

## 第9章 蜂巢式無線通訊網路

1

## 大綱

- 蜂巢式無線通訊原理與技術
- 第一代類比行動通訊系統
- 第二代TDMA行動通訊系統
- 第二代CDMA行動通訊系統
- 第三代(3G)、B3G及4G行動通訊系統

2

## 大綱

- 蜂巢式無線通訊原理與技術
- 第一代類比行動通訊系統
- 第二代TDMA行動通訊系統
- 第二代CDMA行動通訊系統
- 第三代(3G)、B3G及4G行動通訊系統

3

## 蜂巢式通訊系統

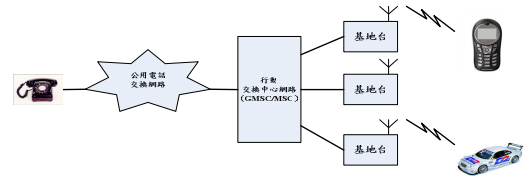


圖9.1 簡略的蜂巢式通訊系統

4

## 蜂巢式通訊網路

- 使用多個功率低於100W的低功率發射機
- 通訊區域切割
  - 擁有獨立天線的小細胞
  - 每個細胞分配一個頻帶，並且由包含發射機、接收機和控制單元
  - 相鄰細胞會指配不同的頻率
  - 細胞的天線和此移動者的距離都是相同的(六角形的細胞形狀)

5

## 蜂巢式通訊網路(續)

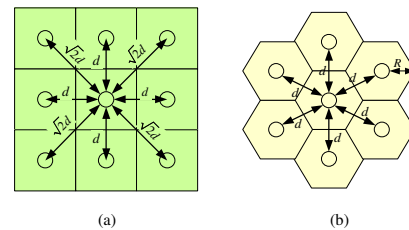
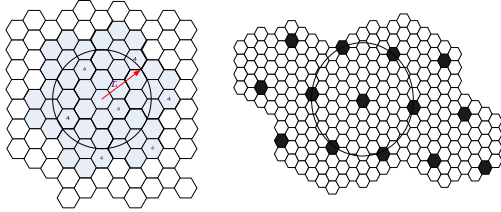


圖 9.2 蜂巢式細胞之幾何圖形

6

## 頻率重複使用

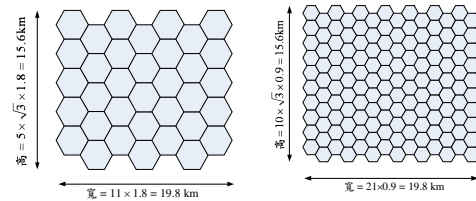


(a)  $N=7$  的頻率重複使用樣式 (b) 黑色細胞表示  $N=19$  時頻率重複使用情況

圖 9.3 頻率重複使用樣式

7

## 頻率重複使用範例



(a) 細胞半徑 1.8 km，涵蓋區域包含 32 個細胞 (b) 細胞半徑 0.9 km，涵蓋區域包含 128 個細胞

圖 9.4 頻率重複使用範例圖示

8

## 增加系統容量

- 增加新的頻道數目
- 頻率借用 - 頻率可以動態地指定到不同的細胞中
- 細胞分割 - 細胞在高使用率的地區可以再分割成一些小的細胞
- 細胞分向 - 細胞分向是將細胞區分成一些廣角的扇形區域，每個扇形區域擁有一組特定的頻道。
- 微細胞 - 減少細胞的大小時，伴隨著基地台和行動單元也必須減少發射功率。

9

## 行動無線電傳輸的影響

- 信號強度
  - 基地台和行動單元間的信號強度必須夠強以便接收機可接收到信號。
  - 同時也必須不要太強而產生太多的通道干擾。
- 衰退
  - 即使訊號強度在細胞之有效的範圍內，訊號於傳輸過程之干擾或雜訊效應影響下，可能破壞訊號並且造成錯誤。

