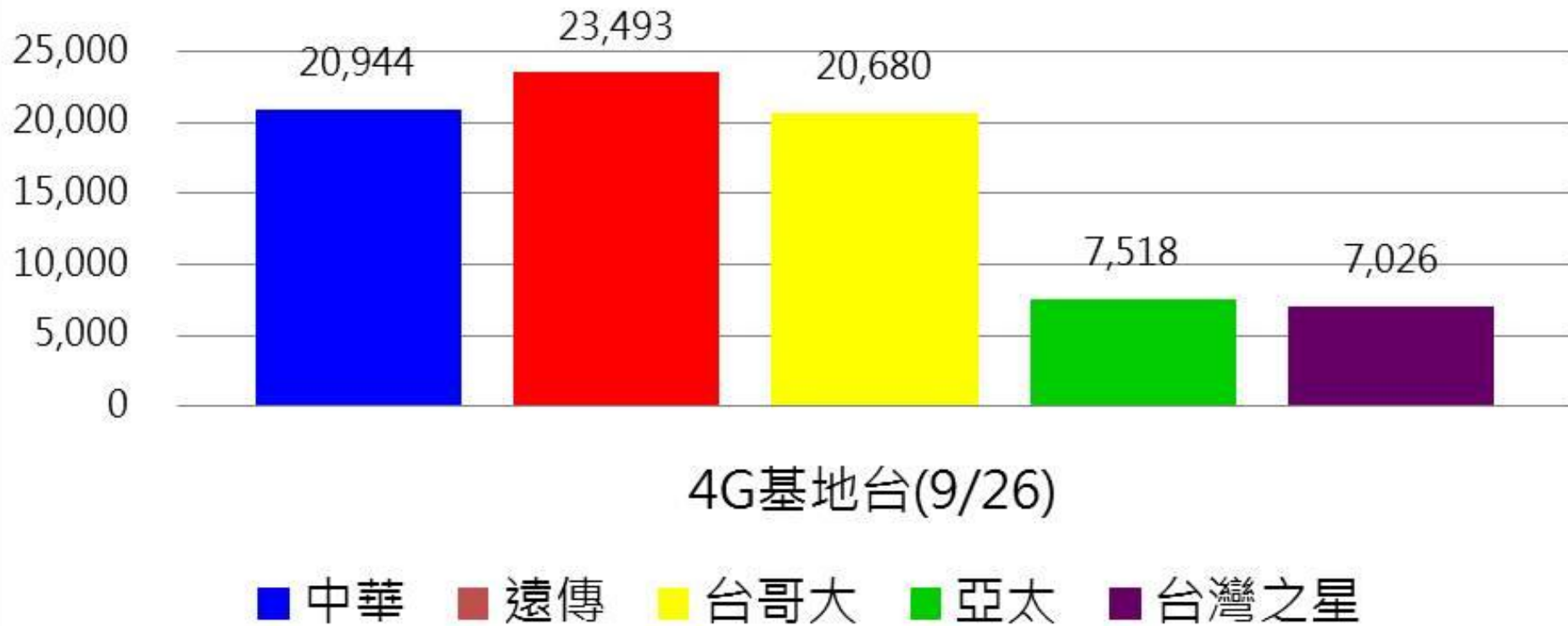
# Syllabus 3G/4G LTE Cell Coverage (Taiwan)

圖形來源: <https://opensignal.com/>



## 4G Coverage (2017/10)

台灣電信業者4G基地台數量統計



# 台灣五大電信業者4G LTE的 頻段支援(手機相容性)

	700Mhz	900Mhz	1800Mhz	2600Mhz	CA載波聚合
中華電信	X	O	O	O	3
台灣大哥大	O	X	O	X	2
遠傳電信	O	X	O	B7(FDD) B41(TDD)	3
台灣之星	X	O	X	O	2
亞太電信	O	X	X	B41(TDD)	X
GT4G R (台哥大訊號)	O	X	O	X	2

# 5G NR—第五代行動通訊網路

5G NR（新無線，New Radio）

5G特許執照20年(2020~2040)

