行政院國家科學委員會專題研究計畫　成果報告

第四代異質性無線網路下之階層式多媒體多點傳送同步架構

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSC94-2213-E-018-016-
執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 08 月 31 日
執行單位：國立彰化師範大學資訊工程學系

計畫主持人：張英超

計畫參與人員：周家豪、蔡仁正、劉建宏、林彥亨

報告類型：精簡報告
報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文
處理方式：本計畫可公開查詢

中　華　民　國 95 年 8 月 28 日

一、中文摘要

為了滿足行動用戶在不同異質性網路能夠同步接收及播放多媒體多點群播的資料，在本計畫中提出 Hierarchical Synchronized Multimedia Multicast (HSMM)的架構，透過 HSMM 兩層式的架構，改善之前所提 SMM[1,2]的架構，支援每個異質性網路業者個別採取不同的管理策略，如 routing protocol、access control protocol 等。更可以自行設定自己無線網路下 Guarantee Region (GR)的大小，符合不同網路的需求。透過 HSMM 架構將節省所需的 Synchronized Buffer 大小，並大幅減少 Join Latency (JL)與減少回補機制的 Buffer 大小與所需的時間。

關鍵詞：多點傳播、行動用戶、同步、換手

Abstract

For supporting handoff mobile users on heterogeneous wireless networks to synchronously receive and play out multicast multimedia stream data, we propose a two-layer Hierarchical Synchronized Multimedia Multicast (HSMM) architecture to enhance the single-layer Synchronized Multimedia Multicast (SMM) [1]. In HSMM, each wireless network operator can adapt its own management mechanism, such as routing protocol, access control, etc., and further define the range of Guarantee Region (GR) to satisfy different management requirements. Compared to SMM and the traditional Remote Subscription (RS) protocol, HSMM will significantly reduce total amounts of synchronization buffer of foreign agents, join latency and buffer replenishment time of mobile users, and finally achieve a better playback quality.

Keywords: **Multicast, Mobile Host, Synchronization, Handoff**

二、前言

隨著無線網路技術與行動通訊技術的成熟及硬體的逐漸普及，使用者藉由無線網路或行動通訊網路連上 Internet 傳送或接收多媒體服務已漸成未來的趨勢，在我們之前的研究成果提出 Synchronized Multimedia Multicast (SMM)的機制解決了多媒體影音壓縮技術、IP Multicast 在 Mobile IP[3]環境中運作所遭遇之限制及問題：Video 及 Audio stream 這類連續型多媒體物件需要佔用大量的頻寬且具有 delay sensitive 特性，因此假如接收端 player 無法即時從網路上接收到需要播放的資料時，播放將會產生中斷。MH 進行 handoff 時，通常 MH 及基地台都必須進行軟硬體的重新設定，結果將導致 MH 暫時無法接收或傳送資料。假如 mobile receiver (MR) 進入的新網路並沒有相同的 multicast group member 時，此時 MR 必須再額外花費重新宣告加入 multicast group 及 modify multicast tree 的時間，於是 MR handoff 後必須等待更長時間才能重新收到多媒體資料。即使 MH handoff 所需時間為零， handoff 後所進入的新網路將使 sender 到 receiver 間原本之 end-to-end delay(EED)狀態產生變動。結果將會造成 receiver 產生暫時中斷接收資料的現象或產生跳過某段畫面的現象。傳統採用 DVMRP[4]、MPSPF[5]之類的 source-based multicast routing protocol 是以 source 為 multicast tree 的 root，因此 mobile sender (MS) handoff 將會使 multicast tree 產生重大的變動，將會導致 receiver 產生中斷接

收多媒體資料的現象。為了避免 MH 因為 handoff 時暫時中斷接收資料而產生播放中斷的問題，一般常會在 MH 上安排暫存資料的 buffer，對於 MH 來說，buffer 愈多資料雖然能進行更多次的 handoff，但是卻必須付出更長的 initial latency 的代價，且無論擁有多大的 buffer，在數次 handoff 之後仍可能將 initial buffer 消耗殆盡，最後仍產生播放中斷的問題，加上行動裝置其資源通常較少，因此並不一定可行。而為了避免 MH handoff 時將 initial buffer 消耗殆盡通常會利用取得額外頻寬的方法來加速補回 handoff 所消耗的資料量，但由於 MH 必須透過無線網路來傳送或接收資料，而在多人使用的無線網路環境中卻無法保證 MH 在需要時就能馬上取得額外的無線頻寬，仍可能產生中斷的問題。

三、研究目的

在這個計畫中，我們將提出稱為 Hierarchical Synchronized Multimedia Multicast (HSMM) 的機制，將之前所提出 SMM 機制加以擴充，提出了兩層式的即時多媒體多點同步傳送的架構與機制。透過在 Mobile IP 及 CBT v2[6]標準下結合 IP Multicast [7-10]及 MPEG-4 FGS[11,12]編碼技術。達成下列目標：1.MS 或 MR 進行 handoff 雖會產生暫時中斷傳送及接收多媒體資料的現象，藉由 HSMM 的運作能確保 MR 播放不中斷及跳過某段畫面的問題。2.能明確計算出 MS、core router (CR)、foreign agent (FA)及 MR 滿足播放不中斷所需配置的最低 buffer 的大小。3. 利用 MPEG-4 FGS 編碼方法，在最少額外要求無線頻寬下能滿足 MS 及 MR 無限多次 handoff 的需求。4. 使其可以在未來第四代(4G)整合多種異質性無線網路，如 WLAN、GSM、GPRS、3G 等[13,14]，支援同步的行動多媒體群播。