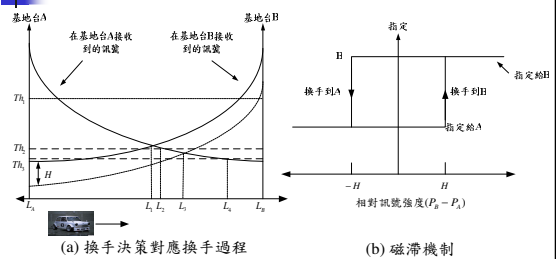
10

## 換手

- 換手 (handoff) 的動作是行動單元從一個細胞移到另外一個細胞時，將行動單元從原先被指定的基地台轉換到另外一個基地台的程序。
- 換手決策之效能計量：
  - 細胞阻斷機率 - 在基地台交通量高負載的狀況下，新的通話被阻礙的機率。
  - 通話遺失機率 - 通話因為換手而被終止的機率。
  - 通話完成機率 - 完成通話(不被中斷)的機率。
  - 換手失敗的機率 - 當接受到條件不合適時，換手動作被執行的機率。
  - 阻礙換手機率 - 換手無法成功的機率。
  - 換手機率 - 通話結束前，換手的機率。
  - 換手速率 - 每單位時間換手的次數。
  - 中斷期間 - 行動單元在換手時和基地台中斷連結的時間。
  - 換手延遲 - 行動單元進入到可以換手的條件的位置點與仍未執行換手的位置點間的距離。

11

## 換手(續)



(a) 換手決策對應換手過程

(b) 磁滯機制

圖 10.7 兩個細胞間之換手

12

## 決定換手的主要參數

- 相對信號強度
- 使用臨界值之相對信號強度
- 磁滯的相對信號強度
- 使用磁滯和臨界值的相對信號強度
- 預測技術

13

## 功率控制

- 蜂巢式系統要有動態功率控制的能力
  - 為能有效通訊，接收功率必須比背景雜訊足夠強，這亦指出需要足夠的發射功率
  - 降低行動單元的發射功率
    - ▷ 降低同頻道干擾，減輕對人體健康的顧慮，達到省電之功能。
  - 在使用CDMA的展頻系統中，基地台通常要等化來自所有行動單元的信號功率。

14

## 功率控制種類

- 開路功率控制
  - 單獨取決於行動單元
  - 基地台未回授任何訊息
  - 使用開路之方法的精確程度比使用閉路之方法要較差，但使用開路的結構可以在信號強度之快速變化情形下快速地反應
- 閉路功率控制
  - 調整信號強度是在反向頻道上
  - 基地台決定功率調整的決策，將功率調整指令以控制頻道傳送出去

15

## 大綱

- 蜂巢式無線通訊原理與技術
- 第一代類比行動通訊系統
- 第二代TDMA行動通訊系統
- 第二代CDMA行動通訊系統
- 第三代(3G)、B3G及4G行動通訊系統

16

## 第一代類比系統

- 先進行動電話服務(Advanced Mobile Phone Service, AMPS)
  - 在北美地區，2個25-MHz的頻帶分配給AMPS系統
    - ▷ 其中一個頻帶給基地台到行動單元的傳輸使用
    - ▷ 另一個頻帶給行動單元到基地台的傳輸使用
  - 這兩個頻帶再切割給兩個經營者以避免獨佔
  - 通話頻道使用頻率調變的方式以類比型態傳送雙方的通話，控制訊息也是使用叢集的方式在通話頻道上傳送。

17

## AMPS系統參數

基地台傳輸頻帶	869到894 MHz
行動單元傳輸頻帶	824到849 MHz
順向通道和反向頻道的頻寬距離	45 MHz
頻道頻寬	30 kHz
全雙工語音頻道數目	790
全雙工控制頻道數目	42
行動單元最大功率	3瓦
細胞大小，半徑	2到20公里
調變，語音頻道	FM，頻率最大偏移12-kHz
調變，控制頻道	FSK，巔峰率大偏移8-kHz
資料速率	10 kbps
錯誤控制碼	BCH(48, 36, 5)與(40, 28, 5)

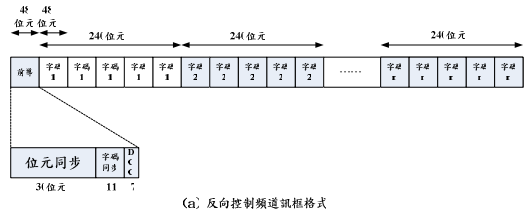
18

## AMPS運作

- 藉由輸入想要通話的電話號碼後再按下傳送鍵之方式啟動打電話程序。
- MSC確認電話號碼是否正確，以及使用者是否被許可通話；有些服務供應商會要求使用者輸入一個**個人辨識號碼 (personal identification number, PIN)** 以避免別人盜打電話。
- MSC發佈一個訊息給使用者的電話，用以指出使用者可以使用哪個頻道作為發射和接收訊號。
- MSC送出一個振鈴訊號給被呼叫通話者，所有的操作(第2~4步驟)會在開始打電話後10秒內發生。
- 被呼叫者回應後，MSC會在兩者間建立一條連結線路，同時開始計費。
- 當某一方掛斷電話後，MSC會釋放原先的連結線路、釋放無線電頻道以及完成計費訊息。

