



Chapter 4

行動管理

Mobility Management

課程目標

- 個人通訊服務網路中的手機可能隨著使用者到處移動，甚至飛到國外不同系統業者下使用通訊服務。系統必須追蹤手機的位置，以便隨時提供電話服務，這樣的工作稱為**行動管理 (mobility management)**。本章節將針對行動管理給予一般性的概述，說明系統如何**追蹤手機 (稱為location tracking)**，以及**當通話中的手機移動時**，系統如何將其通話連線由一個基地台轉移到另一個基地台（稱為**handoff**）。

章節目錄

- 行動管理議題
- 位置管理
- 通話建立程序
- 交遞管理
- 硬交遞與軟交遞
- 結語
- 作業

Section 4.1

行動管理議題

Issues of Mobility Management

PCS網路

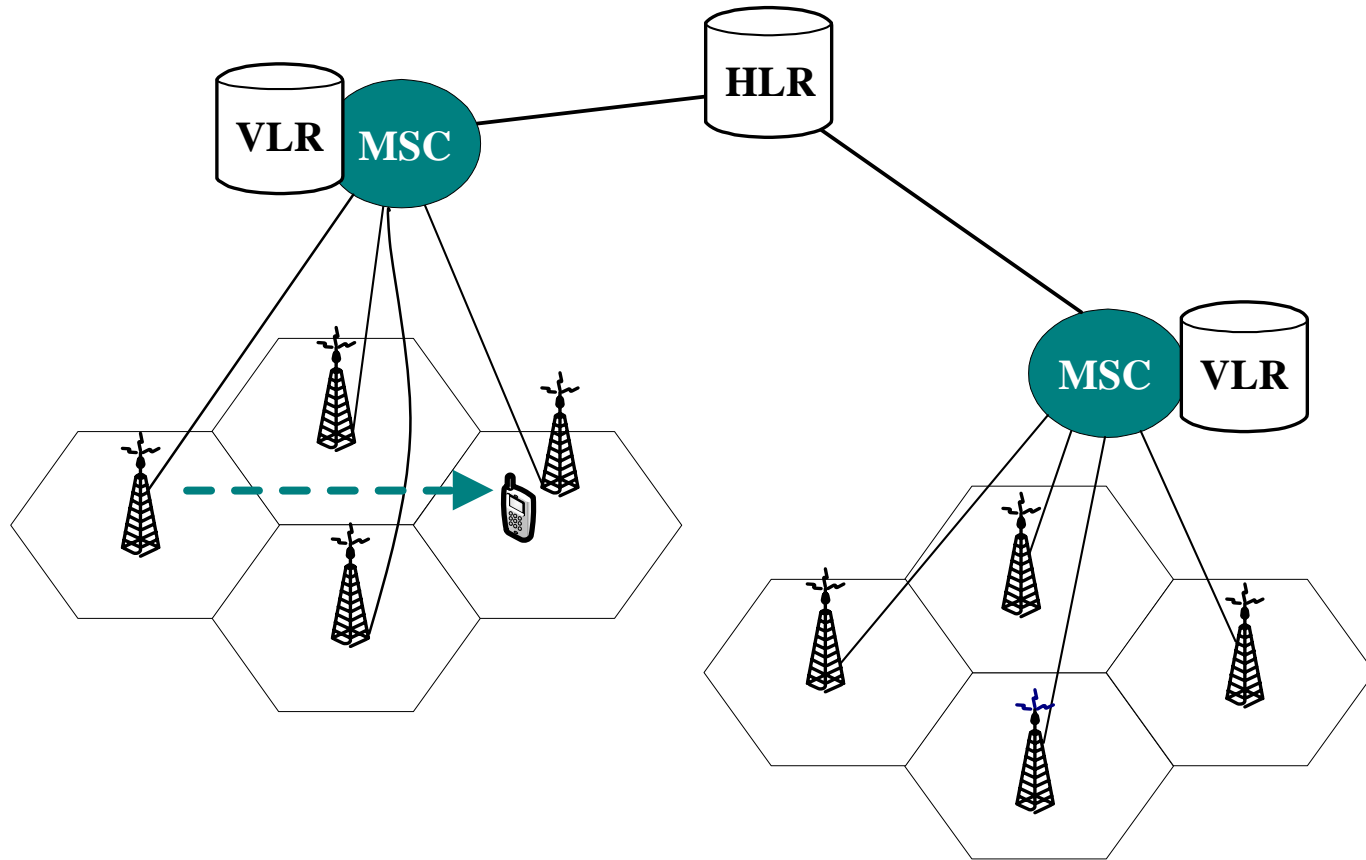
- PCS網路與PSTN最大的差異在於**手機會移動**。
- 當手機在自家的管轄範圍內移動，系統要一直追蹤手機的位置，才能在電話來時連接到手機上。
- 當手機移動到另一家簽訂合作協議的PCS業者的管轄範圍，仍能透過其他系統業者的網路打電話，這動作特別稱為**漫遊**（roaming）。
- 為達到這樣的目的，PCS網路上有特殊的元件負責管理手機。

PCS網路架構的元件

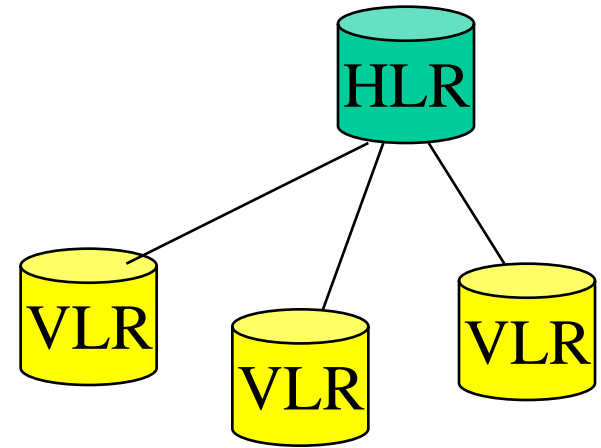
➤ 圖4-1是典型的個人通訊服務網路，包括下面的元件：

- 基地台（Base Station，BS）：接收來自手機的無線電訊號。手機與基地台間會建立所謂的無線電鏈結（radio link）。
- 行動交換中心（Mobile Switching Center，MSC）：PCS網路上的電話交換機，負責轉接電話至PSTN。
- 本籍註冊資料庫（Home Location Register，HLR）& 客籍註冊資料庫（Visitor Location Register，VLR）：系統業者儲存與管理用戶資料的資料庫，例如記錄手機的目前的位置。

圖 4-1 個人通訊服務網路架構圖



HLR & VLR



➤ HLR

- 記錄手機的電話號碼、用戶服務訂購資訊、手機的位置資訊以及服務有效期限。

➤ VLR

- 系統業者將服務範圍切割成數個區域，使用VLR處理位於其轄區內手機的資訊。
- 只有移動到其管轄範圍的手機才會為其建立資料欄位，並向HLR取得部份手機的資訊，手機一旦離去便刪除其欄位。
- 最主要儲存手機詳細的位置資訊。
- 通常VLR會與MSC放置在一起。

行動管理 (Mobility Management)

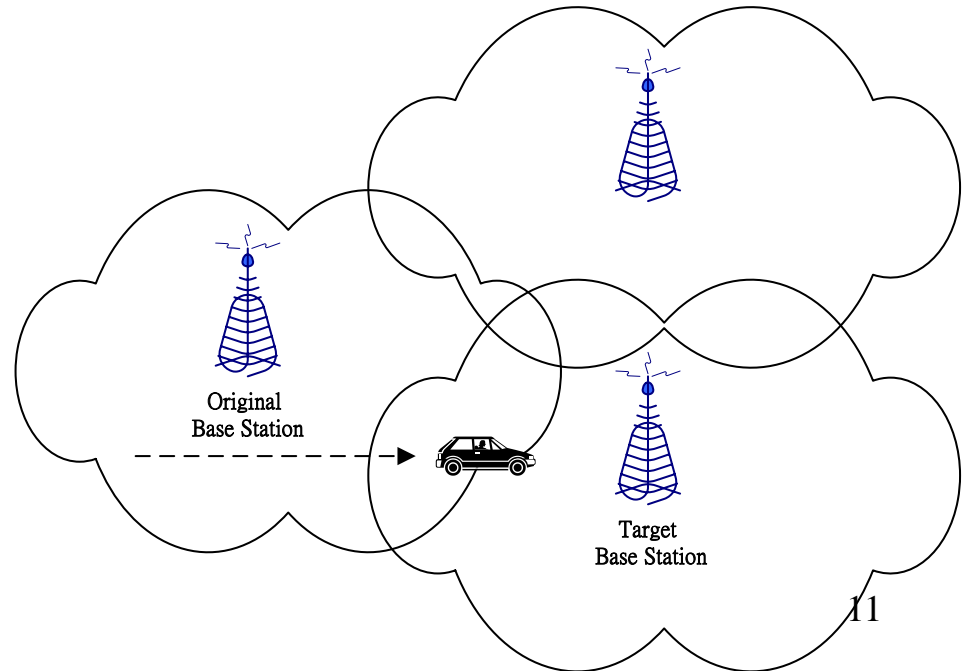
- 手機會不斷地移動，所以系統必須隨時追蹤手機的位置，儲存於HLR與VLR之中，相關的工作稱為行動管理。
- 行動管理分成兩大議題：
 - 位置管理 (location management)
 - 交遞管理 (handoff management)

位置管理 (Location Management)

- 負責追蹤與記錄手機位置的工作，稱為**位置管理**。
- 當用戶由一個PCS系統移動至另一個PCS系統這樣跨網路系統的行動管理，稱為**漫遊管理** (roaming management)。

交遞管理 (Handoff Management)

- 當用戶進行通話時，若手機移動至另一個基地台的涵蓋範圍 (coverage area) 時，手機與舊基地台間的無線電鏈結會因為訊號衰減而中斷。
- 此時手機必須與新的基地台建立另一個無線電鏈結，這個程序稱為**交遞** (handoff)，相關的工作便稱為**交遞管理**。



行動管理的通訊協定

- 為了位置管理與交遞管理，PCS系統必須有一套標準，做為手機與網路端各實體元件間溝通的準則。
- 常見的行動管理的通訊協定：
 - EIA/TIA IS-41協定主要使用於北美系統，是AMPS、IS-136、cdmaOne和PACS的核心網路。
 - GSM Mobile Application Part (GSM MAP) 使用於歐規系統，是GSM系統的核心網路。
- 本章節僅就行動管理給予一般性的概要說明。

