

教育部資通訊科技人才培育先導型計畫

無線通訊網路

任課老師：陳懷恩

助理教授兼任資訊工程研究所所長

電算中心資訊網路組組長

國立宜蘭大學

Email: wechen@niu.edu.tw

II. 無線通訊的多重存取(multiple access)技術

本章的重要觀念

- 多重存取(multiple access)技術是什麼？
- 有那些多重存取的技術？
- 各種無線通訊系統使用什麼樣的多重存取技術？

本章的重要觀念

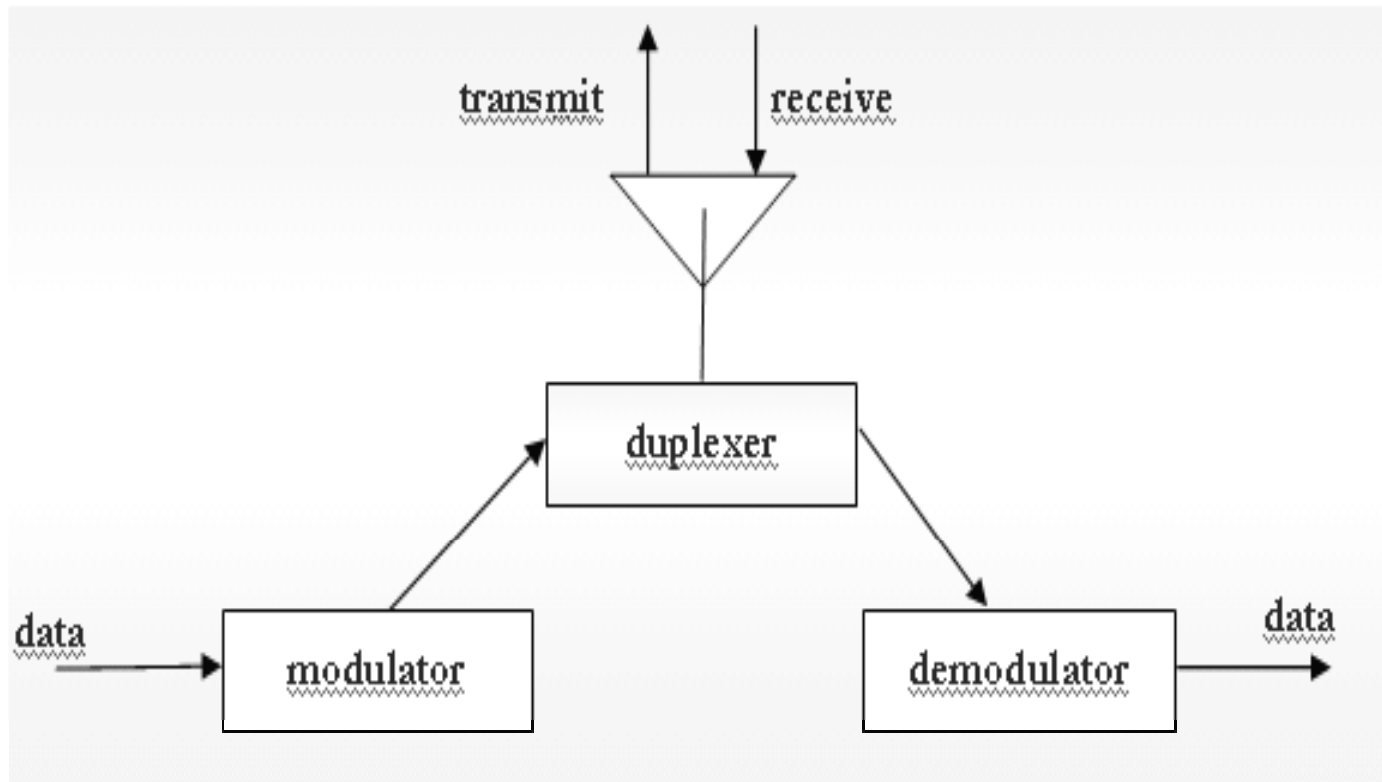
- 由於頻寬(bandwidth)是有限的資源，為了使有限資源得以發揮最大效益，最好讓更多使用者共同享用頻寬，這也就是所謂的多重存取技術
- 在無線通訊網路中，多重存取技術的優劣會影響頻寬的使用效率，決定系統的服務容量(capacity)，因此是相當重要的關鍵技術

雙工特性(Duplexity)

- FDD可以同時提供兩個單工頻道
 - 兩個頻道分別稱為前向頻道(forward channel)及反向頻道(reverse channel)，兩頻道間以隔離頻段(guard band)分開
 - 前向頻道用於基地台到行動台的流量，也稱為下傳連接(downlink)
 - 反向頻道用於行動台到基地台的流量，也稱為上傳連接(uplink)
- TDD可以在同樣的頻率下提供兩個單工的時槽(simplex time slots)
 - TDD利用時間來分隔前向頻道與反向頻道，
不需要雙工器

頻率領域雙工(FDD)

- 雙工器將訊號分開到前向頻道與反向頻道



共用傳輸媒體的原理

- 有線區域網路中最有名的乙太網路使用CSMA/CD通訊協定就是規範傳輸媒體 (transmission medium) 的共用問題
- 探討該協定前，先認識ALOHA，ALOHA最早是為了封包無線電 (packet radio) 網路發展出來的