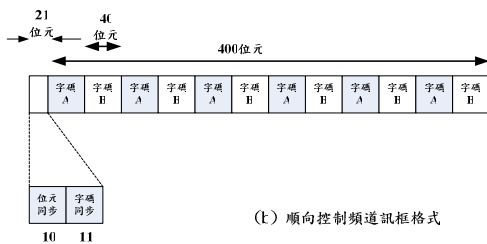
19

## AMPS控制通道訊框格式



20

## AMPS控制通道訊框格式



21

## 大綱

- 蜂巢式無線通訊原理與技術
- 第一代類比行動通訊系統
- 第二代TDMA行動通訊系統**
- 第二代CDMA行動通訊系統
- 第三代(3G)、B3G及4G行動通訊系統

22

## 第一代和第二代蜂巢式系統

- 數位交通頻道-兩代系統中最值得注意的不同點是第一代系統幾乎是純類比的，然而第二代系統是數位的。
- 加密-在第二代系統中，因為所有的使用者交通以及控制交通都已數位化，相對地較容易將所有的交通資料加密以避免被竊聽。
- 錯誤偵測和更正-第二代系統的數位交通流使語音接收時變得非常清晰。
- 頻道存取-在第一代系統中，每個細胞提供一些頻道，任何的間，每個頻道只分配給一個使用者使用。

23

## 第二代蜂巢式電話系統

	GSM	IS-136	IS-95
出現年代	1990	1991	1993
存取方式	TDMA	TDMA	CDMA
基地台傳輸頻帶	935 到 960 MHz	869 到 894 MHz	869 到 894 MHz
行動台傳輸頻帶	890 到 915 MHz	824 到 849 MHz	824 到 849 MHz
順向和反向通道頻寬距離	45 MHz	45 MHz	45 MHz
頻道頻寬	200 kHz	30 kHz	1250 kHz
全雙工頻道數目	125	832	20
行動單元最大功率	20W	3W	0.2W
每個頻道的使用者數目	8	3	35
調變方式	GMSK	$\pi/4$ DQPSK	QPSK
位元速率	270.8 kbps	48.6 kbps	9.6 kbps
語音編碼	RPE-LTP	VSELP	QCELP
語音編碼位元速率	13 kbps	8 kbps	8, 4, 2, 1 kbps
訊框大小	4.6 ms	40 ms	20 ms
錯誤控制碼	燒積碼 1/2 碼率	燒積碼 1/2 碼率	燒積碼 1/2 碼率前向通道； 1/3 碼率反向通道

## 行動式無線TDMA的設計考量

- 邏輯頻道的數目(在TDMA框架中的時槽數目): 8
- 最大細胞半徑(R): 35公里
- 頻率: 900 MHz附近
- 最大汽車速度(Vm): 250 km/hr
- 最大編碼延遲: 大約是20 ms
- 最大延展( $\Delta m$ ): 10  $\mu s$  (在多山的區域內)
- 頻寬: 不超過200 kHz, 相當於每個頻道25 kHz

