

A Brief History of Cellular Communications

行動通訊發展史簡介



Wireless Information Transmission System Lab.
Institute of Communications Engineering
National Sun Yat-sen University

國立中山大學
電機工程學系/通訊工程研究所

李志鵬

遠古的通訊



◇ 起源於人類自保的需要，用來互相通知獵物出現、警告危險的來臨。

- ◇ 鼓聲
- ◇ 銅鏡反射
- ◇ 旗幟
- ◇ 飛鴿傳書
- ◇ 快馬及驛站



◇ 遠古的遠距通訊多僅限視力所及範圍



www.FIGe.com.cn

遠古的通訊



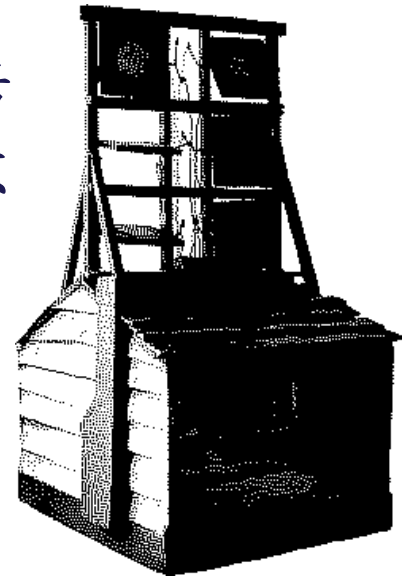
- ◇ 烽火臺：歷史記載中最早的長距離通報系統



視報機 (Semaphores)



- ◇ 1793年，法國人查佩發明臂桿訊號通報機 (Semaphores)，是一套視覺訊號的系統。
 - ◇ 安裝在相距10至15公里的塔上，由一條橫桿連接著兩條活動木臂所組成，塔上的操作員轉動木臂及橫桿的位置和角度來顯示不同的字母和符號。下一站的操作員利用望遠鏡來觀看這些符號並為下一站做出同樣的符號。
- ◇ 1795年，英國人喬治慕雷藉轉動六塊活板往水平或垂直的位置，可組成64個不同字母及符號。
- ◇ 視報會受天氣影響且無法在晚間使用
- ◇ 於19世紀中葉，被電報機所取代



視報機



第一條臂桿訊號線建於巴黎與里爾(Lille)之間(220公里)。於1794年8月，查佩的臂桿訊號系統在一小時內將有關從奧地利人手中俘虜素爾雷斯科伯爵的訊息傳至巴黎。這次成功促成更多臂桿訊號線的建立。當時法國所建立的臂桿訊號網絡成為歐洲的首個遠程通報網絡。

使用電傳遞通訊



- ◇ 1729年，英國格雷發現靜電可經導體傳導
- ◇ 1752年，美國富蘭克林證實了閃電是電的一種現象，又做實驗發現了電荷守恆定律。
- ◇ 1753年，一名英國人提出使用靜電來拍電報
- ◇ 1809年，德國賽謬爾發明電化學電報機
- ◇ 1820年，丹麥奧斯特發現電流的磁效應
- ◇ 1821年，法國安培以檢流計製成電報傳遞60m
- ◇ 1823年，英國羅納爾茲發明靜電電報機
- ◇ 1825年，英國特斯金發明電磁鐵
- ◇ 1831年，英國法拉地發現電磁感應定律
- ◇ 1832年，蘇聯希林發明電磁指針式電報機

使用電傳遞通訊

- ◇ 1833年，德國韋伯及高斯合作研究出電磁羅盤指針式電報機，可藉由電線傳遞1200m，1835年，高斯於慕尼黑佈建第一條沿鐵路電報線
- ◇ 1837年，英國庫克和惠斯登發明第一部商用的指針式電報機，並取得英國專利，1839年，沿著大西洋鐵路佈建21km長電報線，由英國鐵路公司開始營運
- ◇ 1837年，美國摩斯發明電報及電碼，在美國取得專利。

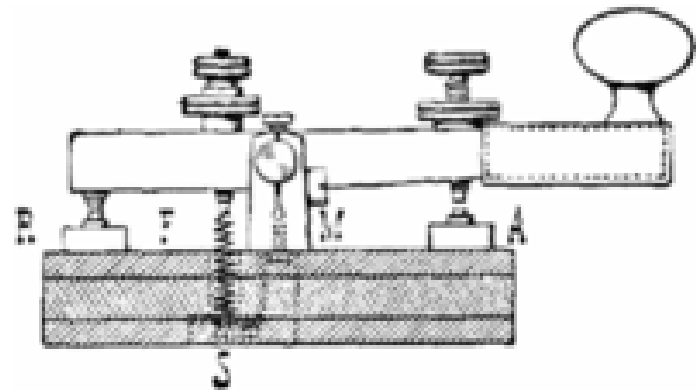


Fig. 6.

電報機與摩斯電碼



- ◇ 1832年，美國醫生傑克遜在郵船上，給旅客們講電磁鐵原理，旅客中美國畫家摩斯從在電線中流動的電流在電線突然截止時會迸出火花這一事實得到啟發。
- ◇ 將電流截止片刻發出火花作為一種信號，電流接通而沒有火花作為另一種信號，電流接通時間加長又作為一種信號，這三種信號組合起來，就可以代表全部的字母和數字，文字可通過電流傳到遠處。
- ◇ 1837年，摩斯發明電報機



摩斯電碼



- ◇ 1837年，由摩斯設計
- ◇ 利用時通時斷的訊號代表“點”、“劃”和“間隔”，以不同組合來表示字母、數字、標點和符號。
- ◇ 1844年5月24日，摩斯在華盛頓國會大廈聯邦最高法院會議廳裡，親手操縱著電報機，遠在64公里外的巴爾的摩城收到世界上第一份電報。

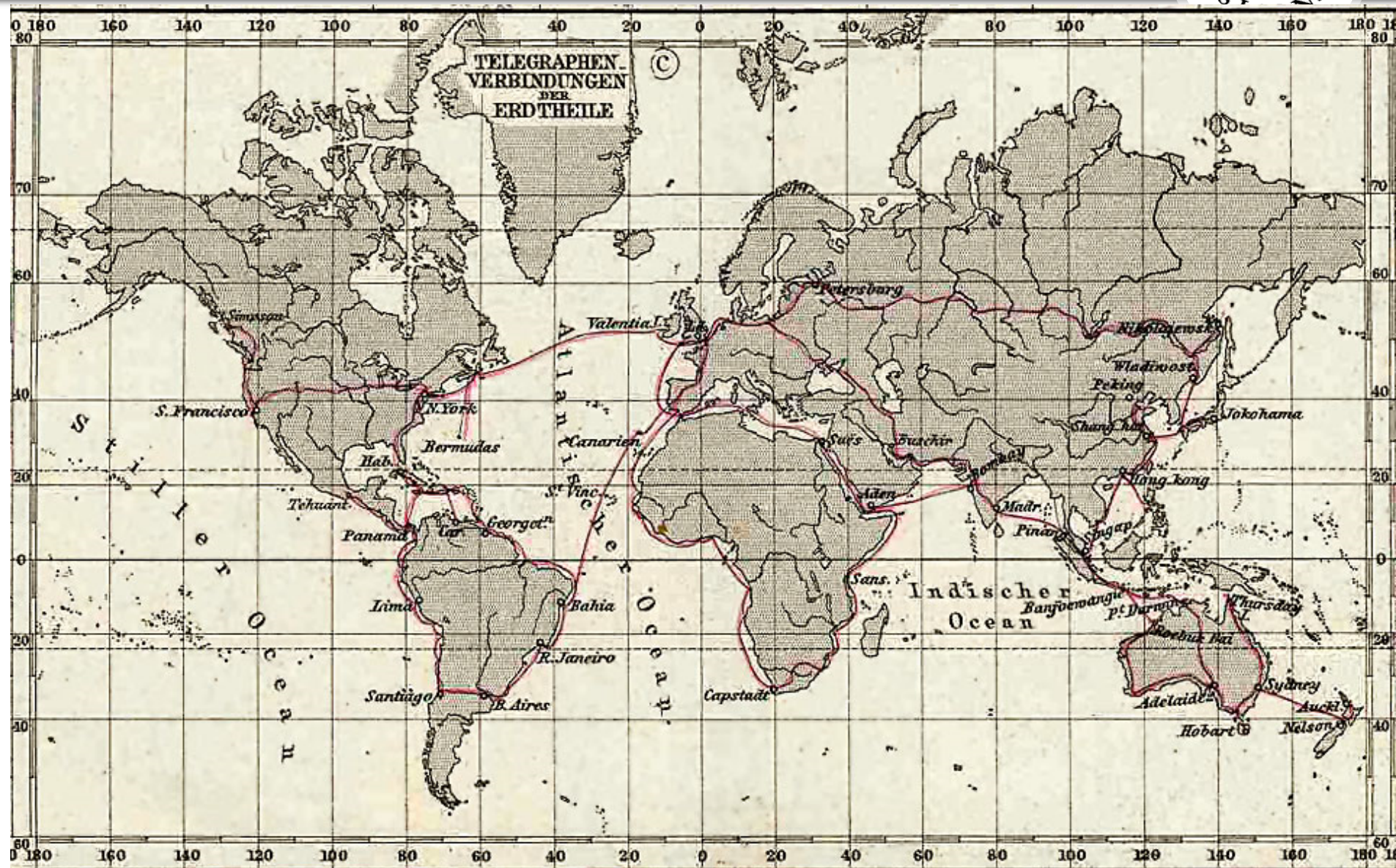
A	● —	U	● ● —
B	— ● ● ●	V	● ● ● —
C	— — ● ●	W	● — — —
D	— — ● ●	X	— ● ● —
E	●	Y	— ● — —
F	● ● — ●	Z	— — — ●
G	— — — ●		
H	● ● ● ●		
I	● ●		
J	● — — —		
K	— ● — —	1	● — — — —
L	● — — ●	2	● ● — — —
M	— — —	3	● ● ● — —
N	— — ●	4	● ● ● ● —
O	— — — —	5	● ● ● ● ●
P	● — — — ●	6	— ● ● ● ●
Q	— — — ● —	7	— — — ● ●
R	● — — ●	8	— — — — ● ●
S	● ● ●	9	— — — — — ●
T	— — —	0	— — — — — —

跨洋電報電纜

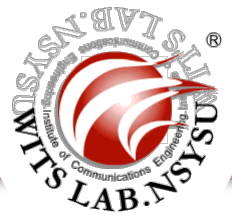


- ◇ 1850年，首條海底電纜橫越英吉利海峽，連接英國及歐洲大陸。
- ◇ 1857年，橫越大西洋的電報電纜敷設完畢，但在1866年方才成功使用。
- ◇ 1870年，英國至印度海底電纜完工。
- ◇ 1872年，澳洲連外海底電纜陸續完工。
- ◇ 1902年，橫越太平洋的海底電纜完工。
- ◇ James Clerk Maxwell, "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **155**, 459–512 (1865). (This article accompanied a December 8, 1864 presentation by Maxwell to the Royal Society.)
 - ◇ A Dynamical Theory Of The Electromagnetic Field – 1865 Maxwell's 1865 paper describing his 20 Equations, link from Google Books.
- ◇ J. Clerk Maxwell (1873) A Treatise on Electricity and Magnetism
 - ◇ Maxwell, J.C., A Treatise on Electricity And Magnetism – Volume 1 – 1873 – Posner Memorial Collection – Carnegie Mellon University
 - ◇ Maxwell, J.C., A Treatise on Electricity And Magnetism – Volume 2 – 1873 – Posner Memorial Collection – Carnegie Mellon University

Major telegraph lines in 1891.



