

第六章：無線與行動網路

背景：

- ❑ 無線(行動)電話的使用者現在已經超過了有線電話的使用者!
- ❑ 電腦網路: 手提電腦、掌上裝置、**PDA**, 網際網路
電話承諾了任何時間無限制的網際網路存取
- ❑ 兩個重要的 (但不同的) 挑戰
 - 在無線連結上通訊
 - 處理改變網路連結點的行動使用者

第六章 無線與行動網路

6.1 簡介

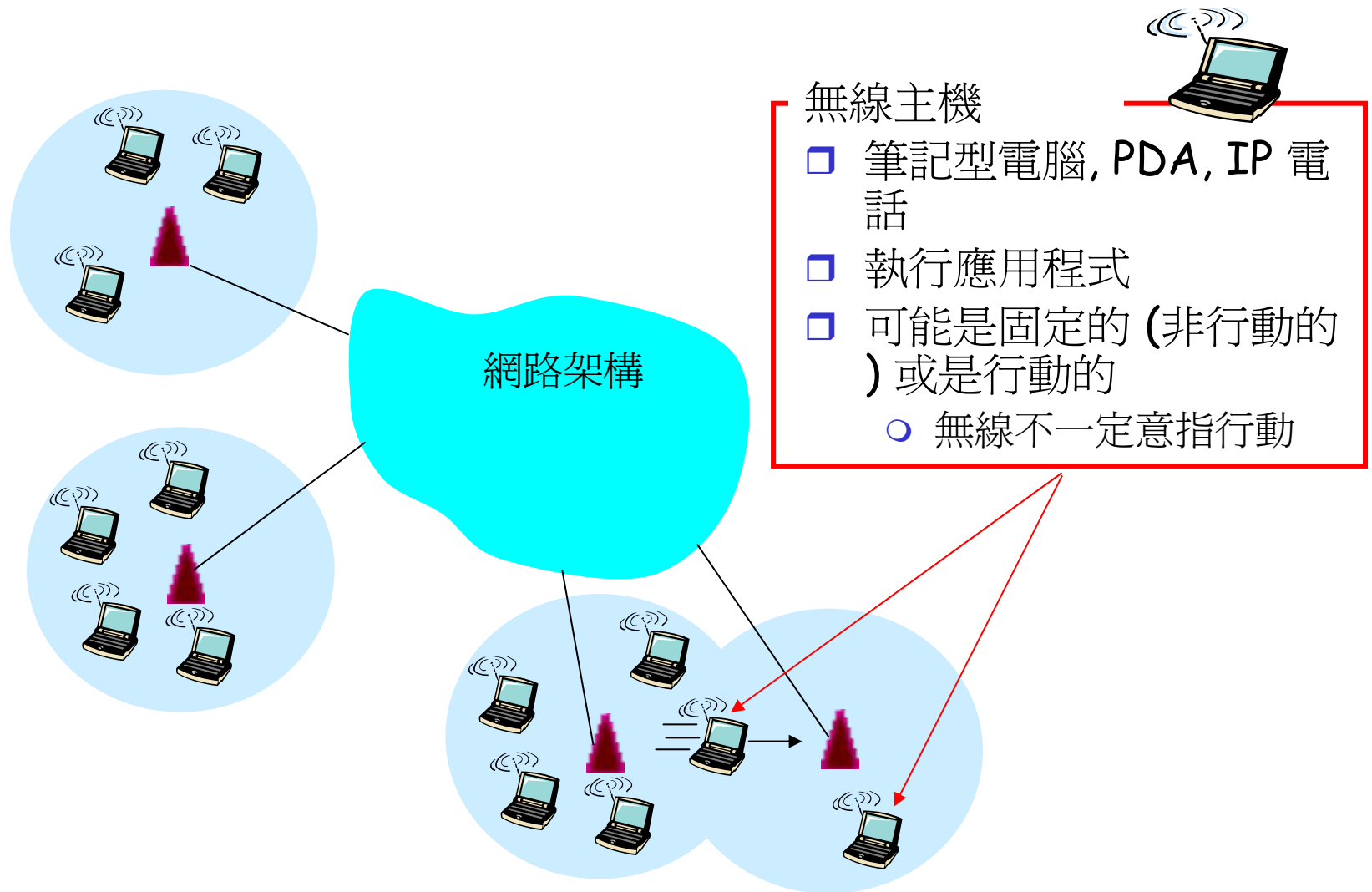
無線

- 6.2 無線連結和網路的特性
 - CDMA
- 6.3 IEEE 802.11 無線區域網路 ("wi-fi")
- 6.4 蜂巢式網際網路存取
 - 架構
 - 標準 (例如 GSM)