四、文獻探討

SMM 運作的基本想法為：雖然由 MS 到各個 MR 所處之網路間的 EED 會因各自移動而產生難以預估的變動，但在 SMM 中我們將控制位於傳送路徑中的 CR 及 FA，使得 FA 能於同一時間送出相同內容的 packet 給 MR。假設位於同一網路內的 FA 與 MH 其間的 EED 很小，將之視為相同的值，因此對於所有的 MR 來說就能在相同的時間點同時播放相同的片段；而當 MR 因移動而進行 handoff 之後也就不會因為所連接的網路與 mobile sender (MS) 間之 EED 不同而產生中斷播放或是跳過某段畫面的問題了！因此在 SMM 中，首先我們定義了一個稱為 SMM Guarantee Region(GR)如圖 1 所示，透過 SMM 運作機制便能確保在此 GR 區域中的 MS 及 MR 在進行的多媒體 streaming 播放或傳送時不會因為 handoff 而產生播放中斷或跳過某段畫面的現象。SMM GR 包含範圍是以 CR 為中心向外延伸拓展的一個區域，在 GR 中的特色是 MR 無論位於何處，將在同一時間收到相同的多媒體封包，也就是說 MR 的播放是同步的。SMM 運作一段時間後等到 SMM GR 中所有的 FA 都已收到首份由 MS 送來的多媒體 packet 時，因所有的 MR 已取得同時播放的起點時間，MS 便能以 CBT v2 原本的方式將要傳送的多媒體 streaming 以 multicast 方式直接送入 CBT bi-direction sharing tree 中，以節省額外 unicast 到 CR 的成本。整個 SMM 運作分成三個階段：Join phase、Multicast phase 及 Handoff phase，詳細作法請參閱[1,2]。

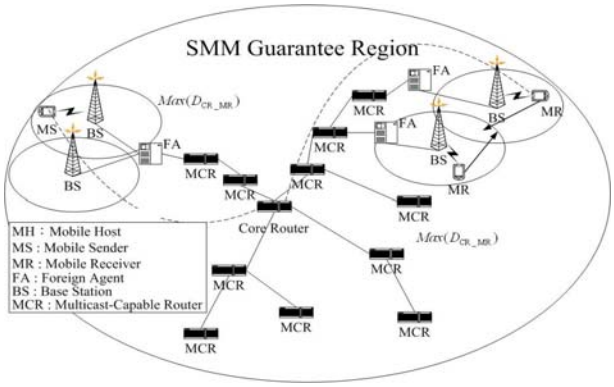

圖 1 SMM 運作架構圖

五、研究方法

5.1. HSMM 架構與運作

由於 SMM 的架構只能支援單一無線網路架構，無法在未來 4G 架構下各種不同的異質性無線網路中支援 MH 垂直換手後仍然能夠同步接收與播放即時多點傳播多媒體資料，為了改善這各缺點並擴大 SMM 適用的範圍，在本計劃中我們承襲以往 SMM 的研究成果並加以改善提出了兩層式的 HSMM (2-layer HSMM)系統架構，如圖 2 所示。HSMM 為一兩層式架構，兩個 layer 都執行 SMM 機制。我們對於 2-layer HSMM 作了以下幾點的假設：1.在此二層式架構下，不同 operator 所營運管理的 Wireless Network (可以是 WLAN，GSM，GPRS，3G 等異質性的無線網路)各自定義自己的 GR 大小，以各自的 Gateway Router (WLAN) 或 GGSN (GSM/GPRS/3G)負責原本 SMM 中 CR 的工作。2.每個 Wireless Network (Layer 2) 透過各自的 Gateway Router (WLAN)或 GGSN (GSM/GPRS/3G) 連上 Internet Backbone (Layer 1)。3.Gateway Router (GW)與 GGSN 都具有 Multicast Routing 能力，可以執行 layer1 FA 的工作。4.每個 Gateway Router 與 GGSN 以下只連接一個 Layer2 Wireless Network，同時擔任 Layer1 的 FA 與 Layer2 的 CR。5.假設所有無線網路下的 FA 到 MH 的 EED 相同。

在 HSMM 架構中，Layer1 GR (GR^1) 包含範圍是以 Layer1 CR(CR^1)為中心向外延伸拓展的一個區域，在此區域中由 CR^1 經由 layer1 FA(FA_i^1)（也就是 layer 2 無線網路 i 的 GW/GGSN，同時執行 layer2 GR_i^2 的 CR_i^2 工作）到各個 MR 間之最大 EED 時間為 $Max(D^1_{CR_MR})$。而 GR_i^2 分別代表包含範圍是在個別 layer2 無線網路內以 CR_i^2 為中心向外延伸拓展的一個小區域，而在此區域中由 CR_i^2 經過各個 $FA_{i,j}^2$ 到 MR 間之最大 EED 時間為 $Max(D^2_{CR_i_MR})$。由於 MS 到各個 MR 所處之網路間的 EED 會因各自移動而產生難以預估的變動，但在 HSMM 中我們控制位於傳送路徑中的 CR^1 及 FA_i^1，使得 FA_i^1 能於同一時間送出相同內容的 packet 給底下 GR_i^2；而這些 FA_i^1 又分別代表 GR_i^2 的 CR_i^2，分別各自透過舊有的 SMM 機制轉送多媒體 Stream 資料給真正的 MR，因此對於所有的 MR 就能在相同的時間點同時播放相同的片段；不論 MR 因移動而進行水平換手或垂直換手，都不會因為所連接的網路與 MS 間 EED 不同而產生中斷播放或是跳過某段畫面！