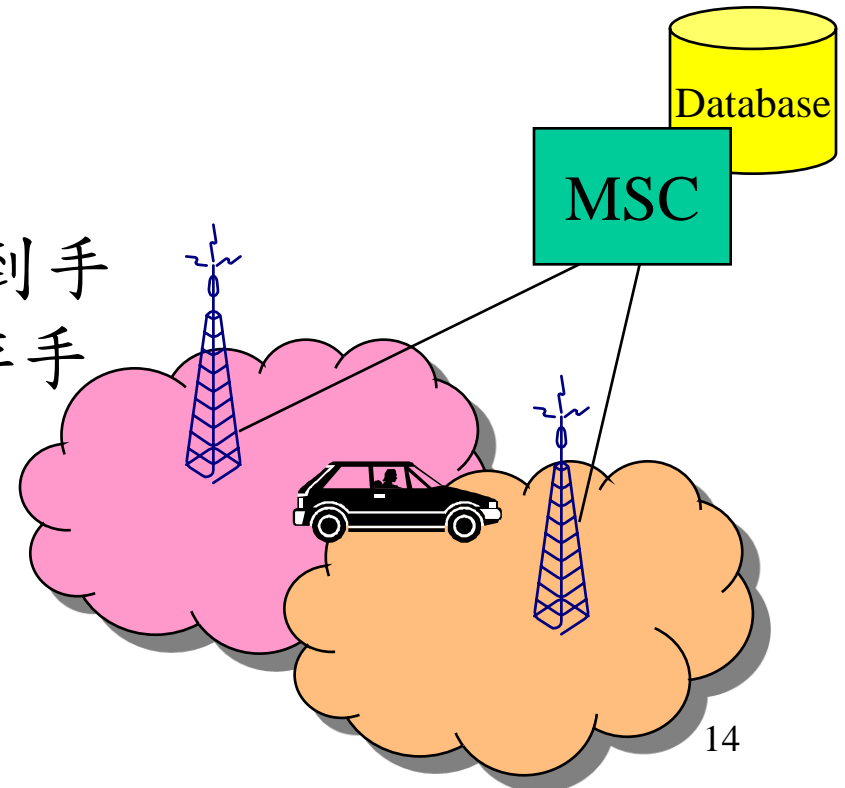
Section 4.2

位置管理

Location Management

打電話

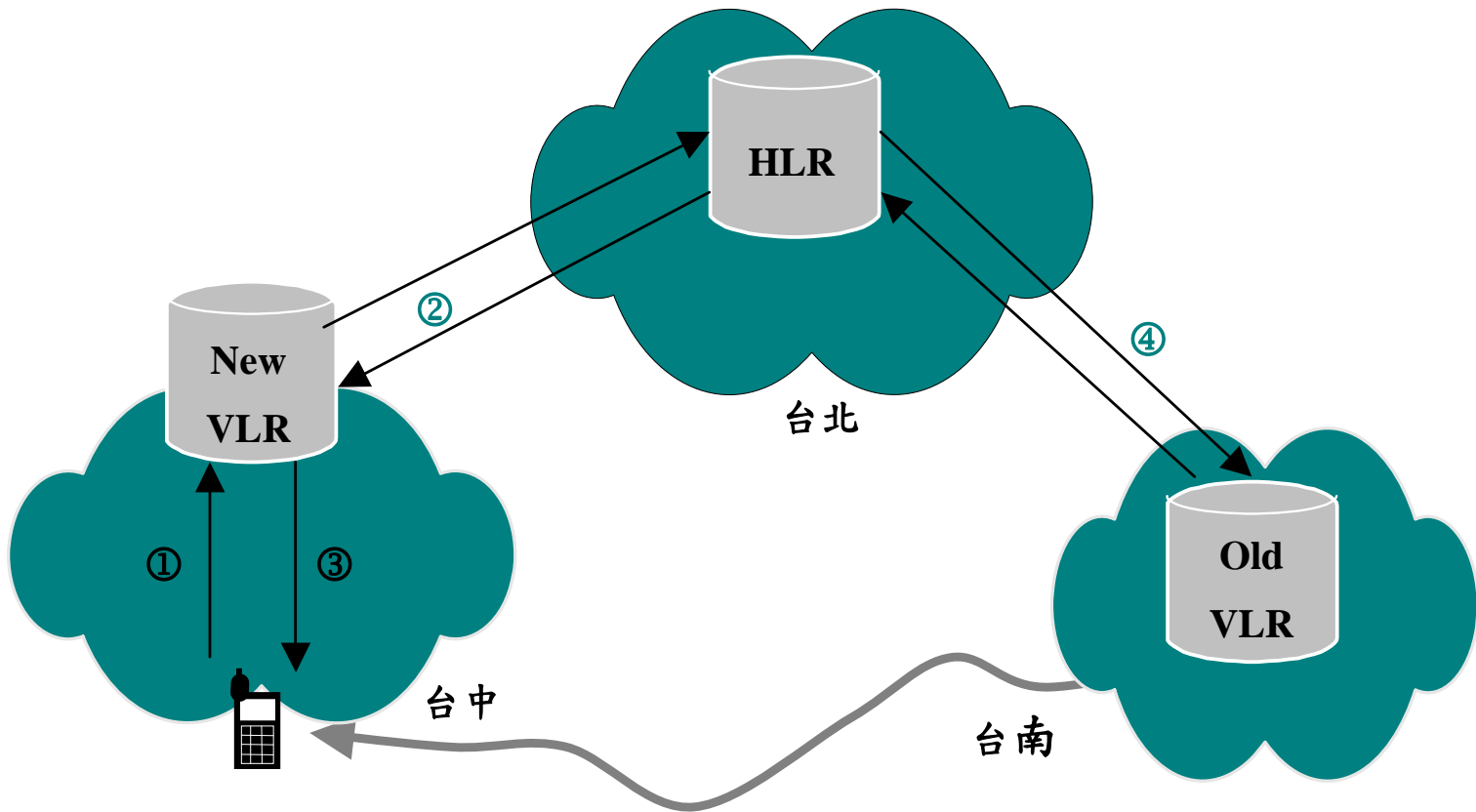
- 手機如何打電話？
 - 發話 (call origination)
- 手機如何接電話？
 - 受話 (call termination)
- 當手機移動時，如何得到手機目前的位置？如何儲存手機目前的位置？
- 答案：註冊與位置更新



註冊與位置更新

- 當手機開機或是移動到一個新的區域，手機報告其最新的位置資訊，這個程序稱為**註冊**（registration）。
- 網路端則需要修改HLR或VLR中的位置資訊，稱為**位置更新**（location update）。
- 當有電話打給手機時，網路端首先必須找到其手機目前的位置，才能完成通話連線的建立，這個步驟則稱為**位置追蹤**（location tracking）。

圖 4-2 手機註冊程序



手機註冊的執行流程

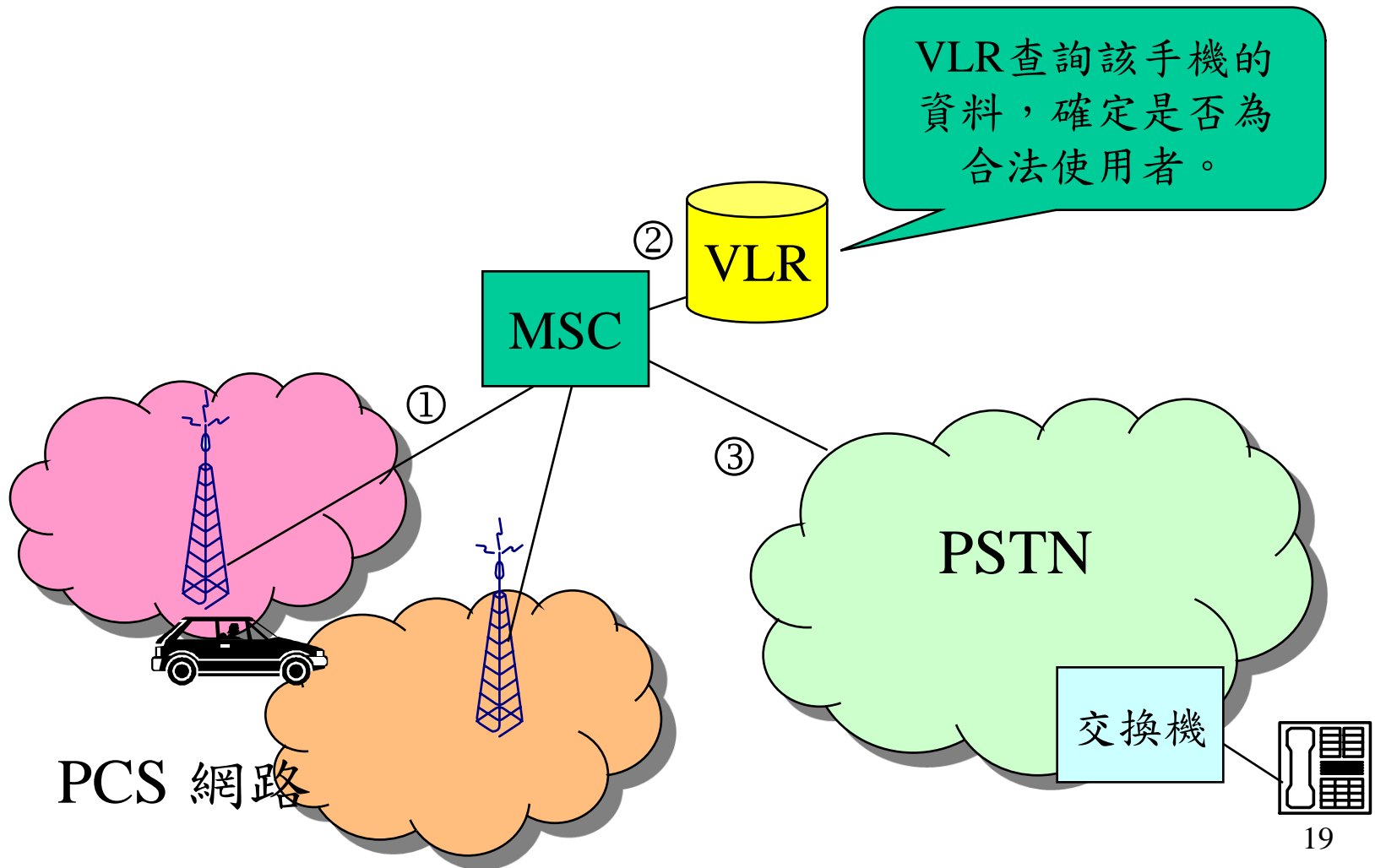
- **步驟 1.** 當手機由Old VLR移動至New VLR時，手機必須向New VLR註冊。
- **步驟 2.** New VLR向手機所屬的HLR查詢手機的相關資訊，同時通知HLR目前手機的最新位置。HLR將包含該手機資訊的回覆訊息送回New VLR。
- **步驟 3.** New VLR通知手機註冊已經成功。
- **步驟 4.** 在步驟2之後，HLR要求Old VLR執行取消註冊（deregistration）的動作，刪除手機在Old VLR中的相關記錄。完成後，Old VLR會回覆取消註冊成功的訊息給HLR。

Section 4.3

通話建立程序

Call Setup Procedure

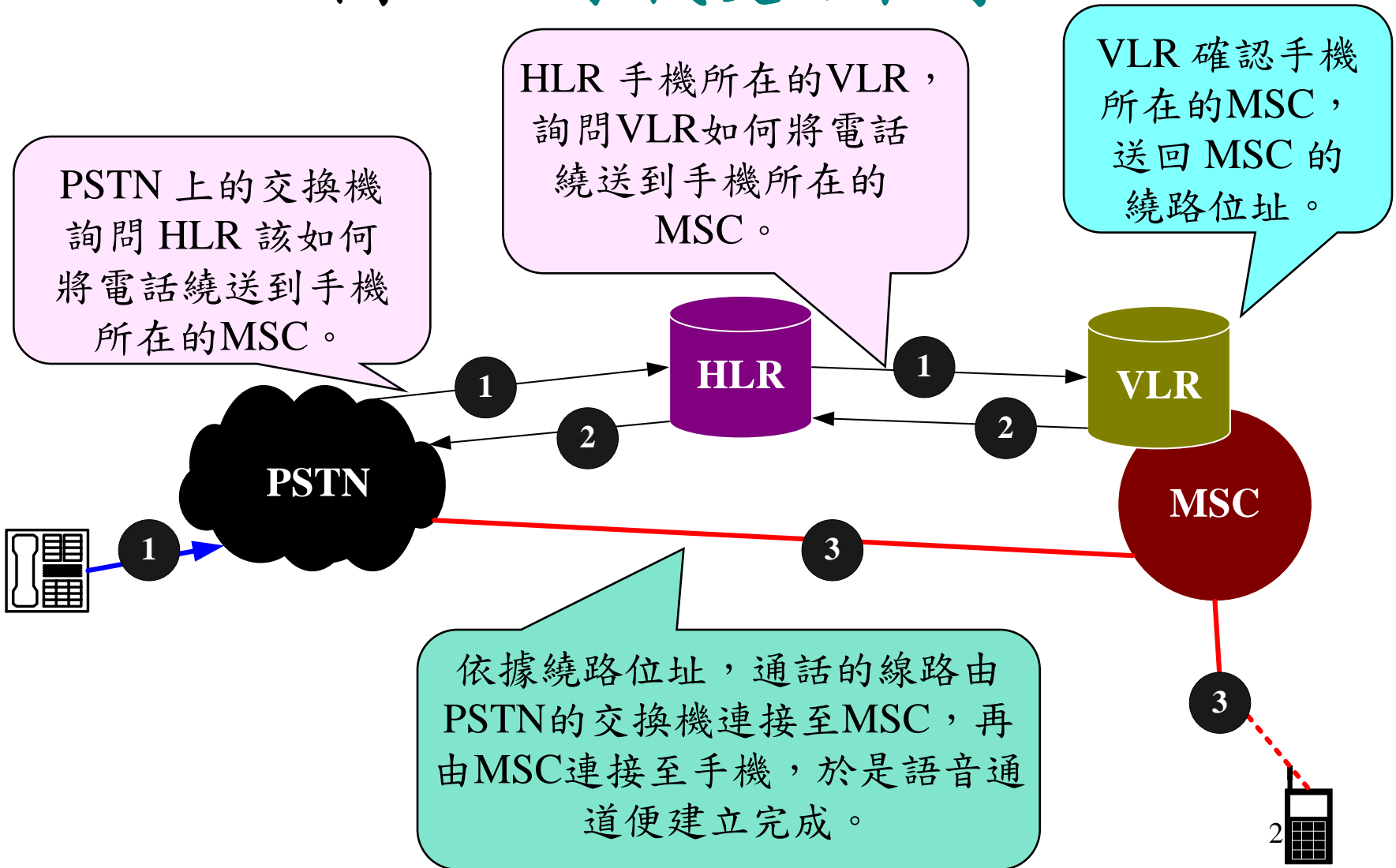
圖 4-3 手機發話程序



發話程序

- **步驟 1.** 手機透過基地台與MSC連絡，並提出撥打電話的請求。
- **步驟 2.** MSC把此訊息傳送給VLR。VLR查詢該手機的資料，確定是否為合法使用者。
- **步驟 3.** 如果這通電話被VLR所接受，則MSC開始依據標準通話建立程序將電話接到PSTN用戶。