電報交換 (Telex)



- ◇ 1920年代，電傳打字機(teleprinter)發明，加速拍電報
- ◇ 電傳打字機初期為點對點傳輸
- ◇ 1930之後，電傳打字機的交換網路(Telex)逐漸佈建
- ◇ 每一台Telex有其呼叫號碼，如果撥到此號碼，就會響鈴並開始打字，如需要亦可鑿出紙帶
- ◇ 1933年在德國正式啟用此服務，一分鐘可傳送66個字元
- ◇ 1945之後，Telex服務遍及歐洲
- ◇ 1958年，Western Union開始於美國佈建telex網路，於1966年，完成美國東西岸大城市之間的telex網路。



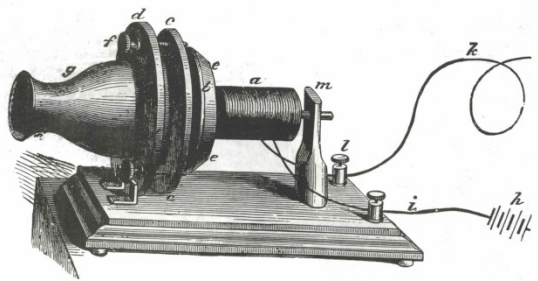
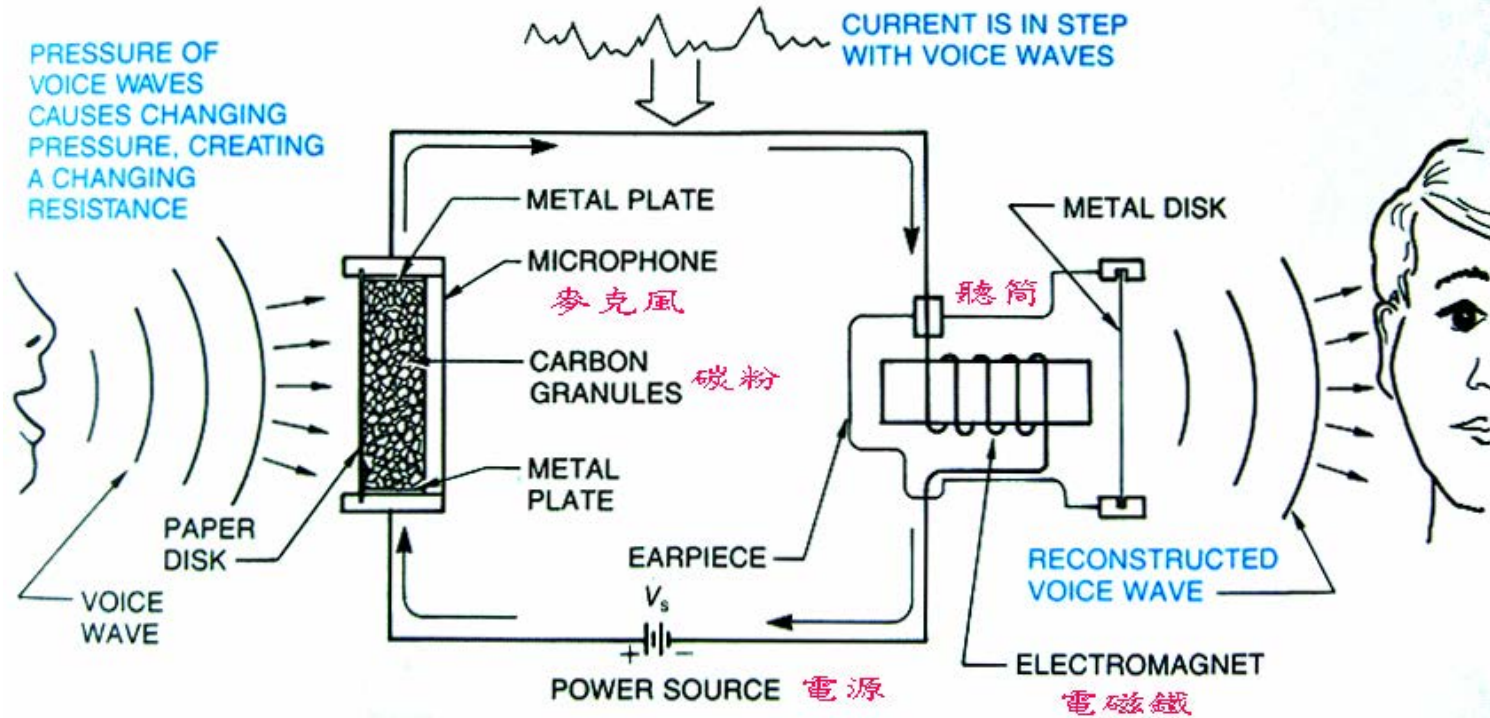
電話的發明



- ◇ 1875年，美國發明家貝爾做電報實驗時，發現電報機的螺絲拴得太緊，電流沒有像電報一樣斷續，反而形成通路傳來另一端的聲音，隔天造出斷頭臺電話，可惜之後半年實驗無進展。
- ◇ 1876年3月，貝爾及華生合作完成液態送話器及電磁式接收器
- ◇ 1876年3月，貝爾的電話發明獲得美國專利權，編號174465，是美國有史以來最值錢的專利

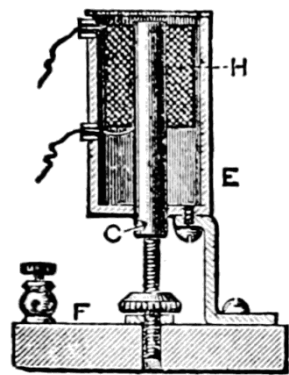


電話原理



Bell's first Telephone (Transmitter).

- a. Electro-magnet. b. Diaphragm. c. Collar. d. Collar and tube. e. Screw. f. Mouthpiece. g. Battery.
- i. Wire from battery to coil. k. Telegraph wire. l. Through binding screw. m. Pillar holding magnet.



話機的演進



牆上型磁石式電話機 桌上型磁石式電話機



共電式電話機



撥號盤電話機



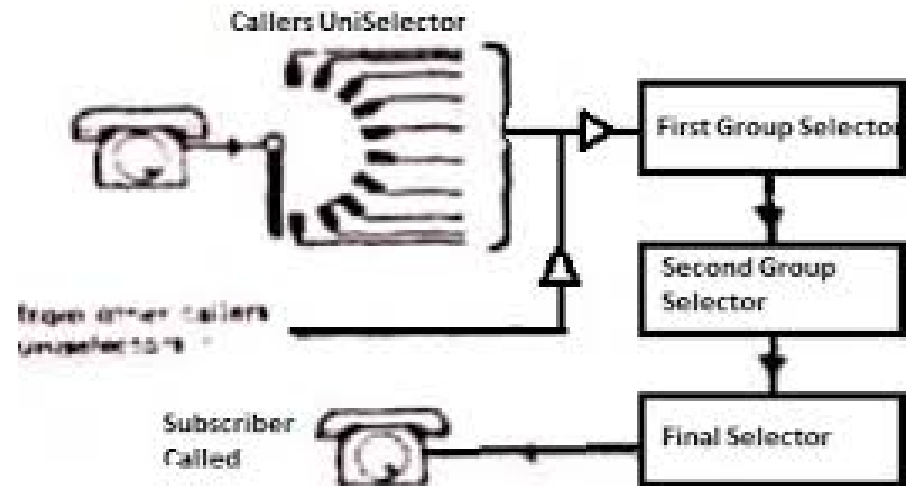
M0200507756

按鈕式電話機

電話交換機

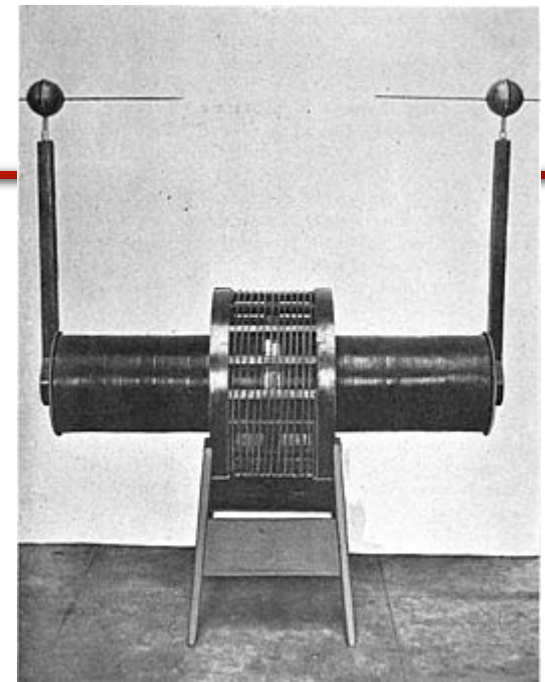


- ◇ 1877年，美國波士頓出現實驗性質的電話交換機系統
- ◇ 1878年，美國電話交換系統進入營運
- ◇ 早期的電話交換由人工服務
- ◇ 二十世紀初期，自動化的撥號交換機逐漸取代人工交換台



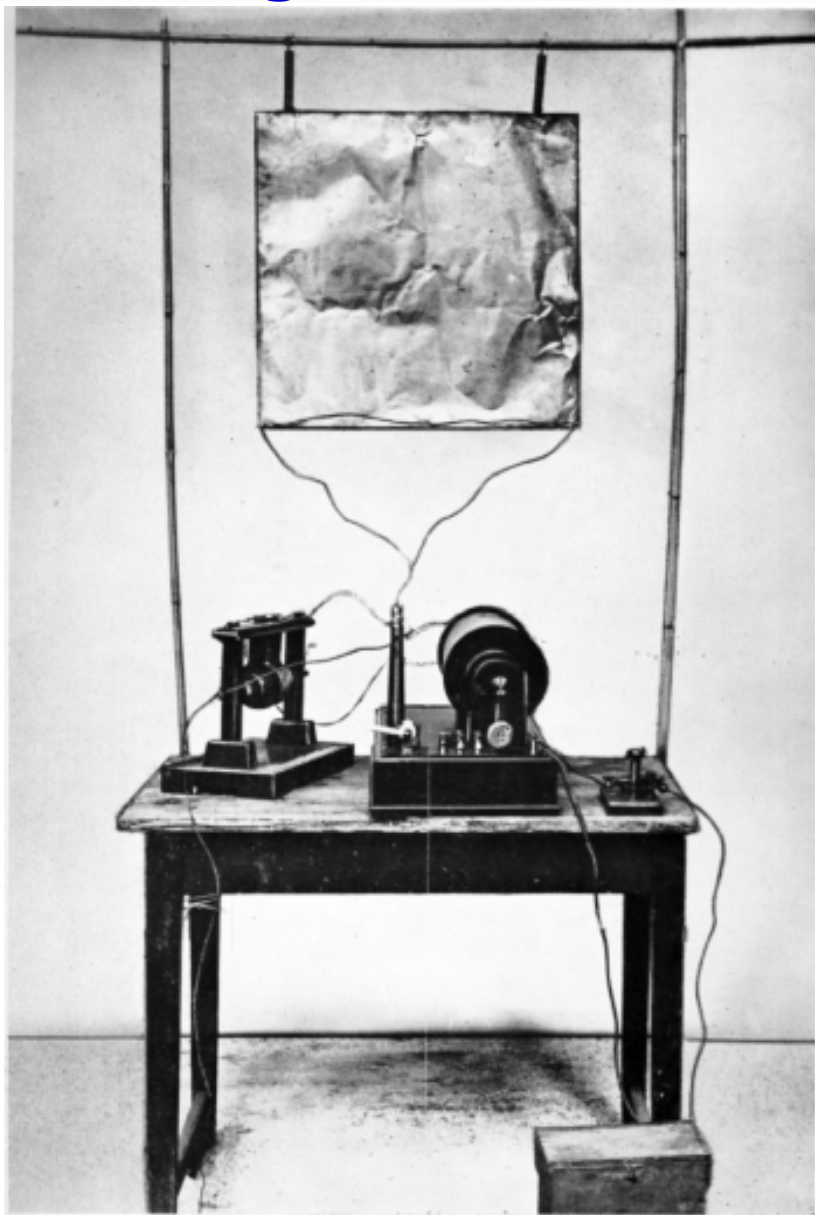
無線電

- ◇ 1882年，美國特斯拉發明感應馬達，並於1889年發明特斯拉線圈，將高壓電轉換為無線電
- ◇ 1895年，義大利馬可尼發明無線電報機。1897年，馬可尼成功發出海對地的無線電報。1901年，馬可尼實現橫越大西洋的無線電通訊。
- ◇ 無線電的最早應用於航海中，配備無線電的遠洋船隻，就算在海洋上仍然與陸地保持通訊，更能在需要時發出求救訊號。