在這種異質性無線網路的環境下，也可以直接採用 SMM，將整個環境定義為一個非常大的 GR，將各個無線網路對外連接的 Gateway Router 或 GGSN 視為一般的 multicast-capable router (MCR)，這個 SMM 的 CBT multicast tree 一路延伸到最接近 MH 的 FA。但藉由此 2-layer HSMM 架構，將可以獲得以下的優點：1.支援每個異質性網路業者個別採取不同的管理策略。更可以自行設定自己無線網路下 GR 的大小，符合不同網路的需求。2.由於 SMM 的 CR、FA 與 MR 的 buffer 時間 T_c、TF_i 與 T_{mr} 都與 GR 的大小（$Max(D_{cr_mh})$）成正比。若採用單層 SMM 架構時的 GR 大小將遠大於 2-layer HSMM 下 layer 2 個別 GR 的大小。因此採用 2-layer HSMM 架構將節省所需的 Buffer 大小。3.由於 HSMM 採用階層式管理，MH 的 FA 加入的是 GR_i^2 下的 CBT multicast tree，除了每個 GR_i^2 的第一個 group member 加入時需要將 CBT_JOIN_REQUEST 訊息送到 GR^1 之外，其餘 GR_i^2 的 group member 都只需要完成在 GR_i^2 內的 join 動作，可以大幅減少 Join

Latency (JL)。4.由於 HSMM 階層式的架構，當 MR 執行同一個 GR_i^2 內的水平換手時只需要到同一個 GR 內回補換手時所減少的 buffer 內的多媒體資料，只有當 MR 執行不同兩個 GR_i^2 內的垂直換手時才需要到 GR^1 回補換手時所減少的 buffer 內的資料，因此可以大幅減少回補機制的 Buffer 大小與所需的時間。在接下來的部份我們將會分別說明 HSMM Join, Multicast 與 Handoff 階段的流程，並如何達到上述的優點。

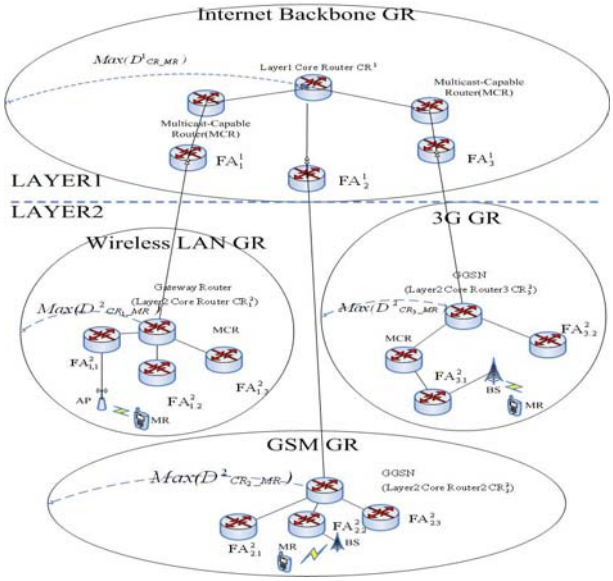

圖 2. HSMM 架構圖

5.2 HSMM 運作流程

整個 HSMM 運作分成三個階段：Join phase、Multicast phase 及 Handoff phase。

5.2.1 Join phase

Join phase 運作如圖 3 所示，在此階段 $FA_{i,j}^2$ 要取得 $FA_{i,j}^2$ 到 CR_i^2 間的 EED 時間，並完成連結上 Layer2 CBT multicast tree; FA_i^1 要取得 FA_i^1 到 CR^1 間的 EED 時間，並完成連結上 Layer1 CBT multicast tree。運作步驟如下：

1. 當 MR 想要加入某一個 multicast group 時，MR 便向所在的無線網路之 $FA_{i,j}^2$ 發出 IGMP host membership report message。
2. $FA_{i,j}^2$ 收到 MR 傳來之 IGMP message 後，首先會檢查目前在同一無線網路中是否已有其他的 group member 已經連上這個 Layer2 CBT multicast tree，若無，則對鄰近相連的 MCR 發送 CBT JOIN_REQUEST message 並啟動計時器，然後等待回應。此 message 在網路上傳送的方向會經過尚未加入 multicast tree 的 MCR 而一直向著 CR_i^2 前進，直到到達一個目前已加入 multicast tree 的 MCR 或是最後到達 CR_i^2 時為止。
3. 此時收到這個 message 的 CR_i^2 或是已經加入 multicast tree 的 MCR 馬上會回應一個 CBT JOIN_ACK message，並且會依循傳送而來的路徑回應到原來發出訊息的 $FA_{i,j}^2$ 身上。當 $FA_{i,j}^2$ 收到後便會停止計時器的運作，此時 $FA_{i,j}^2$ 可利用 message 來回的 RTT 將之除以 2，計算出 $FA_{i,j}^2$ 到回應 MCR 間的 Layer2 EED。為了完整求出 $FA_{i,j}^2$ 到 CR_i^2 間之 EED ($D^2_{CR_i_FA_{i,j}}$)，對於已在 Layer2 multicast tree 上的每一個 MCR 都必須記錄自己與 CR_i^2 間的 EED。每當回應時，便把此 EED 時間夾帶在控制封包中，因此當 $FA_{i,j}^2$ 收到回應時，除了利用 RTT 時間計算出 $FA_{i,j}^2$ 到做出回應的 MCR 之間的 EED 外，更可將此 MCR 與 CR_i^2 間的 EED 相加便能計算出 $FA_{i,j}^2$ 到 CR_i^2 之間的 EED。若 CR_i^2 收到此回應訊息，且此 GR_i^2 尚未加入 CR^1，CR_i^2 會再利用回應 Layer2 CBT JOIN_ACK 的同時，以 Layer1 FA_i^1 的角色傳送 Layer1 CBT JOIN_REQUEST message 給 CR^1，使 FA_i^1 得到 FA_i^1 與 CR^1 之間的 Layer1 EED ($D^1_{CR_FA_i}$)。為了表示 CBT JOIN_REQUEST 與 CBT JOIN_ACK message 是在哪一個 layer 傳送，HSMM 將 CBT JOIN_REQUEST 與 JOIN_ACK 中 8-bit option type 欄位當成一個 bitmap，由右而左第 i 個 bit 的值設定為 1 代表是第 i 個 Layer 的 CBT 訊息（如 Layer1 的訊息表示為 00000001_2, Layer2 的訊息表示為 00000010_2）。而 CBT JOIN_ACK message 所需夾帶回 FA 的