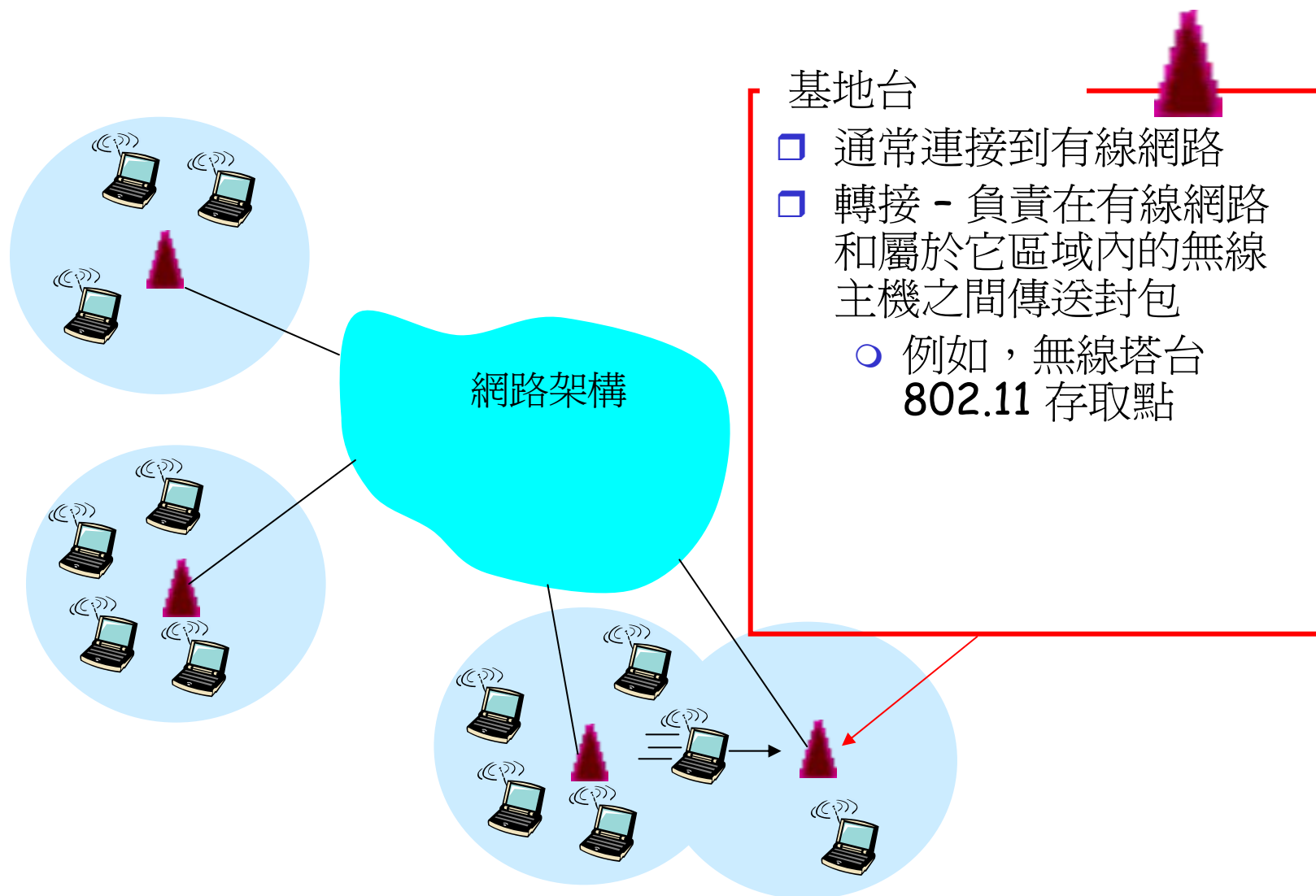
行動

- 6.5 原則: 行動使用者的定址及路由
- 6.6 行動 IP
- 6.7 處理蜂巢式網路中的行動管理
- 6.8 行動性和高層協定
- 6.9 總結

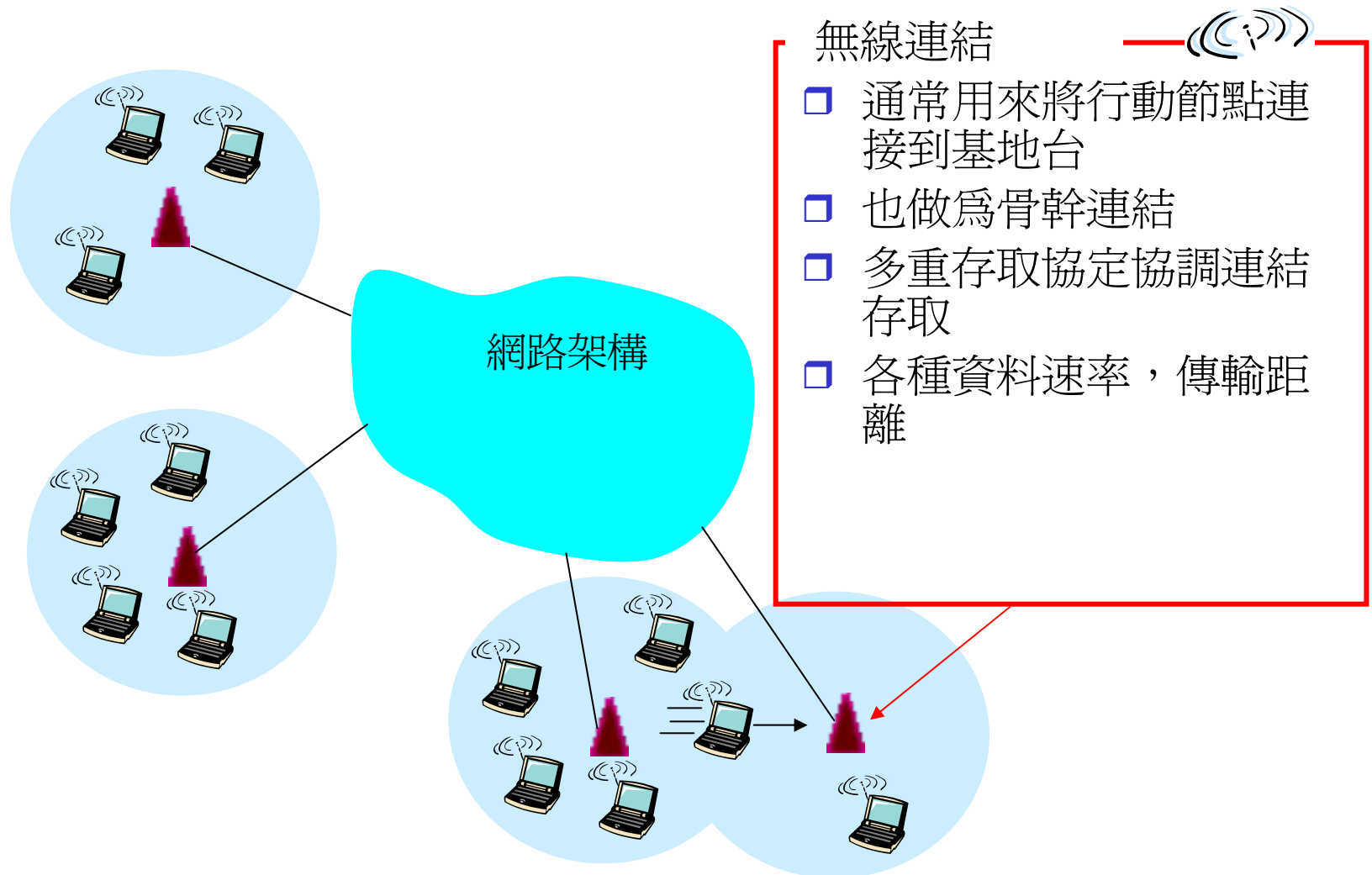
無線網路的元件



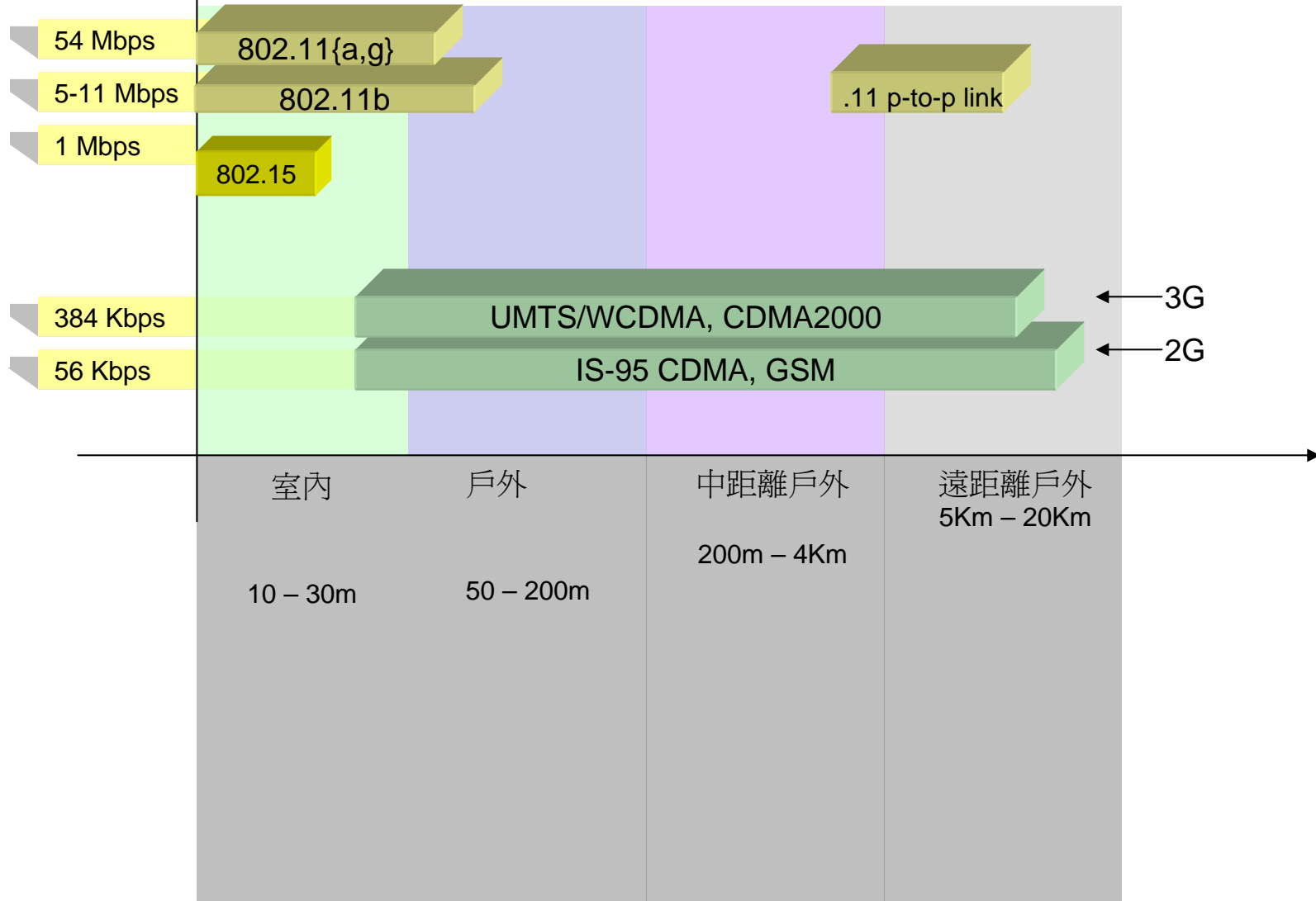
無線網路的元件



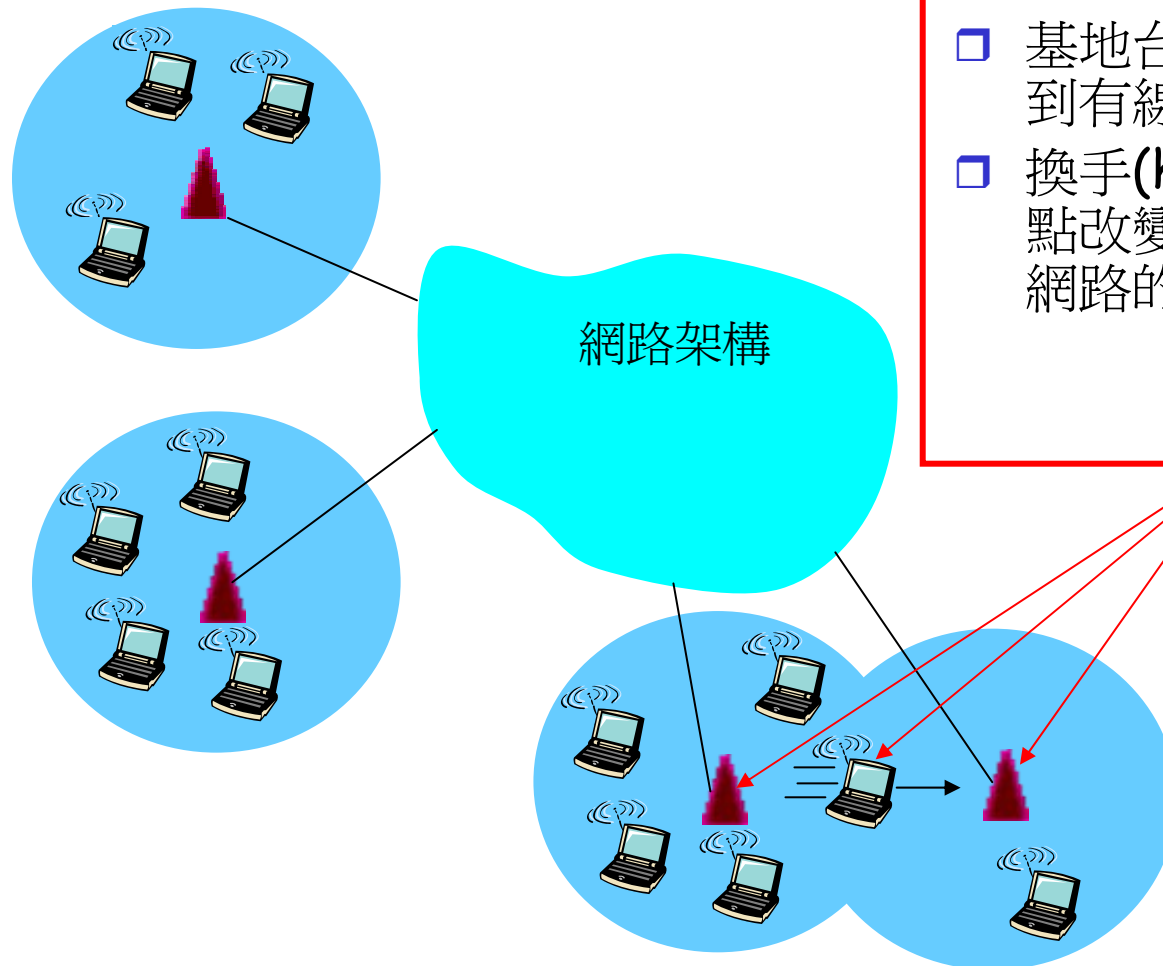
無線網路的元件



部分無線連結標準的特性



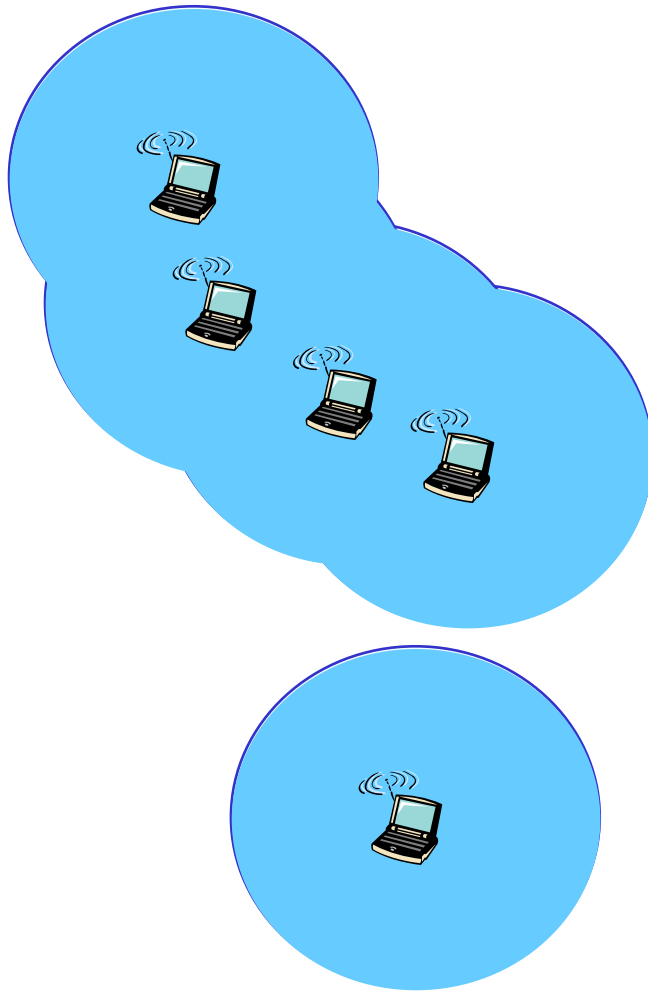
無線網路的元件



基礎架構模式

- ❑ 基地台將行動節點連接到有線網路
- ❑ 換手(handoff): 行動節點改變提供連接到有線網路的基地台

無線網路的元件



臨機操作網路模式

- 沒有基地台
- 節點只能傳輸給連結範圍內的其他節點
- 節點將它們自己組織成爲網路：它們自己的路由

無線連結的特性

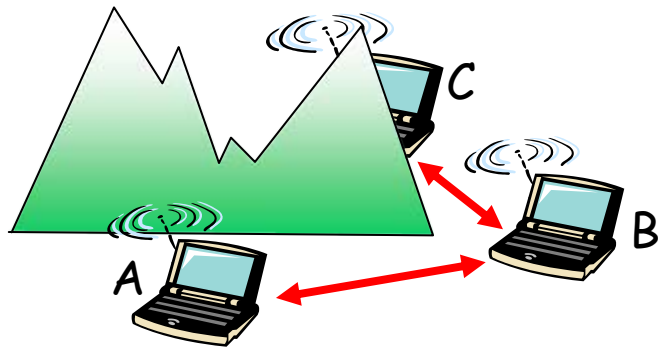
與有線連結不同

- **訊號強度遞減**: 當無線訊號的傳遞穿越東西時會減弱 (路徑遺失)
- **來自其他來源端的干擾**: 標準無線網路頻率 (例如, 2.4 GHz) 與其他裝置共享 (例如, 電話); 裝置 (汽車) 也會造成干擾
- **多重路徑傳播**: 無線訊號自物體和地面上反射, 抵達目的的時間會有些微不同

.... 使穿越無線連結的通訊 (即使是一點對點)更困難

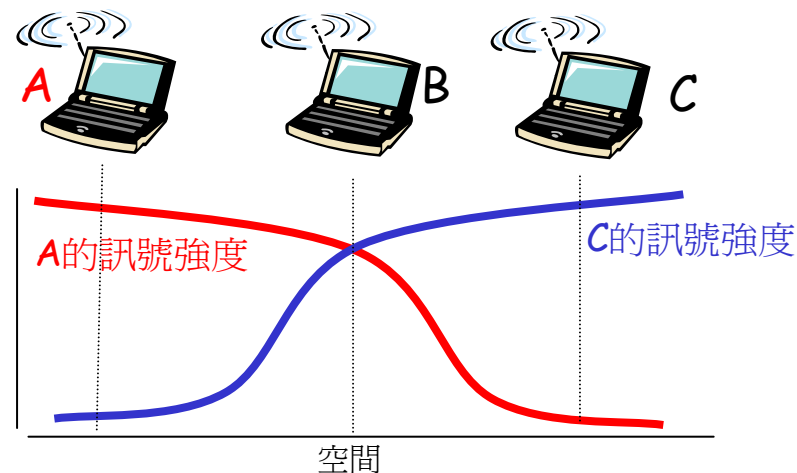
無線連結的特性

多個無線傳送端和接收端會產生其他的問題 (在多重存取之外):



隱藏終端問題

- ☐ B, A 聽到對方
 - ☐ B, C 聽到對方
 - ☐ A, C 沒有辦法聽到對方
- 意指 A, C 不會察覺他們在 B 的干擾



訊號衰減:

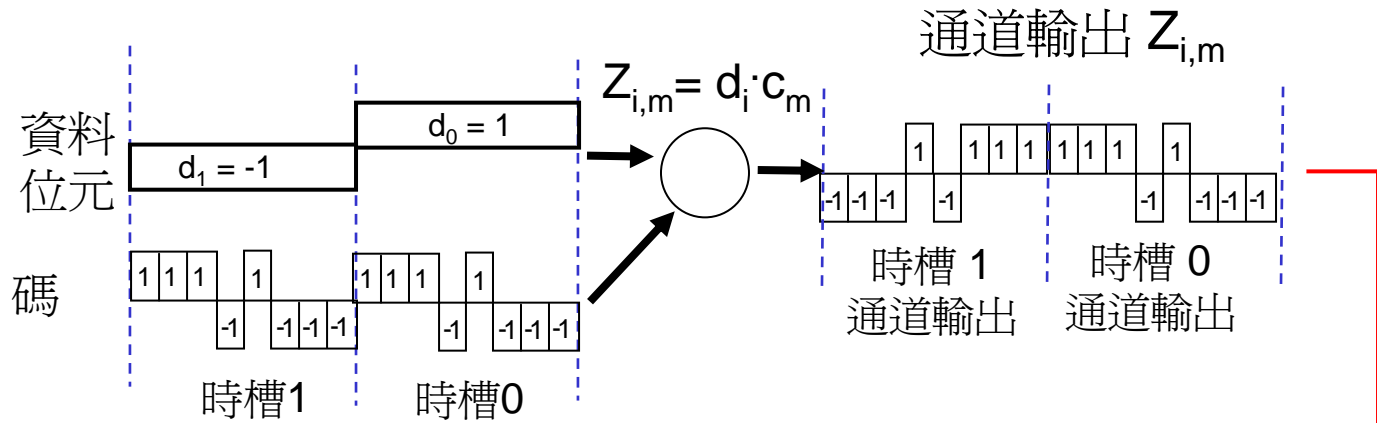
- ☐ B, A 聽到對方
- ☐ B, C 聽到對方
- ☐ A, C 無法聽到對方在B的干擾

分碼多重存取 (CDMA)

- 使用在許多無線廣播通道 (蜂巢, 衛星, 等等) 標準中
- 每個使用者被指派一個單一的 “碼”; 例如, 編碼集合分組
- 所有的使用者分享同樣的頻率, 但每一個使用者擁有「切片」序列 (例如, 碼) 將資料編碼
- **編碼訊號** = (原始資料) \times (切片序列)
- **解碼**: 編碼訊號與切片序列的內積
- 允許多個使用者「同時存在」並以最小的干擾同時傳輸(假如碼是正交的)

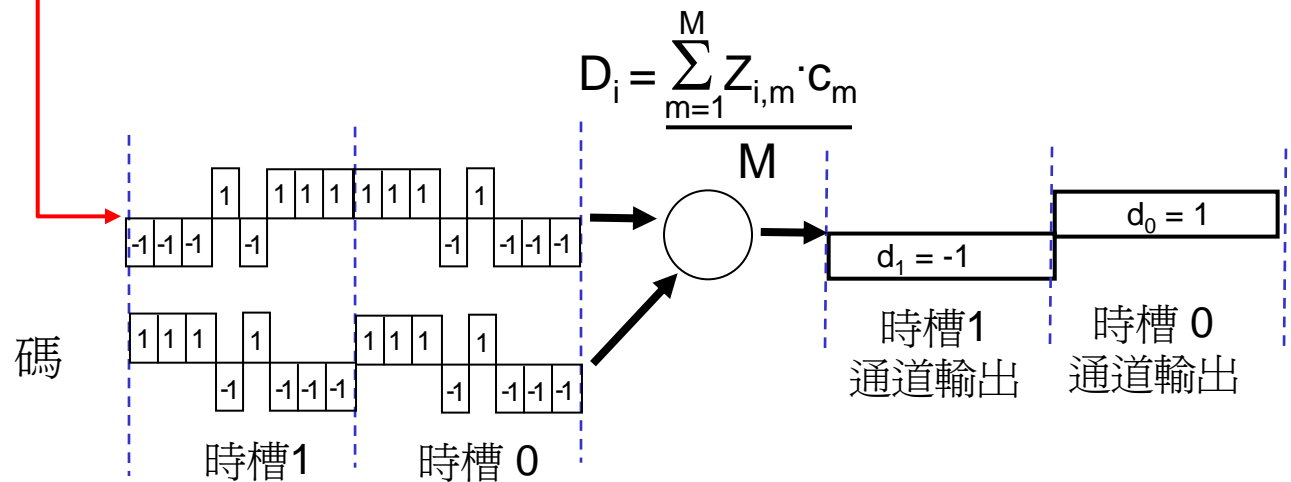
CDMA 編碼/解碼

傳送端

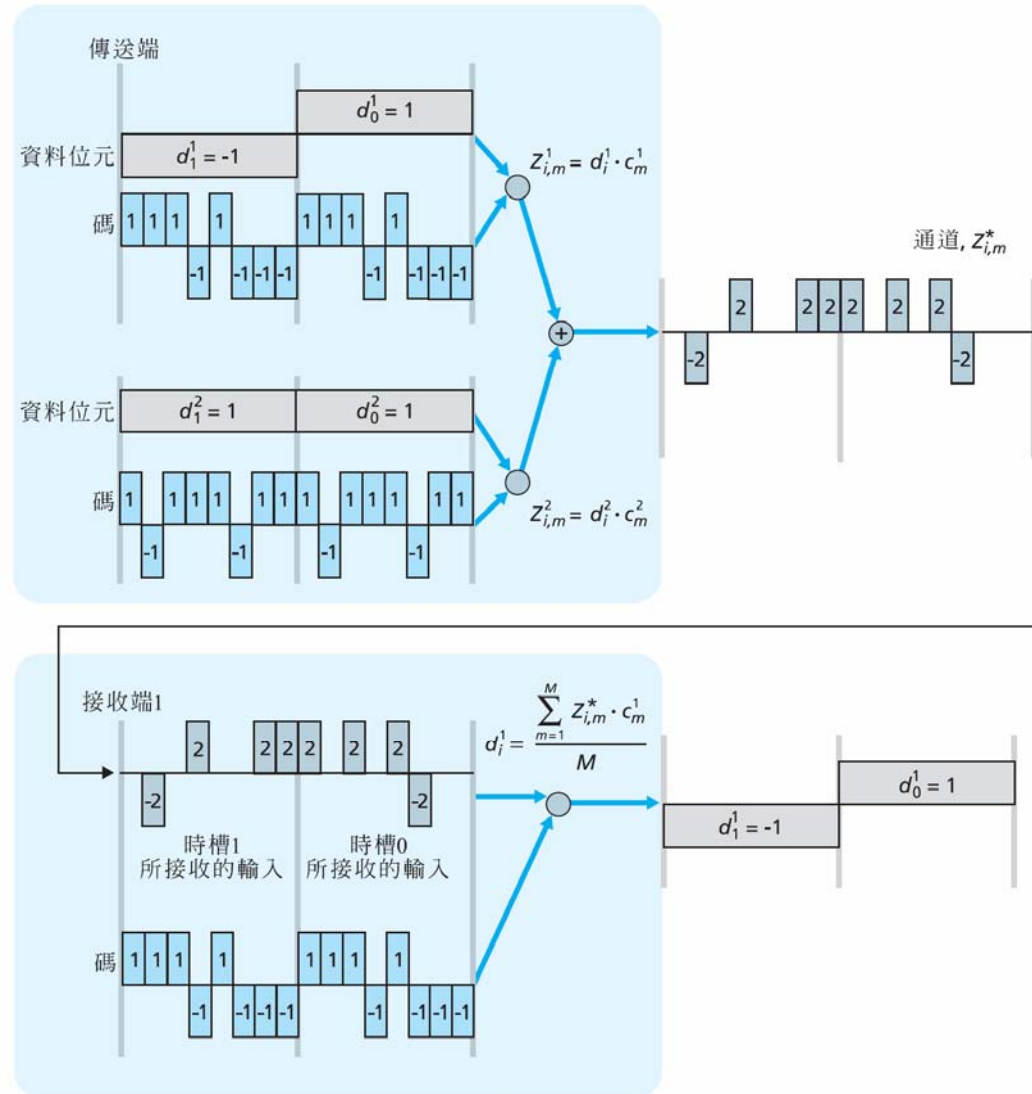


接收輸入

接收端



CDMA: 兩個傳送端的干擾



第六章 無線與行動網路

- 6.1 簡介
- 無線
- 6.2 無線連結和網路的特性
 - CDMA
- 6.3 IEEE 802.11 無線區域網路 ("wi-fi")
- 6.4 蜂巢式網際網路存取
 - 架構
 - 標準 (例如 GSM)
- 行動
- 6.5 原則: 行動使用者的定址及路由
- 6.6 行動 IP
- 6.7 處理蜂巢式網路中的行動管理
- 6.8 行動性和高層協定
- 6.9 總結