1909 Nobel Prize

Guglielmo Marconi & Karl Braun



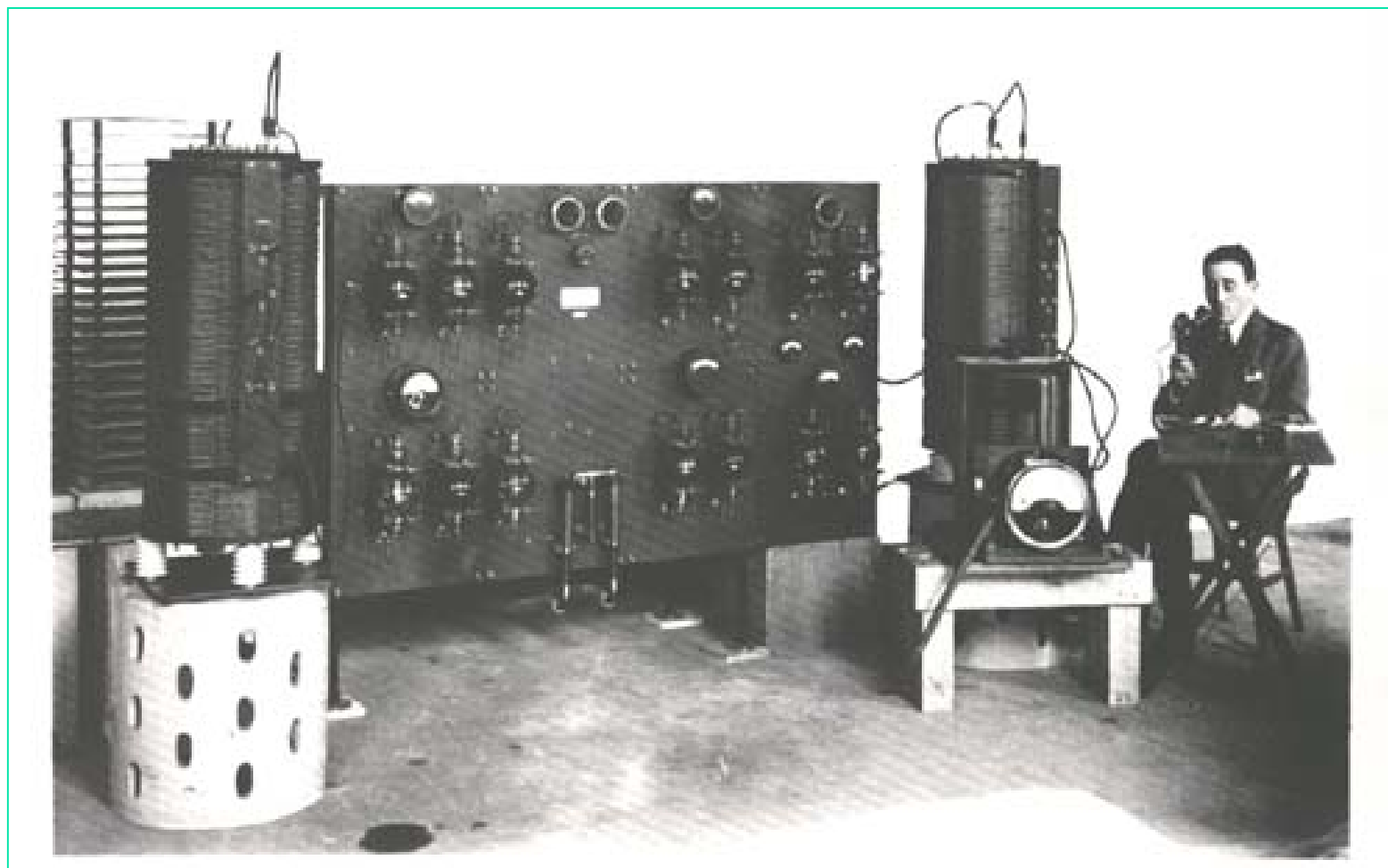
馬可尼的第一台無線電報發射器，能夠以摩斯密碼傳送訊息。

- ✓ 義大利工程師Marconi在1890年代初開始發展無線電技術，希望能以無線電報作為通訊工具。
- ✓ 1897年5月13日，Marconi成功發送人類首個跨越Bristol Channel的電報Are you ready?
- ✓ 1899年，Braun成功發送電報跨越英倫海峽。
- ✓ 1901年，Marconi使用Braun設計的發射和接收器由英國發送電報至加拿大，完成史上第一次跨大西洋電報通訊。
- ✓ 在1912年Titanic沉沒期間，在接到Titanic的緊急呼叫後，有703人獲救。電話是用馬可尼的設備發出的。這場災難的直接後果是所有船隻都被迫安裝無線電發射機。

1909 Nobel Prize - Guglielmo Marconi



無線電之父馬可尼在英國表演他的無線電發射機

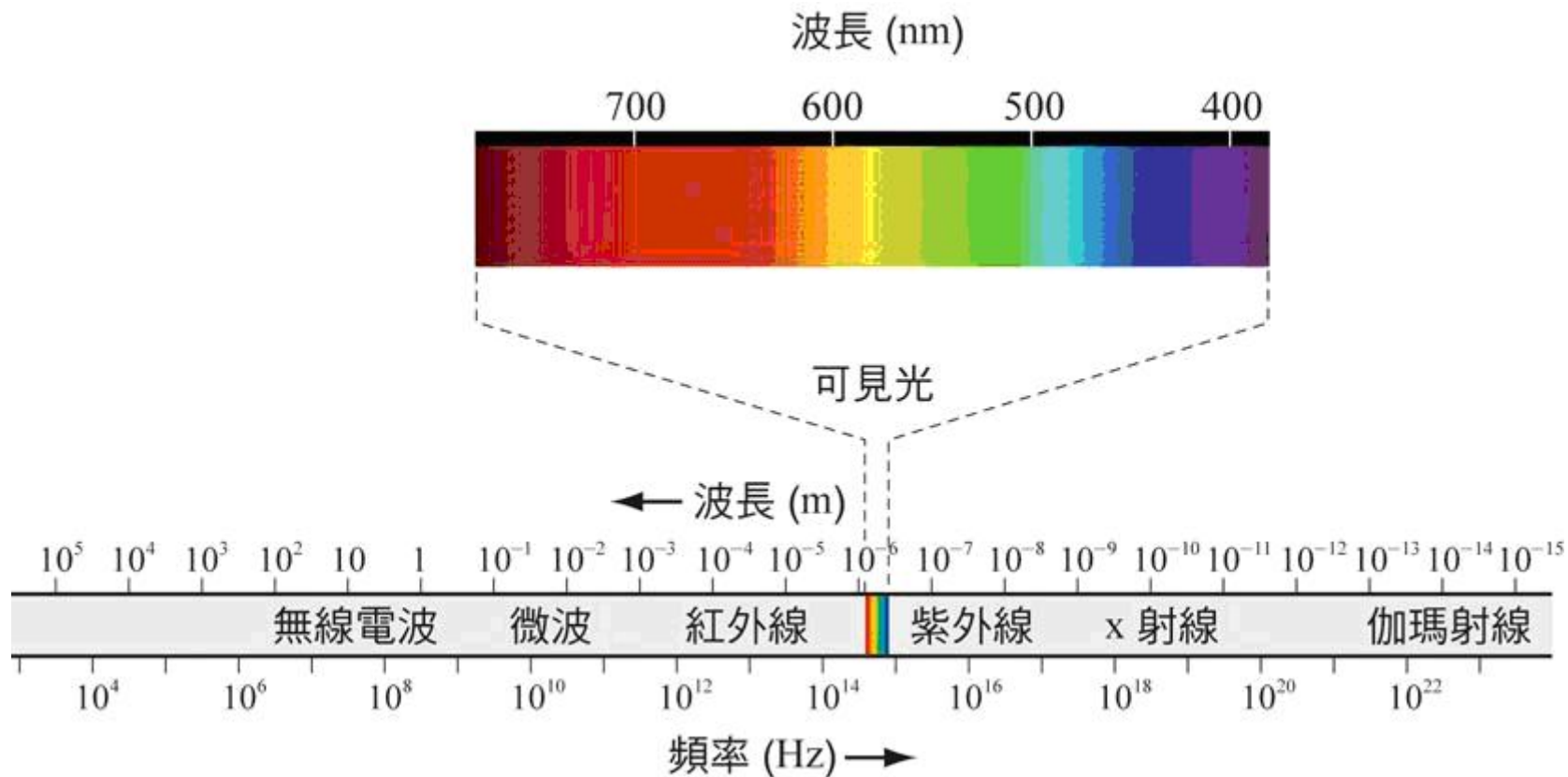


Cellular Communications



Wireless Information Transmission System Lab.
Institute of Communications Engineering
National Sun Yat-sen University