共用傳輸媒體的原理

- ALOHA的運作原理：
 1. 網路節點送出資料框(frame)後，必須等待回應(acknowledgement)，等待的時間約是封包預期在網路上來回一趟所需時間(round-trip propagation delay)，再加上一段固定長度的時間
 2. 假如在時限內收到回應，表示傳送成功，否則就需重傳(resend)，若是數次傳送都失敗，則放棄
 3. 接收端檢查收到的資料框是否有效(valid)，含資料框目的地位址是否與接收端相符，及資料框中的資料框檢查順序(frame-check-sequence)欄位，兩者檢查無誤，就可以送出回應，若是檢查發現無效，接收端直接忽略收到的資料框

共用傳輸媒體的原理

- ALOHA造成碰撞(collision)的機率極高，為改善網路效能，有人提出slotted ALOHA，將通訊頻道的使用分成一小段時間，約是將一個資料框送上介質的時間，所有的網路節點在時間上必須同步，只有在固定時段上才能傳送資料框，也表示只有在這些時段上才會發生碰撞
- 由於傳統的區域網路上傳輸延遲常小於資料框送上介質的時間，因此，若有一節點在傳送資料，其他節點幾乎是立即察覺，假如節點在傳送資料前能先感測是否有節點已經在使用介質，則碰撞情況應該可以降低

共用傳輸媒體的原理

- CSMA(Carrier Sense Multiple Access)，就是根據該原理改進，其運作原理如下：
 1. 網路節點送出資料框(frame)前必須感測介質是否有其他節點在使用(即carrier sense)，假如使用中，則必須等待
 2. 若是介質可使用，則立即傳送，若是同時有多個節點傳送資料框，則發生碰撞會造成資料失誤，因此網路節點送出資料框以後，要等待回應，超過時限，必須重新傳送

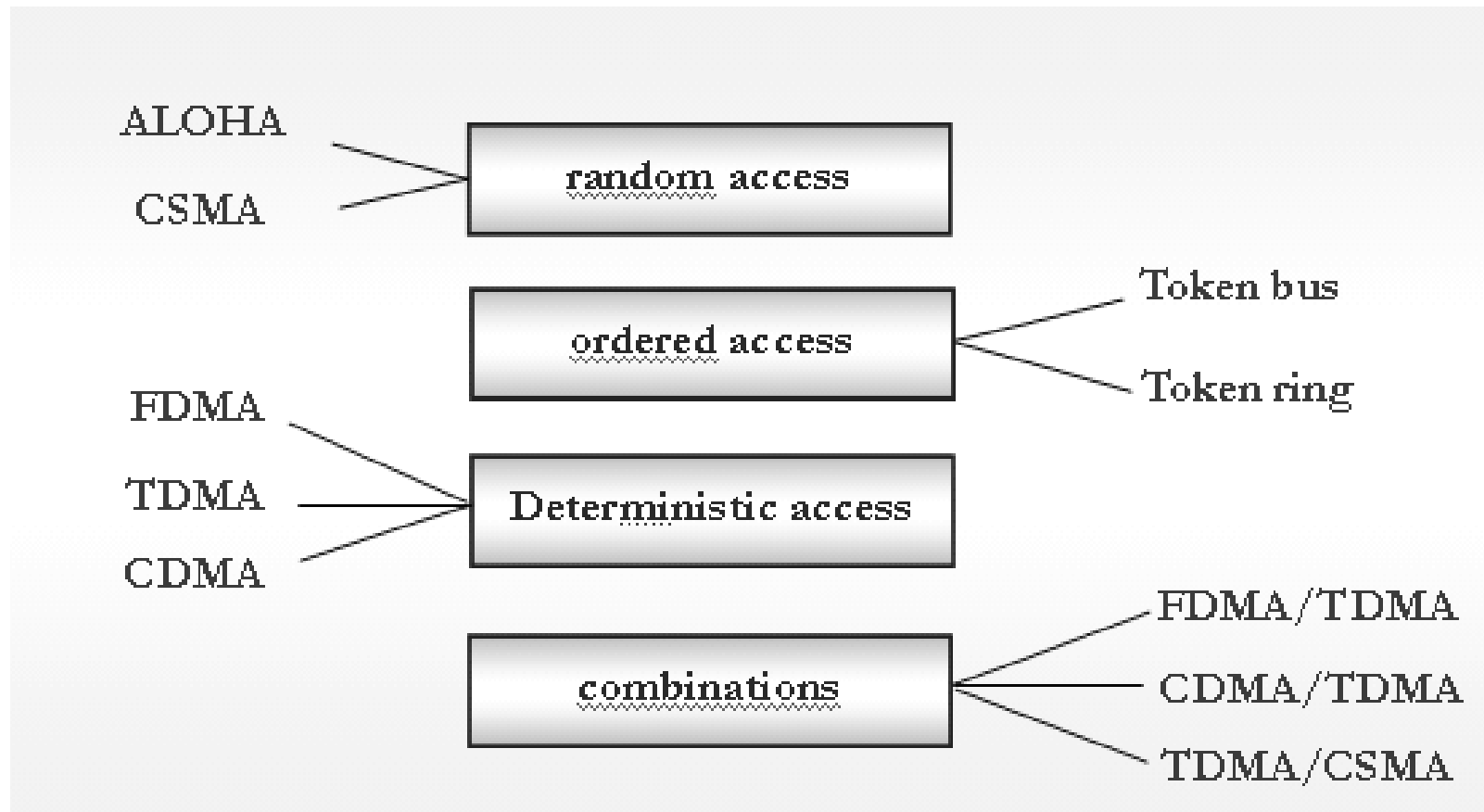
共用傳輸媒體的原理

- 由於碰撞仍會造成介質使用率降低，有人提出CSMA/CD改善碰撞造成的問題，其運作原理如下：
 1. 假如介質可使用，則直接傳送資料框
 2. 假如介質忙碌中，繼續等待，直到介質可用為止
 3. 假如發生碰撞，送出簡短的壅塞訊號(jamming signal)，告知其他節點，然後繼續等待一段時間
- 從CSMA/CD運作原理可以發現碰撞偵測很重要，由於訊號傳送會衰減，影響碰撞的偵測
- IEEE標準才規定10Base5網路的最大傳送距離不超過500m，10Base2網路的最大長度不超過200m，10BaseT不超過100m