IEEE 802.11 無線區域網路

□ 802.11b

- 2.4-5 GHz 無需執照的無線電頻譜
- 至多 11 Mbps
- 實體層的 direct sequence spread spectrum (DSSS)
 - 所有的主機使用相同的切片碼
- 廣泛地部署，使用基地台

□ 802.11a

- 5-6 GHz 範圍
- 至多 54 Mbps

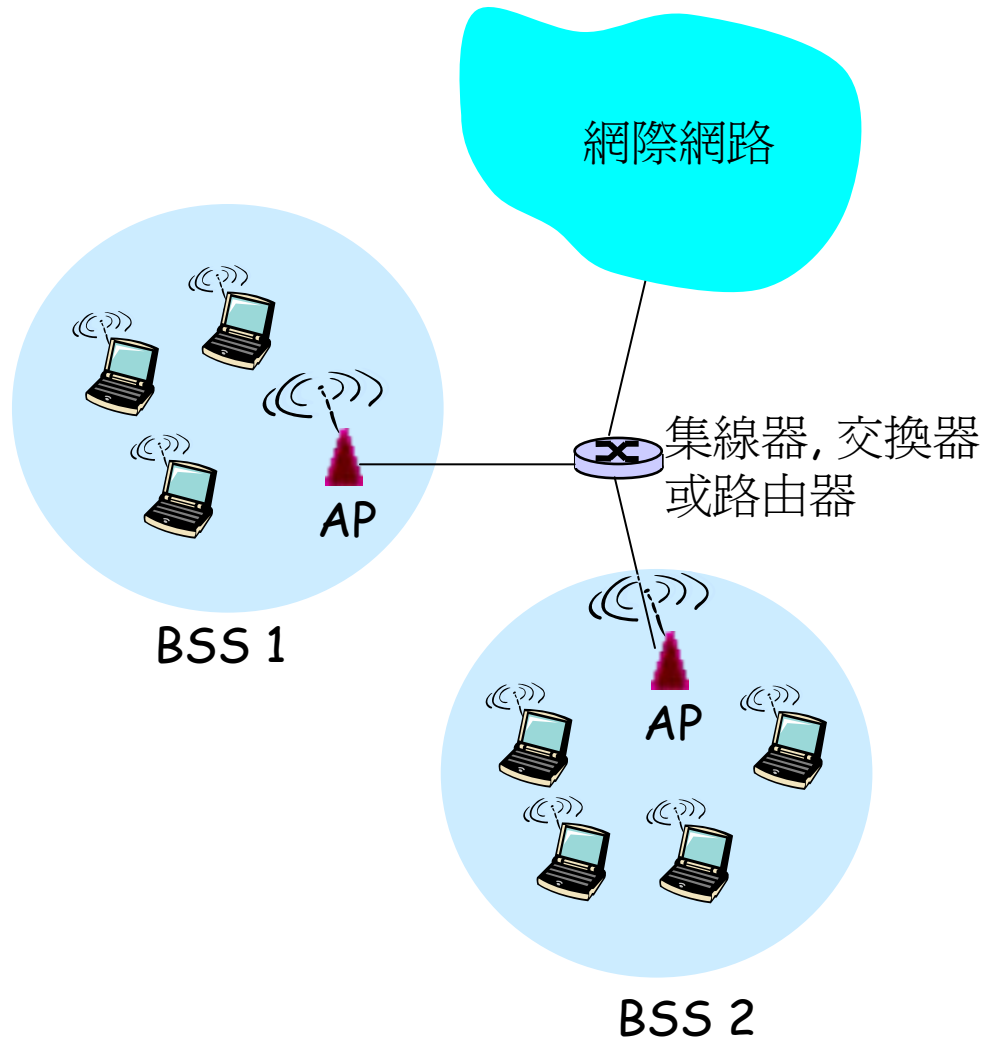
□ 802.11g

- 2.4-5 GHz 範圍
- 至多 54 Mbps

□ 都使用 **CSMA/CA** 做多重存取

□ 都擁有基地台和臨機操作網路版本

802.11 區域網路架構



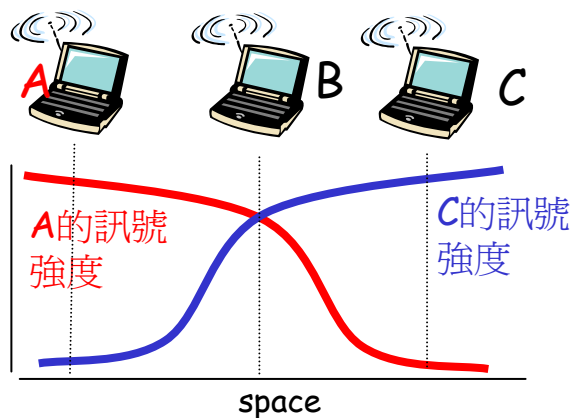
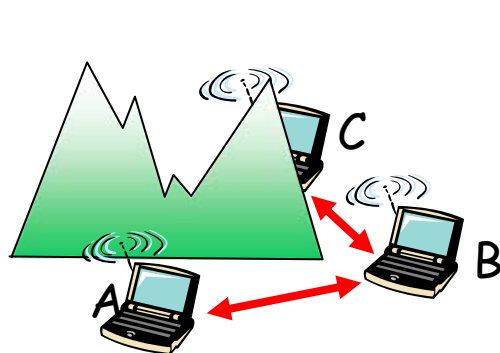
- 無線主機以基地台通訊
 - 基地台 = 存取點 (AP)
- 基礎架構模式中的基本服務集合 (BSS) (也稱做 "cell") 包含了:
 - 無線主機
 - 存取點 (AP): 基地台
 - 臨機操作模型: 只有主機

802.11: 通道與結合

- ❑ 802.11b: 2.4GHz-2.485GHz 的頻譜切分為不同頻率的 11 個通道
 - AP 替 AP 選擇頻率
 - 可能會互相干擾: 相鄰的 AP 可能會選擇相同的通道!
- ❑ 主機: 必須與 AP 結合
 - 掃描通道, 傾聽信標訊框, 其中包含 AP 的名稱 (SSID) 以及 MAC 位址
 - 選擇結合的 AP
 - 可能會執行認證 [第八章]
 - 通常會執行 DHCP 得到 AP 子網路中的 IP 位址

IEEE 802.11: 多重存取

- ❑ 避免碰撞: 2個以上的節點同時傳輸
- ❑ 802.11: CSMA - 傳輸前先感測
 - 傳輸出去的資料不會與其他節點碰撞
- ❑ 802.11: 沒有碰撞偵測!
 - 當傳輸的接收訊號很弱時(衰減), 很難收到 (感測碰撞)
 - 沒有辦法感測到所有狀況下的所有碰撞: 隱藏終端, 衰減
 - 目標: 防止碰撞: CSMA/C(ollision)A(avoidance)



IEEE 802.11 MAC 協定: CSMA/CA

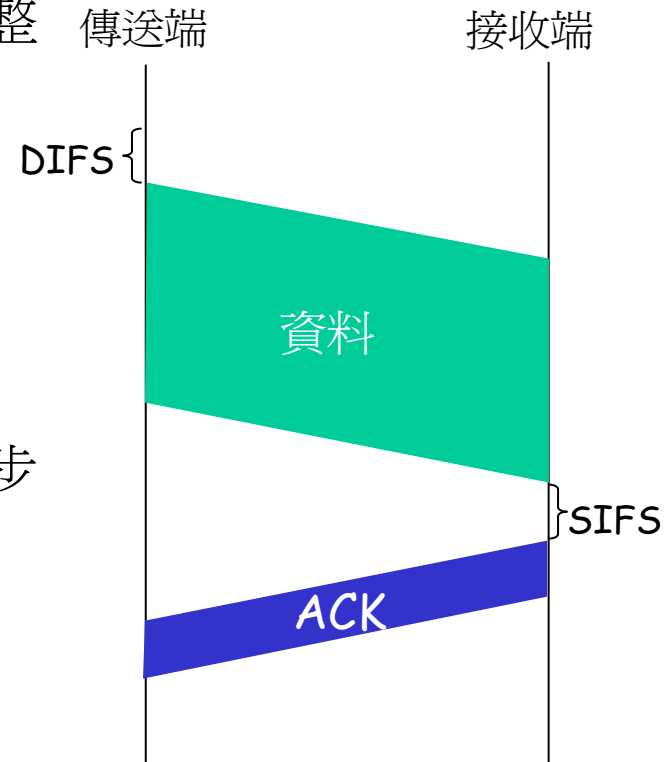
802.11 傳送端

- 1 假如 **DIFS** 中感測到通道是閒置的，則傳輸整個訊框 (沒有 CD)
- 2 假如感測到通道是忙碌的，則
開始一個隨機的退回值
當通道是閒置時，計時器倒數這個值
當計時器逾時，則傳輸
假如沒有 **ACK**，增加隨機退回間隔，重複步驟2

802.11 接收端

- 假如訊框接收 OK

在**SIFS**後回傳 **ACK** (因為隱藏終端問題，我們需要**ACK**)



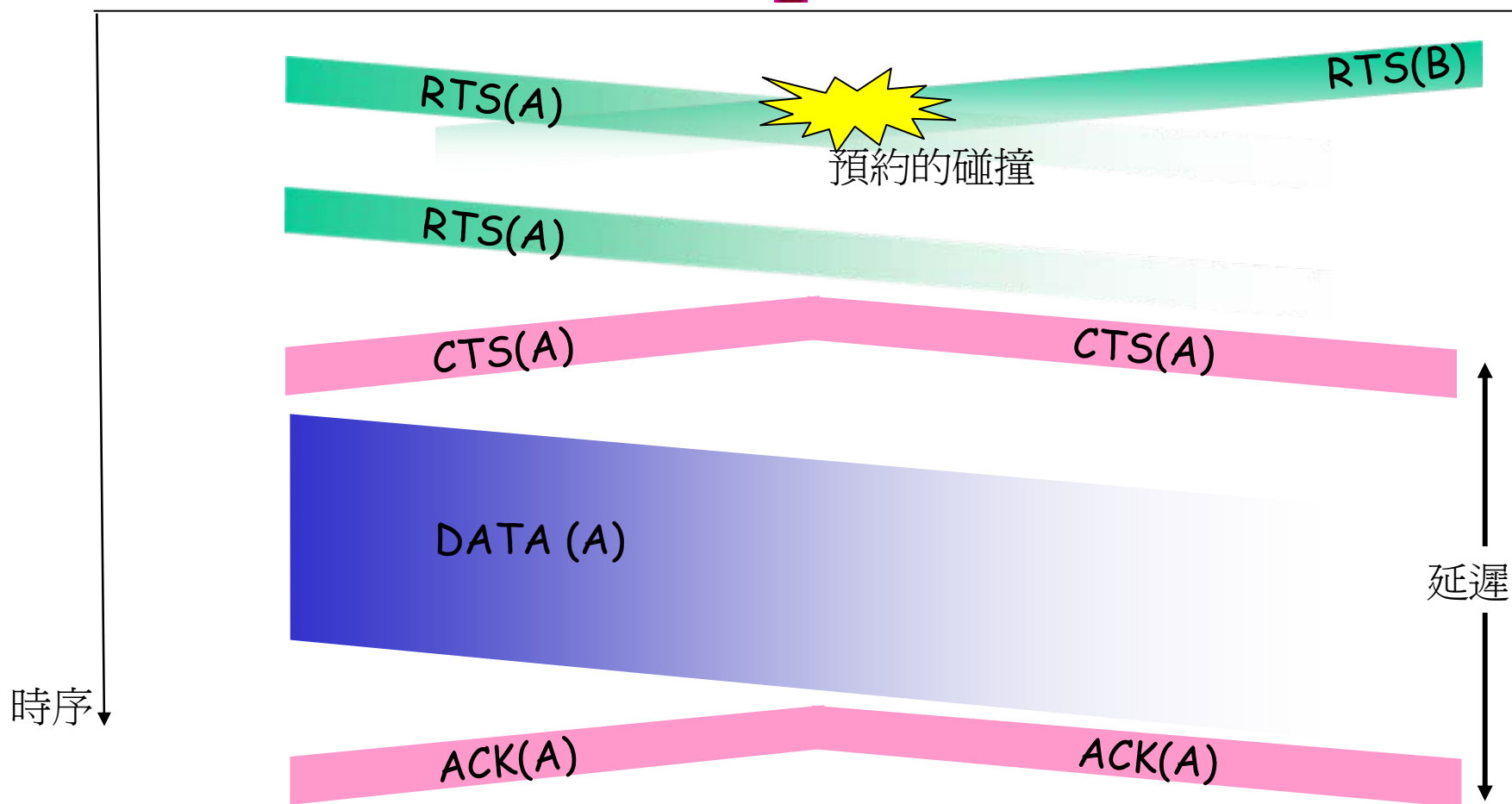
防止碰撞 (更多)

想法: 允許傳送端「預約」通道，以替代資料訊框的隨機存取: 防止長資料訊框的碰撞

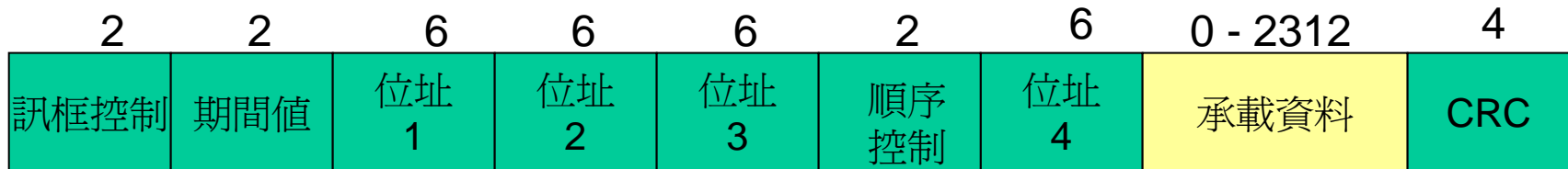
- 傳送端首先使用**CSMA**傳輸小的傳送請求 (**RTS**) 封包給**BS**
 - **RTS** 還是有可能彼此碰撞 (但是他們比較短)
- **BS** 廣播傳送暢通 (**CTS**) 來回應 **RTS**
- 所有的節點都會聽到 **RTS**
 - 傳送端傳送資料訊框
 - 其它站延遲傳送

使用小的預約封包防止資料訊框的碰撞!