圖 4-4 手機受話程序



受話程序 (1/2)

- **步驟 1.** 當PSTN電話撥出手機的號碼後，此電話請求便被送至PSTN上的交換機進行處理。
 - 這個交換機被稱為**初始交換機**（originating switch）
 - 初始交換機會將這通電話轉接到具有詢問HLR功能的交換機，代為處理查詢與建立通話的業務。此交換機會**詢問HLR**該如何將電話繞送到手機所在的**MSC**。
 - HLR查詢自己的資料庫，找到負責此手機的VLR，並詢問VLR如何將電話繞送到手機。**VLR**會傳回一個**繞路位址**（routable address）。透過此繞路位址，即可將電話繞送到手機所在的MSC。

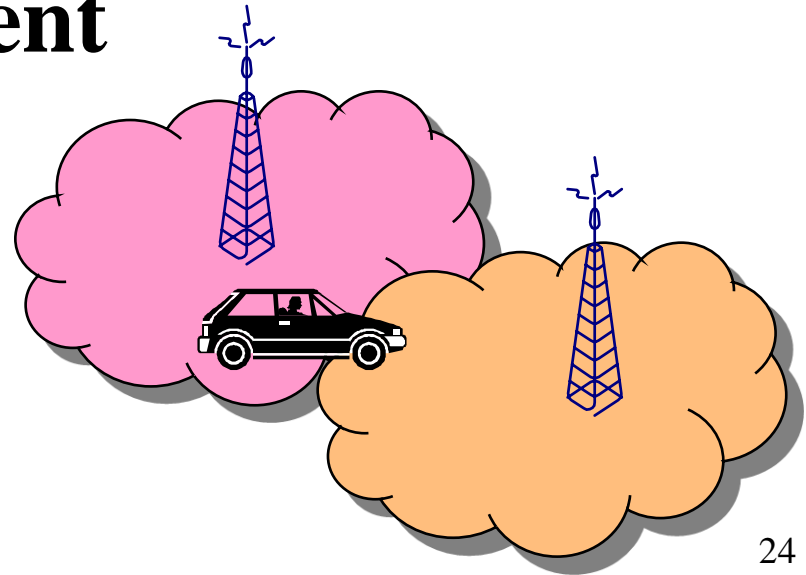
受話程序 (2/2)

- **步驟 2.** 一個繞路位址由VLR送回給HLR，再轉送到PSTN的交換機。
- **步驟 3.** 依據繞路位址，通話的線路由PSTN的交換機連接至MSC，再由MSC連接至手機，於是語音通道便建立完成。

Section 4.4

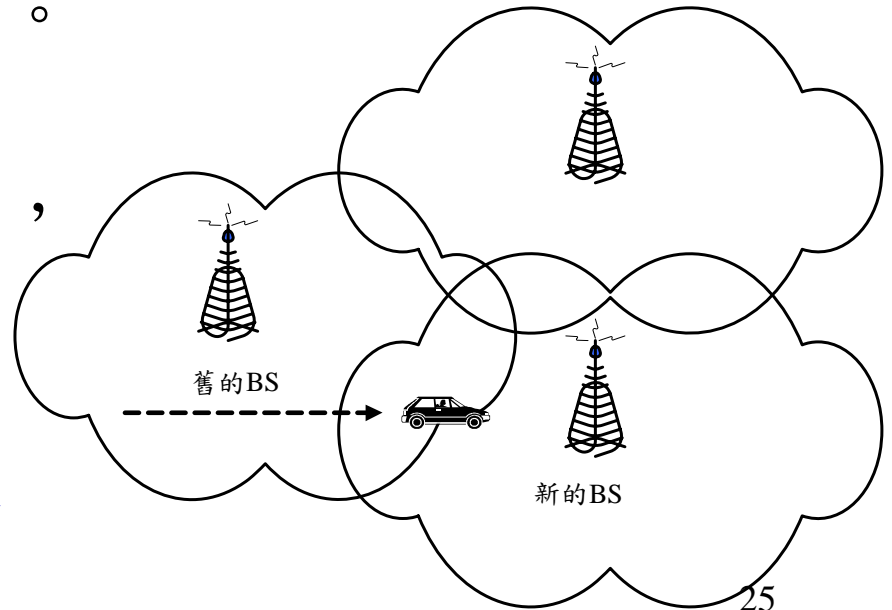
交遞管理

Handoff Management



交遞

- 將通話線路轉移到新的基地台，由新的基地台負責與手機通訊，這樣的過程稱為交遞。
- 交遞的過程一定要在相鄰兩個基地台間重疊的涵蓋範圍中執行完畢。
- 如果舊的無線電鏈結衰減得太嚴重已無法使用，而新的無線電鏈結又尚未建立起來，通話將因此被迫中斷，稱為強迫中斷（forced termination）。



交遞的三個議題

➤ 交遞偵測 (handoff detection)

- 偵測無線電波的訊號強度是否符合進行交遞的條件，並決定是否應該執行交遞程序。

➤ 無線電通道配給 (channel assignment)

- 決定手機應轉移至那一個基地台，那一個合適的無線電通道。

➤ 鏈結轉移 (link transfer)

- 當無線電通道決定後，手機由舊的無線電通道轉換到新的無線電通道，此轉換過程稱為鏈結轉移。

交遞偵測

- 什麼時候要做交遞？
- 手機與基地台要隨時偵測無線電鏈結是否仍正常運作。
- 偵測那些項目？
 - 字元錯誤指標（Word Error Indicator，WEI）
 - 接收信號強度指標（Received Signal Strength Indication，RSSI）
 - 品質指標（Quality Indicator，QI）

交遞的決定

- 誰來決定是否進行交遞？
 - 手機控制交遞 (Mobile-Controlled Handoff , MCHO)
 - 網路控制交遞 (Network-Controlled Handoff , NCHO)
 - 手機輔助交遞 (Mobile-Assisted Handoff , MAHO)

手機控制交遞 (MCHO)

- 由手機測量周圍基地台的訊號強度。
- 由手機啟動交遞的程序，並決定轉換到那一個無線電通道。
- 例如歐規的DECT以及美規的PACS。

網路控制交遞 (NCHO)

- 由網路端（即基地台等元件）測量周圍基地台的訊號強度。
- 由網路端啟動交遞的程序，並決定轉換到那一個無線電通道。
- 網路工作量龐大，交遞執行過程耗費時間。
- AMPS以及CT2+等系統因使用FDMA技術，手機在通話時無法轉移到其他頻率進行訊號量測，只能交由網路端進行測量的工作。

手機輔助交遞 (MAHO)

- 由手機測量周圍基地台的訊號強度。
- 由網路端啟動交遞的程序，並決定轉換到那一個無線電通道。
- 例如GSM。
- 請比較三種方式的優劣。

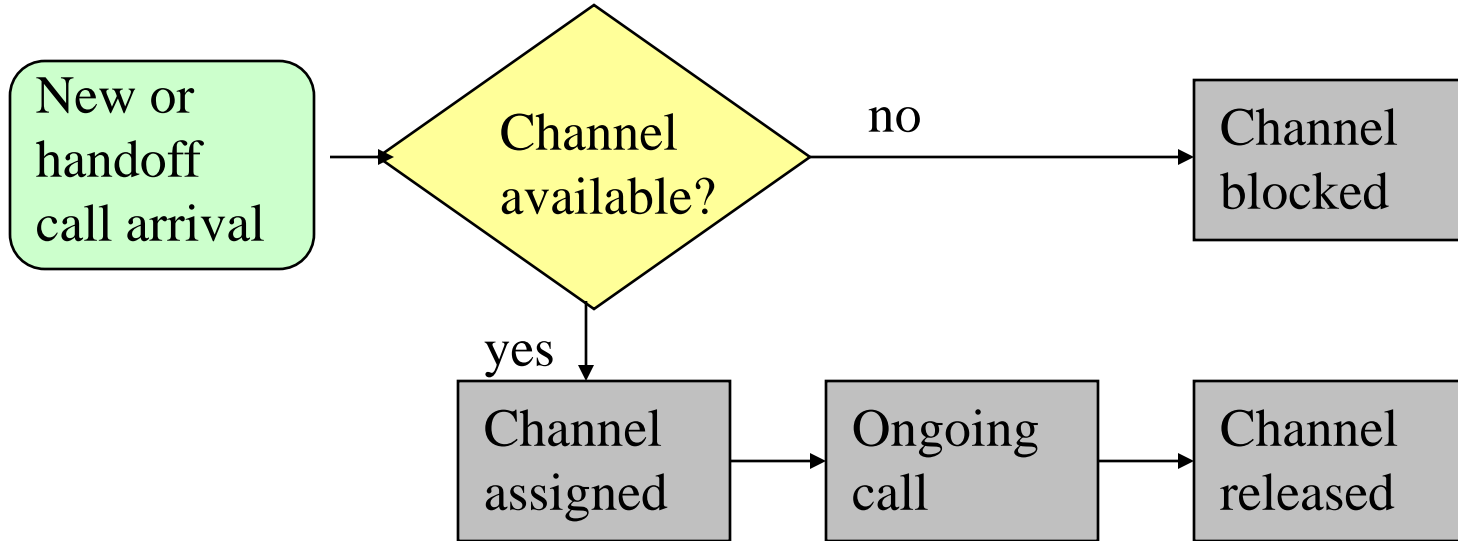
無線電通道配給

- 若基地台有閒置的無線電通道，系統便會分配給手機，直到通話結束或手機進行交遞，才回收手機所釋放出來的無線電資源。
- 各種改進方法：
 - 分別考慮交遞要求與初始通話要求。
 - 把一個通道切割給兩個手機使用。
- 各種無線電通道配給方式的比較
 - 服務品質、方法的複雜程度、資料庫查詢的次數以及頻段使用效率。