頻段	中華電信	遠傳電信	台灣大	台灣之星	亞太電信
3.5 GHz	總得標頻寬 90MHz； 得標價456億	總得標頻寬 80MHz； 得標價406億	總得標頻寬 60MHz 得標價304億	總得標頻寬 40MHz； 得標價197億	-
28 GHz	總得標頻寬 600MHz 得標價6億	總得標頻寬 400MHz 得標價4億	總得標頻寬 200MHz 得標價2億	-	總得標頻寬 400MHz 得標價4億
總計	462.93億	410.12億	306.56億	197.08億	4.12億

5大電信業者取得的5G頻譜及標金。

單位：新台幣



## 台灣電信業者5G 頻段分布圖

電信業者	NR頻段	上行頻率	下行頻率	多工模式
中華電信	N1	1920-1980 MHz	2110-2170 MHz	FDD
	N3	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	FDD
	N78	3420-3510 MHz	3420-3510 MHz	FDD
台灣大哥大	N1	1920-1980 MHz	2110-2170 MHz	FDD
	N3	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	FDD
	N28	703-748 MHz	758-803 MHz	FDD
	N78	3510-3570 MHz	3510-3570 MHz	FDD
遠傳電信	N1	1920-1980 MHz	2110-2170 MHz	FDD
	N3	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	FDD
	N28	703-748 MHz	758-803 MHz	FDD
	N41	2469-2690 MHz	2469-2690 MHz	FDD
	N78	3340-3420 MHz	3340-3420 MHz	FDD
台灣之星	N1	1920-1980 MHz	2110-2170 MHz	FDD
	N3	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	FDD
	N78	3300-3340 MHz	3300-3340 MHz	FDD
亞太電信	N28	703-748 MHz	758-803 MHz	FDD
	N41	2469-2690 MHz	2469-2690 MHz	FDD