MAC技術

- ALOHA
 - Asynchronous ALOHA
 - Slotted ALOHA
- CSMA
 - CSMA/CD : collision detection
 - CSMA/CA : collision avoidance
 - Non-persistent
 - P-persistent

存取控制技術的分類

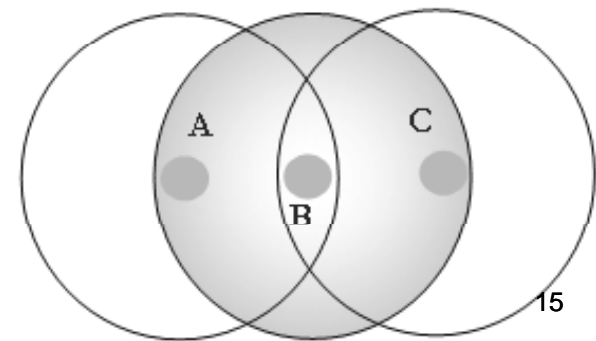


MAC技術

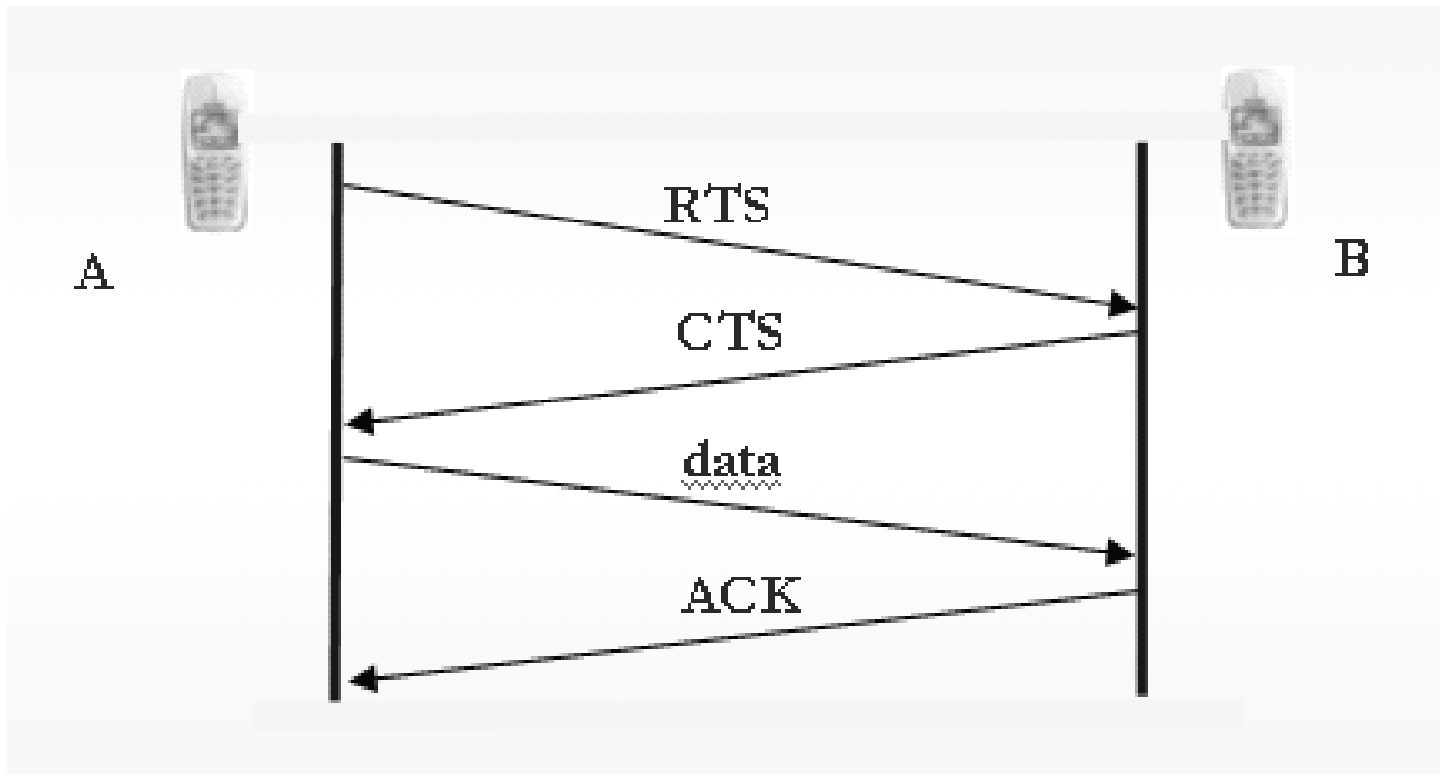
- 隨機存取(random access)的方法，會有碰撞產生的可能性，無線網路也運用類似的技術，例如WLAN就是使用CSMA/CD
- 決定性存取(deterministic access)方式是無線通訊網路中最常使用的