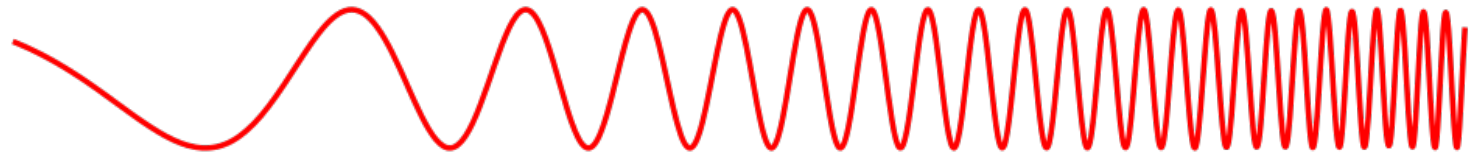
電磁波光譜圖



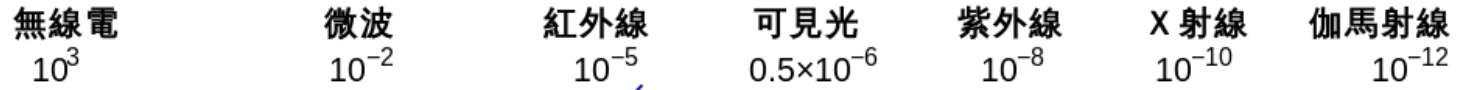
電磁波光譜圖



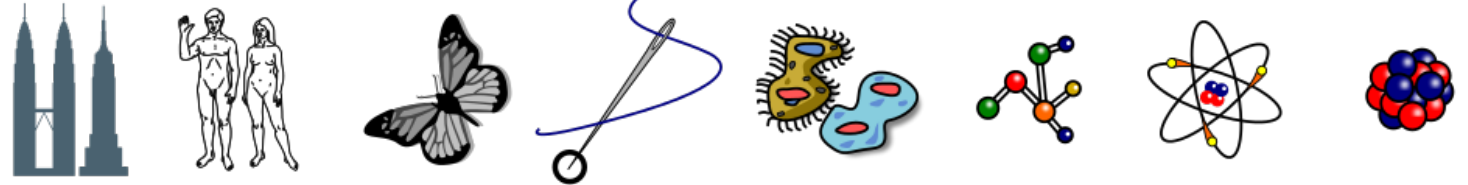
能否穿透
地球的大氣層



輻射種類
波長 (m)

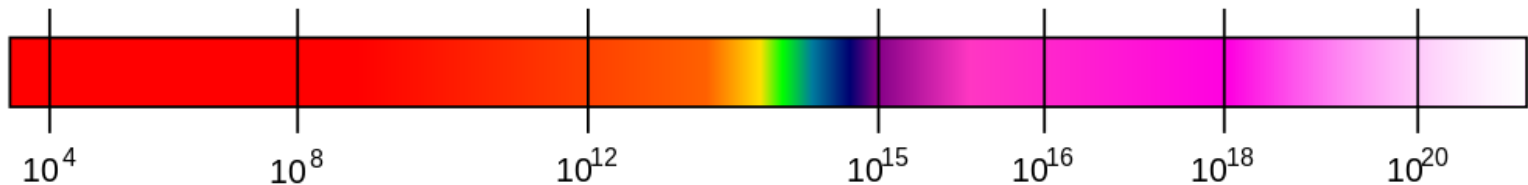


波長的尺度大小
約相當於

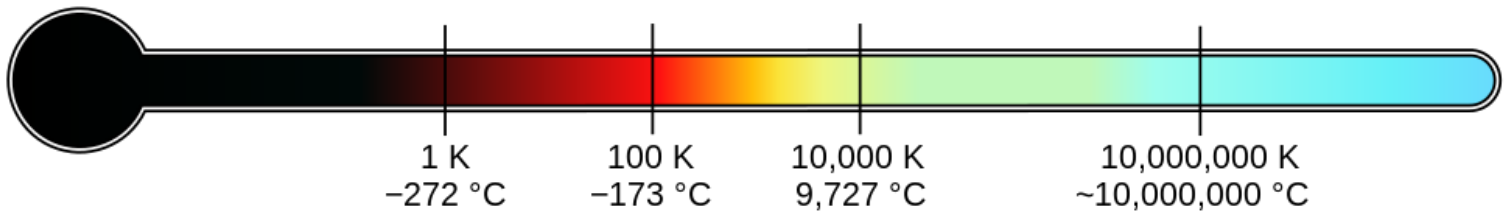


建築高度	人類的身高	蝴蝶	針尖	原蟲	分子	原子	原子核
------	-------	----	----	----	----	----	-----

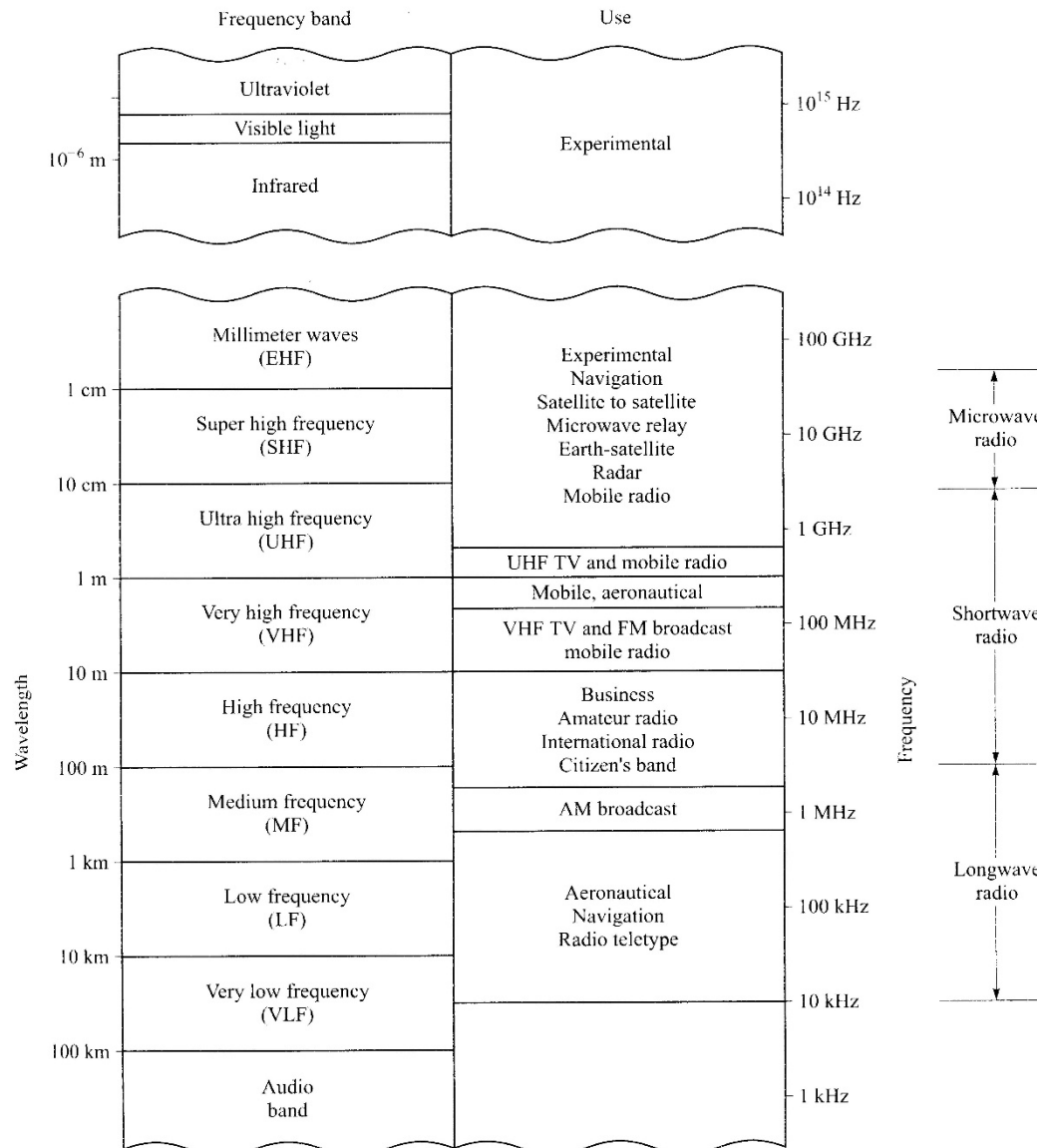
頻率 (Hz)