MCR 之 EED，同樣利用 16-bit option value 欄位記錄此回應 MCR 到 CR 之間的 EED 時間，16bits 可記錄 0~65535ms 的時間。因此在 group join 階段，我們便能使得各個 $FA^2_{i,j}$ 能夠順利取得 $FA^2_{i,j}$ 到 CR^2_i 以及 $FA^1_i(CR^2_i)$取得 CR^1 與 FA^1_i 間的 EED 值。這兩個 Layer 的 EED 值將在下一階段 Multicast phase 作為同步傳送的依據。

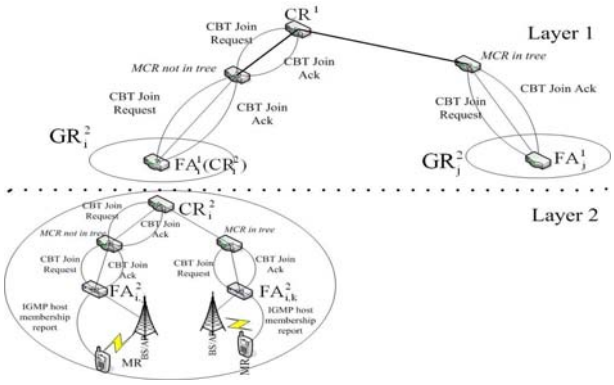

圖 3. HSMM Join phase

5.2.2 Multicast phase

圖 4 顯示 HSMM 整體架構。在整個 HSMM 運作過程中 MS 是在某一個 GR^2_i 下，以媒體播放所需的正常速率送出多媒體資料給 CR^2_i，隨後 CR^2_i 送給 CR^1，CR^2_i 與 CR^1 接收及傳送多媒體封包時亦是以原本媒體播放所需之正常速率來進行。我們從 Layer1 與 Layer2 重疊的 CR^2_i 處將整個 HSMM 機制運作分開，分別加以說明 HSMM 的兩個 Layer 如何達成 MR 同步播放及播放不中斷的要求：

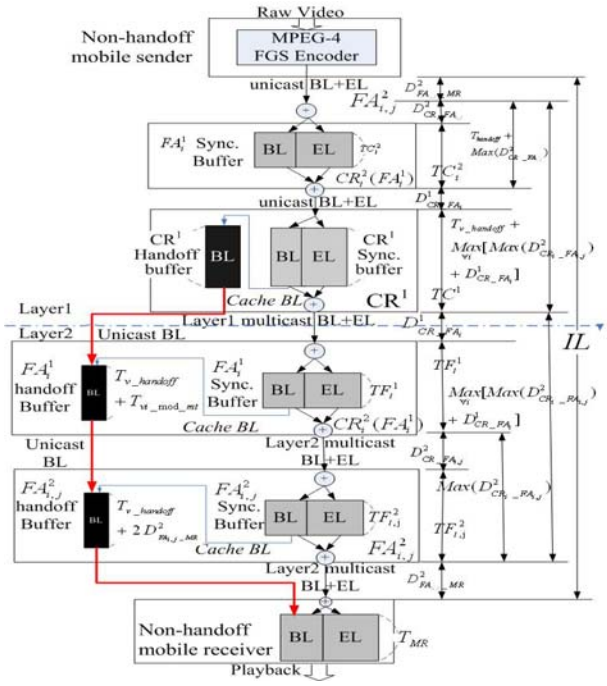

圖 4. HSMM 整體運作圖

(1)MS 到 CR^1 間之運作

雖然 MS 進行 handoff 時會產生暫時中斷傳送資料的情形。為了在這段期間 CR^1 與 CR^2_i 仍有多餘資料可供傳送給所有的 MR，在 HSMM 機制下我們將在 CR^1 與 CR^2_i 上各配置一塊 CRSB。此份 buffer 運作方式為當 CR^2_i 首次收到由 MS 傳送來的資料時，CR^2_i 並不馬上將資料轉送出去，而是先將資料放入 CR^2_iSB 中，等到到達某一門檻值時，才開始將資料以 unicast 方式傳送給 CR^1。CR^1 同樣不馬上將資料轉送出去，而是先將資料放入 CR^1SB 中，等到到達某一門檻值時 CR^1 才開始將資料以 multicast 方式傳送給 FA^1_i。因此 MR 不致產生暫時中斷接收資料的現象。MS 進行 handoff 時，影響 CR^1 與 CR^2_i 重新接收到資料之間隔時間因素：1. 當 MS 進行的 Handoff 是在 Layer2 中原本的無線網路中進行切換，重新設定軟硬體所要花費的時間 $T_{handoff}$。handoff 前後會分別從新與舊的路徑發送資料到 CR^2_i，不同的傳送路徑代表將會產生不同的 EED，這些差距將會帶來相對的中斷時間，最壞的情況便是由離 CR^2_i 最短 EED 的 cell 移動到最長