N78

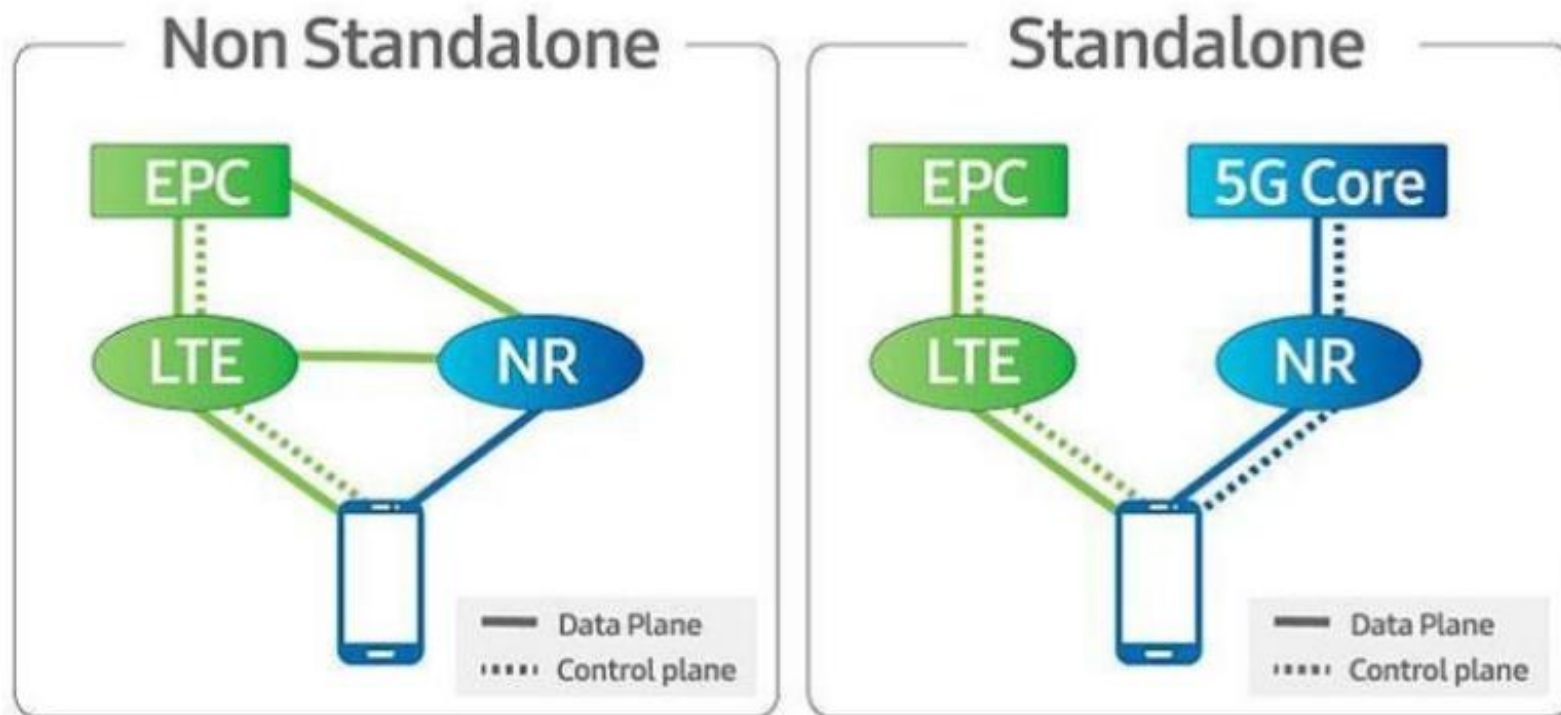
N1

N28

# 支援EN-DC雙網技術

透過**EN-DC雙連結技術**（E-UTRAN New Radio-Dual Connectivity），5G用戶除了可以直接連結上5G基地台之外，也可以從4G LTE網絡和5G網路獲得更大容量，讓5G用戶在基地台尚未廣建的過渡期，也能享有比原本只連接4G基地台更快的網速。

## NSA與SA架構比較



▲ NSA與SA架構比較 ▲

# 台灣5G用戶體驗報告



## 5G下載速度

評分 Mbps

OPENSIGNAL



FarEasTone



351.5



Chunghwa

254.2



Taiwan Mobile

236.5



T Star

150.9

5G用戶體驗報告 | 2020年12月 | © Opensignal Limited

0

88.75

177.5

266.25

355



## 5G可用率

評分 %

OPENSIGNAL



FarEasTone

18.6



Chunghwa

16.2



Taiwan Mobile



26.5



T Star

14.8

5G用戶體驗報告 | 2020年12月 | © Opensignal Limited

0

7.5

15

22.5

30

# 行動通訊技術演進史

行動通訊技術	功能	峰值速率
1G ( 1980s )	通話	2 Kbps
2G ( 1990s )	通話、簡訊、Mail ( 純文字 )	10 Kbps
3G ( 2000s )	通話、簡訊、網路、音樂串流	3.8 Mbps
4G ( 2010s )	通話、簡訊、網路、1080p影片串流	0.1-1 Gbps
5G ( 2020s )	通話、簡訊、網路、 <u>4K影片串流、VR直播、自駕車、遠距手術</u>	1-10 Gbps