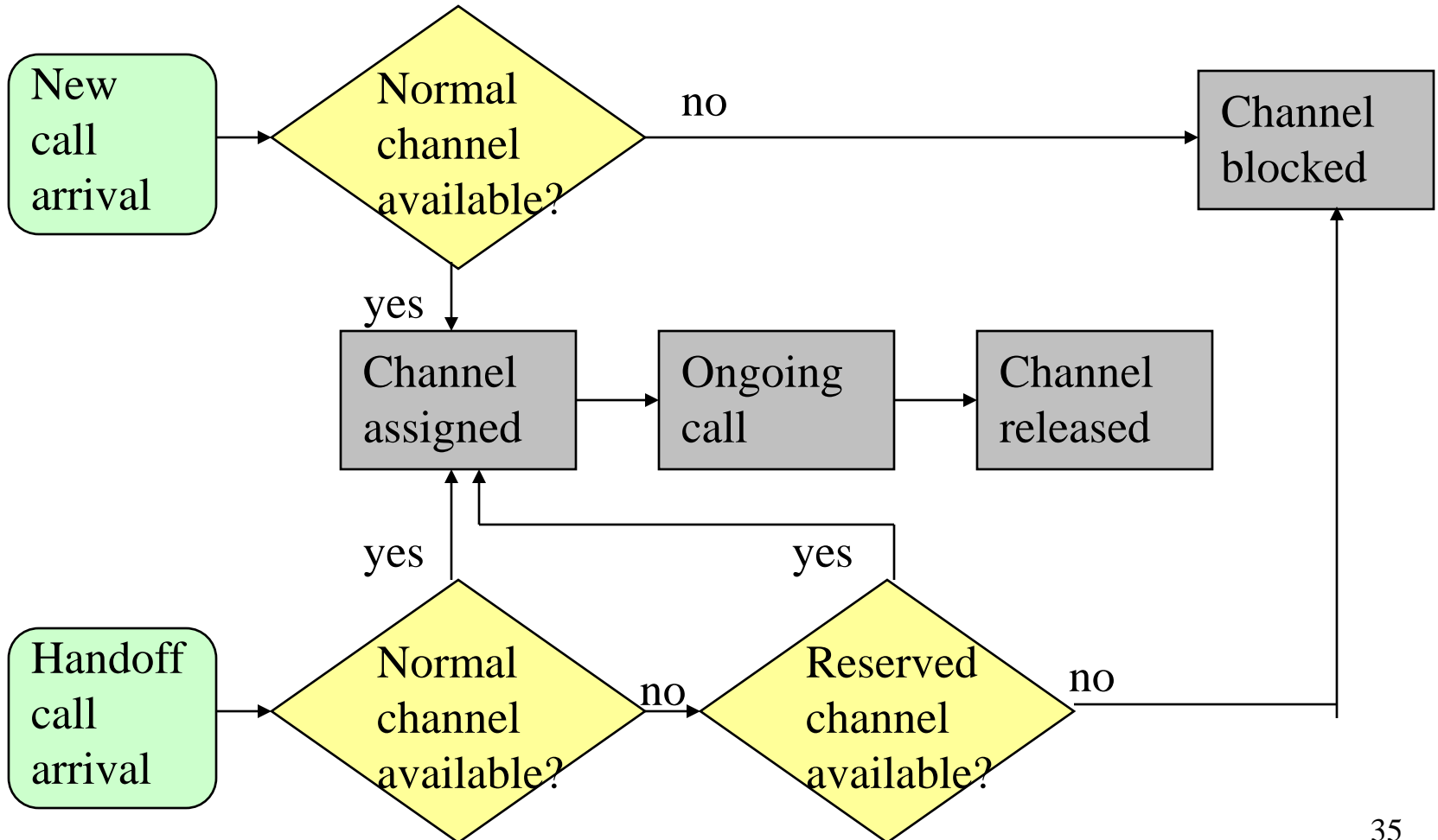
Forced Terminations

- **Blocked call** : Initial access requests fail
 - For **new call**
 - No available channels on the visited BS
- **Forced terminations** : Handoff requests fail
 - For **handoff call**
 - No available channel on the selected BSs
- Which one is serious, new call blocking or force terminating?

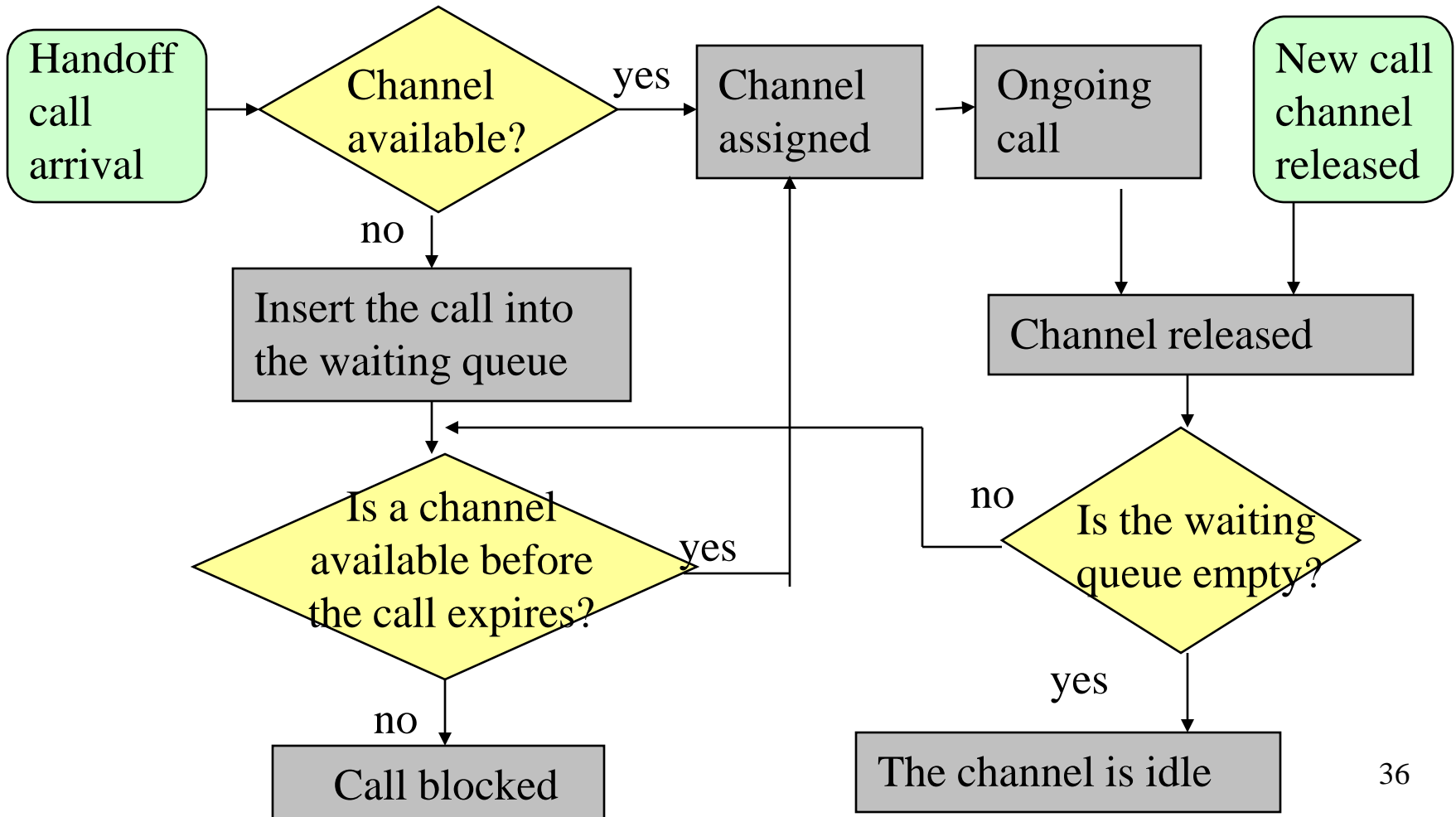
Flowchart for Non-prioritized Scheme



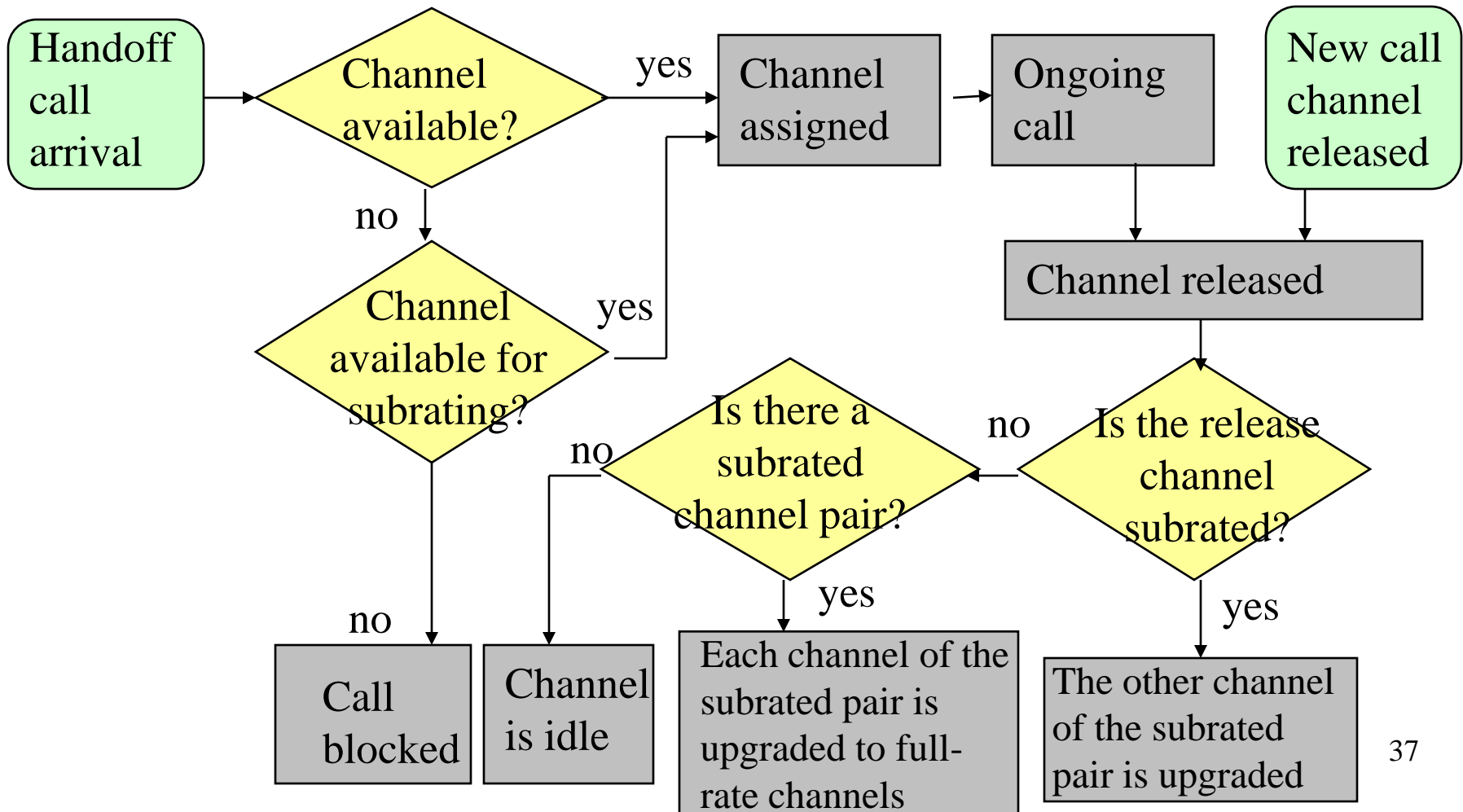
Flowchart for Reserved Channel Scheme



Flowchart for Queuing Priority Scheme (for Handoff Calls)



Flowchart for Subrating Scheme (for Handoff Calls)

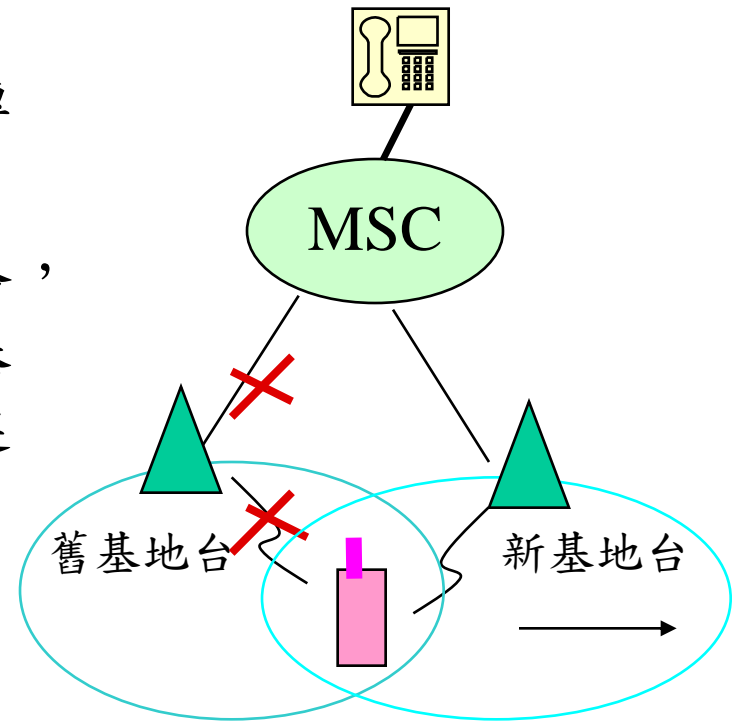


鏈結轉移

➤ 鏈結轉移過程中的兩個重要動作：

- 手機由舊基地台無線電鏈結轉換至新基地台的無線電鏈結。
- 網路端必須建立新的通話線路，連結目前的通話線路到新的基地台，並把與舊的基地台間連接的通話線路拆除。

➤ 任何一個細節無法完成，就會導致強迫中斷。



鏈結轉移失敗的原因

- 基地台沒有可用的無線電鏈結。
- 缺乏網路端的資源，例如MSC沒有可以建立通話連線的橋接器。
- 在一段時間內手機嘗試做handoff的次數已超過一定次數的限制。
- 交遞執行的時間太長，手機已經遠離造成斷訊。