有趣的隱藏節點問題技術(一)

- A、B、C三個節點，A與B或B與C都能互相通訊，但是A與C距離太遠，無法通訊，因此A對於C或是C對於A而言，都是對方的隱藏節點(hidden node)
- 隱藏節點的問題是：A在範圍內沒有感測到有其他的傳輸，所以送封包給B，此時C在範圍內也沒有感測到有其他傳輸，所以也送封包給B，這兩個封包在B發生了碰撞(collision)



有趣的隱藏節點問題(二)



有趣的隱藏節點問題(三)

- 假設A想送資料封包給B，則A先送RTS(request to send)封包給B，其內記載何時會出多少資料給B，B送回CTS(clear to send)封包給A，這時C會感測到CTS封包，等於間接感受到A的存在
- CSMA/CA程序如下：
 - 檢查載波是否存在，就是有無節點正在使用介質
 - 假如載波不存在(no carrier)，檢查CTS表格看是否有涵蓋範圍外的節點要傳送資料
 - 假如載波不存在且CTS表格也顯示介質可以使用，則開始傳送資訊

無線存取技術簡介(一)

- 用手機撥號之後，不久就可以連線通話，其間發生很多事件是跟存取技術有關
- 所謂存取技術(access technology)是指使用者連上通訊管道或網路的方式
- 以無線通訊來說，FDMA、TDMA與CDMA是最常見的存取技術
- 各種不同的存取技術配合雙工(duplex)特性就產生FDMA/FDD、TDMA/FDD、TDMA/TDD等技術

無線存取技術簡介(二)

- **FDMA(Frequency Division Multiple Access)**
 - 使用不同的頻率來區別不同的傳輸通道
 - 傳輸通道分成上傳(uplink)與下傳(downlink)兩大類
 - 使用FDMA來存取的網路，不管是上傳或下傳，都先取得一個目前沒有被使用的頻率，指定給該段通訊(session)使用
 - FDMA的缺點是指定的頻率相近時容易彼此產生干擾(interference)，
 - 指定頻率與頻率再用的程序也比較沒有效率

無線存取技術簡介(三)

- TDMA(Time Division Multiple Access)
 - 把同一頻率用時間間格分隔給多個用戶使用
- CDMA(Code Division Multiple Access)
 - 使用展頻(spread spectrum) 技術，將訊號分成片段(segment)，然後分到整個頻寬裡
 - 使用封包交換的資料傳輸技術，對無線傳輸指定唯一的辨識碼，可以用來決定傳輸發生的時間與地點
- WCDMA(Wideband CDMA)
 - WCDMA是CDMA的延伸
 - 支援封包交換與電路交換的資料傳輸，由於使用較大的頻寬，因此傳輸速率較高

無線多重存取技術的簡單分類

- 無線多重存取技術多屬於所謂的決定性的存取 (deterministic access) 技術，當節點需要頻道容量 (channel capacity) 時必須向控制點 (control point) 提出請求
- FDMA、TDMA 與 CDMA 都是決定性的存取技術，請求的程序雖是系統的負擔，但能保證請求者能得到所需要的頻寬
- 從頻段 (band) 對無線多重存取技術做簡單分類
 - 窄頻段系統 (narrowband): 可用的無線電頻譜會分成很多窄頻段的頻道
 - 寬頻段系統 (wideband): 多個傳送器可以在同一個頻道上傳訊，

媒體存取控制協定

- 通訊頻道是可以共享的，但需要適當的管理機制，網路協定中的媒體存取控制協定(MAC protocols, Medium Access Control protocol) ，負責訂定通訊頻道的共享規則
- 無線電媒體具有廣播的特性，當無線電涵蓋範圍中有多個訊號源在相同頻率下同時送出訊號，會發生碰撞
- CDMA、FDMA、TDMA與輪詢屬於預約類型不發生衝突的媒體存取控制方式
- ALOHA與CSMA則屬於雜亂隨機的存取控制方式