## 高速率、低延遲

依照中華電信說法，下載一部**8GB**電影，透過**4G**大約花費**2**分鐘，用**5G**網路則只要約**30**秒



# Wireless Local Area Network (WLAN)



**WiFi AP  
(Access Point)**

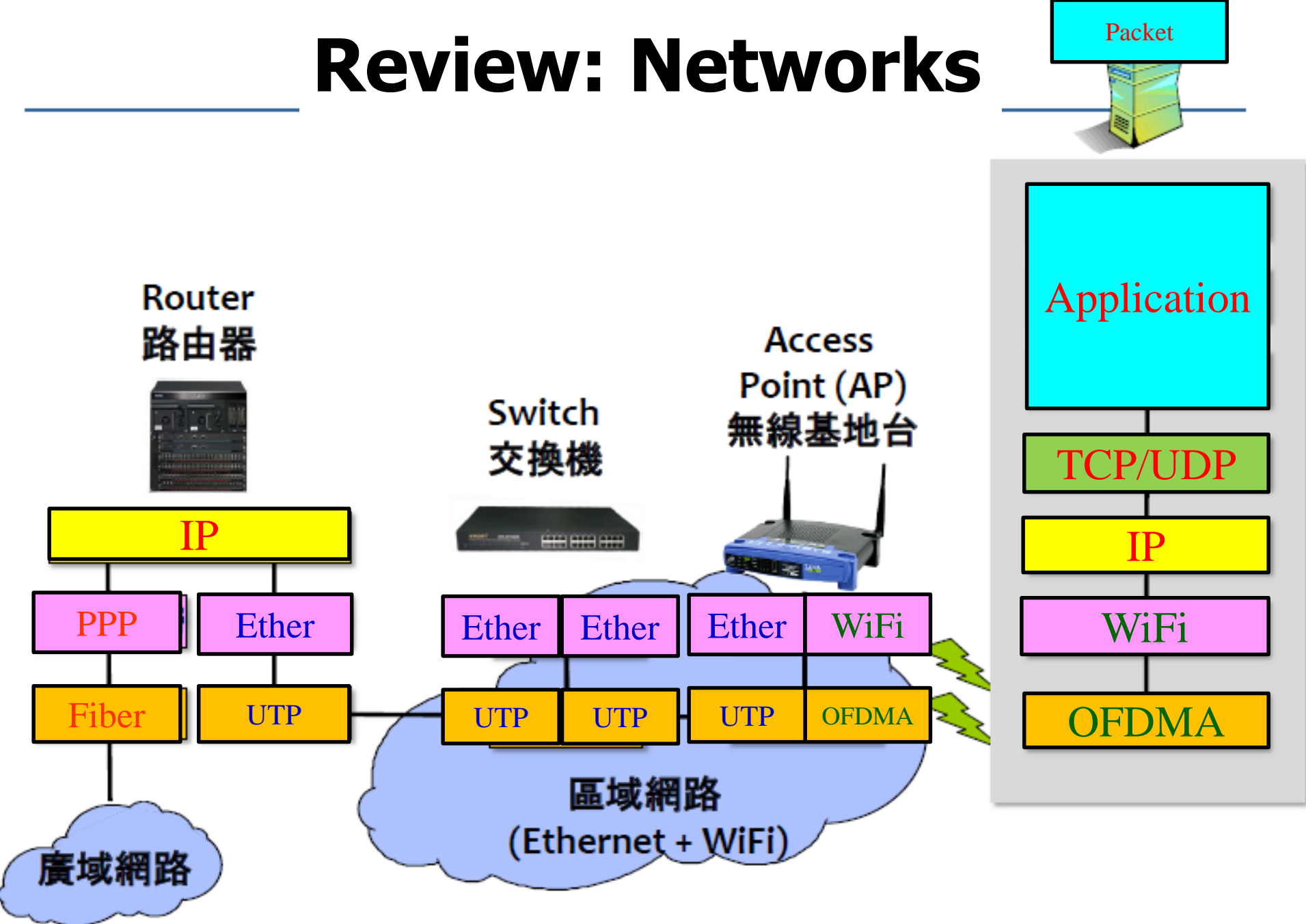


*WiFi Uplink*

*WiFi Downlink*

**(User Equipment)  
UE**

# Review: Networks



- ★ IEEE 802.11b/a/g/n: **WiFi** (150-300Mbps)
- ★ **IEEE 802.11ac** (500-1000Mbps)
  - 最新802.11標準，**5GHz**頻帶。更寬的RF頻寬(提升至**160 MHz**)，更多的MIMO及高密度的解調變(256QAM)。
  - IEEE 802.11n的潛在繼任者。
- ★ IEEE 802.11ad (**WiGig** 1.1，2013年1月併入到Wi-Fi聯盟)
  - 無線千兆聯盟(Wireless Gigabit Alliance) 在無執照的60 GHz頻帶上進行數千兆位元(multi-gigabit)資料傳輸技術。