此溫度的物體
所發出的輻射中
最強烈部份的波長

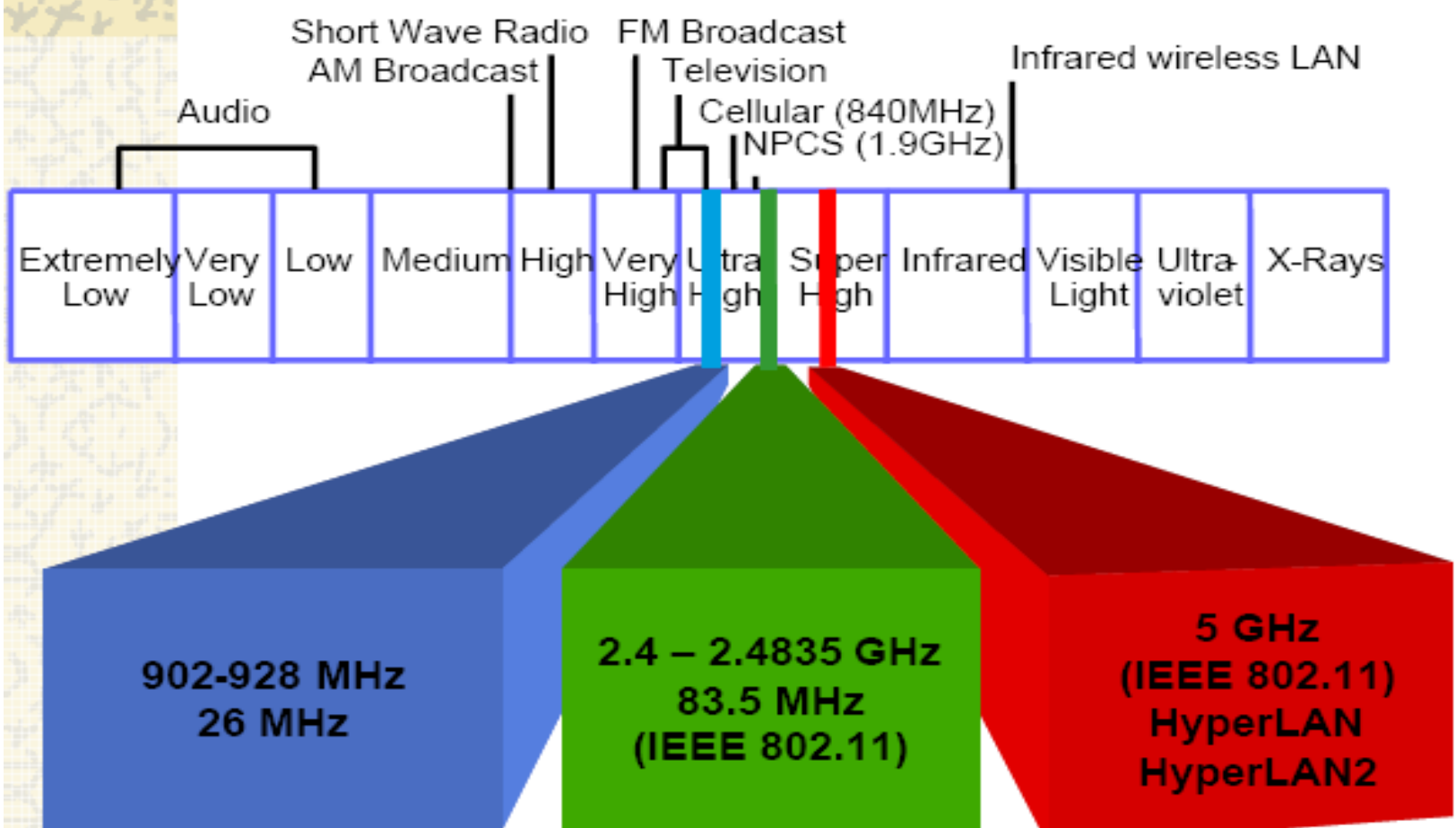


Frequency Range for Wireless Electromagnetic Channels



ISM頻帶

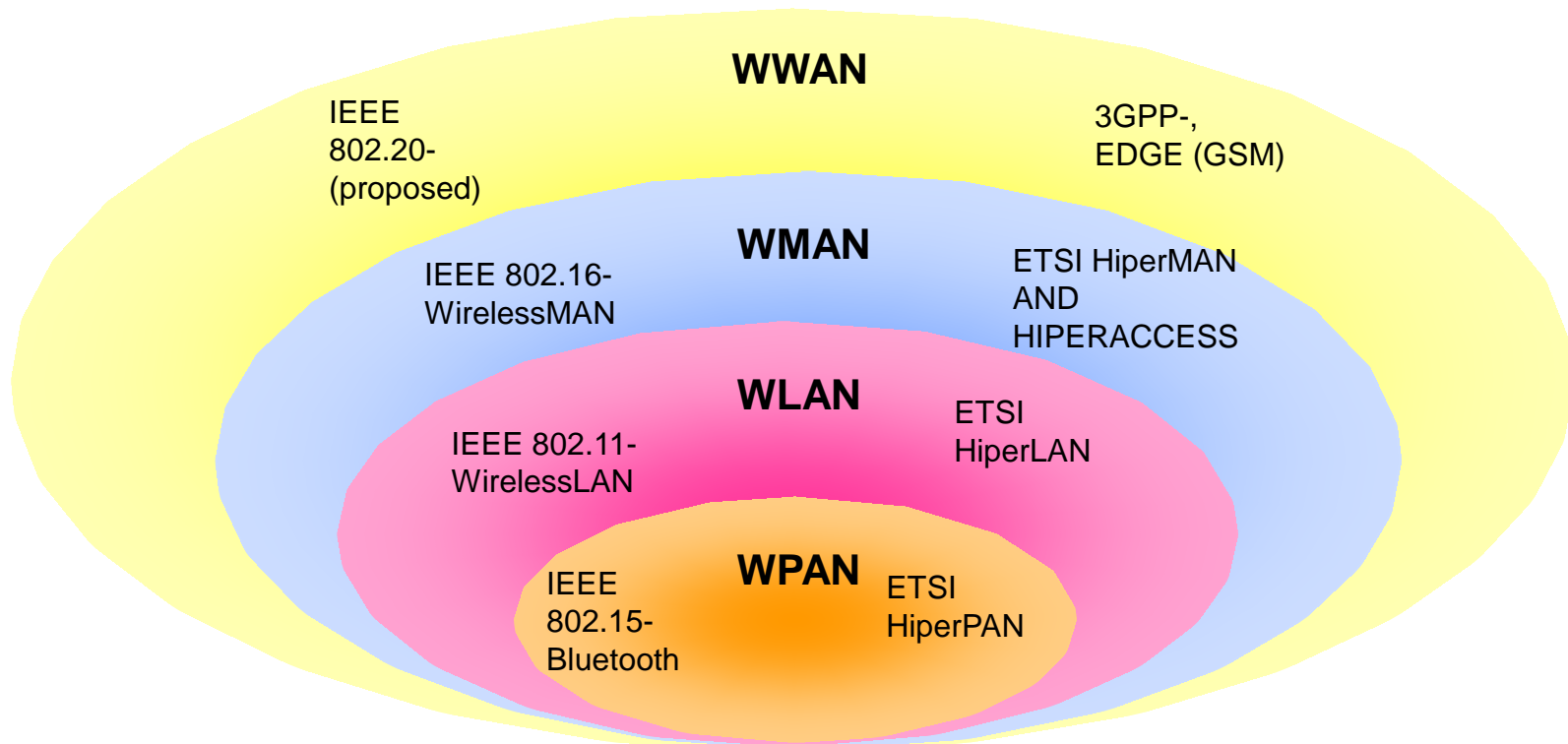
- ◊ ISM頻帶：專供工業(Industrial)、科學(Scientific)及醫療(Medical)使用的頻帶，主要在900MHz、2.4GHz、5GHz
- ◊ 使用這些頻段無需許可或費用，只需遵守一定的發射功率



無線通訊系統（依涵蓋範圍）



- ◇ 依通訊傳送距離範圍大小，一般將行動通訊系統劃分為
 - ◇ 無線廣域網路(wireless wide area networks, WWAN)、
 - ◇ 無線都會區域網路(wireless metropolitan area networks, WMAN)、
 - ◇ 無線區域網路(wireless local area networks, WLAN)、
 - ◇ 無線個人區域網路(wireless personal area networks, WPAN)





1956年
5MB IBM 硬碟正被裝上飛機
其重量超過1000公斤

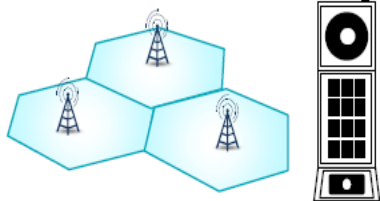
4G的演進



Mobile 1G

AMPS, NMT, TACS

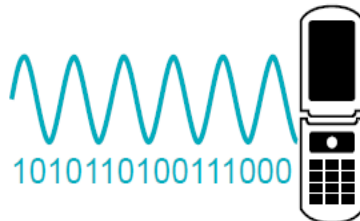
Foundation of Mobile
Seamless Mobility



Mobile 2G

D-AMPS, GSM/GPRS,
cdmaOne

Mobile for the Masses
More Voice Capacity



Mobile 3G

CDMA2000/EV-DO,
WCDMA/HSPA+, TD-SCDMA

Mobile Broadband
Data Optimized



Mobile 4G LTE

LTE, LTE Advanced

Faster and Better Mobile Broadband
More Data Capacity



1980s

1990s

2000s

2010s

行動通訊演進



Mobile 1G
AMPS, NMT, TACS



Mobile 2G
D-AMPS, GSM/GPRS,
cdmaOne



Mobile 3G
CDMA2000/EV-DO,
WCDMA/HSPA+, TD-SCDMA



Mobile 4G LTE
LTE, LTE Advanced



N/A

Analog Voice



<0.5 Mbps¹

Digital Voice + Simple Data



63+ Mbps²

Mobile Broadband



300+ Mbps³

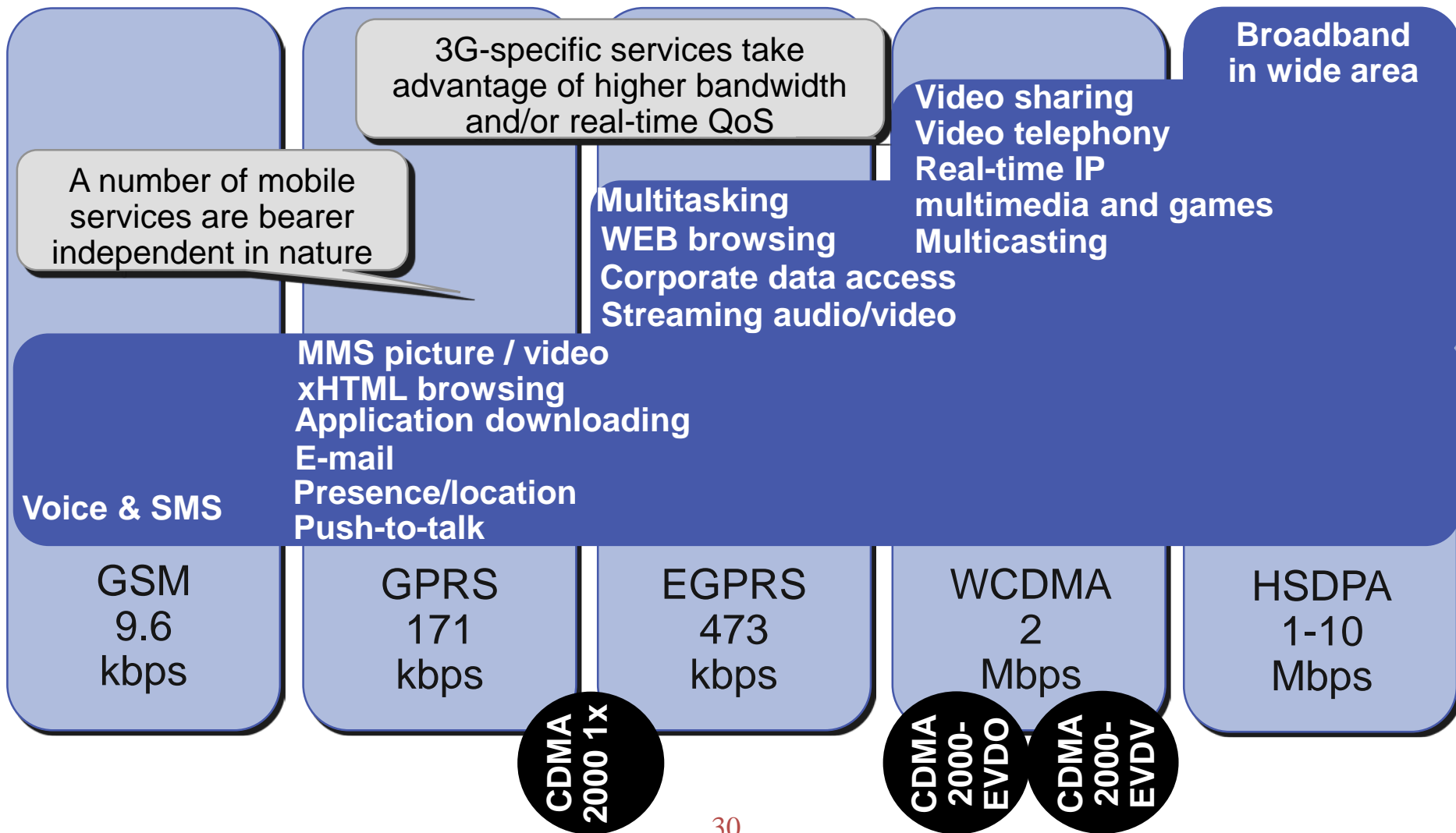
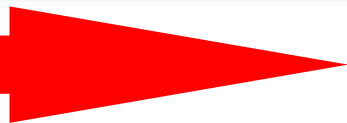
Faster and Better



2G到3.5G的演進

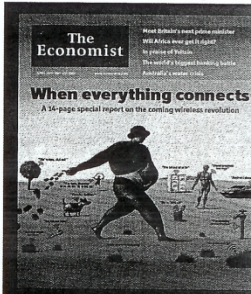


Improved performance, decreasing cost of delivery



iPhone是蘋果公司推出的第一代智慧型手機，該款智慧型手機於2007年1月9日正式發布，並於同年6月29日正式發售。

未來五十年 無線通訊將掀起生活革命



為提供讀者更寬廣的國際視野，與世界經濟脈動同步，本刊與《經濟學人》簽約，取得台灣地區獨家授權報導。呈現給讀者最新、最快的世界政經脈動。

無線電裝置曾經是放在客廳角落、微微發熱的木框機器，時至今日，已經能夠輕巧放在口袋的時髦行動電話。未來幾年，隨著通訊晶片內建於許多日常生活用品，無線電可能完全從眼前消失。這些通訊晶片以及連結晶片的網路，將改變它們的最大影響力。

擺脫電纜束縛 資訊傳遞變得更便宜

就像過去幾十年，每樣東西都將得到微處理器一樣，無線通訊晶片將來也會成為大小物件的一部分。此預言的可能性非常高。小玩意和小東西將和其他裝置對話，從遠端提醒服務；農場的無線系統將測量溫度與濕度，控制灌溉設備；標籤將追蹤食物的來源與通路，證實藥