EED 的 cell 中，因此最大的變動差距便是 $Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})$。因此 CR^2_i 上所配置 CR^2_i SB 其大小至少應大於 $TC^2_i = T_{handoff} + Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) - D^2_{CR_i_FA_{i,j}}$ …(公式 1)才足夠緩衝 MS horizontal handoff 因暫時中斷傳送資料所衍生的問題。2. 當 MS 進行的 Handoff 是在 Layer2 中進行異質性無線網路的切換，也就是在不同 GR 下執行 vertical handoff。重新設定軟硬體所要花費的時間 $T_{V_handoff}$。handoff 前後同樣因為不同的傳送路徑導致產生不同的 EED，這些差距將會帶來相對的中斷時間，最壞的情況便是由最短的 CR^1 到 FA^1_i 的 $D^1_{CR_FA_i}$ ＋ CR^2_i 到 $FA^2_{i,j}$ 的 $Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})$ 的無線網路移動到最長 CR^1 到 FA^1_k 的 $D^1_{CR_FA_k}$ ＋ CR^2_k 到 $FA^2_{k,j}$ 的 $Max(D^2_{CR_k_FA_{k,j}})$ 的無線網路中。因此在中最大的 EED 變動差距便是 $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}] = Max(D^1_{CR_MR}) - D^2_{FA_{i,j}_MR}$。因此在 HSMM 的機制下我們在 CR^1 上所配置 CR^1SB 其大小至少應大於 $TC^1 = T_{v_handoff} + \underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}] - D^1_{CR_FA_i} - Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})$ ……(公式 2)

才夠緩衝 MS 因暫時中斷傳送資料的問題。

(2) CR^1 到 FA^1_i(CR^2_i)與 CR^2_i 到 $FA^2_{i,j}$ 間之運作

在本異質性無線網路的架構下，影響 MR handoff 後重新接收到資料之間隔時間長短因素為下列三項：1. MR handoff 時重新設定軟硬體所要花費的時間 $T_{handoff}$ 或 $T_{v_handoff}$。2. MR handoff 時需要修改相關 CBT multicast tree 所花費的時間。3. MR handoff 時新舊路徑 EED 的差距。在本論文異質性無線網路的架構下，MR 會有以下五種型態的 handoff：

1. **Intra-network horizontal handoff, new FA in Layer2 multicast tree:**

   handoff 後，所使用的新網路仍為同一 GR^2_i 內，而且新的 $FA^2_{i,j}$ 下已經有加入相同 group 的 MR 時，此時只要連上這個 $FA^2_{i,j}$ 即可，不須修改 Layer2 multicast tree。

2. **Intra-network horizontal handoff, new FA not in Layer2 multicast tree:**

   MR handoff 後，所使用的新網路雖仍為同一 GR^2_i 內，但是新的 $FA^2_{i,j}$ 下卻沒有加入相同 multicast group 的 MR 時，此時必須要額外花費 T_{mod_mt} 時間來修改 Layer2 multicast tree，MR 才能重新收到 multicast packets。而修改 multicast tree 費時最久的情況為：從 MR 之新的 $FA^2_{i,j}$ 一直到同一個 CR^2_i 間的 MCR 都還未加入 Layer2 multicast tree，因此所發出之 CBT JOIN_REQUEST message 必須要透過網路一直傳送到 CR^2_i，CR^2_i 才能將 CBT JOIN_ACK message 及 multicast packet 傳送下來。在此情況下，MR 必須花費 2 倍之這個 GR^2_i 最大 EED ($Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^2_{FA_{i,j}_MR}$) 加上各個 MCR 重新設定 Layer2 multicast tree 的時間(T_{mt})，才能重新接收到資料。因此在 GR 中所需之修改 multicast tree 時間為：

   $T_{mod_mt} = 2*[Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^2_{FA_{i,j}_MR}] + T_{mt}$ ..(公式 3)

3. **Inter-network vertical handoff, new GR in Layer1 multicast tree and FA in Layer2 multicast tree:**

   MR vertical handoff 後所使用的新無線網路 GR 已經在 Layer1 multicast tree 內，且所連上新的 Layer2 $FA^2_{i,j}$ 已有相同 multicast group 的 MR 加入，此時同 case1 一樣，只要連上這個 $FA^2_{i,j}$ 即可，不須修改 Layer1 與 Layer2 multicast tree。

4. **Inter-network vertical handoff, new GR in Layer1 multicast tree and new FA not in Layer2 multicast tree:**

   MR vertical handoff 後，所使用的新

無線網路 GR 雖仍在 Layer1 multicast tree 內，但是新的 FA 下卻沒有加入相同 multicast group 的 MR 時，此時必須要額外花費 $T_{vi_mod_mt}$ 時間來修改 Layer2 multicast tree，MR 才能重新收到 multicast packets。而修改 multicast tree 費時最久的情況為：從 MR 可能移動到所有 Layer2 中最大 $Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})$ 的 GR i 下，且新的 Layer2 $FA^2_{i,j}$ 一直到同一個 CR^2_i 間的 MCR 都還未加入 Layer2 multicast tree，因此所發出之 CBT JOIN_REQUEST message 必須要透過網路一直傳送到 CR^2_i，CR^2_i 才能將 CBT JOIN_ACK message 及 multicast packet 傳送下來。在此情況下，MR 必須花費 2 倍之最大 Layer2 GR 的 EED ($\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})+D^2_{FA_{i,j}_MR}]$)加上這個 GR 內各個 MCR 重新設定 Layer2 multicast tree 的時間(T_{mt})，才重新接收到資料。因此在 GR 中所需之修改 multicast tree 時間為：