防止碰撞: RTS-CTS 交換



802.11 訊框: 定址



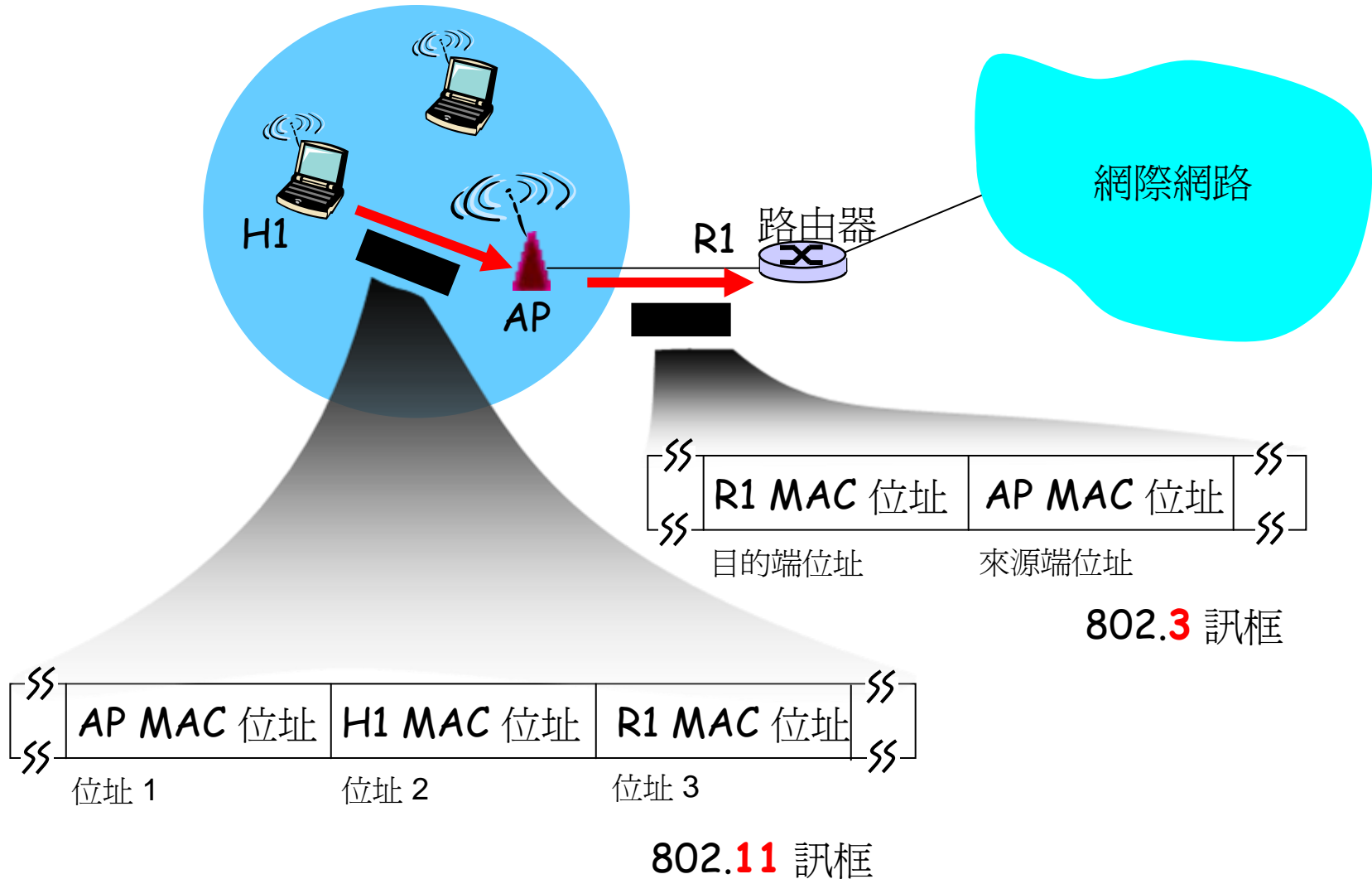
位址1: 無線主機或 AP 的 MAC 位址，用來接收這個訊框

位址2: 無線主機或 AP 的 MAC 位址，傳送這個訊框

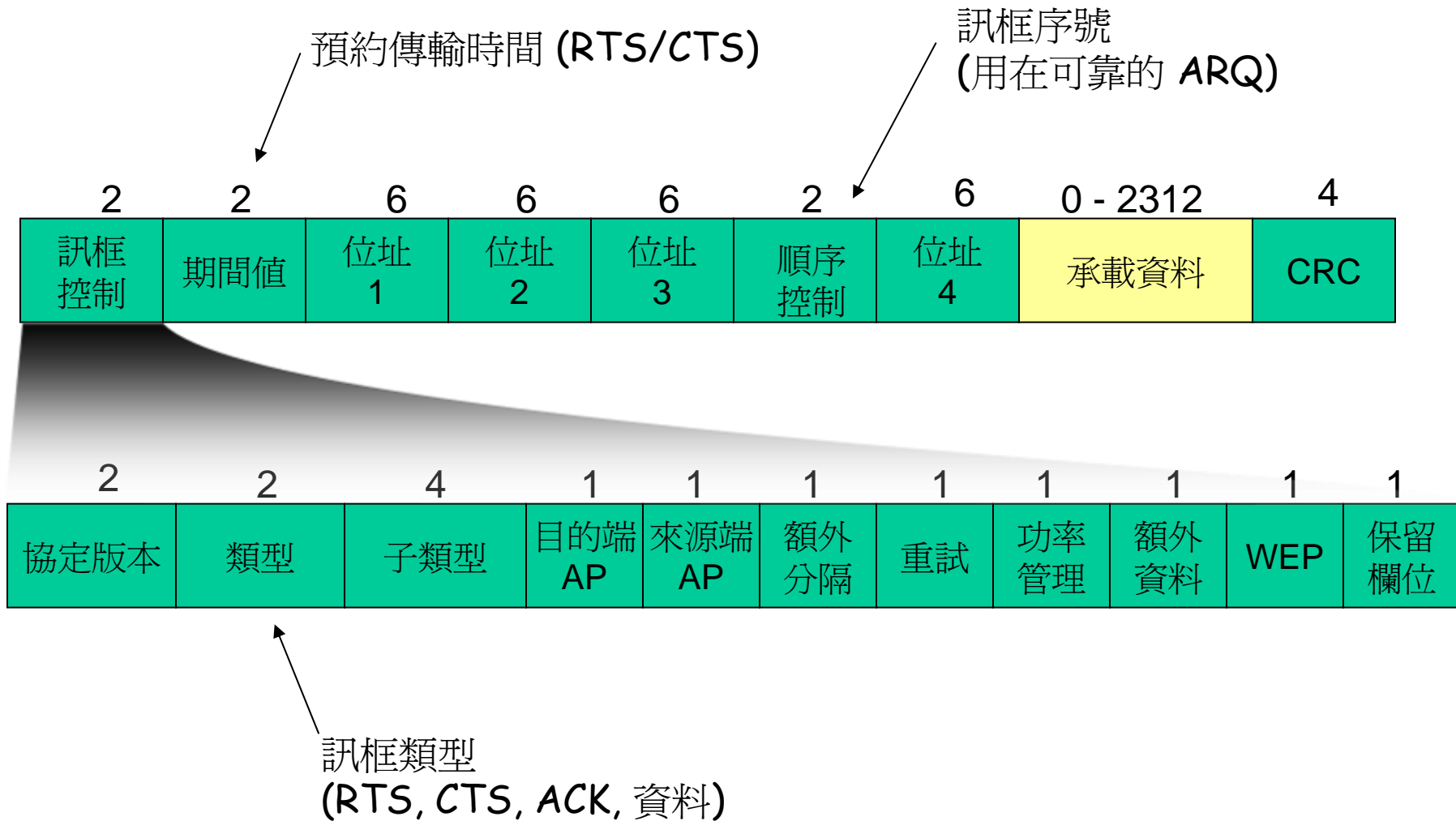
位址3: 連結 AP 的路由器介面的 MAC 位址

位址4: 只使用在臨機操作模式

802.11 訊框: 定址

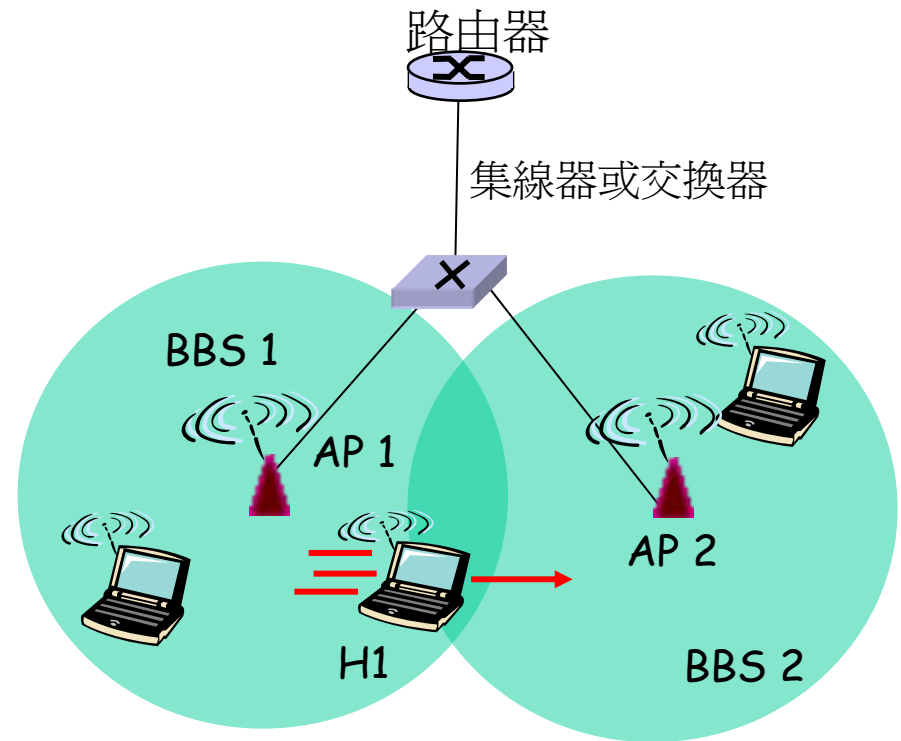


802.11 訊框: 更多



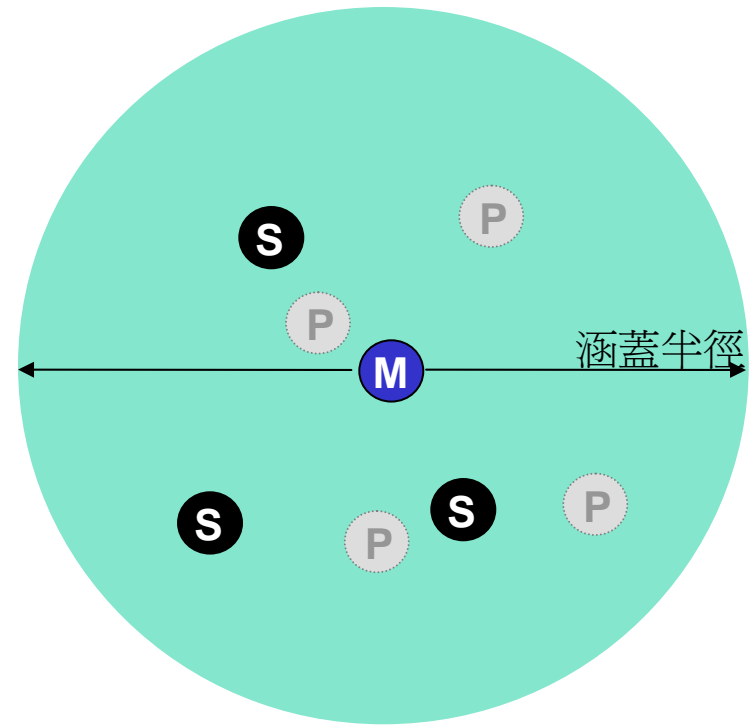
802.11: 在相同子網路中的行動性

- **H1** 保持同一個 **IP** 子網路中：**IP** 位址可以維持相同
- 交換：**H1**與哪一個**AP**相關？
 - 自我學習 (第五章)：交換器會看到來自**H1**的訊框並且「記住」哪一個交換埠可以抵達**H1**



802.15: 個人區域網路

- ❑ 直徑小於 10 公尺
- ❑ 替代纜線 (滑鼠、鍵盤、耳機)
- ❑ 臨機操作: 非基礎架構模式
- ❑ 主人/從屬:
 - 從屬節點請求允許傳送 (向主人)
 - 主人同意請求
- ❑ 802.15: 來自藍牙規格
 - 2.4-2.5 GHz 無線頻帶
 - 至多 721 kbps



- M** 主人裝置
- S** 從屬裝置
- P** 停歇裝置 (不活動的)

第六章 無線與行動網路

- 6.1 簡介
- 無線
- 6.2 無線連結和網路的特性
 - CDMA
- 6.3 IEEE 802.11 無線區域網路 ("wi-fi")
- 6.4 蜂巢式網際網路存取
 - 架構
 - 標準 (例如 GSM)
- 行動
- 6.5 原則: 行動使用者的定址及路由
- 6.6 行動 IP
- 6.7 處理蜂巢式網路中的行動管理
- 6.8 行動性和高層協定
- 6.9 總結

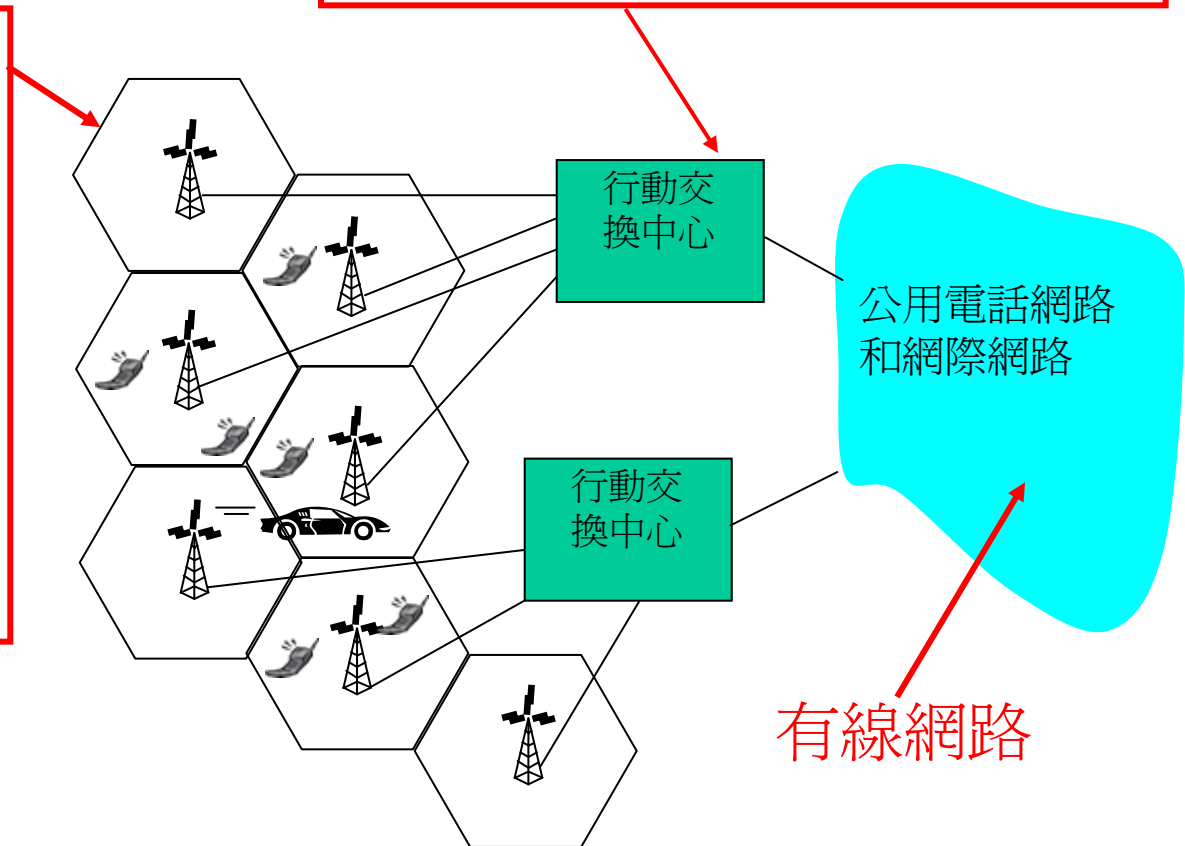
蜂巢式網路架構的元件

蜂巢

- 涵蓋地理區域
- 基地台 (BS) 類比於 802.11 AP
- 行動使用者透過BS連接到網路
- 空氣傳播介面: 行動節點和BS之間的實體和連結層協定

MSC

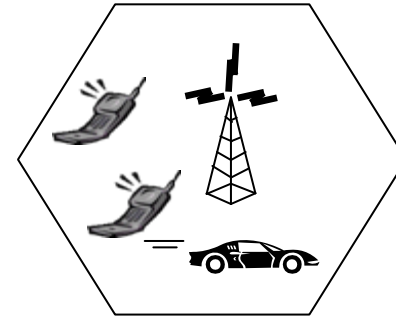
- 將蜂巢連接到廣域網路
- 管理連線建立 (稍後介紹!)
- 處理行動性 (稍後介紹!)