物的真偽；位於人體表或體內的微晶片，將傳送生命跡象訊號到診所，協助監控身體健康。

無線電裝置將與資訊有關，將文件、照片等紀錄數位化，使資訊運用起來更簡便；無線通訊晶片則是使數位資訊送至任何地方，而且幾乎毋須花費任何成本。不再受到有形的電纜束縛以後，資訊將傳送到最有價值的目的地。

測器及導航裝置。此成就得歸功於通訊公司馬可尼(Marconi)的無線電報裝置。無線電功能鑲嵌在矽晶片之後，尺寸與成本大幅減少，而運算性能大幅提升。今天的衛星導航晶片每片只需一美元(約合新台幣三十三元)，而無線射頻識別系統(Radio Frequency Identification, RFID)的標籤尺寸則可小到放進指紋縫隙之間。當我們能無線方式將電力傳送至這些裝置時(不久的將來就能實現)，所有東西將能一切就緒。

將證實它們的來源與通路，證實藥物

動電話。從簡單的電動功能，逐步

無線通訊如同資訊科技一般，能夠提升生產力。想想無線通訊將如何改變汽車產業。汽車製造商開

如果發生車禍，無線晶片可以告訴緊急服務人員地點在哪裡，發生的事件以及是否有人受傷。交響資訊可以立即反映，而且完全正確。依據精確的路線收取過路費。英國保險商以駕駛人精確的時間與地點為基礎，提供不同保費的保單。當然，在無線通訊有力實現承諾的願景之前，還有許多工作待完成。第二大障礙是新奇性。如一般新產業發展初期常見的，市場充滿各式各樣專利系統，其中許多是從零開始。不像一九七〇年代的早



擺脫有形的電纜束縛，無線通訊可應用在任何物品上，並能夠提升生產力。

為來自電腦產業、捷足先登的公司開啟大門，諸如三星(Samsung)、飛利浦(Philips)、霍尼威爾(Honeywell)與日立(Hitachi)。四月底，奇異(General Electric)的應部門表示，將在製藥與石油化學產業使用無線感應器。

政府將扮演關鍵角色，但就現階段而言，危險是來自於太多規範，而非太少管制。對於任何人(其中大多是政治人物)而言，描繪無線技術遠景的圖十分困難，就像電動馬達和微處理器的

情況一樣。

政府應扮演預及管制，但就現階段而言，危險是來自於太多規範，而非太少管制。對於任何人(其中大多是政治人物)而言，描繪無線技術遠景的圖十分困難，就像電動馬達和微處理器的

情況一樣。

未來五十年，無線技術無所不在的情形，不僅會像二十世紀早期的電動馬達，出現在從打掃機到電梯等每樣東西，也會像二十世紀後半期的電腦化操作模式。上述從汽車到咖啡機各式各樣機器，儘管結果有可能令人恐慌，但大部分情況下，它們將帶來超乎想像的助益。