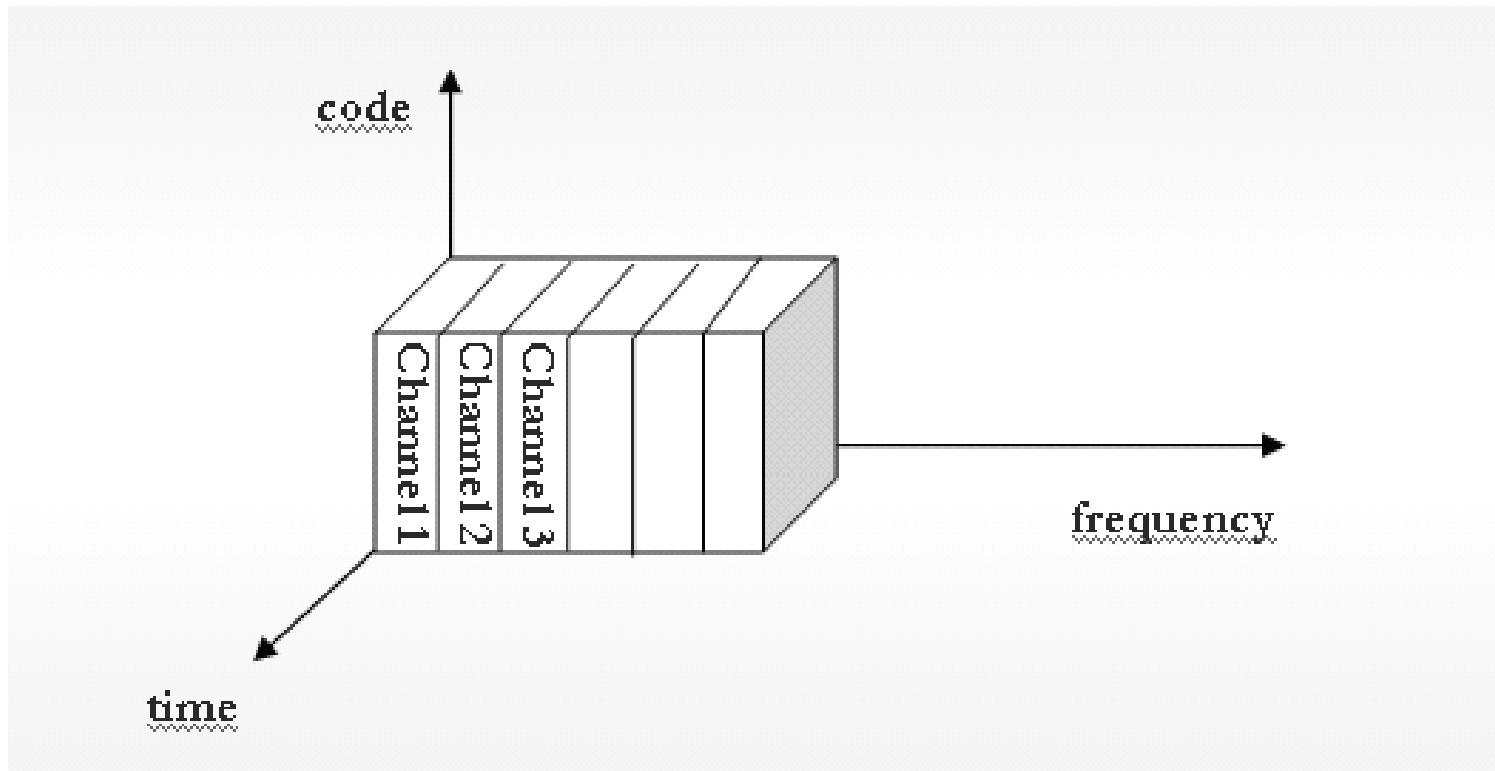
各種多重存取技術

- 有線網路使用的存取協定不一定適用於無線網路
- Token bus與Token ring網路使用順序式(ordered)MAC技術
- ALOHA與CSMA則屬於雜亂隨機的存取控制方式

頻率分割多重存取

- 頻率分割多工(frequency division multiplexing) 將行動台與基地台間的空氣介面(air interface) 頻寬分割成數個類比頻道(analog channel) ,
- 例如一個15MHz的頻譜可以分成多個200KHz的頻道
- 假如雙向的傳訊各用一個FDMA頻道，則稱為FDD(frequency division duplex)或FDD(full-full duplex)
- 頻率分割多重存取(FDMA, Frequency Division Multiple Access) 把頻寬分割成多個不同頻率的頻道(frequency channel) , 不同使用者利用不同的頻道來傳訊