鏈結轉移的分類




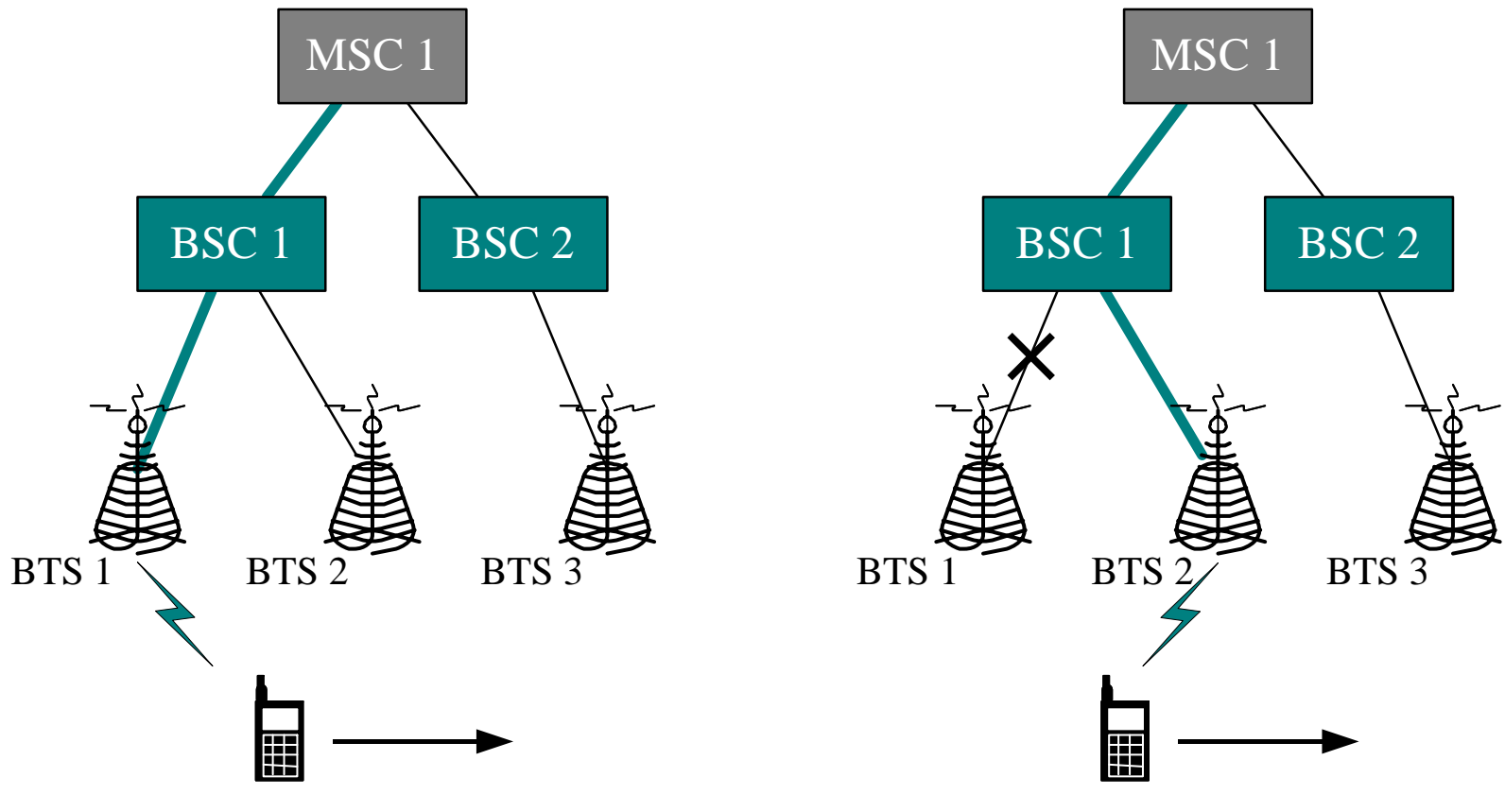
- Intra-BTS handoff：在同一個BTS下的交遞。
- Inter-BTS handoff：新舊BTS連接到相同的BSC。

- Inter-BSC handoff：新舊BTS連接到不同的BSC，而這兩個BSC連接到相同的MSC。

- Inter-MSC handoff（或稱為inter-system Handoff）：新舊BTS連接到不同的MSC。

- Inter-system handoff：新舊BTS連接到不同的PCS網路。

圖 4-6 Inter-BTS handoff

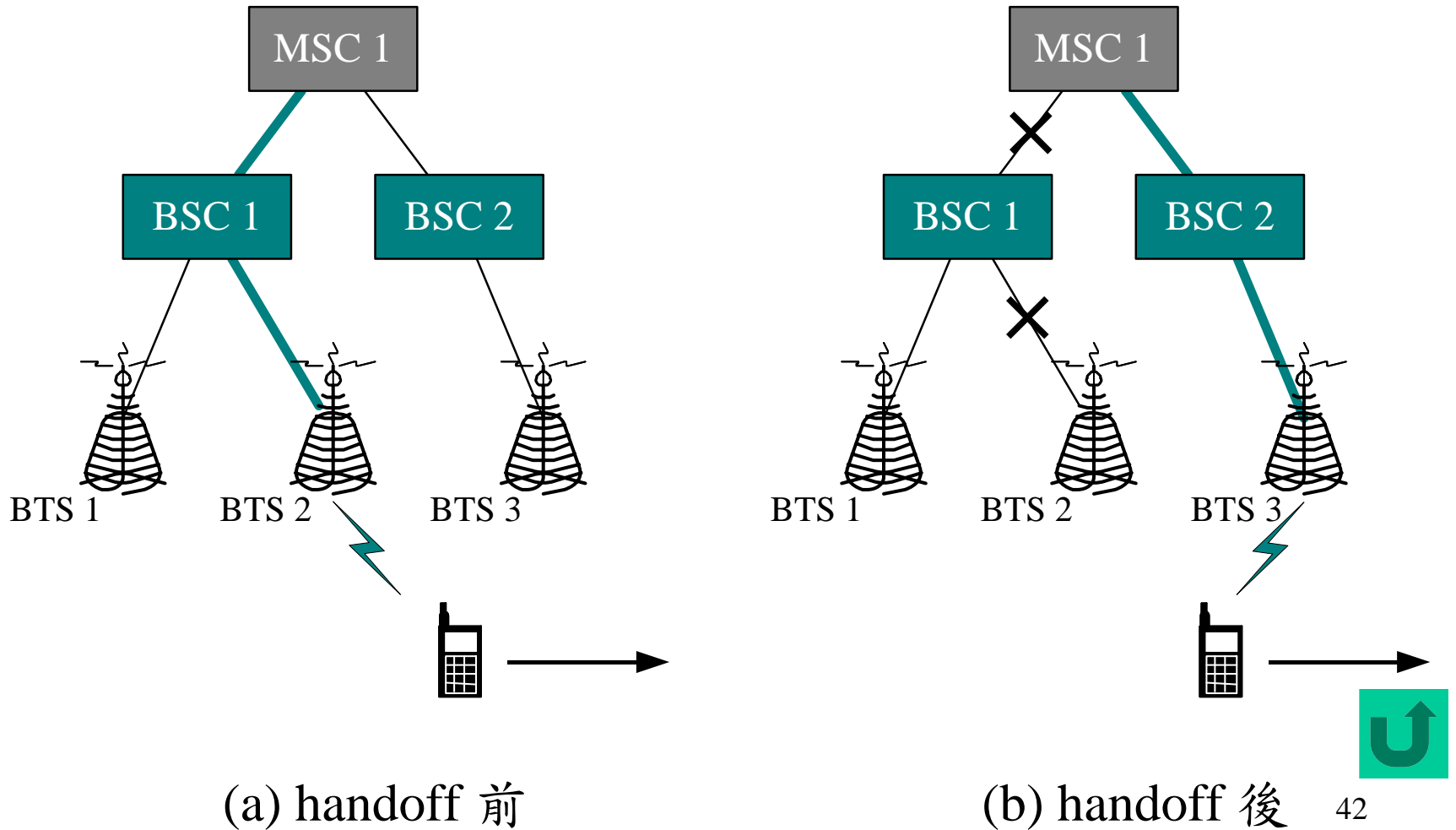


(a) handoff 前

(b) handoff 後



圖 4-7 Inter-BSC 鏈結轉移



Inter-BSC Handoff 的步驟 (1/2)

➤ 假設系統採用手機控制交遞 (MCHO)。

➤ 步驟 1.

- 手機暫停通話，選擇一個新的基地台 (BTS 3) 的閒置無線電鏈結通道，送出要求交遞的信號給新的基地台。
- 在等待網路端運作的時候，手機繼續使用舊基地台 (BTS 2) 的連線進行通話。

Inter-BSC Handoff 的步驟 (2/2)

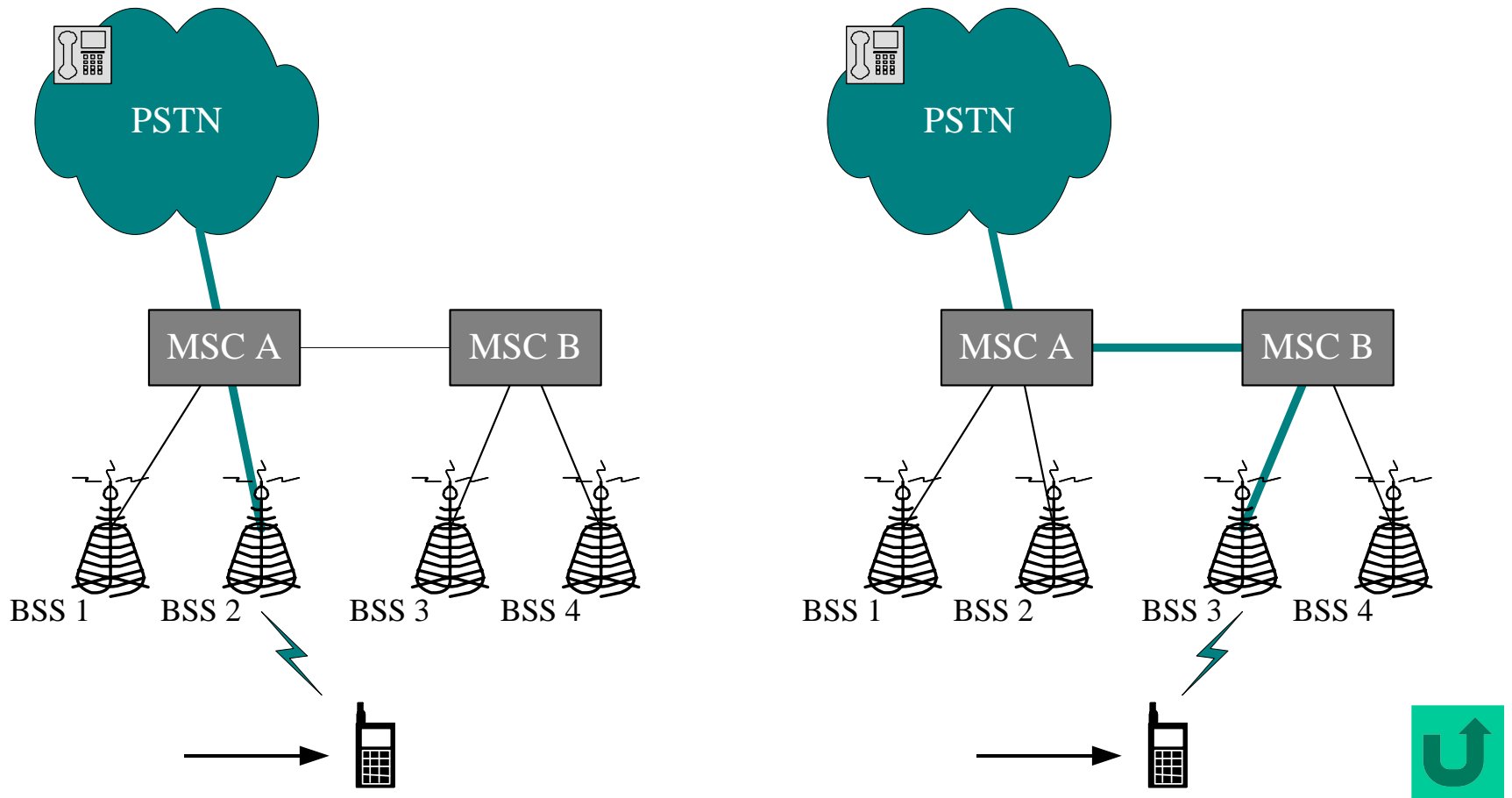
➤ 步驟 2.