就長期而言，另一項重大考量為隱私問題。今天的法律通常假定隱私權受到消費者與公司、或民眾與政府之間的合約所保障。但在一個許多網路在暗中相互

期駕駛顧客，替他們的PDA電腦(編號：第一台個人電腦，但功能極為簡單)掃描地圖。

定準則的會是誰，行動電話產業兩大巨擘——索尼愛立信(Sony Ericsson)與諾基亞(Nokia)最近

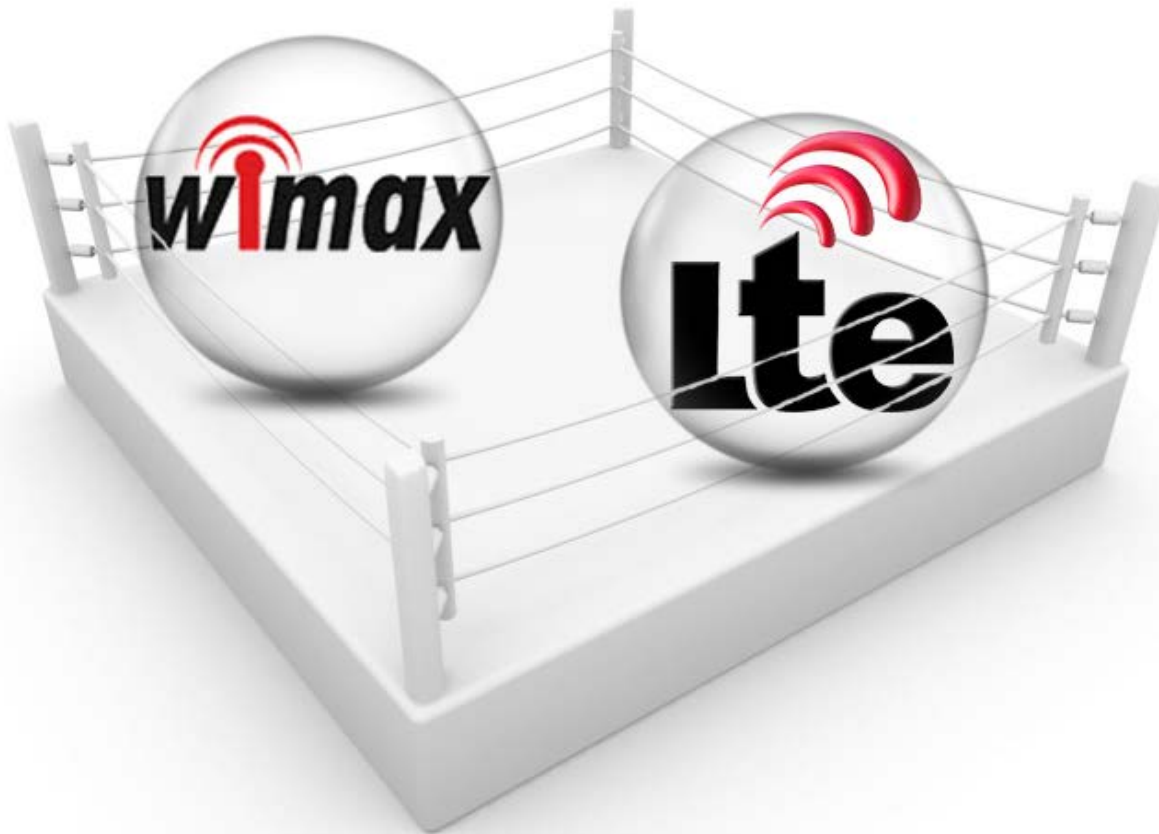
幾年已籌劃掉機器通訊部門。此舉

益。

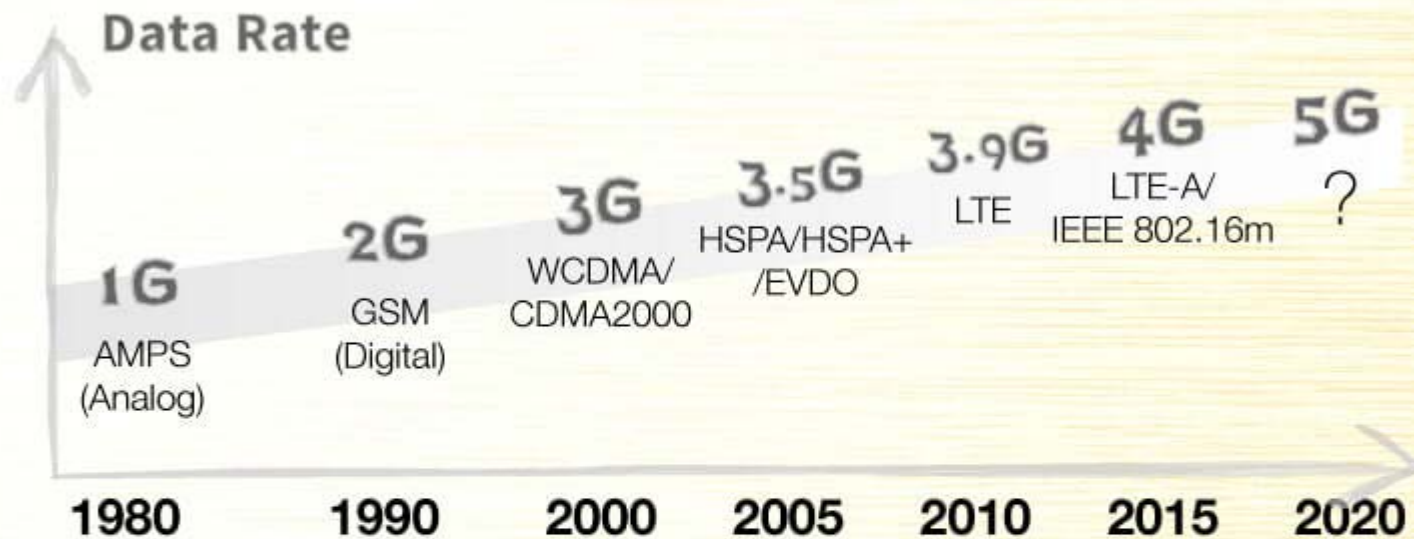
WiMAX與LTE之爭



Wimax vs. LTE



行動通信技術演進歷程



未來

行動電話問世

實現行動通話

行動電話普及

具收發簡訊、語音通話等功能

行動數據傳輸

拓展到了圖片等移動互聯網路

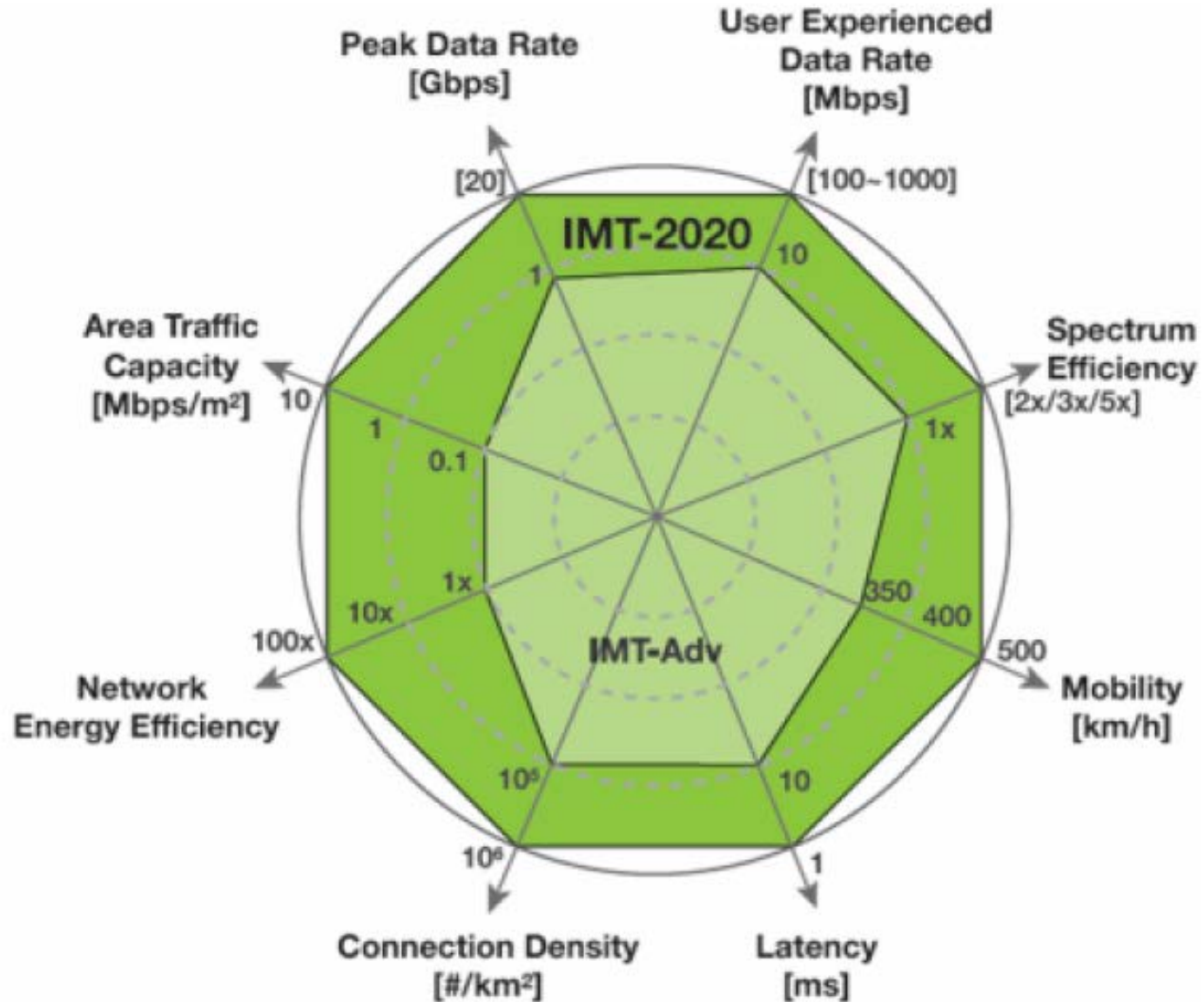
行動寬頻上網

延伸為以即時影片交互為主的網路時代

萬物互聯

將支援更多無線設備和龐大的數據

第五代行動通訊 (5G)



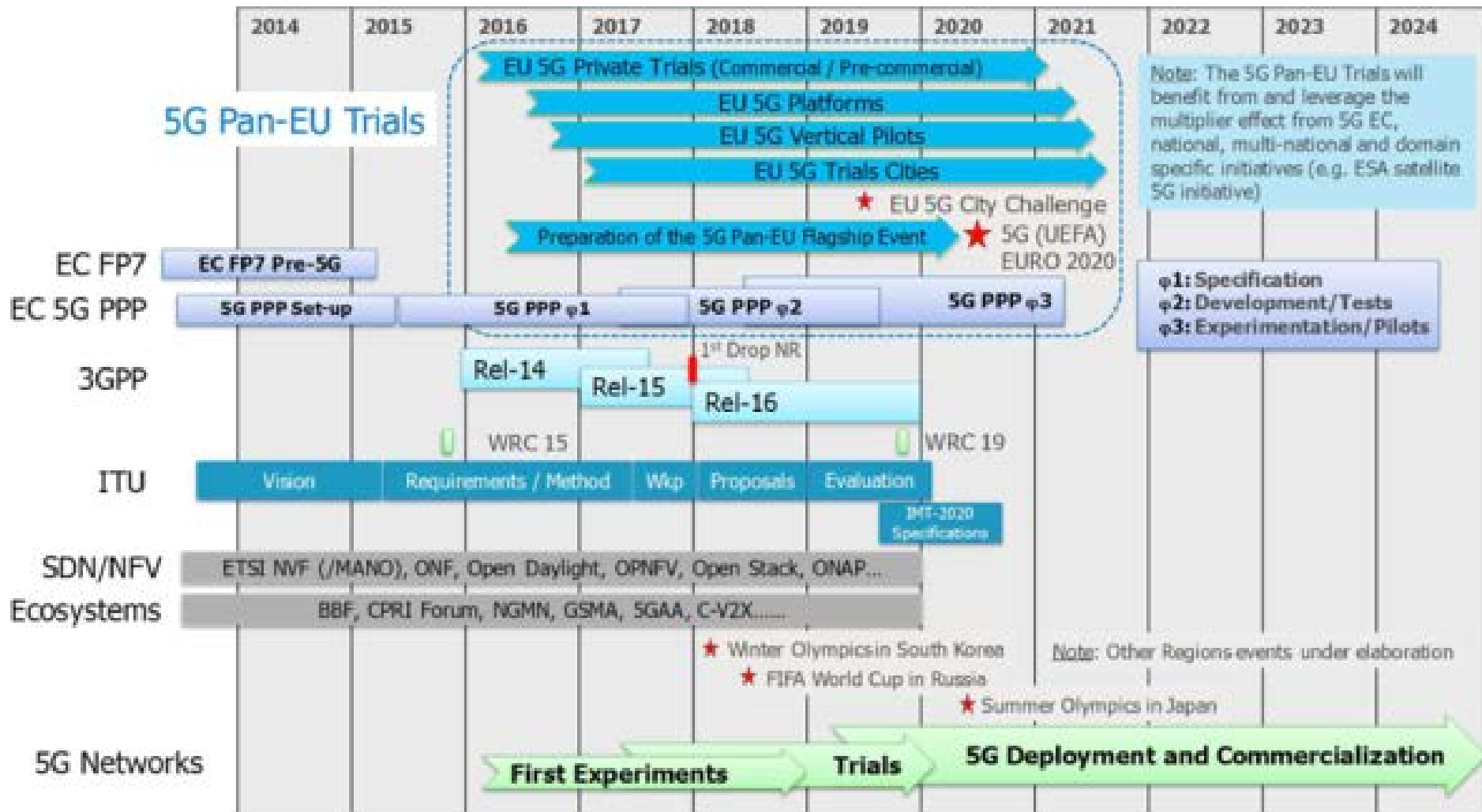
5G三大應用場景



圖一 5G三大關鍵技術 高頻寬 (eMBB)
十大應用場景



5G的時程



台灣5G頻譜競價

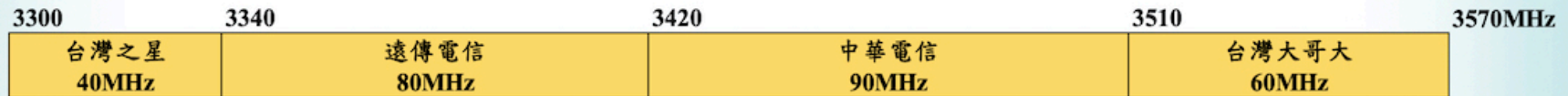


競價結果

得標者名單	得標金 (億元)	3.5GHz					28GHz				
		數量競價		位置競價		總標金 (億元)	數量競價		位置競價		總標金 (億元)
		頻寬(MHz)	標金(億元)	位置	標金(億元)		頻寬(MHz)	標金(億元)	位置		
中華電信	483.73	90	456.75	F13~F21	20.8	477.55	600	6.18	G10~G15	6.18	
台灣大哥大	306.56	60	304.5	F22~F27	0	304.5	200	2.06	G24~G25	2.06	
台灣之星	197.08	40	197.08	F1~F4	0	197.08	0	0		0	
亞太電信	4.12	0	0			0	400	4.12	G20~G23	4.12	
遠傳電信	430.42	80	406	F5~F12	20.3	426.3	400	4.12	G16~G19	4.12	
總計	1421.91	270	1364.33		41.1	1405.43	1600	16.48		16.48	

- 註：1. 得標者名單依競價者名稱筆劃順序排列。
2. 得標金=數量競價得標總價+位置競價得標金。

3.5GHz頻段



28GHz頻段

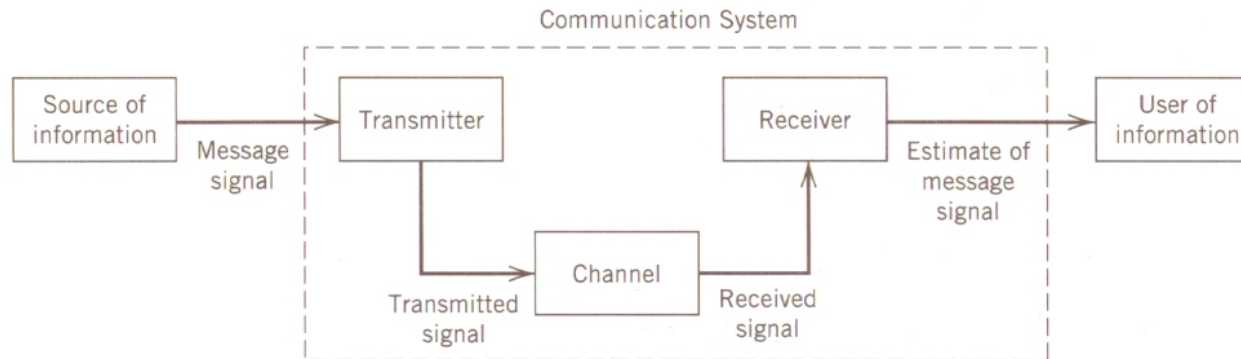


Chapter 1: Introduction



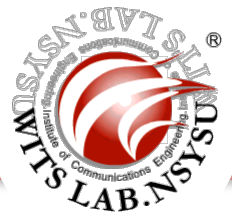
Wireless Information Transmission System Lab.
Institute of Communications Engineering
National Sun Yat-sen University

How is a communication system organized?



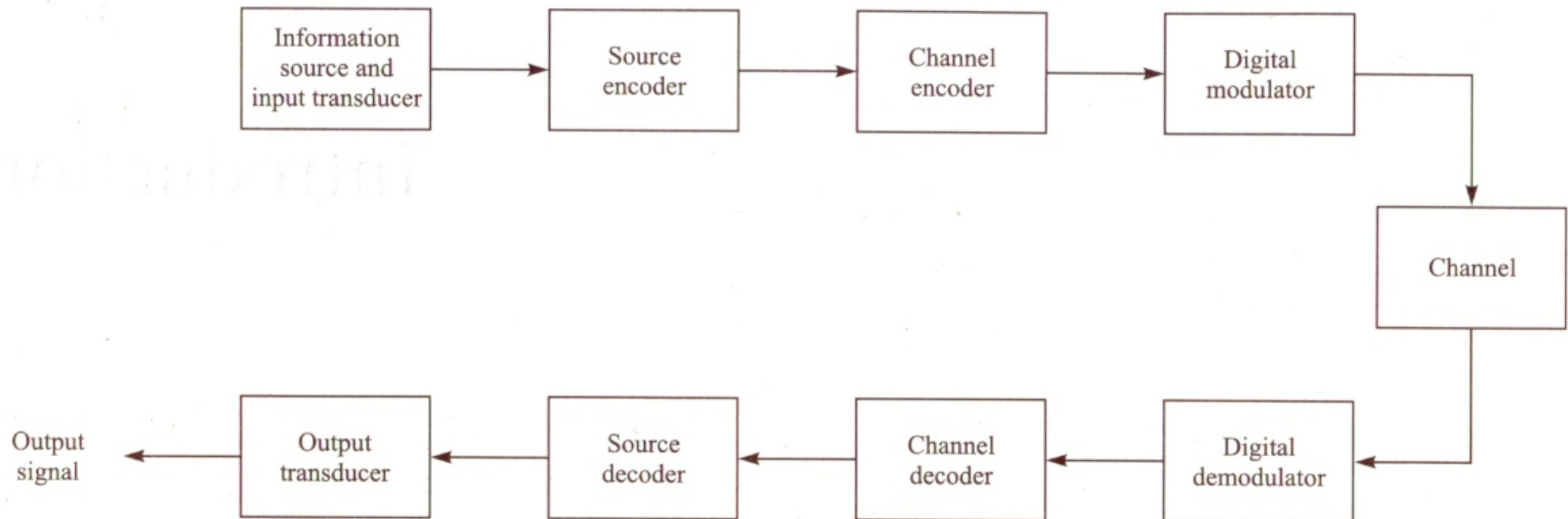
- ◇ Source of information: voice, music, picture, videos, data files, email.
- ◇ Transmitter: a generic term for the processing of information in the form provided by the source into a form that is *suitable for transmitting over the channel*.
- ◇ Channel: transmission medium, e.g. cable, optical fiber, free space.
- ◇ Receiver: a generic term for the process of converting the signal transmitted over the channel back to a form that may be understood at the intended destination. The receiver's function is typically greater than simply being the *inverse of the transmitter*; the receiver may also have to *compensate for distortions introduced by the channel* and perform other functions, such as the *synchronization* of the receiver to the transmitter.