25

## TDMA時槽設計步驟

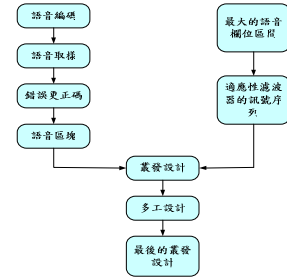


圖9.7 TDMA時槽之設計步驟

26

## TDMA時槽

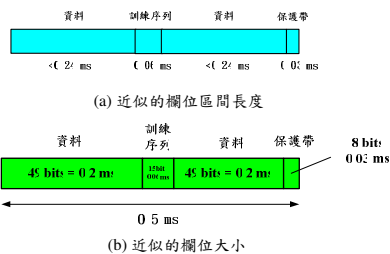


圖9.8 TDMA時槽

27

## GSM網路架構

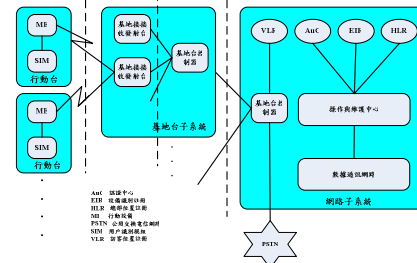


圖9.9 GSM架構概觀

28

## GSM行動台

- 行動台透過Um介面和所在細胞的基地台之收發器進行通訊, 這個介面也稱為空中介面(air interface)
- 行動設備(mobile equipment, ME)視為一個實體終端機, 例如電話或是個人通訊服務(personal communication service, PCS)元件
  - 其中包含有無線電收發器、數位信號處理器、和用戶識別模組(subscriber identity module, SIM)
- 插入SIM卡之前GSM用戶單元並沒有區別
  - SIM的漫遊並不需要攜帶用戶元件

29

## GSM基地台子系統

- BSS是由基地台控制器和一個或多個的基地傳輸接收台所組成
- 每個基地傳輸接收台(base transceiver station, BTS)定義單一細胞
  - 它包含有一個無線電天線、一個無線電收發器、和一個到基地台控制器的連結器
- BSC可儲存無線電頻率、管理行動單元在該BSS中從一個細胞到另一個細胞的換手以及控制呼叫

30

## GSM網路子系統

- NS提供蜂巢式網路和公用交換電信網路間的連結
  - 控制在不同的BSS之細胞間的換手
  - 使用者的認證和帳號的確認
  - 包含行動使用者全球漫遊的一些功能
- NS主要的元件是行動交換中心(mobile switching center, MSC)

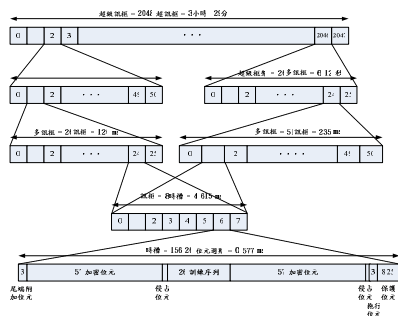
31

## GSM之TDMA格式

- 拖行位元(Trial bits)-允許行動單元在和基地台的各種距離下進行傳輸的同步
- 加密位元(Encrypted bits)-加密資料
- 侵占位元(Stealing bit)-指出這個區塊是含有真正的資料或是這個區塊已經被“侵占”作為緊急控制信號
- 訓練序列-用於調整接收器的參數，作為現在的路徑傳輸特性
  - 多重路徑傳輸時選擇最強的信號
- 保護位元(Guard bits)-用來避免因為多重路徑延遲所產生和其他的叢集重疊之現象

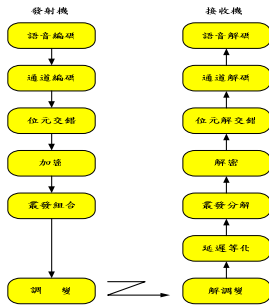
32

## GSM訊框格式



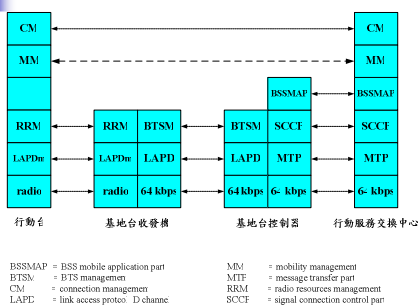
33

## GSM 語音信號處理



34

## GSM傳訊協定架構



35

## GSM 鏈結層的協定功能

- 無線電資源管理：控制無線電頻道的建立、維護和結束，也包括換手的功能。
- 行動管理：管理位置的更新和註冊程序，同時也管理安全和認證。
- 連結管理：處理呼叫的建立、維護和結束(端點使用者的連結)。
- 行動應用部分(mobile application part, MAP)：處理在固定網路部分之主體間的大部分訊號，例如HLR和VLR間的訊號。
- BTS管理：在基地台的收發器執行各種管理和管理的功能，這些功能是由基地台控制器所控制。