FDMA的基本原理



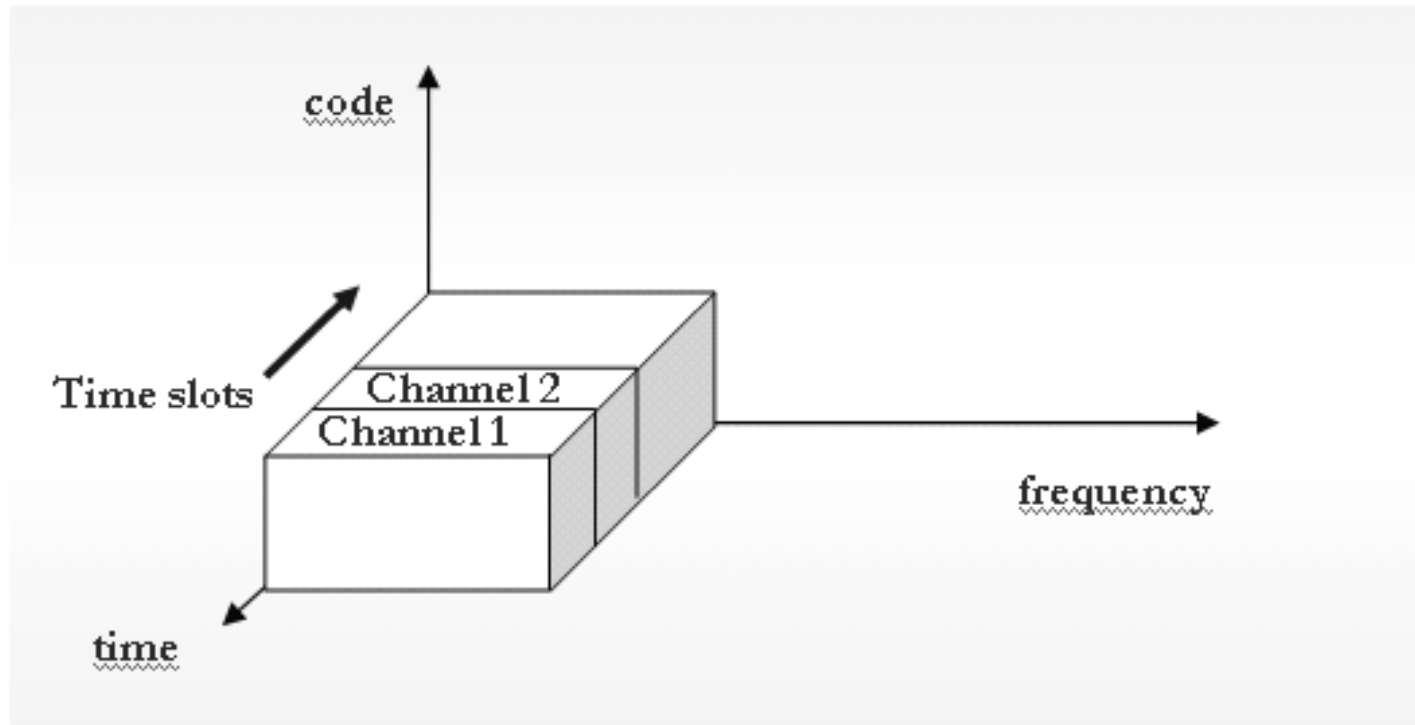
頻率分割多重存取

- 靜態的FDMA對於資料的傳送不是很好的選擇
- FDMA的基本特徵：
 - 一個FDMA頻道一次只能承載一通電話的電路，假如頻道目前沒有使用中，無法讓其他使用者共享
 - 一旦FDMA的語音頻道指定，基地台與行動台可以在頻道上同時且連續地傳訊
 - FDMA常見於窄頻系統，因為FDMA頻道的頻寬通常很窄，例如AMPS使用30KHz
 - FDMA系統的複雜度比TDMA低，由於FDMA提供連續的通訊，所以所需的額外控制資訊也較少
 - FDMA行動台需要使用雙供氣(duplexer)，因為接收與傳送會同時作業，因此設備成本會增加

時間分割多重存取

- TDMA(Time Division Multiple Access)將頻道以時間切割，分成多個時槽(time slots)
- 每個時槽內只有一個用戶可以傳送或接收資料
- 例如一個封包含有N個時槽，則每個時槽就像使用個別的頻道，對使用者而言，傳訊的過程是不連續的
- 因此FDMA可以使用類比的FM(frequency modulation)，但TDMA僅能用於數位資料與數位調變的情況

TDMA的基本原理



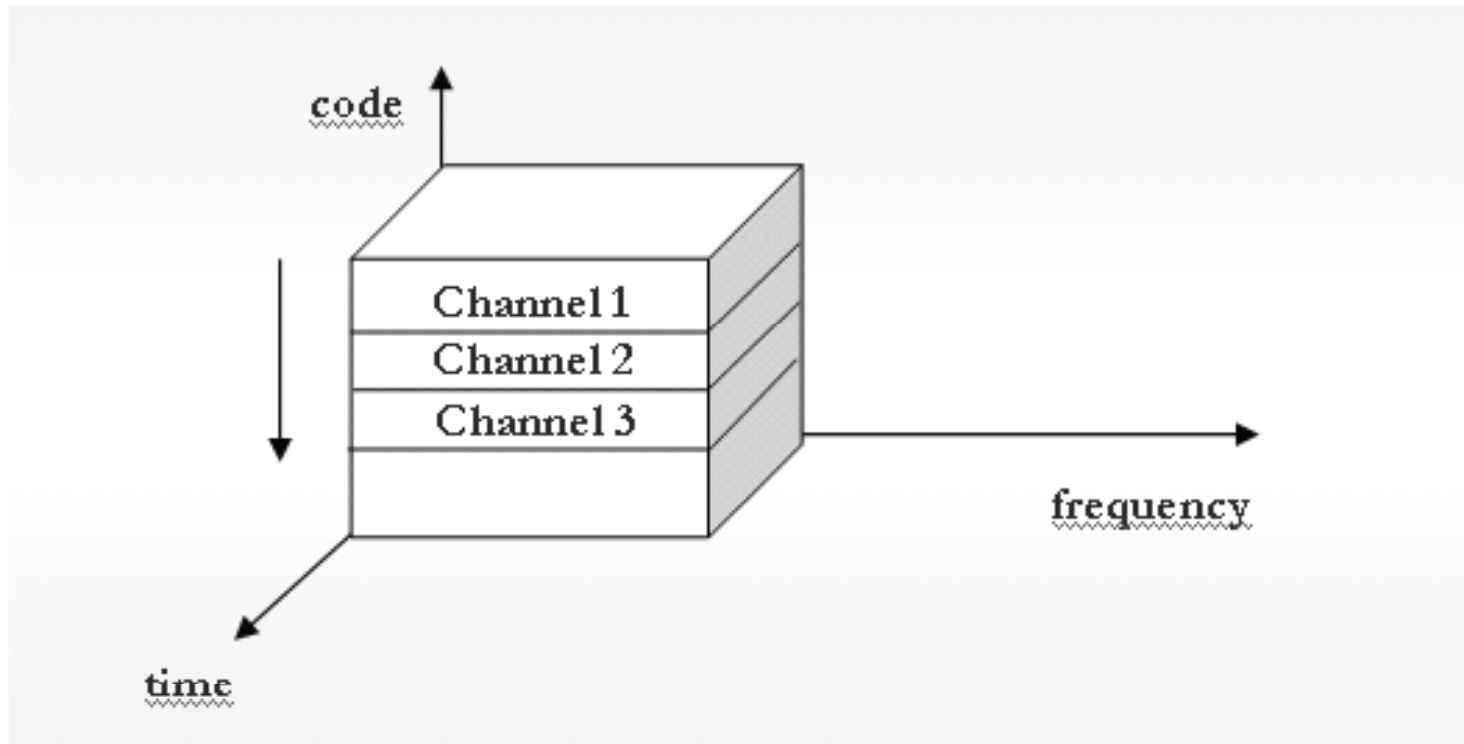
時間分割多重存取

- TDMA封包結構顯示，一個封包含有數個時槽
- 以TDMA/TDD而言，有一半的時槽用於前向頻道，另一半時槽用於反向頻道
- 在TDMA/FDD中，相同或類似的封包結構個別使用於前向頻道與反向頻道，但兩個頻道的載波頻率是不同的
- TDMA frame中的preamble欄位含有基地台與行動台的位址與同步資訊，讓彼此間能相互辨識