蜂巢網路: 第一站

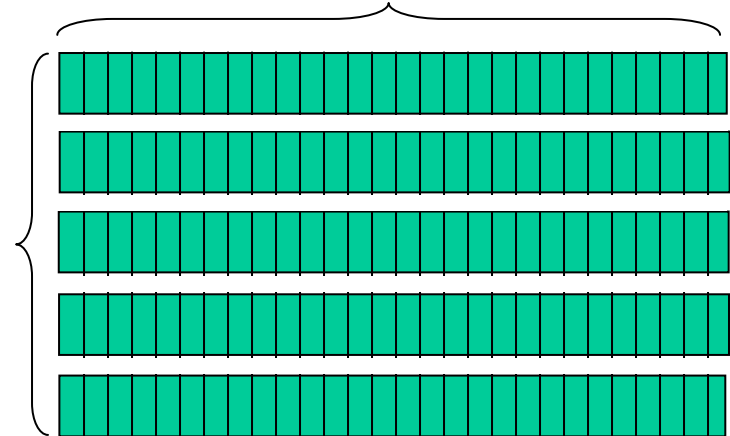
分享行動節點到BS無線頻譜的兩種技術

- 組合的 **FDMA/TDMA**: 將頻譜切分為頻道通道，將每個通道切分為時槽
- **CDMA**: 分碼多重存取



時槽

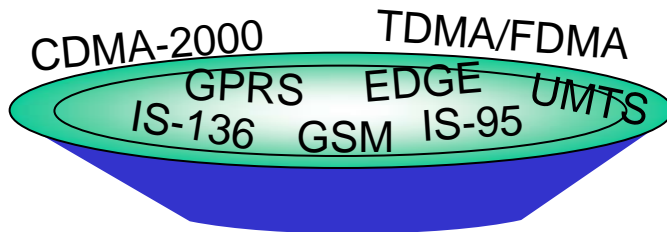
頻帶



蜂巢式標準：簡短的報告

2G 系統：語音通道

- ❑ IS-136 TDMA: 組合的 FDMA/TDMA (北美)
- ❑ GSM (全球行動通訊系統): 組合的 FDMA/TDMA
 - 最廣泛部署
- ❑ IS-95 CDMA: 分碼多重存取



別淹死在這鍋字母的湯裡：
只是些參考

蜂巢式標準：簡短的報告

2.5 G 系統：語音和資料通道

- ❑ 給等不及3G服務的人：2G 的延伸
- ❑ general packet radio service (GPRS)
 - 來自 GSM
 - 資料在多個通道中傳輸 (假如可取得)
- ❑ enhanced data rates for global evolution (EDGE)
 - 也來自 GSM, 使用強化調整
 - 資料速率至多 384K
- ❑ CDMA-2000 (階段 1)
 - 資料速率至多 144K
 - 來自 IS-95

蜂巢式標準：簡短的報告

3G 系統：音訊/資料

- Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)
 - GSM 的下一步，但使用 CDMA
- CDMA-2000

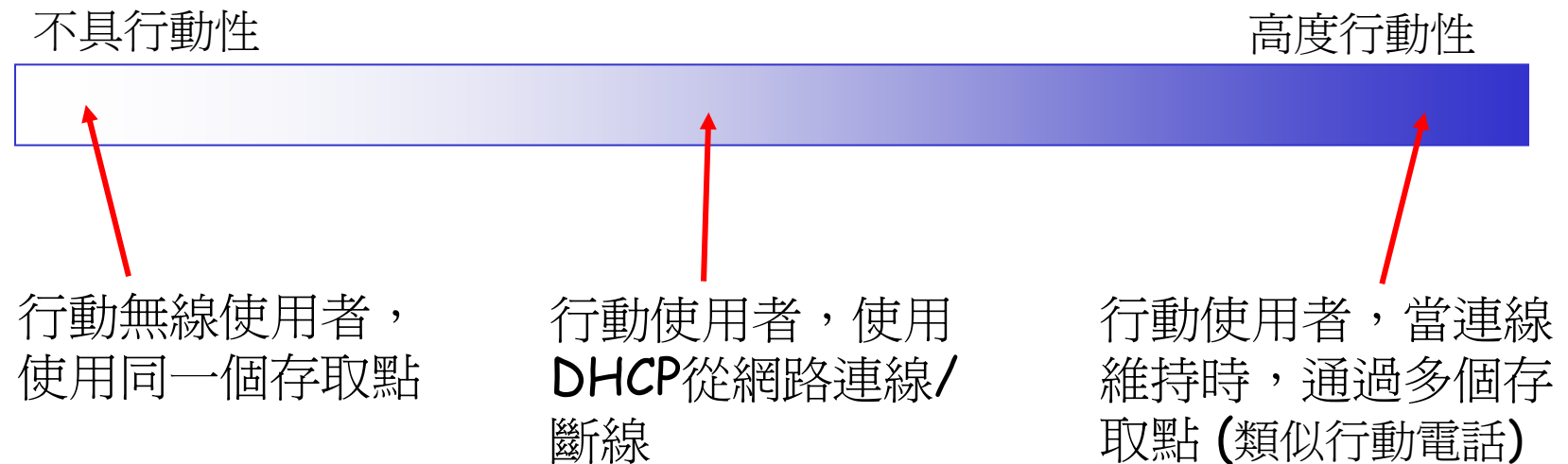
..... 還有更多 (更有趣) 來自行動技術的蜂巢式問題 (細節還在調整)

第六章 無線與行動網路

- 6.1 簡介
- 無線
- 6.2 無線連結和網路的特性
 - CDMA
- 6.3 IEEE 802.11 無線區域網路 ("wi-fi")
- 6.4 蜂巢式網際網路存取
 - 架構
 - 標準 (例如 GSM)
- 行動
- 6.5 原則: 行動使用者的定址及路由
- 6.6 行動 IP
- 6.7 處理蜂巢式網路中的行動管理
- 6.8 行動性和高層協定
- 6.9 總結

什麼是行動性?

□ 行動性的程度, 從網路角度來看:

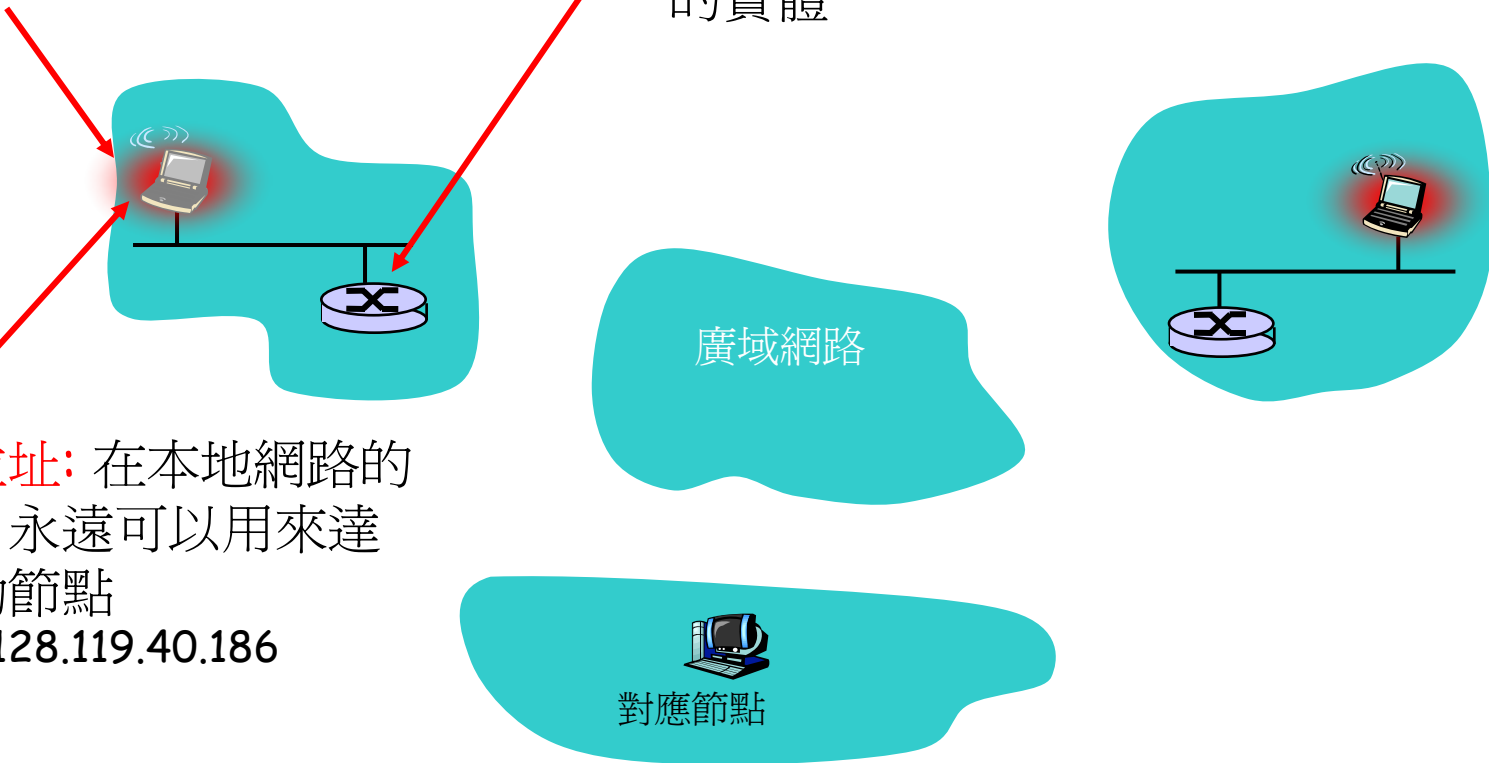


行動性: 字彙

本地網路: 行動節點的永久“住家”
例如 128.119.40/24)

本地代理器: 當行動節點在遠端時，代表行動節點執行行動性功能的實體

永久位址: 在本地網路的位址，永遠可以用來達到行動節點
例如: 128.119.40.186



行動性: 更多字彙

永久位址: 維持不變 (例如, 128.119.40.186)

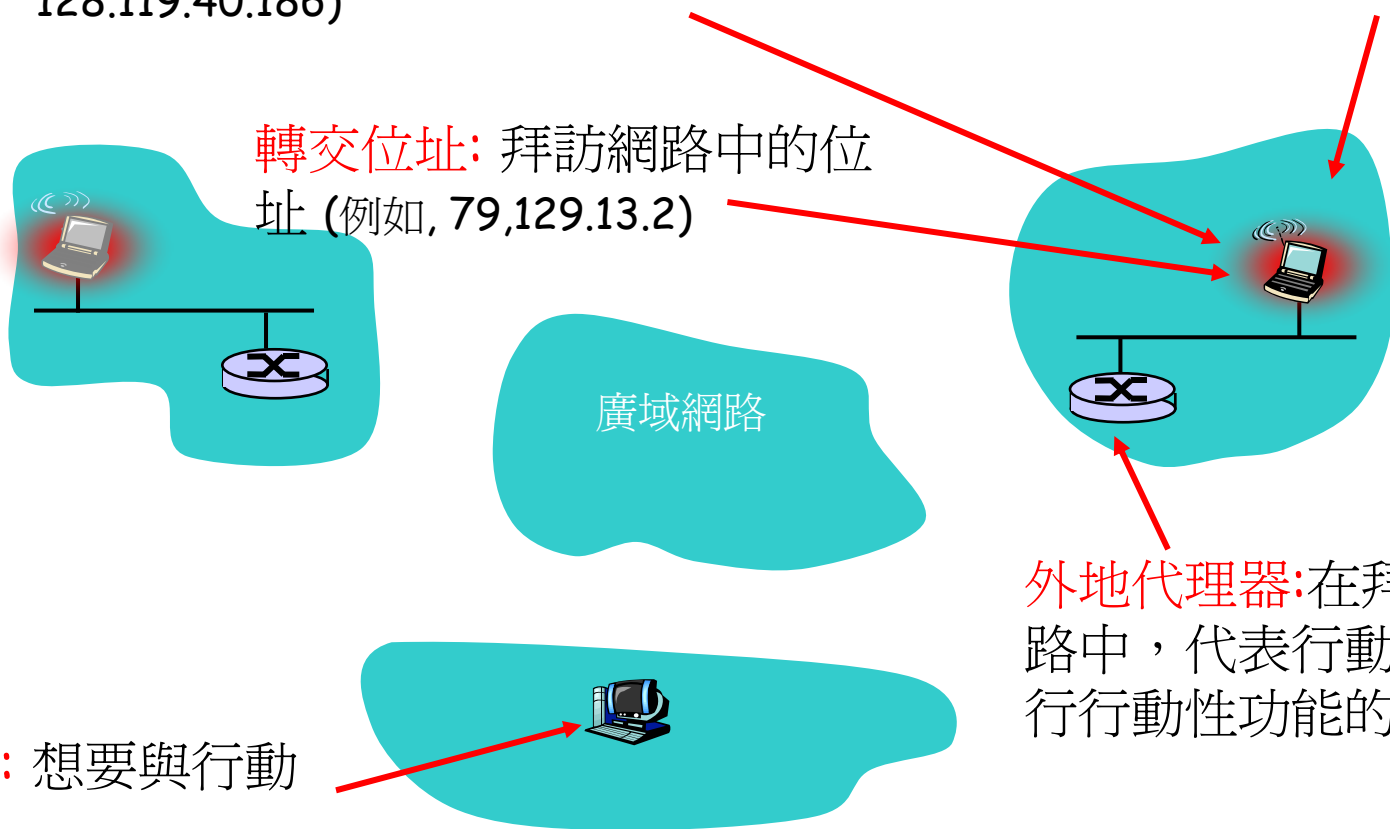
拜訪網路: 行動節點目前所處的網路 (例如, 79.129.13/24)

轉交位址: 拜訪網路中的位址 (例如, 79.129.13.2)