- 新基地台將信號轉送給MSC。
- MSC向舊的基地台取得手機的加密資料，並將此資料傳送到新的基地台。
- MSC負責橋接（bridge）通話線路至新基地台，透過舊基地台通知手機從舊的無線電鏈結轉移到新的無線電鏈結。

➤ 步驟 3. 手機轉換到新的基地台後，便通知網路端將使用新的無線電鏈結來恢復通話。

➤ 步驟 4. 收到交遞完成的信號後，網路端移除舊的無線電通道，釋放相關的網路資源。

圖 4-8 Inter-MSC鏈結轉移



(a) handoff 前

(b) handoff 後



Inter-MSD Handoff 的步驟 (1/2)

➤ 假設採用網路控制交遞 (NCHO)。

➤ 步驟 1.

- MSC A 請求 MSC B 對手機進行無線電波訊號強度的量測。
- MSC B 選擇 BS 3，要求 BS 3 對手機進行測量。
- MSC B 將測得的數值及相關資訊回傳給 MSC A。

Inter-MSC Handoff 的步驟 (2/2)

➤ 步驟 2.

- MSC A 發現 BS 3 測得的手機訊號更佳，便啟動鏈結轉移的程序。
- MSC A 請求 MSC B 建立與手機間的無線電鏈結。

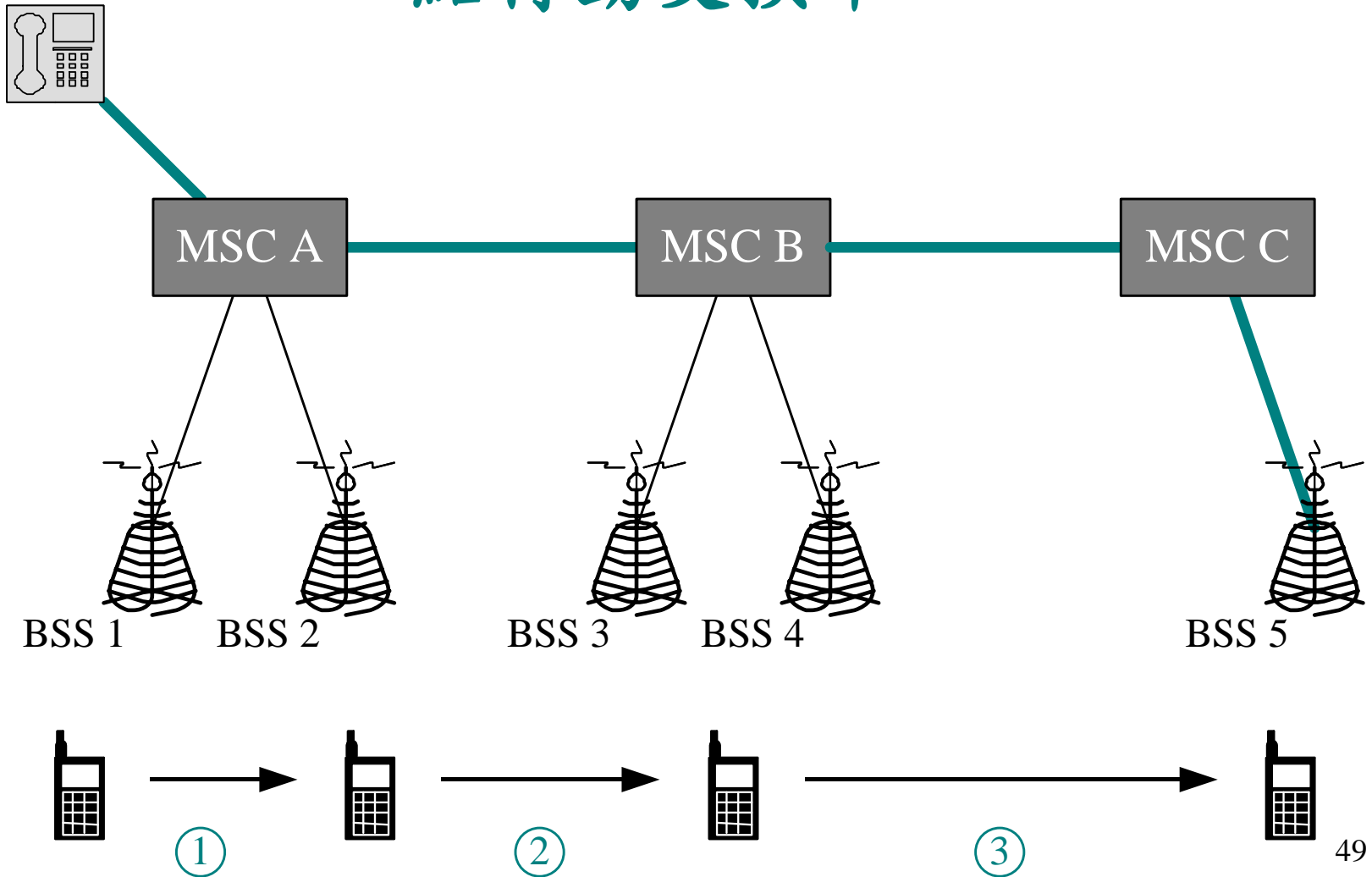
➤ 步驟 3.

- MSC A 送給手機一個交遞的命令和相關參數，要求手機換到 BS 3 的管轄範圍，因此手機便試著與 BS 3 建立連線。
- 當手機成功連上 BS 3 後，MSC B 通知 MSC A 交遞程序已經成功。最後，MSC A 將傳送語音的線路連接至 MSC B，完成整個交遞程序。

定點行動交換中心（Anchor MSC）

- 若通話中的手機跨越許多 MSC，如同圖4-9，網路端的通話幹線（trunk）會從 MSC A 經過 MSC B，再串接到目前的 MSC C。
- 與 PSTN 相連的 MSC A 被稱為定點行動交換中心（anchor MSC），MSC A 總是存在於通話路徑上與 PSTN 相連，再由 MSC A 串連到其他 MSC。
- 優缺點？是否有其他改良方式？

圖 4-9 MSC A 為 handoff 過程中的定點行動交換中心






Section 4.5

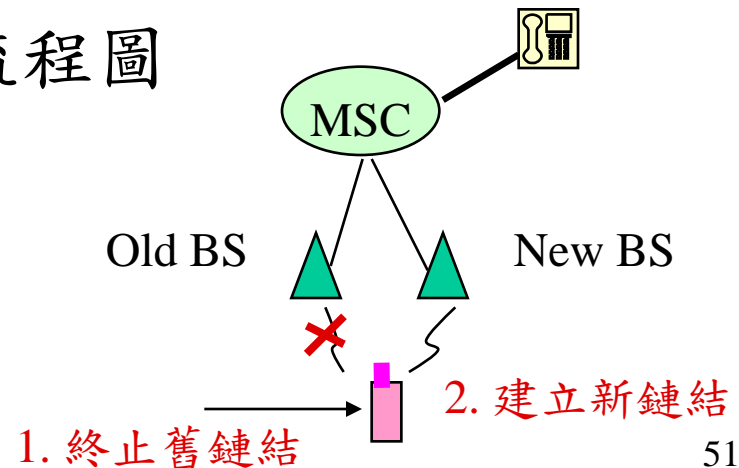
硬交遞與軟交遞

Hard Handoff and Soft Handoff




硬交遞 (Hard Handoff)

- 使用 TDMA 及 FDMA 的系統，手機在同一時間只能與一個基地台連接，互相交換訊息。
 - 手機必須在兩個細胞的重疊區域內，快速地轉移到新基地台。
- 這種交遞方式被稱為硬交遞 (hard handoff) 。
- Inter-BSC handoff 詳細流程圖

- MCHO 見圖4-11 
- MAHO 見圖4-12 



軟交遞 (Soft Handoff)

- 使用 CDMA 的系統，手機在同一時間可以與數個基地台連接，互相交換訊息。
 - 手機與訊號強的基地台建立連結 (MAHO)。
 - 手機與訊號弱的基地台中止連結 (MAHO)。
- 這種交遞方式被稱為軟交遞 (soft handoff)。

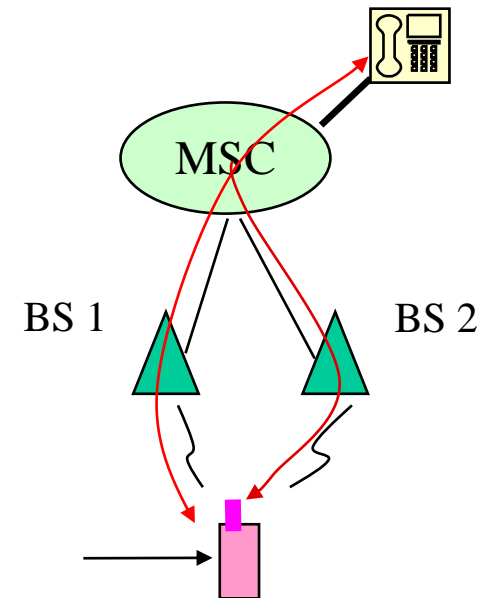
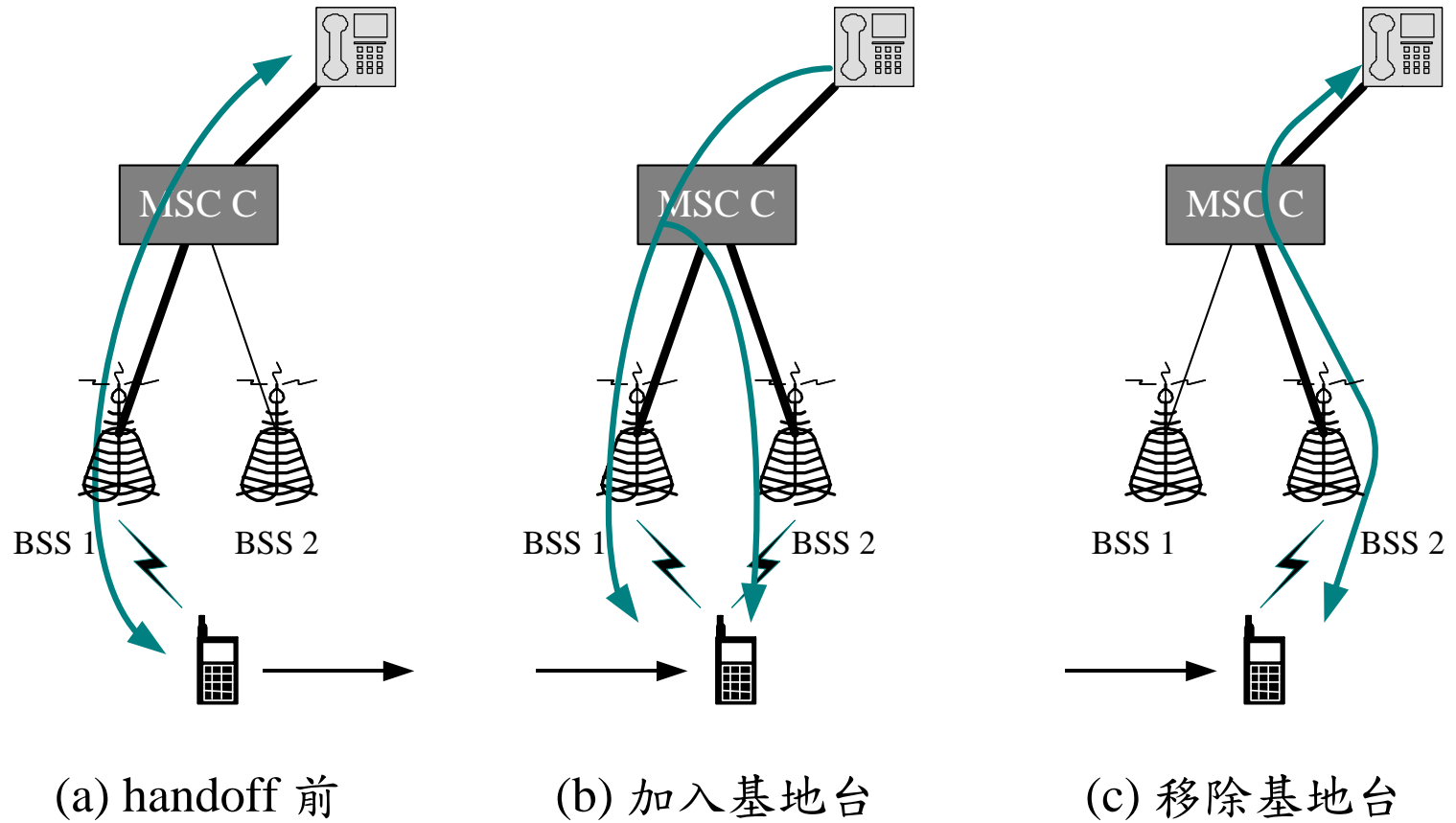