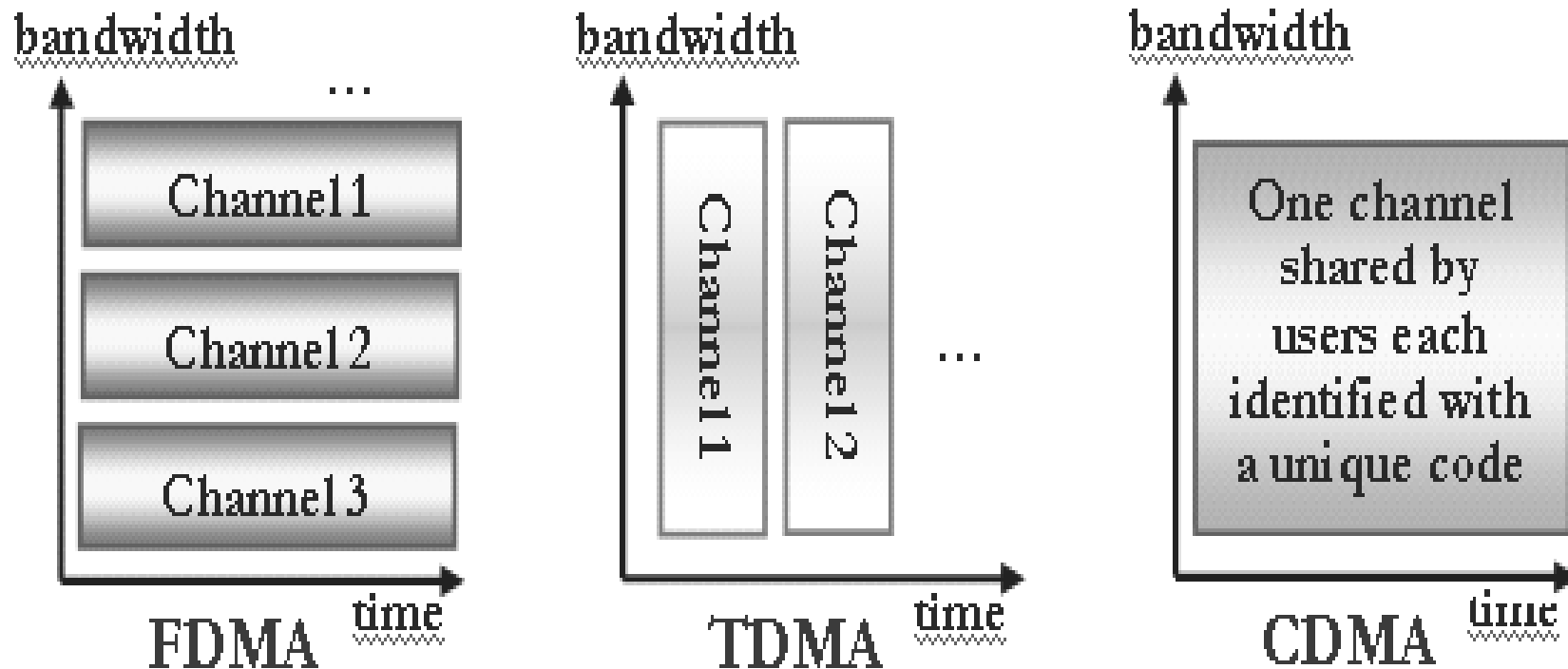
時間分割多重存取

- 對使用者而言，資料的傳輸不是連續，而是分段發生(burst)，也讓行動台的電能消耗降低，因為用戶傳送器沒有作用時可以暫時關閉
- TDMA的傳輸是片段的，所以接收端在每次傳送中必須同步，且不同使用者之間要用保護時槽(guard slots)分隔
- TDMA可以把不同數目的時槽分給不同的使用者，達成所謂的頻寬隨取(bandwidth on demand)的功能