36

## 大綱

- 蜂巢式無線通訊原理與技術
- 第一代類比行動通訊系統
- 第二代TDMA行動通訊系統
- **第二代CDMA行動通訊系統**
- 第三代(3G)、B3G及4G行動通訊系統

37

## CDMA蜂巢式網路優點

- 頻率多樣性：傳輸訊號被展開成很大頻寬的訊號，突發雜訊和選擇性衰退等和頻率相關的傳輸缺陷對此訊號的影響被降低。
- 對抗多路徑：除了頻率多樣性的DSSS具對抗多路徑衰退的能力外，CDMA的細片碼具有低交互相關性和低自相關性，因此，延遲超過一個細片時間訊號的版本在多路徑環境中並不會干擾到主要的訊號。
- 私密性：展頻的頻譜是使用類似雜訊的訊號而得到的，每個使用者具有唯一的碼，具私密性。
- 傳輸品質降緩慢：CDMA系統並未限定多少使用者同時存取該系統，同時使用系統之人數增加，系統內雜訊會增加，因此而增加錯誤率；隨著使用人數增加會使系統品質逐漸地下降。

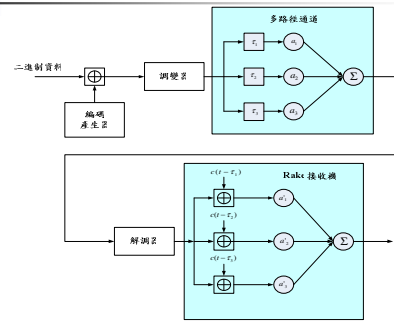
38

## CDMA蜂巢式網路缺點

- 自我干擾(self-jamming)：除非所有的行動使用者都能完美地同步，否則從多個使用者傳輸過來的訊號並不會完美地對準細片的邊界，因此不同使用者的展頻序列並非正交的，於是存有某些程度的交互相關性，造成自我干擾。
- 遠近問題(near-far problem)：靠近接收機的訊號至接收機的衰退量比遠離接收機的訊號之衰退少，在非完全正交的情況下，從較遠端的行動單元傳輸過來的訊號可能較難恢復，因此，功率控制技術在CDMA系統中是非常重要的。
- 軟換手(soft handoff)：軟換手的動作比FDMA和TDMA架構中的硬換手要複雜得多。

39

## RAKE接收機原理



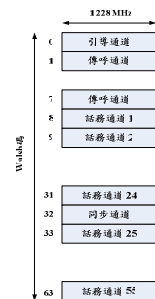
40

## 軟換手

- 軟換手(soft handoff)的方法中，行動台暫時地同時連接超過一個基地台。
- 行動單元可能開始時連結指定的單一個細胞。
- 如果此行動單元進入到兩個基地台之傳輸訊號是相等的區域時(在其彼此的門限值內)，行動單元進入到連結兩個基地台之軟換手的狀態中，行動單元維持這種狀態直到其中的一個基地台很明顯地佔訊號優勢時，此時行動單元會被指定到這個優勢基地台。

41

## IS-95順向鏈結



42



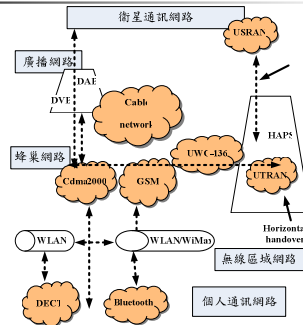


## WCDMA參數

頻道頻寬	5 MHz
順向 RF 頻道結構	直接展開
細片率	3.84 Mcps
訊框長度	10 ms
時槽/訊框數目	15
延展調變	平衡式 QPSK(順向通道) 雙頻道式 QPSK(反向通道) 複雜之延展電路
資料調變	QPSK(前向頻道) BPSK(反向頻道)
同調偵測	導引符號
反向通道多工	控制和導引通道時間多工 資料和控制通道之 I 和 Q 多工
多重速率	各種不同的延展和多重碼
延展因素	4 到 256
功率控制	閉路和快速閉迴路(1.6 kHz)
延展(順向通道)	以不同長度的正交序列來區隔頻道。利用 $2^{18}$ 之黃金碼 序列以作為細胞和使用者之區分
延展(反向通道)	與順向通道一樣，在 I 和 Q 頻道上有不同的時間位移
交換	軟交換

49

## 4G 寬頻整合網路願景



50