Analog vs. Digital



- ◇ All communications are by means of continuous signals and are thus analog in nature.
- ◇ It is the information which is to be transmitted that has an analog or digital nature.
- ◇ Since most modern communications are digital, the amount of emphasis placed on analog communications is steadily decreasing.
- ◇ Reasons to understand analog techniques:
 - ◇ Understanding of legacy systems;
 - ◇ Many digital communication techniques are motivated from their analog counterparts;
 - ◇ Many of the distortions observed in digital transmission systems can be characterized as analog in nature;
 - ◇ A thorough understanding of analog modulation systems leads to insight in identifying and compensating these distortions.

Basic Elements of A Digital Communications System



Bell Labs Museum



Wireless Information Transmission System Lab.
Institute of Communications Engineering
National Sun Yat-sen University

Alcatel-Lucent 大門 (Murray Hill, NJ)

5 December 2008





LEAVE THE BEATEN
TRACK OCCASSIONALLY
AND DIVE INTO THE
WOODS. YOU WILL BE
CERTAIN TO FIND
SOMETHING THAT
YOU HAVE NEVER
SEEN BEFORE.

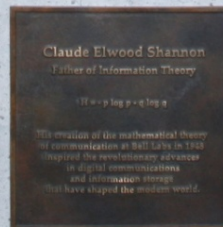
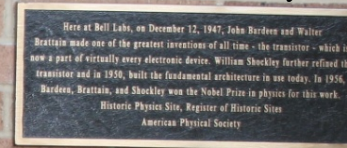
IN HONOR OF THE INVENTOR
OF THE TELEPHONE ON THE
CENTENNIAL OF HIS BIRTH

Claude Elwood Shannon Father of Information Theory



Here at Bell Labs, on December 12, 1947, John Bardeen and Walter Brattain made one of the greatest inventions of all time – the transistor – which is now a part of virtually every electronic device. William Shockley further refined the transistor and in 1950, built the fundamental architecture in use today. In 1956, Bardeen, Brattain, and Shockley won the Nobel Prize in physics for this work.

Historic Physics Site, Register of Historic Sites
American Physical Society



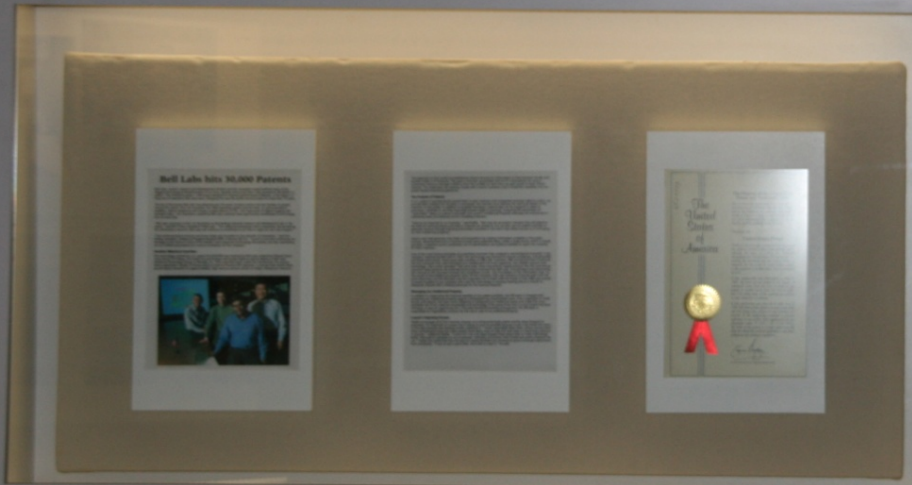
His creation of the mathematical theory of communication at Bell Labs in 1948 inspired the revolutionary advances in digital communications and information storage that have shaped the modern world.

Bell Labs Patents



New & Noteworthy

Patent Update



Total number of patents earned
by Bell Labs since 1925:

32856

Bell Laboratories has earned more than a patent a day since it was founded in 1925. These patents include some of the pivotal inventions of the 20th century—the transistor, the laser, the solar cell, digital switching, communications satellites, undersea fiber-optic cable and cellular calling.

In recent years, Bell Laboratories has accelerated the number of patents it receives and is increasingly patenting new inventions around the world. Recent innovations have come in such areas as silicon chips, photonics, software, wireless communications and advanced telecommunications services.

Most of the innovations in this exhibit are based on inventions that have received patents. This display shows the current total number of United States patents earned by Bell Laboratories and recognizes some recent patent recipients.

Bell Laboratories has earned more than a patent a day since it was founded in 1925. These patents include some of the pivotal inventions of the 20th century – the transistor, the laser, the solar cell, digital switching, communications satellites, undersea fiber-optic cable and cellular calling.

Awards



- 6 Nobel Prizes in Physics shared by 11 scientists
- 9 U.S. Medals of Science
- 7 U.S. Medals of Technology
- 1 Draper Prize
- 6 Marconi International Fellowship Awards
- 7 C&C Prizes shared by 12 scientists and engineers
- 27 IEEE Medal of Honor winners

Nobel Prizes

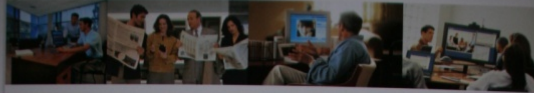


- ◇ 1937 Clinton Joseph Davisson, New York, "for their experimental discovery of the **diffraction of electrons by crystals**"
- ◇ 1956 John Bardeen, Walter Houser Brattain, William Bradford Shockley, Murray Hill, "for their researches on semiconductors and their discovery of the **transistor** effect"
- ◇ 1977 Phillip Warren Anderson, Murray Hill, "for their fundamental theoretical investigations of the **electronic structure of magnetic and disordered systems**"
- ◇ 1978 Arno Allan Penzias and Robert Woodrow Wilson, Holmdel, "for their discovery of **cosmic microwave background radiation**"
- ◇ 1997 Steven Chu, "for development of methods to **cool and trap atoms with laser light**"
- ◇ 1998 Robert B. Laughlin, Horst L. Stormer, Daniel C. Tsui, "for their discovery of a **new form of quantum fluid with fractionally charged excitations**"

Innovation Timeline 1869~1930s



Innovation Timeline 1869-1930s



- In 1864, James Clerk Maxwell has formulated the electromagnetic theory of light and predicted the existence of radio waves.
- The existence of radio waves was established experimentally in 1887 by Heinrich Hertz.
- The first successful use of mobile radio dates from the 27 March 1899, when M. G. Marconi established a radio link between a land based station and a boat sailing the English channel.

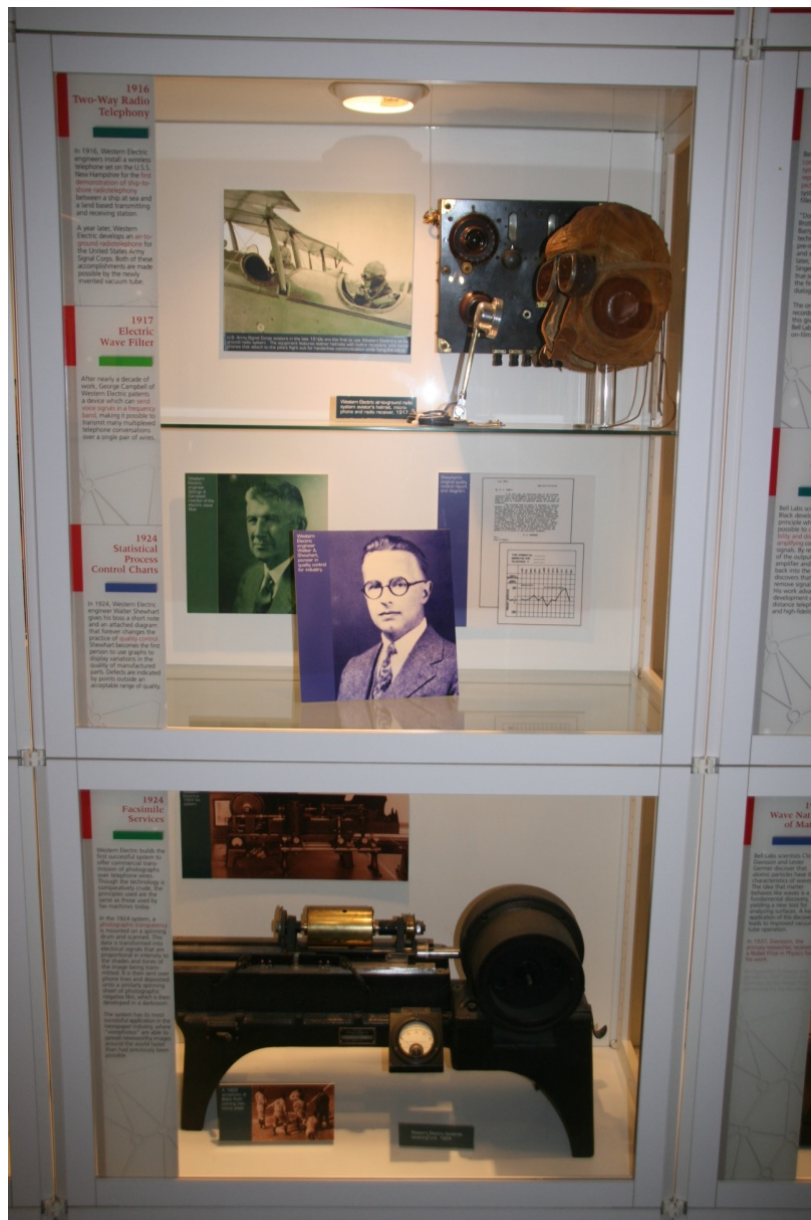
1869 Gray & Barton
(becomes Western Electric in 1872)

1876 First Telephone

“Mr. Watson, come here, I want you!” The Telecommunications revolution begins when Alexander Graham Bell speaks these words into his prototype telephone on March 10, 1876.

1914 Vacuum Tubes

1916 Condenser Microphone



1916 Two-Way Radio Telephony

1917 Electric Wave Filter

1924 Statistical Process Control Charts

1924 Facsimile Services



1926 Sound Movies

1927 Negative Feedback Principle

1927 Wave Nature of Matter



1927 Television Transmission

1929 Artificial Larynx (喉嚨)

1932 Nyquist Rate & Signal Sampling Theorem

1933 Radio Astronomy

1933 Stereo Recording

1936 Speech Coding & Synthesis

1939 Electrical Digital Computer



Innovation Timeline 1930s~1950s



Innovation Timeline 1950s~1970s



Innovation Timeline 1970s~1990s