$T_{vi_mod_mt}$ =2* $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})+D^2_{FA_{i,j}_MR}]+T_{mt}$ ..(公式 4)

5. **Inter-network vertical handoff, new GR not in Layer1 multicast tree:**

MR vertical handoff 後，所使用的新無線網路 GR 不在 Layer1 multicast tree 內，因此新的 FA 下一定沒有加入相同 multicast group 的 MR，此時必須要額外花費 $T_{vo_mod_mt}$ 時間來修改 Layer1 與 Layer2 兩個 multicast tree，MR 才能重新收到 multicast packets。而修改這兩個 Layer1 與 Layer2 multicast tree 費時最久的情況為：從 MR 的新 FA 一路到他的新無線網路 CR^2_i 間的 Layer2 MCR 都尚未加入 Layer2 multicast tree，且 CR^2_i 一路到 CR^1 的 Layer1 MCR 都尚未加入 Layer1 multicast tree，因此所發出之 CBT JOIN_REQUEST message 必須要透過網路一直傳送到新的 CR^2_i 再到 CR^1 後，新的 CR^2_i 才能將 CBT JOIN_ACK message 及 multicast packet 傳送下來。在此情況下，MR 必須花費 2 倍之最大 CR^1 經過新的 CR^2_i、$FA^2_{i,j}$ 後再到 MR 的 EED，加上各個 Layer1 與 Layer2 MCR 重新設定兩個 multicast tree 的時間(T_{v_mt})，才能重新接收到資料。因此在 GR 中所需之修改 multicast tree 時間為：

$T_{vo_mod_mt}$ =2* $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})+D^2_{FA_{i,j}_MR}+D^1_{CR^1_FA^1_i}]$ ＋T_{v_mt} ..(公式 5)

HSMM 針對 MR handoff 時新舊路徑 EED 的差距，提出了同步傳送的解決方法，保證在 HSMM GR 中所有的 MR 能在相同時間點接收到同一份多媒體資料。為了使得 HSMM GR^2_i 內的 $FA^2_{i,j}$ 能在相同時間點送出相同的多媒體資料封包，我們將在所有 FA^1_i 與 $FA^2_{i,j}$ 上分別配置了一份 FASB，如圖 6 所示。當從 CR^1 透過 Layer1 multicast tree 傳送來的資料首先會放在 FA^1_iSB 等待一段時間後，FA^1_i(CR^2_i)才會再透過 Layer2 multicast tree 將多媒體資料傳送給 $FA^2_{i,j}$。而 $FA^2_{i,j}$ 會將收到的資料同樣會放在 $FA^2_{i,j}$SB 中，等到約定的時間點時才會同時將多媒體資料傳送給 MR。由於我們已在 join phase 時得到 CR^1 與 FA^1_i 間的 EED 值 $D^1_{CR_FA_i}$ 與 $FA^2_{i,j}$ 到 CR^2_i 間的 EED 時間 $D^2_{CR_i_FA_{i,j}}$。因此當 $FA^2_{i,j}$ 首次收到由 CR^2_i 所傳送而來的 multicast stream 時，代表 packet 由 CR^1 送出後已花費了($D^1_{CR_FA_i}+D^2_{CR_i_FA_{i,j}}+FA^1_i$ buffer 的時間 TF^1_i)後到達此 $FA^2_{i,j}$，為了保證在 GR^2_i 中的 $FA^2_{i,j}$ 都已確實收到由 CR^2_i 傳來的第一份多媒體封包，所有 $FA^2_{i,j}$ 同時送出同一份多媒體資料的約定時間點便是 HSMM 所有 Layer1 GR 加上 GR^2_i 中最長之 EED 時間 $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})+D^1_{CR_FA_i}]$。在同一個 GR^2_i 內，依據 SMM 的作法，所有 $FA^2_{i,j}$ 要這個

GR_i^2 的 $Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}})$ 時間點送出多媒體資料，因此 $FA^2_{i,j}$ 只需要透過簡單的計算：

$TF^2_{i,j} = Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) - D^2_{CR_i_FA_{i,j}}$ ……..(公式 6)

便能求出 $FA^2_{i,j}$ 在首次收到由 CR_i^2 傳送來的多媒體資料後，還要等待多久才可以開始送出先前收到的多媒體影音資料。$TF^2_{i,j}$ 便是 $FA^2_{i,j}$ synchronization buffer 的大小。透過上面的步驟，便能使得所有的 $FA^2_{i,j}$ 在相同的時間點將同一份多媒體資料傳送給 MR。而為了符合所有的 $FA^2_{i,j}$ 在 $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}]$ 送出多媒體資料的要求，因此 FA_i^1 所需的 buffer 時間 TF_i^1 為：

$TF_i^1 = \underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}] - Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) - D^1_{CR_FA_i}$ ……..(公式 7)

去除了 EED 變動的問題後，MR handoff 時還要滿足的因素便剩下各種 handoff 下 a. 各種 handoff 下的設定時間及 b. 修改相關 multicast tree 所需時間的總和。最差的情況下，所要花費的最多時間為取五種 handoff 情況最大者，即 $T_{v_handoff} + T_{vo_mod_mt}$。因此 HSMM 將在 MR 上配置 buffer，當 MR 首次收到由 $FA^2_{i,j}$ 傳來的資料時，並不馬上進行播放而是暫存這些資料直到資料量至少滿足 T_{MR}=($T_{v_handoff} + T_{vo_mod_mt}$)*(1+Q)+1GOP 時才開始進行播放多媒體，額外增加的 1 個 GOP 同樣是為了符合 MPEG 播放時 Player 必須 buffer 1GOP 才能解碼的限制，而 Q 比率便是要避免 MR 在進行 handoff 時剛好把 buffer 消耗完畢情形，這樣便能避免 mobile receiver 在 handoff 過程中產生播放中斷。在 HSMM 機制下由 mobile sender 送出多媒體資料開始，一直到 mobile receiver 開始播放所必須花費 initial latency (IL)時間之總和為(如圖 5 所示)：