廣域網路

對應節點: 想要與行動節點通訊

外地代理器: 在拜訪網路中, 代表行動節點執行行動性功能的實體



你要怎麼聯繫一個行動的朋友：

考慮一個常常變換住址的朋友，你要怎麼找到她？

- ❑ 尋找所有的電話簿？
- ❑ 打電話給她的父母？
- ❑ 期望她讓你知道她在哪裡？



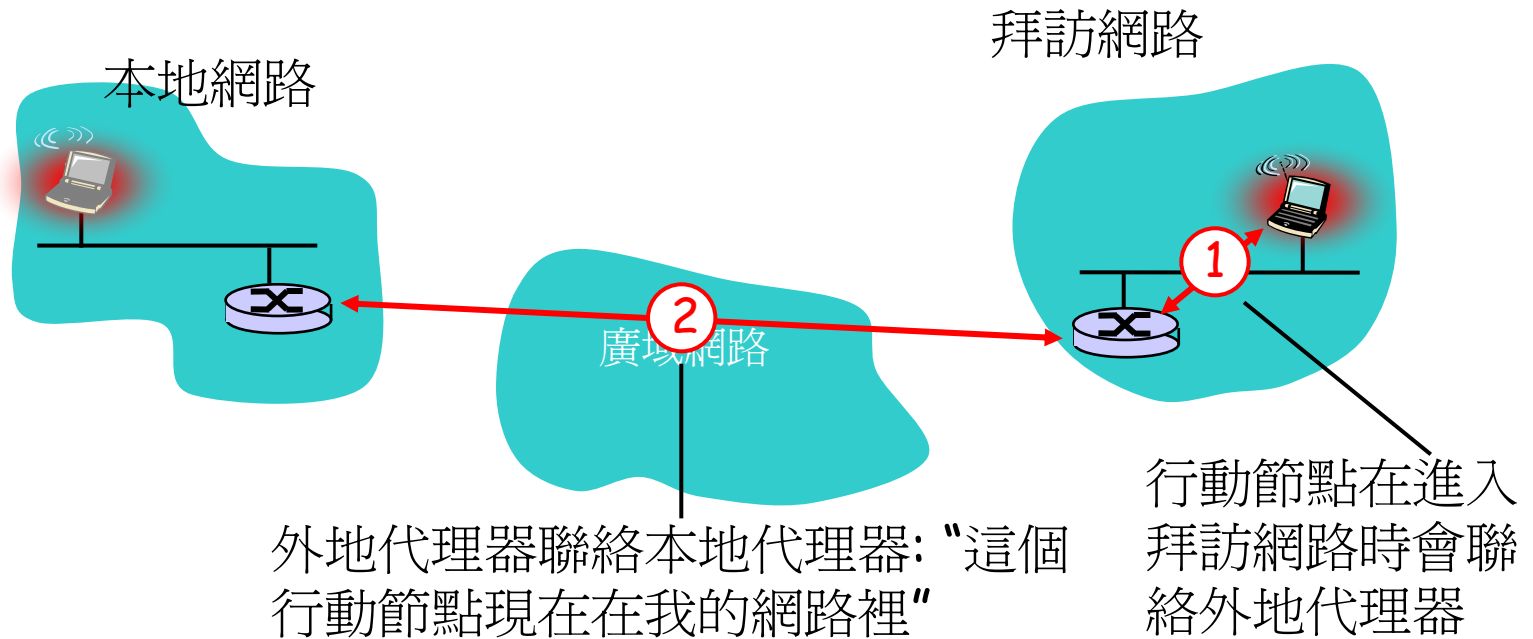
行動性: 方法

- **讓路由處理它:** 路由器會透過一般的路由表交換，將位在其網路內的行動節點之永久位址通告出去
 - 路由表指出每個行動節點的位置
 - 終端系統沒有改變
- **讓終端系統處理它:**
 - **間接路由:** 來自對應點到行動節點的通訊會穿過本地代理器，然後轉送到遠端
 - **直接路由:** 對應點取得行動節點的外地位址，直接傳送到行動節點

行動性方法

- ❑ 讓路由處理它: 路由器會透過一般的路由表交換，將位在其網路內的行動節點的外地位址通告出去
 - 路由表指出每個裝置的位置
 - 終端系統沒有擴充性
- ❑ 讓終端系統處理它:
 - 間接路由: 來自對應點到行動節點的通訊會穿過本地代理器，然後轉送到遠端
 - 直接路由: 對應點取得行動節點的外地位址，直接傳送到行動節點

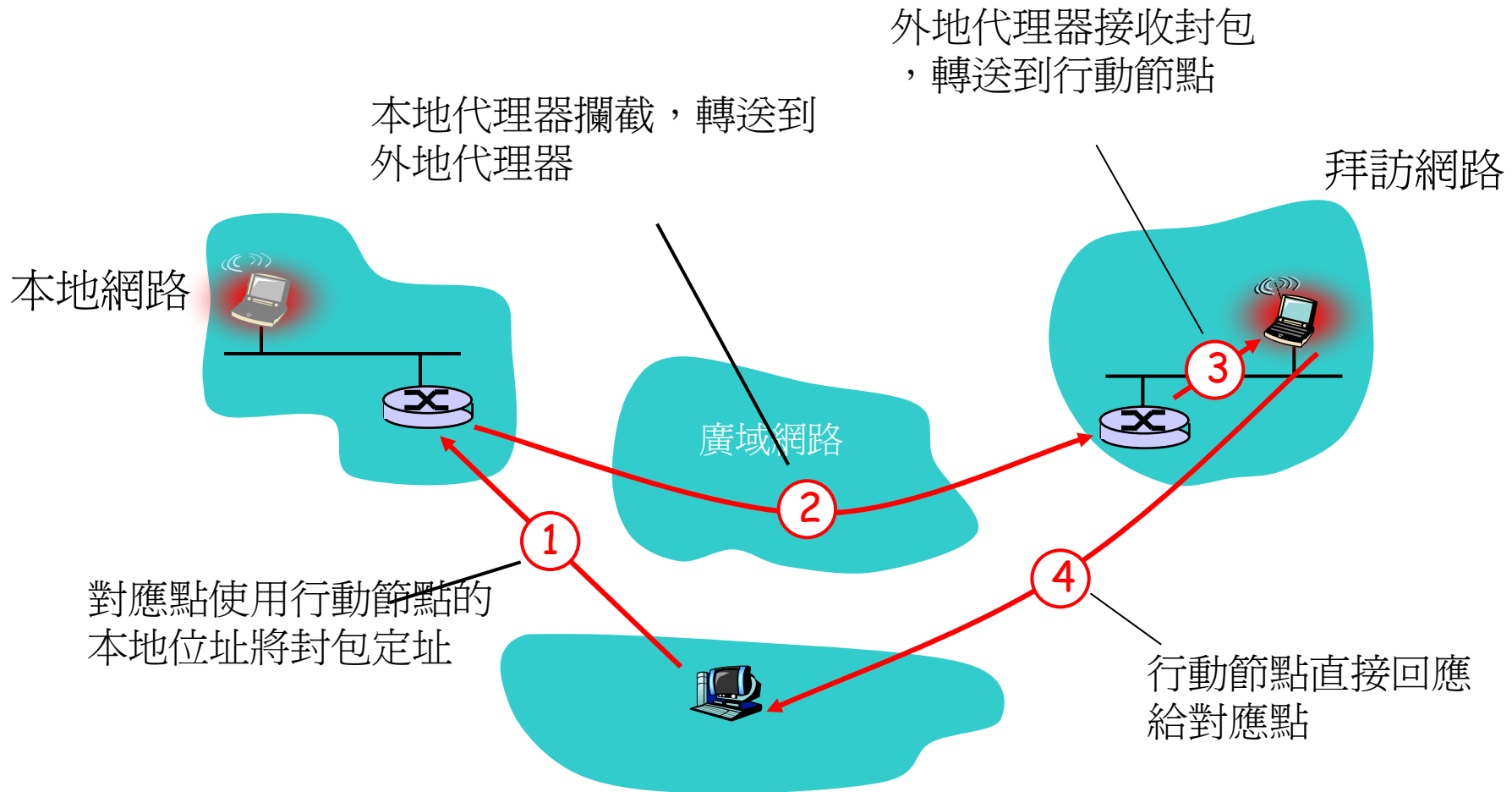
行動性: 註冊



結果:

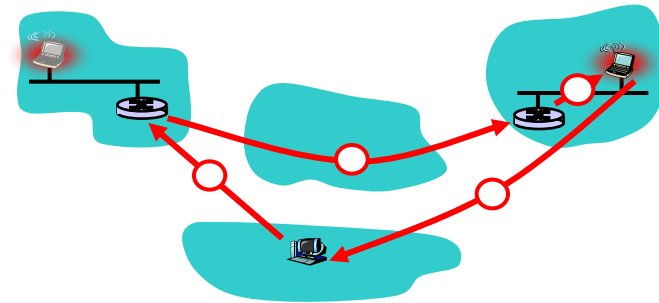
- ❑ 外地代理器知道此行動節點
- ❑ 本地代理器知道行動節點的位置

間接路由的行動性



間接路由: 評論

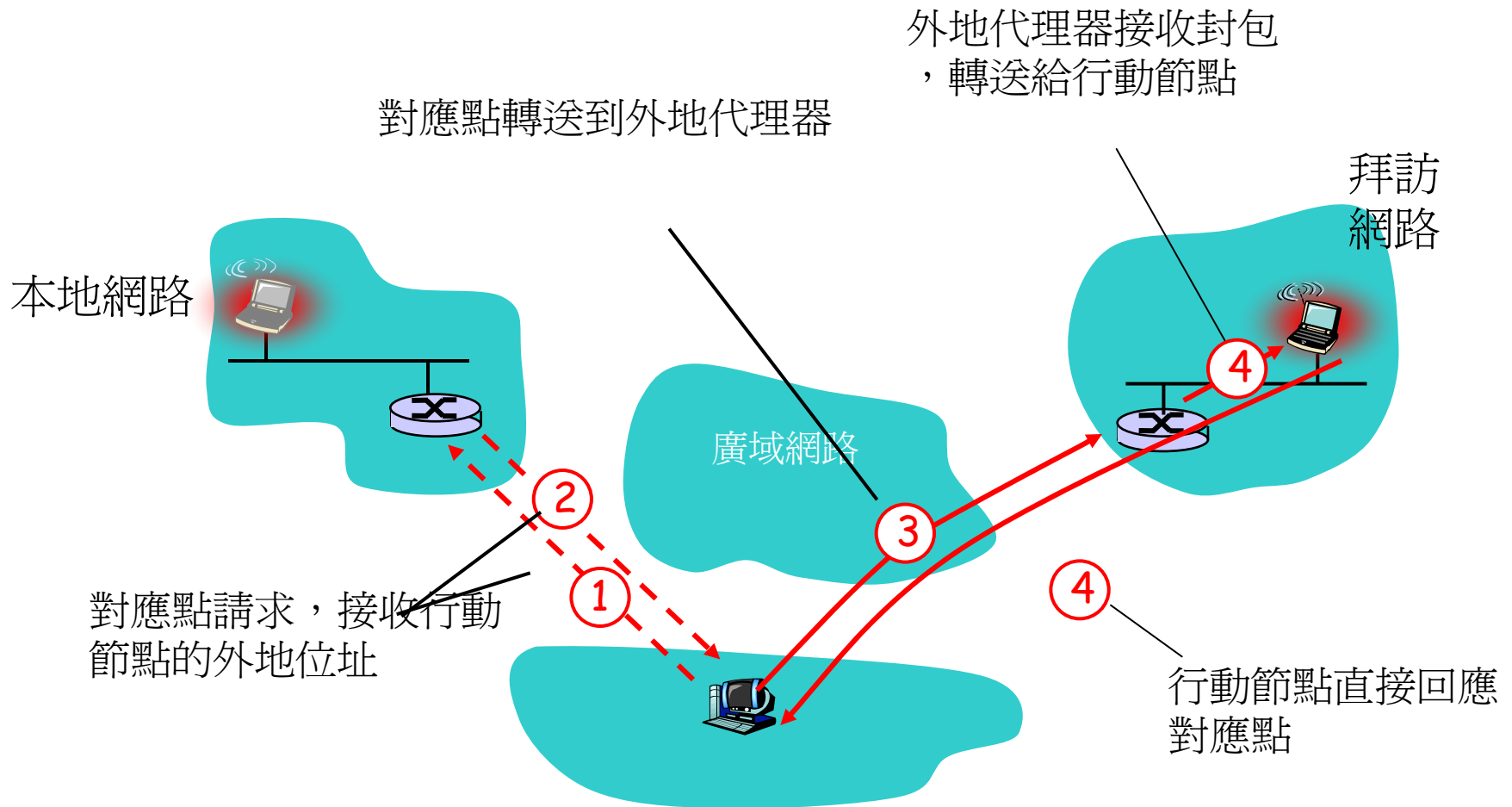
- 行動節點使用兩個位址:
 - 永久位址: 由對應點使用 (既然行動節點的位置對對應點來說是透明的)
 - 轉交位址: 由本地代理器使用，用來轉送資料段給行動節點
- 外地代理器功能可能由行動節點本身完成
- 三角路由: 對應點-本地-網路的行動通訊
 - 當對應點和行動節點在同一個網路中時，這是沒有效率的



間接路由: 在網路之間移動

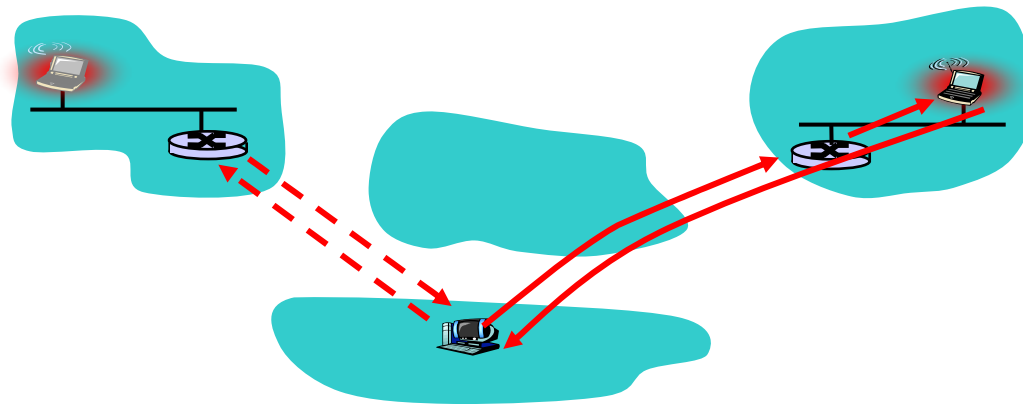
- 假設行動使用者移動到另一個網路
 - 向新的外地代理器註冊
 - 新的外地代理器向本地代理器註冊
 - 本地代理器更新行動節點的轉交位址
 - 封包繼續被轉送給行動節點 (但以新的轉交位址)
- 行動性, 外地網路的改變為透明的: 通話中的連線可以維持!

直接路由的行動性



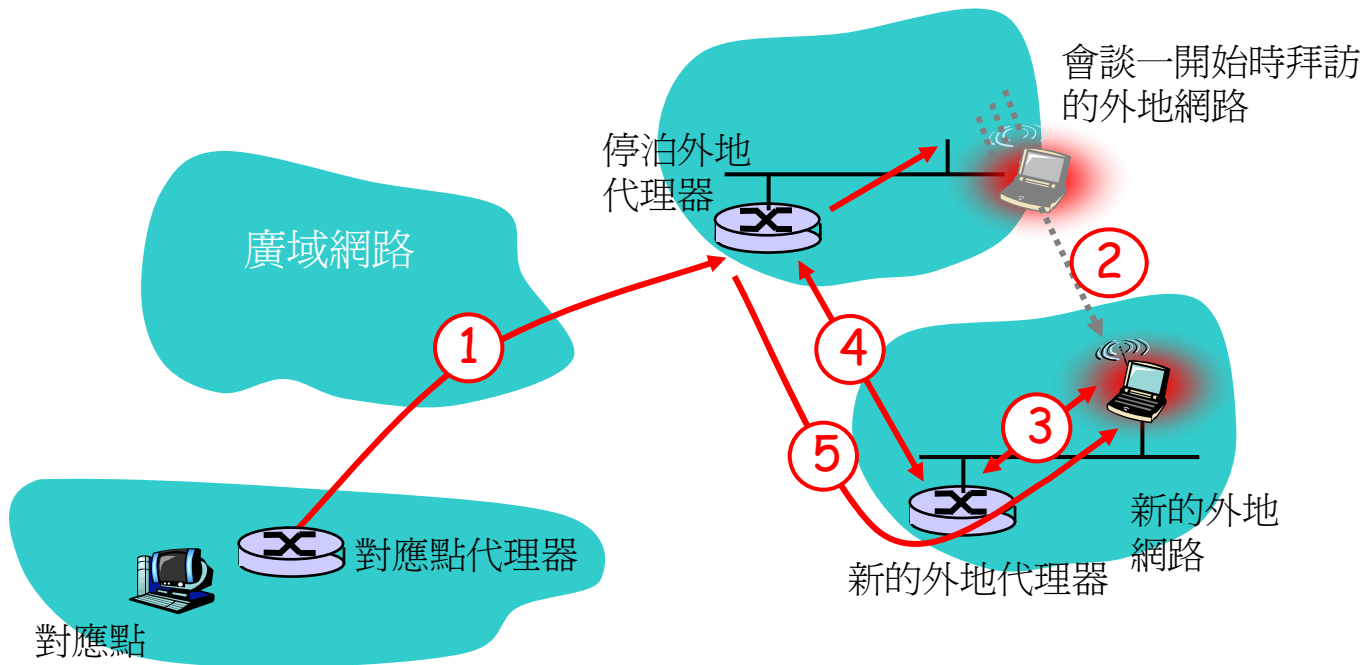
直接路由的行動性: 評論

- 解決三角路由的問題
- 對對點來說不具透明性: 對應點必須從本地代理器取得轉交位址
 - 假如行動節點改變拜訪網路呢?