**802.11ah**  
**900MHz**

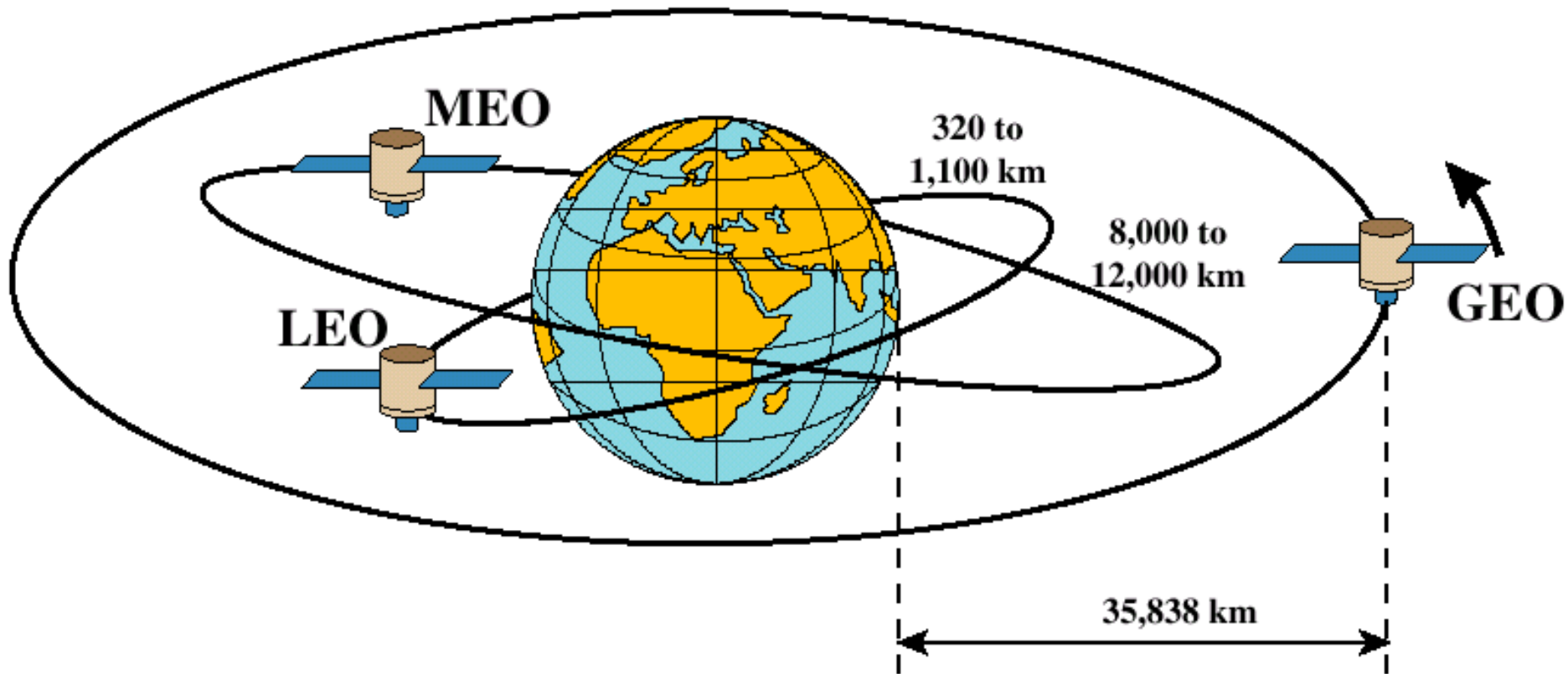
(物聯網專用  
長距離低功耗)