IL= $T_{v_handoff}$ + $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}]$ + $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}] + D^2_{FA_{i,j}_MR} + T_{MR}$

= $T_{v_handoff}$ +2* $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}]$ + $D^2_{FA_{i,j}_MR}$ +($T_{v_handoff} + T_{vo_mod_mt}$)*(1+Q)+1GOP

=(2+Q)* $T_{v_handoff}$ + (4+2Q)* $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^1_{CR_FA_i}]$ + (3+2Q)* $D^2_{FA_{i,j}_MR}$ + (1+Q)* T_{v_mt} +1GOP.....(公式 8)

而當 MR vertical handoff 後進入 Layer2 GR 沒有 group member 的新無線網路時，將要等待 join latency (JL)的時間才能重新接收到多媒體資料，JL 最大值為：

JL= $T_{v_handoff} + T_{vo_mod_mt}$

=2* $\underset{\forall i}{Max}[(Max(D^2_{CR_i_FA_{i,j}}) + D^2_{FA_{i,j}_MR} + D^1_{CR^1_FA_i^1}]$ + T_{v_mt} ……..(公式 9)

5.2.3 Handoff phase

為了滿足 MR 播放不中斷及最短的 initial latency 需求，HSMM 機制下之 CR_i^2 及 MR 上所 buffer 的資料量都是僅僅足夠 MS 及 MR 各自 handoff 一次的需求，因此在 MH handoff 之後必須進行 buffer 回補的動作，才能滿足 MH 無限次 handoff 的需求。下面說明 buffer 回補進行的方式：

(1) CR_i^2 synchronization buffer 回補機制：我們將在 MS 配置 2 份 buffer 用來暫存 MS handoff 過程中仍持續產生之 BL+EL 多媒體資料，而所屬的 CR_i^2 SB 其實也是劃分成 2 個區塊用來暫存 BL 及 EL。當 MS handoff 時雖停止對 CR_i^2 傳送資料，CR_i^2 卻仍持續將資料 unicast 送給 CR^1，CR_i^2 SB 將會因此減少。當 MS handoff 完成後，MS 首先只將 buffer 中的 BL 送出；等到 MS 將其 buffer 完全送出後，MS 便恢復正常傳送(BL+EL)的動作，此時 CR_i^2 SB 便能滿足 MS 未來可能再次進行的 handoff 需求。由於 MS 可能會執行花費時間較久的 vertical handoff，因此 MS 最多要花費($T_{V_handoff}$ * Q)時間才能將資料傳送完，但是 MS 在送出資料的同時亦產生了相同時間的資料量，因此必須求其極限的總和才能真正將 MS buffer 中的資料完全送出：$\sum_{k=1}^{\infty}(T_{V_handoff} * Q^k) = T_{V_handoff} * \frac{Q}{1-Q}$，Q 之值則視 MPEG-4 FGS BL 所需頻寬與 MS 可取得

之 Layer2 GR 下的無線頻寬(wireless bandwidth ， WLBW) 比率決定：Q=BL/WLBW

Q 愈小則可花費愈短時間才可回補 CR_i^2 SB 完成，Q 愈大則則花費愈長時間才可回補 CR_i^2 SB 完成。CR_i^2 SB 在最少的情形下還有 $T_{V_handoff}$ 的資料量，仍足夠 進行一次 vertical handoff 之所需。

(2) MR buffer 由 $FA_{i,j}^2$ 回補機制 (Intra-Network horizontal, new $FA_{i,j}^2$ in tree)：

在同一 GR_i^2 內進行 MR horizontal handoff，由於此期間內因 $FA_{i,j}^2$ 仍持續將多媒體資料以 multicast 送給網路中其它的 MR，因此進行 horizontal handoff 的 MR 將會錯過部分資料而未接收到，因此 MR horizontal handoff 之後所要接收的多媒體資料應包含兩部分：現在正由新 $FA_{i,j}^2$ 送出的部分及 horizontal handoff 期間錯過接收的部分，不然此 MR 最後將會產生跳過某段畫面的現象。針對 MR 媒體接續及回補 buffer 的需求，HSMM 機制下的 $FA_{i,j}^2$ 除了配置先前所提之 $FA_{i,j}^2$ SB 外，還需要配置另一個暫存多媒體資料的 buffer 稱為 $FA_{i,j}^2$ handoff buffer，其大小只要足夠補回 handoff 所消耗的資料量 $T_{handoff}$ +2* $D^2_{FA_{i,j}_MR}$ 即可，而運作步驟如下：

a. 當 initial 階段的 $FA_{i,j}^2$ 收到由 CR_i^2 傳送來的多媒體資料時，首先放在 $FA_{i,j}^2$ SB 中，等 $FA_{i,j}^2$ SB 滿了之後，$FA_{i,j}^2$ 才透過無線網路將多媒體 stream 開始傳送給 MR，而送出的 BL streaming 則會複製一份放入 $FA_{i,j}^2$ handoff buffer 中。

b. 當 handoff 之後，MR 便把可使用的頻寬分成兩部分，$FA_{i,j}^2$ 送出目前應該接收的 BL streaming，而剩餘的頻寬則用來下載 $FA_{i,j}^2$ handoff buffer 中的多媒體資料，這部分的資料便是 MR horizontal handoff 時未接收到的多媒體資料。由於都只下載 BL，因此可以在相同的 Layer2 頻寬下，於 $\sum_{k=1}^{\infty}\left[\left(T_{handoff}+2\times D^2_{FA^2_{i,j}_MR}\right)*Q^k\right] = \left(T_{handoff}+2\times D^2_{FA^2_{i,j}_MR}\right)*\frac{Q}{1-Q}$ 時間內迅速補回 handoff 所消耗的多媒體資料量，因此又可滿足 MR 未來再次 horizontal handoff 之所需。