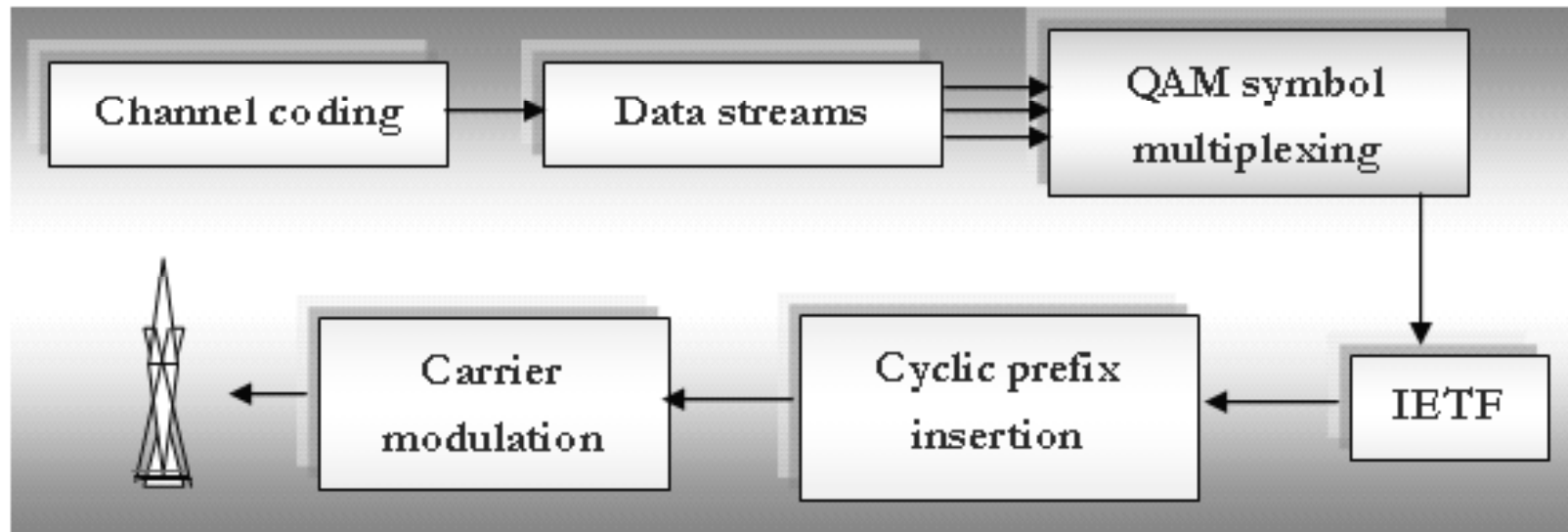
CDMA的基本原理



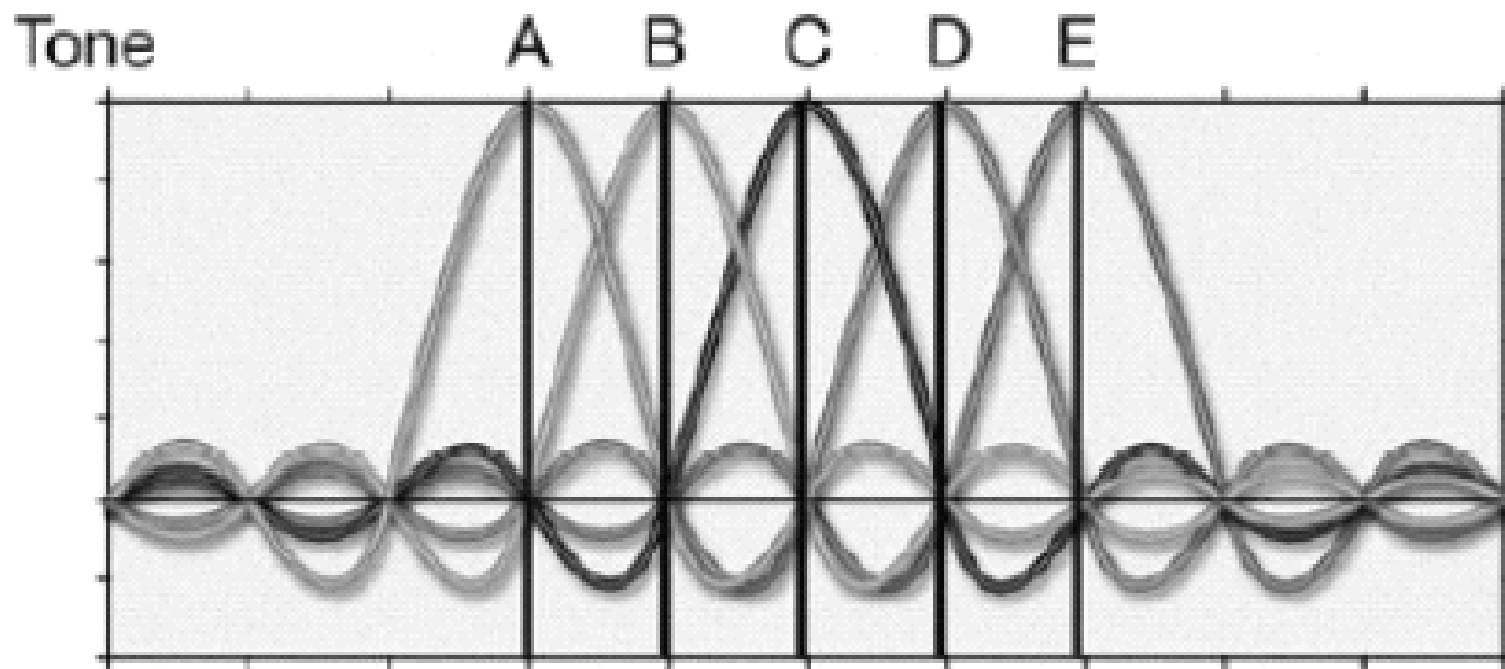
無線頻道的共用存取技術



OFDM傳送端的處理(transmitter chain)



OFDM 中的tone



其他的多重存取技術

- Hybrid FDMA/CDMA (FCDMA)
- Hybrid direct sequence/frequency hopped multiple access (DS/FHMA)
- Time division CDMA (TCDMA)
- Time division frequency hopping (TDFH)

Q & A

- **1 G與2 G行動無線系統的差別在那裡？**
- **骨幹化(trunking)與多重存取(multiple access)的涵義有何差異？**