**802.11 b/g/n**  
**2.4GHz**

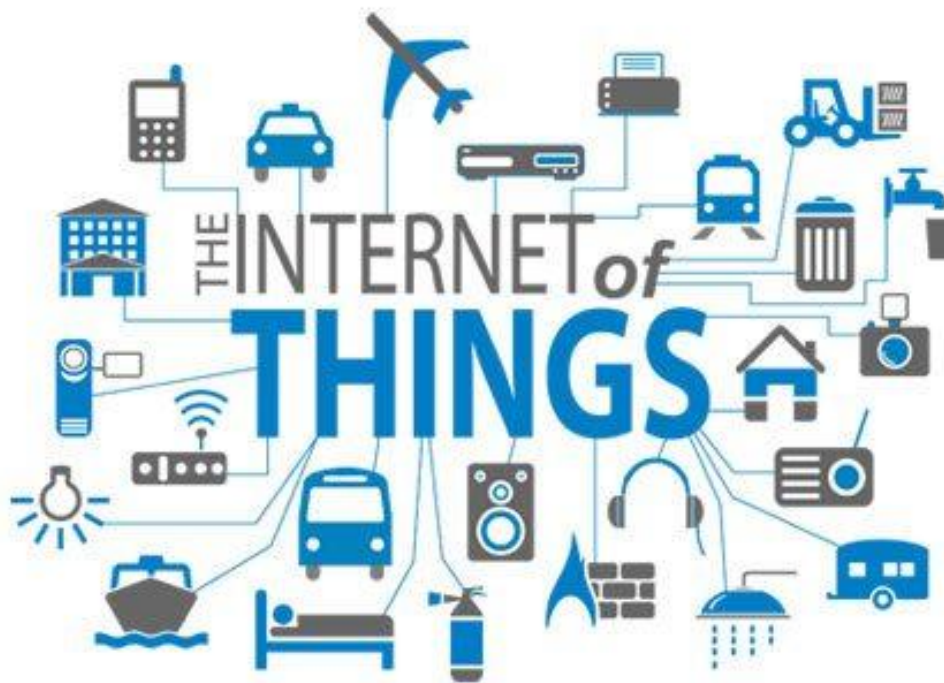
**802.11 a/n/ac**  
**5GHz**

**802.11ad**  
**60GHz**

# Satellite Communications



★ 萬物聯網; 物物聯網; T2T; M2M



[http://www.3g.co.uk/g\\_phones/large/internet-of-things-everything-you-need-to-know.jpg](http://www.3g.co.uk/g_phones/large/internet-of-things-everything-you-need-to-know.jpg)

- Sensor network感測器蒐集數據→雲端伺服器
- 雲端再做分析→再回饋: 循環系統

# Administration

★ Instructor:

陳瑞奇      資訊工程學系

Office: Room HB13 (資訊大樓地下室)

Email: [rikki@asia.edu.tw](mailto:rikki@asia.edu.tw)

Tel: 04-23323456 ext. 20013

<http://dns2.asia.edu.tw/~rikki>

★ Office Hours:

Tue.(二) 9:10-12:00

Wed.(三) 13:10-15:00

Thu.(四) 13:10-16:00

★ Grade:

Attendance (including Q&A)      10%

Homework Assignments      30%

Midterm Exam (open book)      30% (期中考8:30-10:00教室L005)

Final Exam (open book)      30% (期末考8:30-10:00教室L005)