圖 4-10 軟交遞

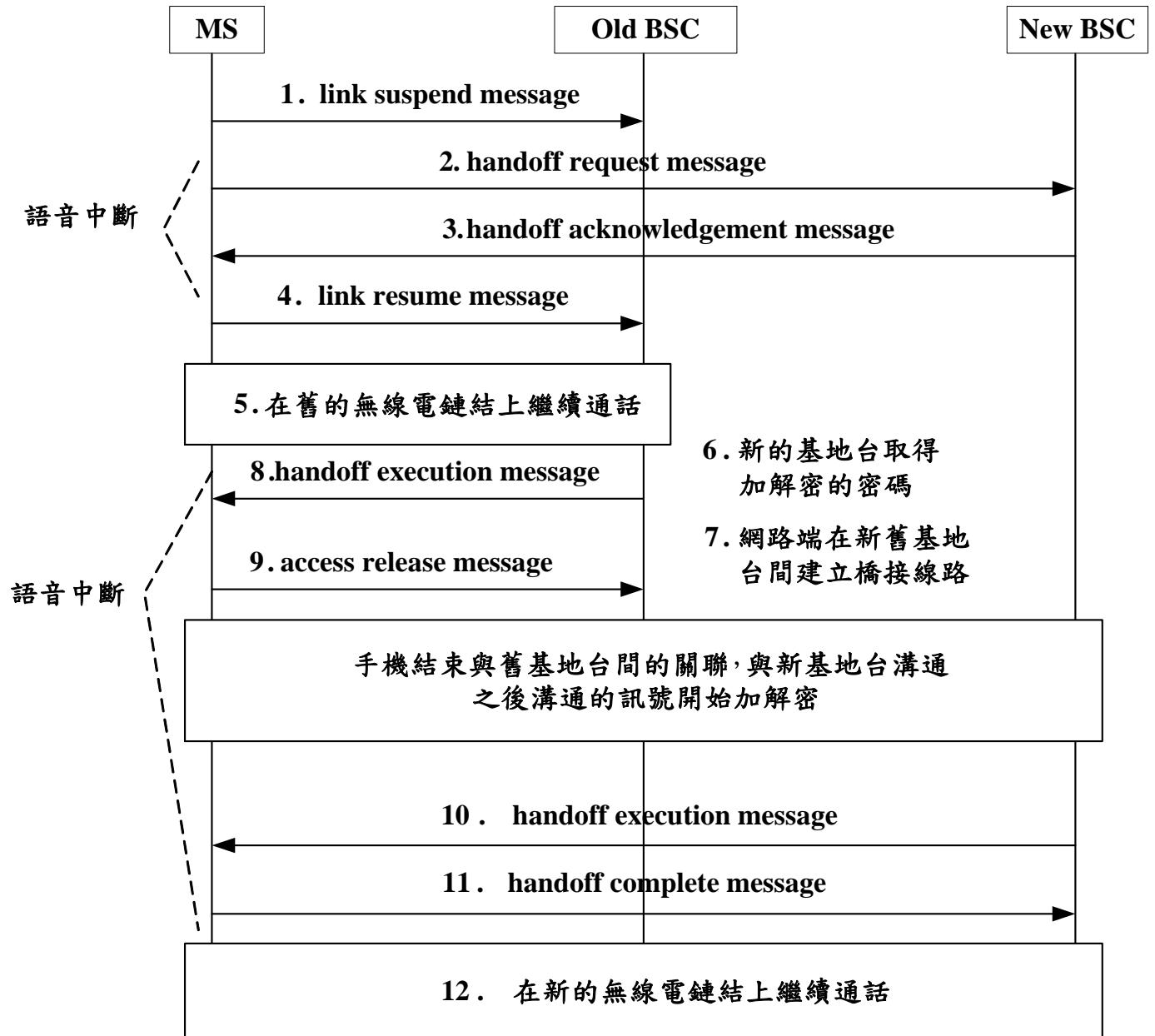


Section 4.5.1

硬交遞

Hard Handoff

圖 4-11 MCHO 的 Inter-BSC 鏈結轉移訊息流程圖



MCHO 的 Inter-BSC Handoff 的步驟 (1/3)

- **步驟 1.** 手機決定執行交遞後，送出無線電鏈結暫停通訊的訊息（**link suspend**）給舊的基地台，暫時停止語音通話。
- **步驟 2.** 手機找出新的基地台閒置的時槽，送出要求交遞的訊息（**handoff request**）至網路端，提出交遞請求。
- **步驟 3.** 新基地台將 **步驟 2.** 中手機選定的時槽狀態標記為忙碌並回應手機（**handoff acknowledge**）。

MCHO 的 Inter-BSC Handoff 的步驟 (2/3)

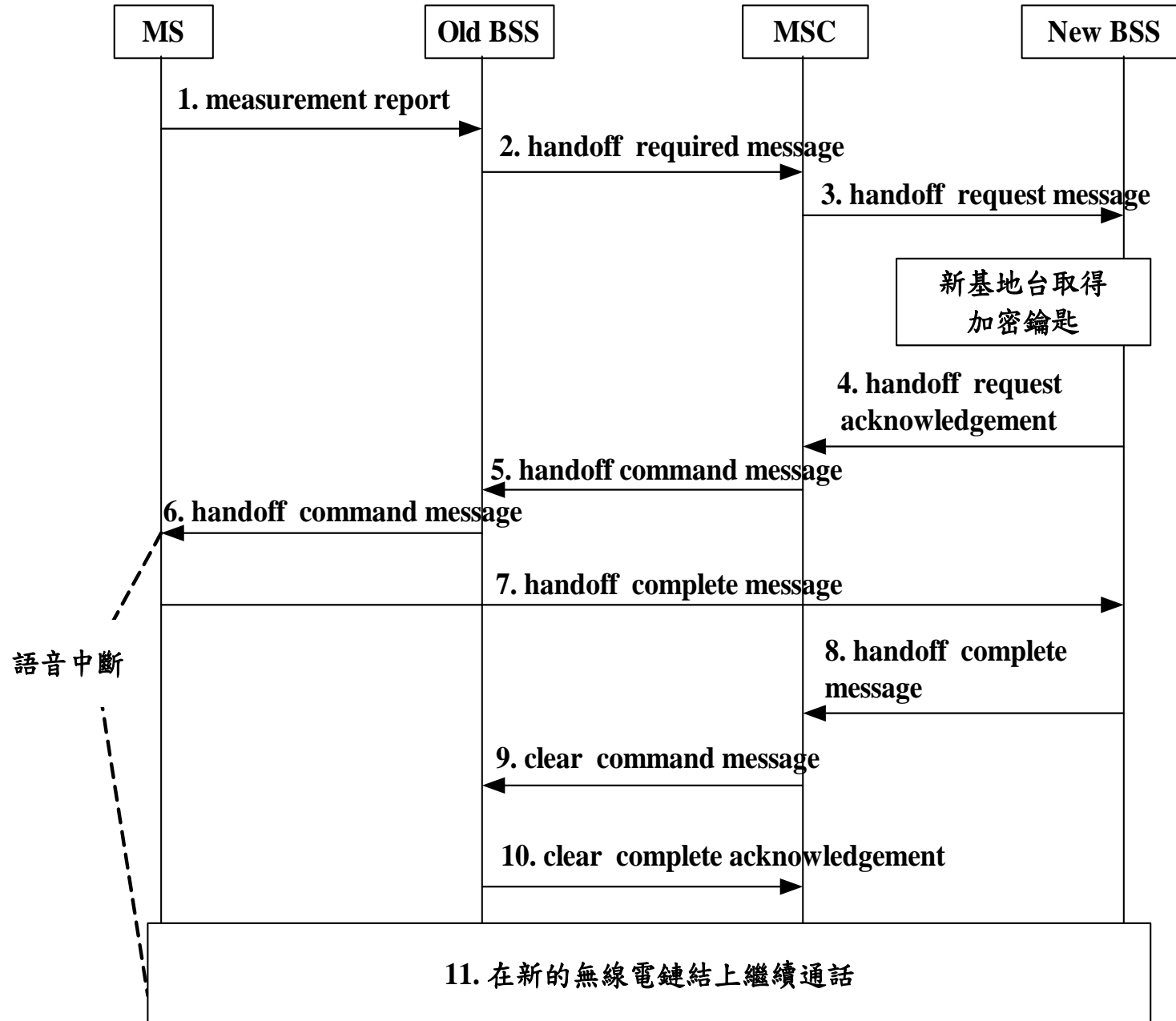
- **步驟 4.** 收到 **步驟 3.** 訊息後，手機要求與舊基地台回復原本無線電鏈結（**link resume**）。
- **步驟 5.** 手機以原有的無線電通道繼續通話。
- **步驟 6.** 新基地台收到 **步驟 2.** 的訊息後，經由 MSC 從舊基地台獲得加密鑰匙（**cipher key**）。無線電通道會利用這個加密鑰匙來加解密。
- **步驟 7.** MSC 在通話路徑上插入一個橋接線路以將通話線路連接至新基地台。

MCHO 的 Inter-BSC Handoff 的步驟 (3/3)

- **步驟 8.** 舊基地台通知手機繼續執行交遞程序（**handoff execution**）。
- **步驟 9.** 手機通知舊的基地台可以釋放舊的無線電通道（**access release**）。
- **步驟 10.** 新的基地台完全設定好之後，通知手機執行交遞程序（**handoff execution**）。
- **步驟 11.** 手機經由新的無線電通道送出回應（**handoff complete**），並且恢復語音通話。
- 網路端移除舊有路徑上的橋接線路，並且釋放與舊無線電鏈結相關的資源。



圖 4-12 MAHO 的 Inter-BSC 鏈結轉移訊息流程圖



MAHO 的 Inter-BSC Handoff 的步驟 (1/3)

- **步驟1.** 手機定期傳送無線電鏈結的量測報告（**measurement report**）給基地台。
- **步驟2.** 當舊基地台確定有必要執行交遞時，會送給 MSC 需要交遞的訊息（**handoff required**）。
- **步驟3.** MSC 檢查候選基地台清單，從中選擇一個最適當的基地台，送出要求交遞的訊息（**handoff request**）給新基地台。

MAHO 的 Inter-BSC Handoff 的步驟 (2/3)