以直接路由提供行動性

- ❑ 停泊外地代理器:第一個拜訪網路中的 **FA**
- ❑ 資料永遠先路由到停泊外地代理器 **FA**
- ❑ 當行動節點移動時: 新的 **FA** 準備接收來自舊 **FA** 轉送的資料 (鏈結)



第六章 無線與行動網路

- 6.1 簡介
- 無線
- 6.2 無線連結和網路的特性
 - CDMA
- 6.3 IEEE 802.11 無線區域網路 ("wi-fi")
- 6.4 蜂巢式網際網路存取
 - 架構
 - 標準 (例如 GSM)
- 行動
- 6.5 原則: 行動使用者的定址及路由
- 6.6 行動 IP
- 6.7 處理蜂巢式網路中的行動管理
- 6.8 行動性和高層協定
- 6.9 總結

行動式 IP

□ RFC 3220

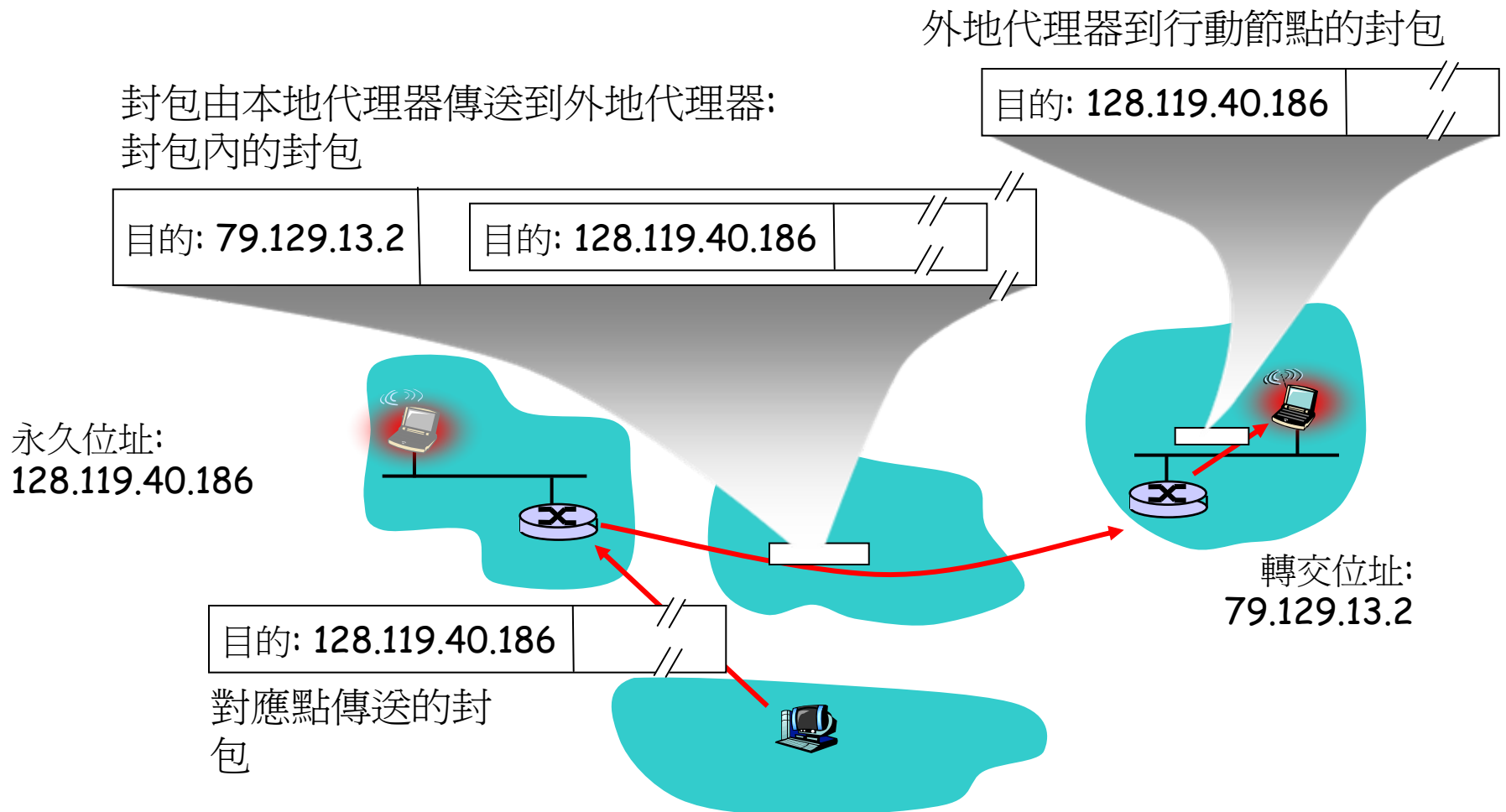
□ 具有很多我們已經看過的功能:

- 本地代理器、外地代理器、外地代理器註冊、轉交位址、封裝 (封包內的封包)

□ 標準的三個元件:

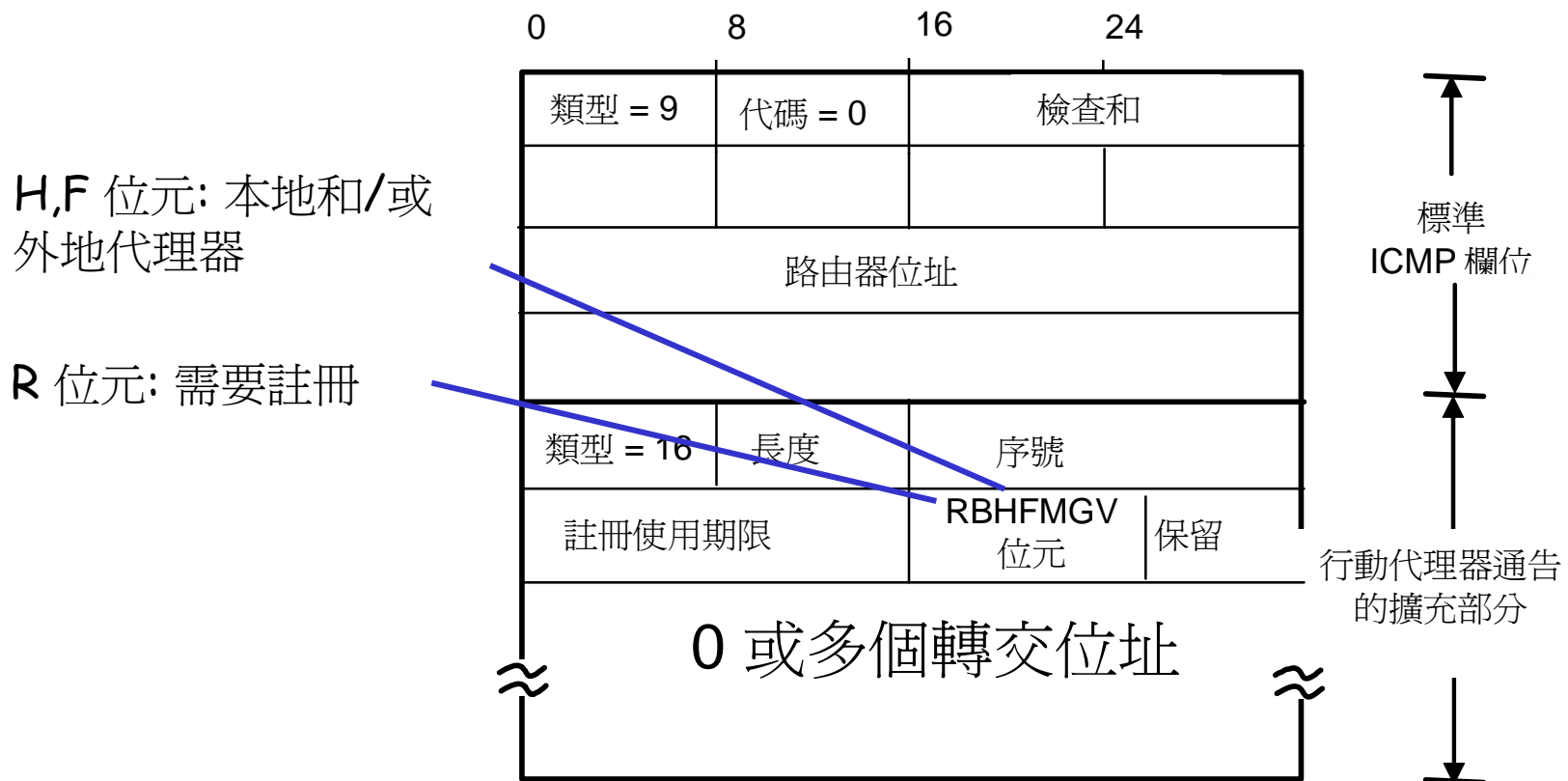
- 資料段的間接路由
- 發現代理器
- 向本地代理器註冊

行動式 IP: 間接路由

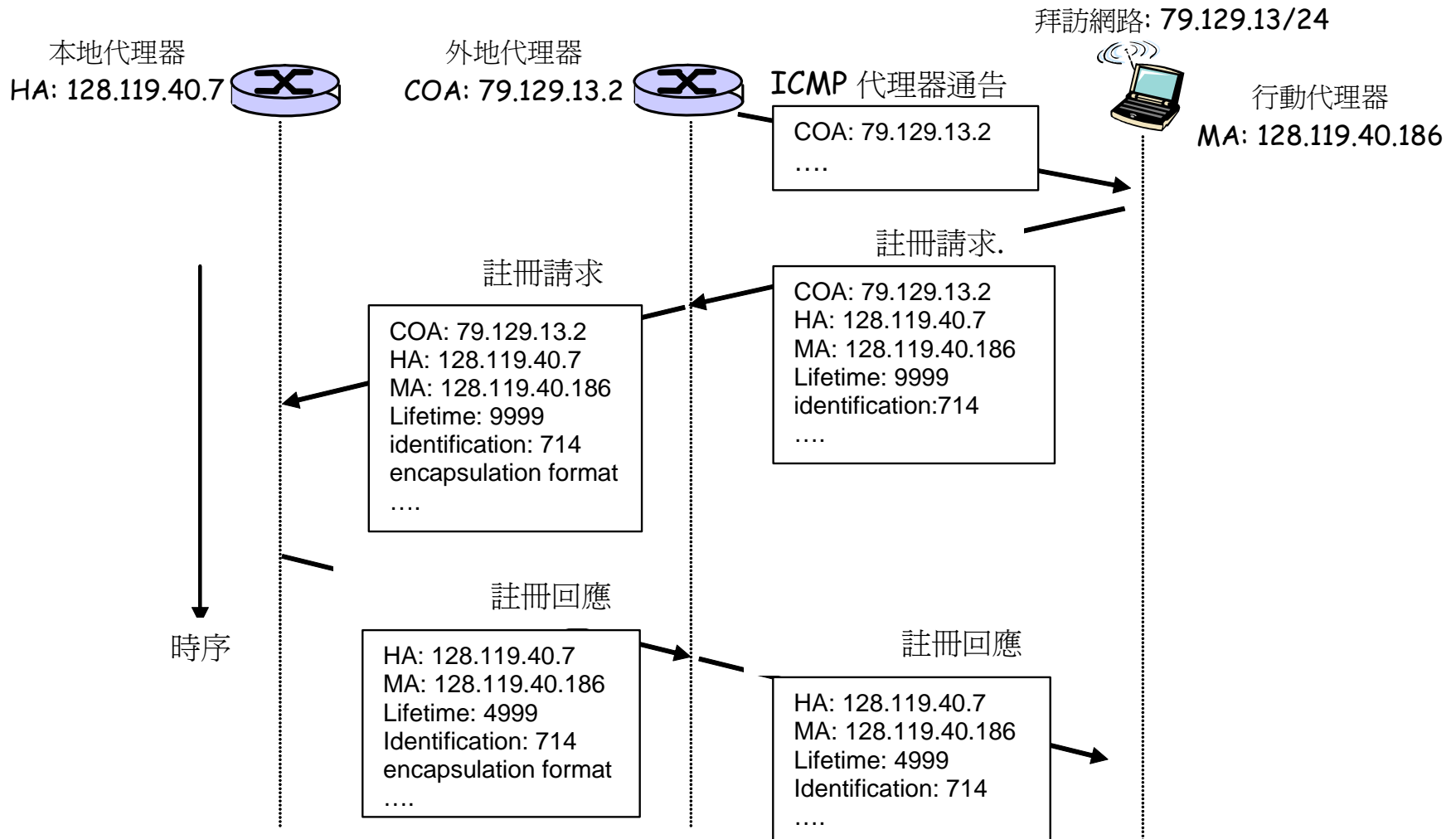


行動式 IP: 發現代理器

- 代理器通告: 外地/本地代理器藉著廣播ICMP訊息(型態欄位=9)來通告服務

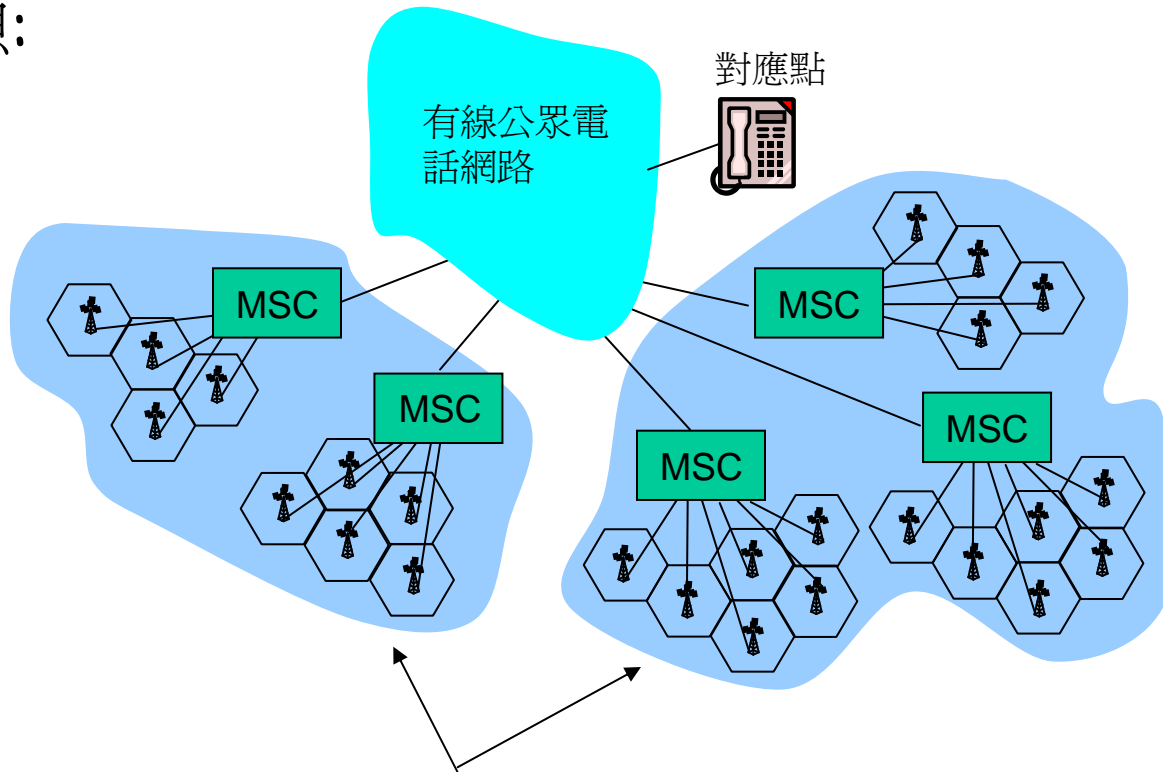


行動式 IP: 註冊範例



蜂巢式網路架構的元件

回想:

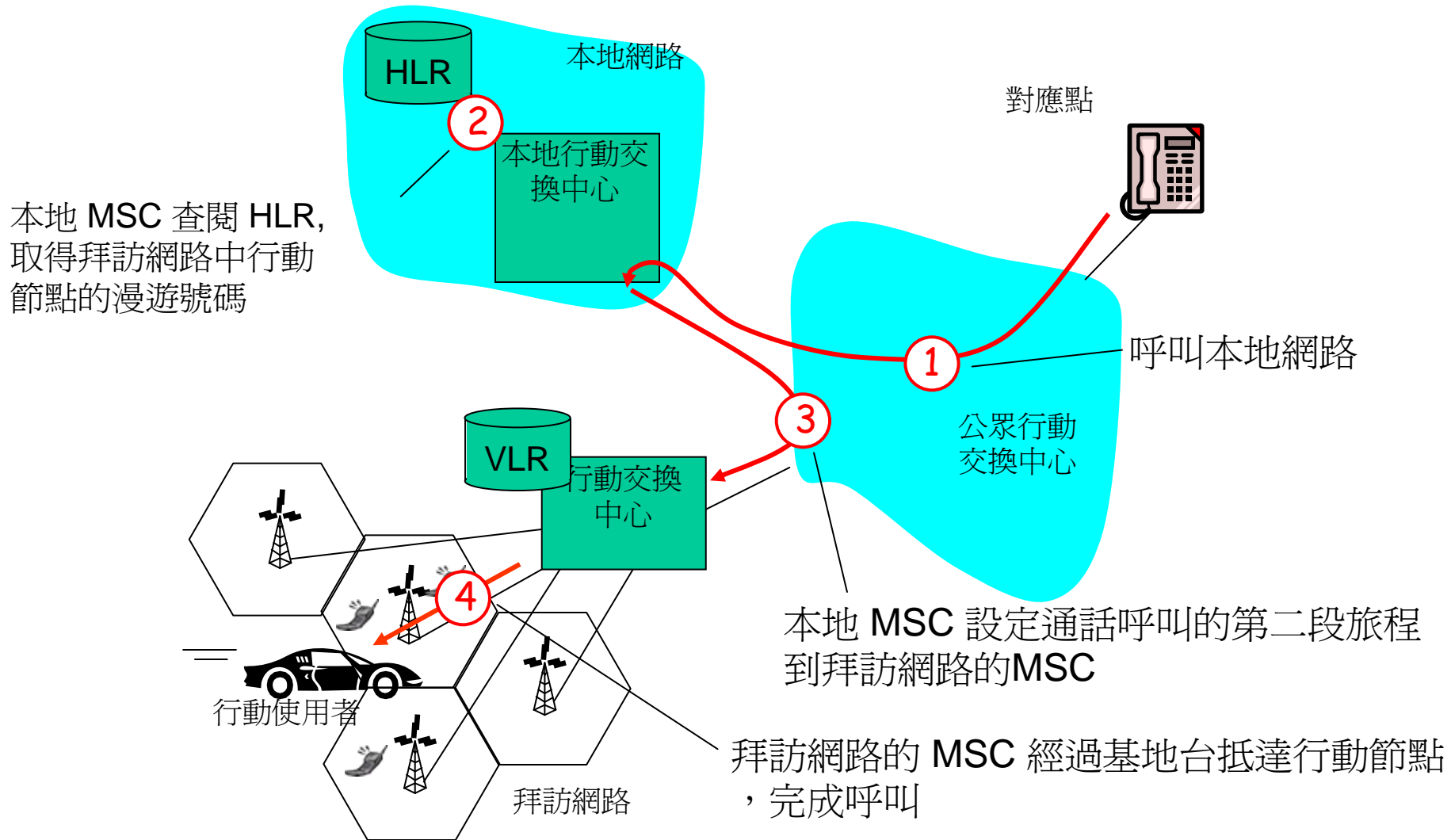


不同的蜂巢網路，不同的提供者操作

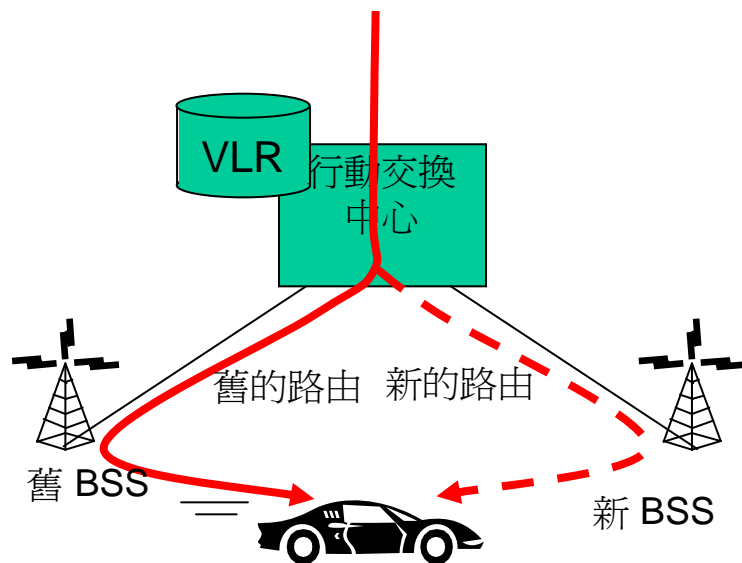
處理蜂巢式網路的行動性

- **本地網路:** 你使用的蜂巢式提供者網路 (例如, Sprint PCS, Verizon)
 - **本地位置暫存器 (HLR):** 本地網路的資料庫, 包含永久行動電話號碼, 使用者基本資料 (服務、設定、帳務), 目前位置的資訊 (可能在另一個網路)
- **拜訪網路:** 行動節點目前所在的位置
 - **拜訪位置暫存器 (VLR):** 資料庫內含網路中目前使用者的紀錄
 - 可以是本地網路

GSM: 間接路由到行動節點

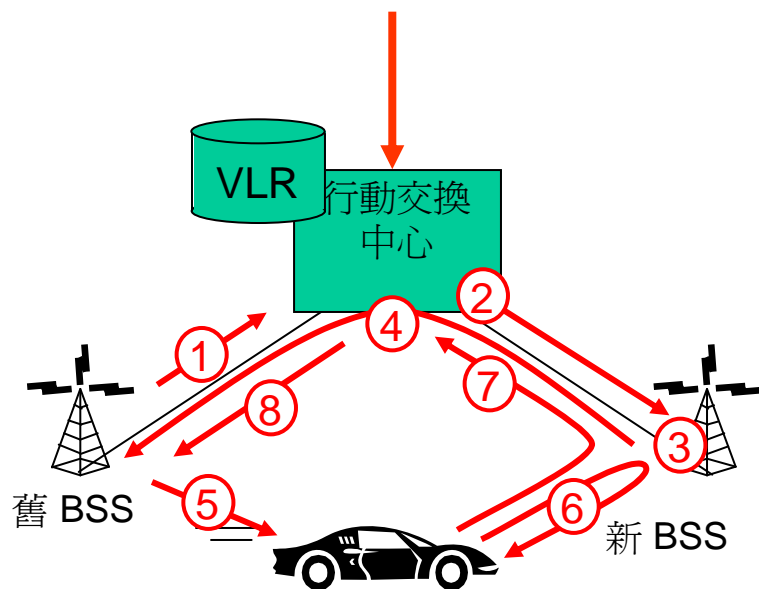


GSM: 一般的MSC換手(handoff)



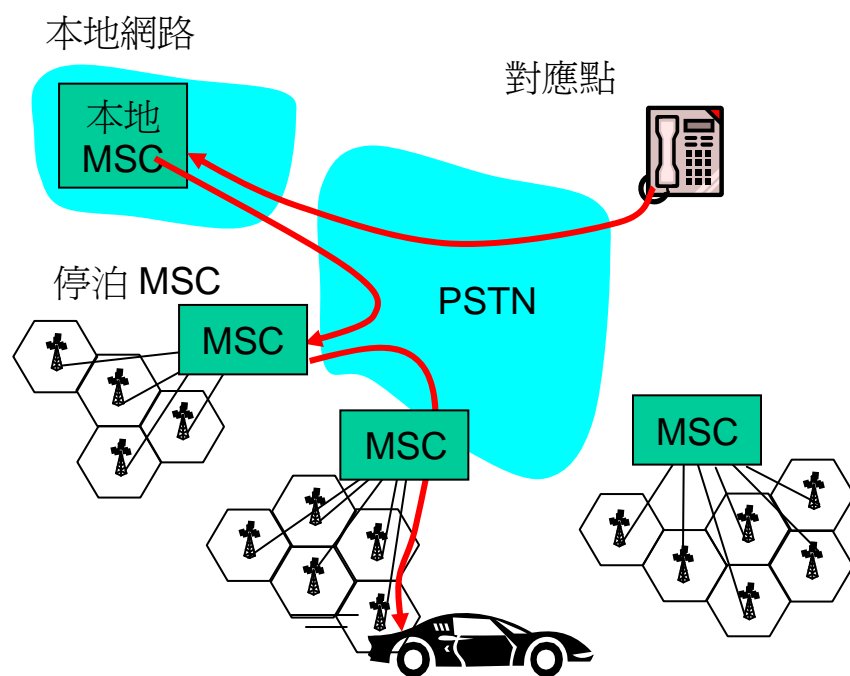
- 換手的目標: 經由新的基地台路由通話 (沒有中斷)
- 換手的理由:
 - 更強的訊號到/從新的BSS (繼續連接(繼續連接, 減少電池的消耗))
 - 負載平衡: 釋放目前BSS中的通道
 - **GSM** 並沒有指定為什麼要執行換手(策略), 只說明如何執行(機制)
- 換手由舊的BSS開始

GSM:一般的MSC換手(handoff)



1. 舊的BSS通知MSC即將發生換手，提供一個以上的新BSS列表
2. MSC 設定路徑 (配置資源) 給新的 BSS
3. 新的BSS配置無線通道給行動節點使用
4. 新的 BSS 發訊號給MSC和舊BSS: 準備就緒
5. 舊BSS告訴行動節點: 執行換手到新的 BSS
6. 行動節點，新的BSS交換訊號開啓一個新的通道
7. 行動節點經由新的BSS發出訊號給MSC: 換手完成。MSC重新路由通話。
- 8 MSC配置給舊BSS的資源會被釋出

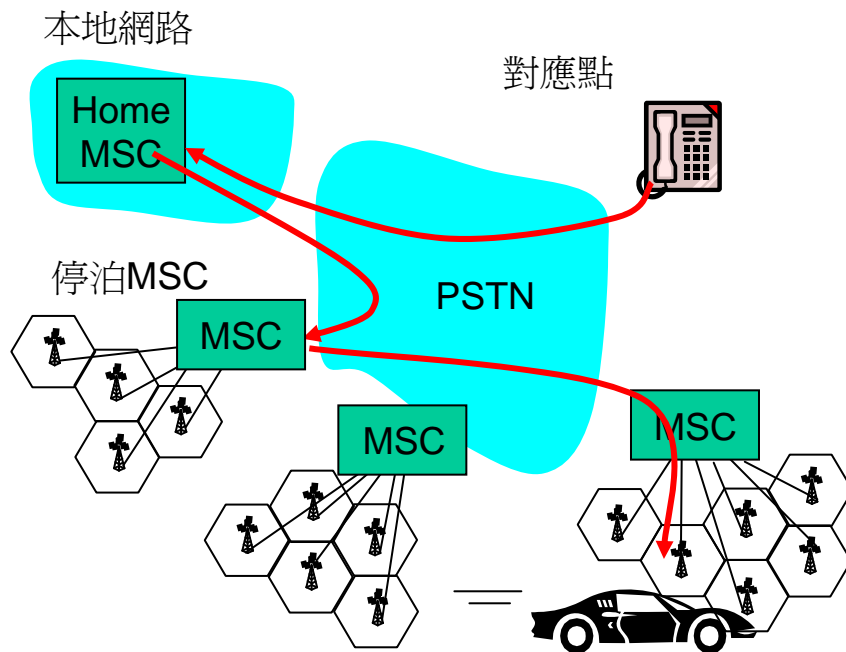
GSM: MSC之間的換手



(a) 在換手之前

- **停泊 MSC:** 通話中第一個被拜訪的 **MSC**
 - 該通話會一直經由停泊MSC路由
- 當行動節點移動到新的 **MSC** 時，新的 **MSC** 會加入 **MSC** 鏈結的尾端
- **IS-41** 允許選擇性的路徑最短化路徑步驟，以簡短多個 **MSC** 的鏈結

GSM: MSC之間的換手



(b) 換手之後

- **停泊 MSC:** 通話中第一個被拜訪的 **MSC**
 - 該通話會一直經由停泊MSC路由
- 當行動節點移動到新的 **MSC** 時，新的 **MSC** 會加入 **MSC** 鏈結的尾端
- **IS-41** 允許選擇性的路徑最短化路徑步驟，以簡短多個 **MSC** 的鏈結

行動性: GSM v.s. 行動性IP

GSM 元素	GSM元素的注解	行動式 IP 元素
本地系統	行動使用者的永久電話號碼所屬的網路	本地網路
閘道行動交換中心或簡稱本地MSC與本地位置暫存器 (HLR)	本地 MSC :獲取行動使用者可路由 (routable)位址的聯絡點。 HLR :在本地系統中的資料庫以包含永久電話號碼、使用者資訊、使用者目前位置和租約資訊。	本地代理器
拜訪系統	行動使用者目前所在的非本地系統網路	拜訪網路
拜訪行動服務交換中心、拜訪者位置暫存器 (VLR)	拜訪 MSC :負責設定其所結合的蜂窩格中，行動節點所撥出/接入的電話。 VLR : 在拜訪系統中的暫存資料庫，其紀錄包含每位拜訪行動使用者的租約資訊。	外地代理器
行動工作站漫遊號碼 (MSRN)或簡稱漫遊號碼	在本地 MSC 和拜訪 MSC 之間用來轉送電話通話分段的可路由位址，它不為行動節點或對應點所知曉	轉交位址

無線和行動性: 對高層協定的影響

- 邏輯上，影響應該要減到最小 ...
 - 盡全力服務模型沒有改變
 - **TCP** 和 **UDP** 可以 (實際上也是) 在無線和行動網路上執行
- ... 但是影響是很廣泛的:
 - 因為位元錯誤而導致的封包遺失/延遲 (刪除封包，連結層重傳所導致的延遲)，以及換手
 - **TCP** 會將遺失解釋為壅塞，因此會不必要地降低壅塞視窗
 - 延遲會損害即時性的資料流
 - 無線連結的頻寬限制

第六章 總結

無線

- ❑ 無線連結:
 - 容量, 距離
 - 通道損傷
 - CDMA
- ❑ IEEE 802.11 ("wi-fi")
 - CSMA/CA 反應了無線通道的特性
- ❑ 蜂巢式存取
 - 架構
 - 標準 (例如, GSM, CDMA-2000, UMTS)

行動

- ❑ 原則: 定址、路由到行動使用者
 - 本地、拜訪網路
 - 直接、間接路由
 - 轉交位址
- ❑ 案例研究
 - 行動式 IP
 - GSM 的行動性
- ❑ 對高層協定的影響