# Administration (cont.)

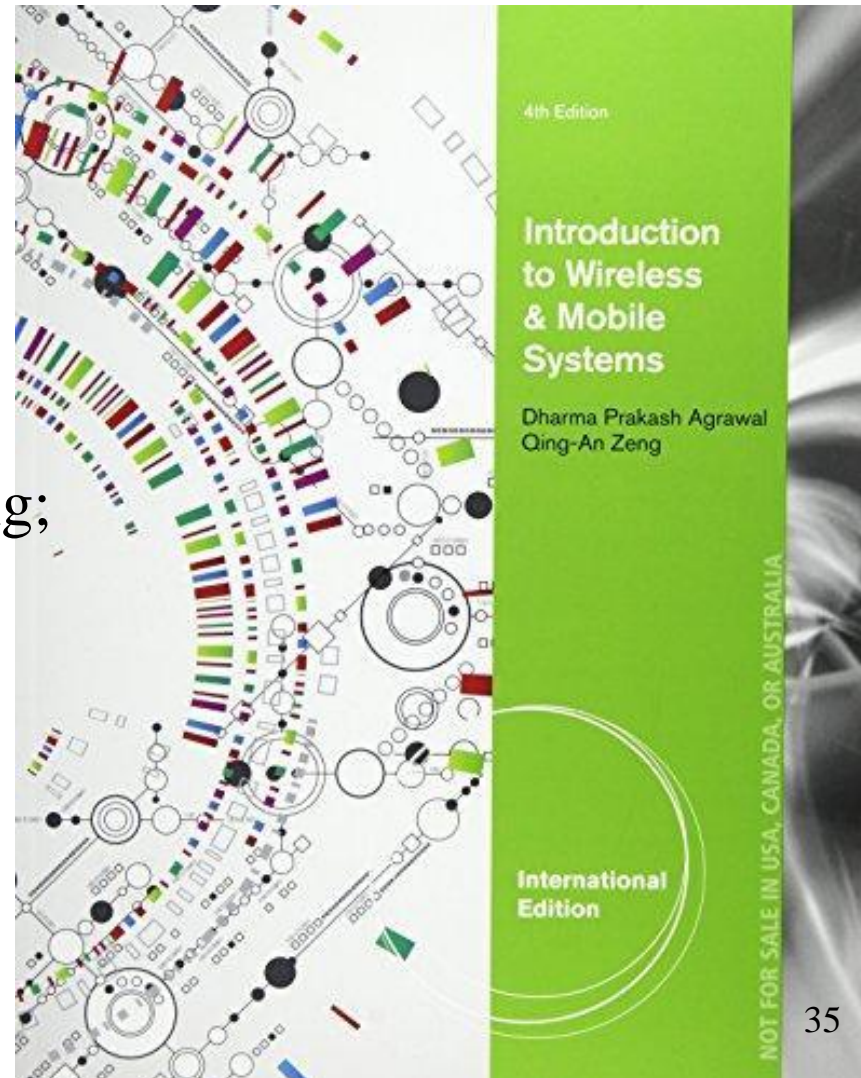
## Reference:

1. D.P. Agrawal and Q.-A. Zeng, “Introduction to Wireless and Mobile Systems,” 4th Ed. (International), Cengage Learning (東華書局代理), 2016, ISBN: 9781305259621.
2. 曾恕銘編譯, “無線通訊系統概論：行動通訊與網路 4/e”, 東華書局, 2016, ISBN : 9789865632786.
3. 陳裕賢、張志勇、陳宗禧、石貴平、吳世琳、廖文華、許智舜、林勻蔚, “無線網路與行動計算,” 全華書局, 2013/2, ISBN : 9789572188637.



## D.P. Agrawal and Q.-A. Zeng, “Introduction to Wireless and Mobile Systems,” 4th ed.

- ★ 東華代理
- ★ **International Edition**
- ★ **Publisher:**
  - Cengage Learning Engineering;
- ★ **2016**
- ★ **ISBN: 9781305259621**



# References(2)

## 曾恕銘編譯, “無線通訊系統概論： 行動通訊與網路 4/e”

- ★ 東華書局; 2016
- ★ ISBN: 9789865632786



# Introduction

★ Contents:

Chapter 1. Introduction (序論)

Chapter 3. Mobile Radio Propagation (行動無線電傳播)

Chapter 4. Channel Coding and Error Control (通道編碼與錯誤控制)

Chapter 5. Cellular Concept (蜂巢式概念)

Chapter 6. Multiple Radio Access (多重無線電存取)

Chapter 7. Multiple Division Techniques (多重分工技術)

Chapter 9. Mobile Communication Systems (行動通訊系統)

Chapter 10. Existing Wireless Systems (現有無線系統)

Chapter 11. Satellite Systems (衛星系統)

Chapter 13. Ad Hoc and Sensor Networks (無基礎架構網路與感測網路)

Chapter 14. Wireless MANs, LANs, and PANs (無線都會、區域與個人近身網路)

## Other Information

- ★ 請按電腦教室座位表入座。
- ★ 電腦教室內請勿飲食,謝謝合作!
- ★ 請關機、關螢幕，之後再離開。
- ★ 請將身邊或教室內垃圾、紙屑帶離教室，丟到垃圾桶。



非常歡迎您參與我們  
的學習與討論!

祝大家有個愉快而充實的  
新學期!