- **步驟4.及5.** 新基地台回應此一要求後（**handoff request acknowledge**），MSC 下令進行交遞，送出新基地台無線電頻段相關資訊至舊基地台（**handoff command**）。
- **步驟6.** 舊基地台命令手機轉移無線電鏈結至新基地台上（**handoff command**）。

MAHO 的 Inter-BSC Handoff 的步驟 (3/3)

- **步驟7.** 手機建立與新基地台間的無線電鏈結，送出交遞完成的訊息（**handoff complete**）給新基地台。
- **步驟8.** 新基地台通知 MSC 此交遞已經執行完成（**handoff complete**）。
- **步驟9.** MSC 命令舊基地台釋放舊的無線電鏈結（**clear command**）。
- **步驟10.** 舊基地台回應成功的訊息給 MSC，完成整個交遞程序（**clear complete acknowledgement**）。

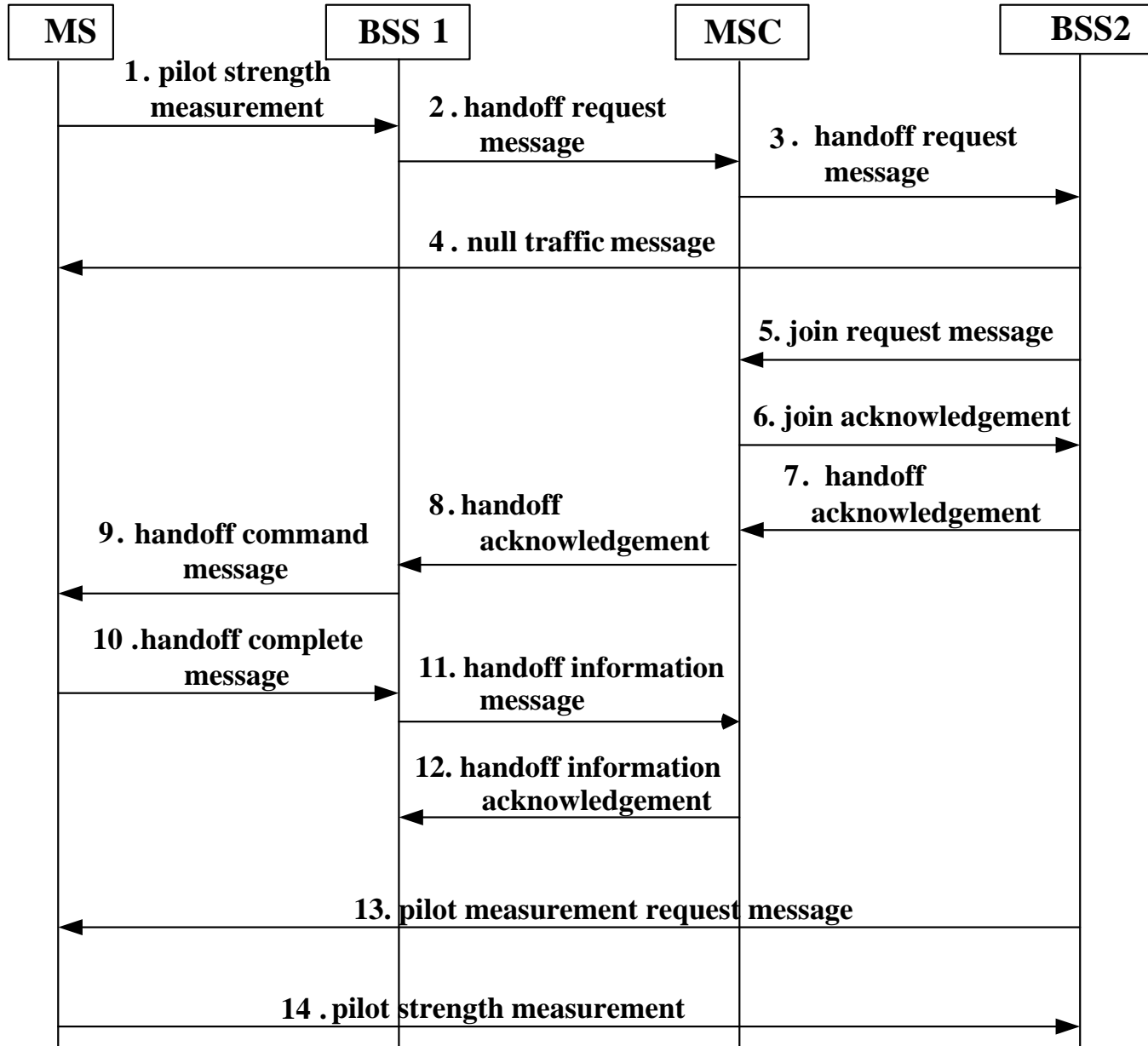


Section 4.5.2

軟交遞

Soft Handoff

圖 4-13 加入一個新的基地台



MAHO 中加入基地台的步驟 (1/3)

- **步驟 1.** 手機測量附近基地台導引訊號的強度並將報告送到舊基地台（**pilot strength measurement**）。
- **步驟 2.及3.**
 - 舊的基地台送出要求交遞的訊息（**handoff request**）給 MSC，表示希望加入新的基地台。
 - MSC 接受此交遞的請求，送出要求交遞的訊息（**handoff request**）給新的基地台。
- **步驟 4.** 新基地台送訊息（**null traffic**）給手機，表示將準備建立溝通的連線。

MAHO 中加入基地台的步驟 (2/3)

➤ 步驟 5.及6.

- 新基地台回送訊息 (**join request**) 給MSC，要求MSC 把新、舊兩個基地台的連線橋接起來。
- MSC回應成功 (**join acknowledgement**) 。

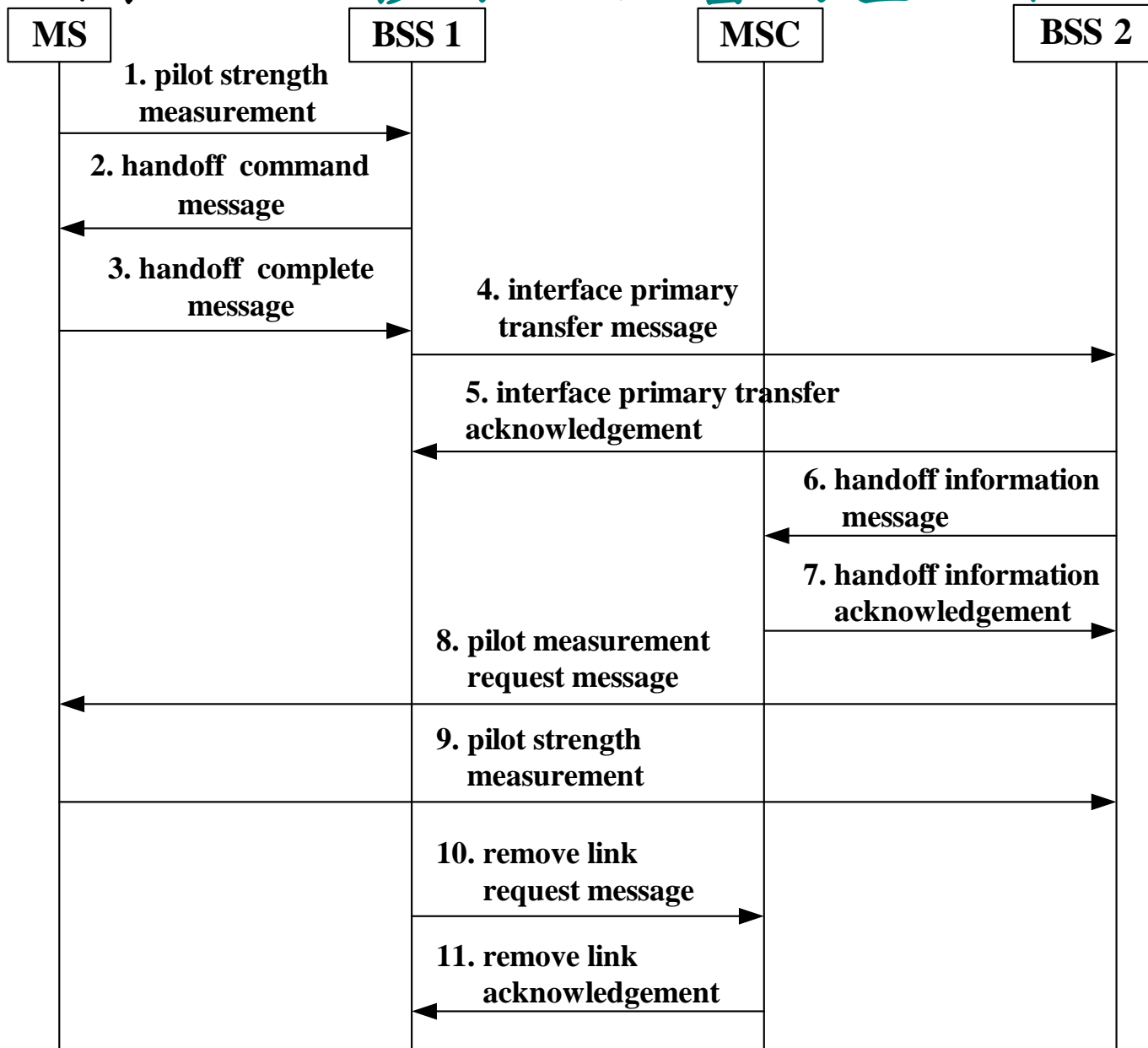
➤ 步驟 7.及8. 新基地台透過MSC送成功的訊息 (**handoff acknowledgement**) 給舊的基地台，回應**步驟2.及3.**。

➤ 步驟 9.及10. 舊基地台指示手機增加新的連線到新基地台 (**handoff command**) 。

MAHO 中加入基地台的步驟 (3/3)

- **步驟 11.及12.** 舊基地台和MSC藉著交換交遞的相關資料（**handoff information message**與**acknowledgement**）結束交遞的程序。
- **步驟 13.及14.** 新基地台要求手機開始測量無線電訊號的強度（**pilot measurement request**），而手機回應測量值（**pilot strength measurement**）來保證新連線的品質。

圖 4-14 移除一個舊的基地台



MAHO 中移除基地台的步驟 (1/3)

- **步驟 1.** 手機送導引訊號的強度 (**pilot strength measurement**) 訊息給舊的基地台。
- **步驟 2.及3.**
 - 舊的基地台發現訊號太弱，要求手機移除無線電鏈結 (**handoff command**) 。
 - 手機回應完成 (**handoff complete**) ，表示不再使用彼此間的無線電鏈結通話。
- **步驟 4.及5.** 舊基地台傳送所有電話紀錄至新的基地台 (**interface primary transfer**) 。

MAHO 中移除基地台的步驟 (2/3)

- **步驟 6.及7.** 新的基地台和MSC互相交換交遞的資訊 (**handoff information**)，說明舊基地台與手機間的連線已經終止。
- **步驟 8.及9.** 新基地台要求手機測量無線電訊號的強度 (**pilot measurement request**)，而手機回應測量值 (**pilot strength measurement**)，以確保與舊基地台之間的連結被終止之後，手機和網路之間的通訊可以繼續。

MAHO 中移除基地台的步驟 (3/3)

- 步驟 10.及11. MSC和舊基地台互相交換移除鏈結的訊息 (**remove link**) 來移除彼此間新、舊基地台之間的橋接線路以及其他相關的資源。

柔交遞 (Softer Handoff)

- MS 位於同一個基地台下，但跨越不同sector之間的交遞，稱為柔交遞 (softer handoff)。

兩種交遞的比較

➤ Soft handoff

- MS 與網路之間的無線電鏈結會有較好的品質。
- 沒有無法通話的空窗期。
- 需要特殊的技術與設備。

➤ Hard handoff

- 會一段無法通話的空窗期。
- 鏈結轉移程序的速度是關鍵的考量要素。
- MS 與舊 BS 之間無線電鏈結的品質具有逐漸變差的特性。

Section 4.6

結語

Summary

Summary

- PCS系統最大的特徵，就是手機會自由的移動。所以位置追蹤、交遞、認證都是非常重要的行動管理的工作。
 - 例如在PCS系統中的行動管理，是利用HLR與VLR等行動資料庫，儲存手機位置資料。
- 不論何者，都需要額外的網路元件與信令系統（signaling system）來達成。

Homework