(3) MR buffer 由同一個 CR_i^2 回補機制 (Intra-Network horizontal handoff, new $FA_{i,j}^2$ not in tree)：

當 MR 進行同一個 Layer2 GR 內 horizontal handoff 後，若所進入的 $FA_{i,j}^2$ 下並無相同 group member 的情形時，這個新的 $FA_{i,j}^2$ 尚未加入 Layer2 multicast tree，MR 在 horizontal handoff 期間所錯失接收的那部分多媒體資料並無法從新的 $FA_{i,j}^2$ 中馬上取得。為了避免多媒體資料不連續而產生播放中斷的現象，在 HSMM 機制下將在 CR_i^2 上再額外配置 CR_i^2 handoff buffer，必須可以暫存 horizontal handoff 與修改 Layer 2 GR 內 multicast tree 所需時間($T_{handoff}+T_{mod_mt}$)的資料。因此當 CR_i^2 送出多媒體資料封包時亦如同 $FA_{i,j}^2$ 一般，會將已送出之資料複製一份放入 CR_i^2 handoff buffer 中。等到 MR horizontal handoff 進入沒有相同 group member 之 cell 時，$FA_{i,j}^2$ 便可向這個 CR_i^2 要求下載 MR horizontal handoff 所欠缺的多媒體資料，而此多媒體資料的傳送雖需利用額外的頻寬來傳送，但 CR_i^2 到 $FA_{i,j}^2$ 間為頻寬較為充足的有線網路，較為容易取得。當 $FA_{i,j}^2$ 在收到額外由 CR_i^2 傳送來的多媒體資料時，除了放入 $FA_{i,j}^2$ handoff buffer 中外並立刻傳送給 MR，MR buffer 回補機制的動作才能正常運作。

(4) MR buffer 由新的 $FA_{i,j}^2$ 回補機制 (Inter-Network vertical handoff, new $FA_{i,j}^2$ in tree)：

在不同兩個 GR_i^2 間進行 MR vertical handoff，由於此期間內因新的 $FA_{i,j}^2$ 仍持續將多媒體資料以 Layer2 multicast 送給新的 GR 內的其它 MR，因此進行

vertical handoff 的 MR 將會錯過部分資料而未接收到，因此 MR vertical handoff 之後所要接收的多媒體資料應包含兩部分：現在正由新的 $FA^2_{i,j}$ 送出的部分及 vertical handoff 期間錯過接收的部分，不然此 MR 最後將會產生跳過某段畫面的現象。針對 MR 媒體接續及回補 buffer 的需求，HSMM 機制下的 $FA^2_{i,j}$ 除了配置先前所提之 $FA^2_{i,j}$ SB 外，也需要配置另一個暫存多媒體資料的 buffer 稱為 $FA^2_{i,j}$ handoff buffer，其大小只要足夠補回 handoff 所消耗的資料量 $T_{v_handoff}+2*D^2_{FA_{i,j}_MR}$ 即可，而運作步驟如下：

a. 當 initial 階段新的 $FA^2_{i,j}$ 收到由 CR^2_i 傳送來的多媒體資料時，首先放在 $FA^2_{i,j}$ SB 中，等 $FA^2_{i,j}$ SB 滿了之後，$FA^2_{i,j}$ 才透過無線網路將 stream 開始傳送給 MR，而送出的 BL streaming 則會複製一份放入 $FA^2_{i,j}$ handoff buffer 中。

b. 當 MR vertical handoff 之後，MR 便把可使用的頻寬分成兩部分，新的 $FA^2_{i,j}$ 送出目前應該接收的 BL streaming，而剩餘的頻寬則用來下載 $FA^2_{i,j}$ handoff buffer 中的多媒體資料，這部分的資料便是 MR vertical handoff 時未接收到的多媒體資料。由於都只下載 BL，因此可以在相同的頻寬下，於 $\sum_{k=1}^{\infty}\left[\left(T_{v_handoff}+2\times D^2_{FA^2_{i,j}_MR}\right)*Q^k\right] = \left(T_{v_handoff}+2\times D^2_{FA^2_{i,j}_MR}\right)*\frac{Q}{1-Q}$ 時間內迅速補回 MR vertical handoff 所消耗的資料量，因此可滿足 MR 未來再次 vertical handoff 之所需。

(5) MR buffer 由新的 CR^2_i 回補機制 (Inter-Network vertical handoff, new $FA^2_{i,j}$ not in tree)：

如圖 5 所示，當 MR 進行不同 Layer2 GR 間的 vertical handoff 後，若所進入的 $FA^2_{i,j}$ 下並無相同 group member 的情形時，此時新的 $FA^2_{i,j}$ 之 $FA^2_{i,j}$ handoff buffer 將是空的，MR 在 vertical handoff 期間所錯失接收的那部分多媒體資料並無法從新的 $FA^2_{i,j}$ 中馬上取得。為了避免多媒體資料不連續而產生播放中斷的現象，在 HSMM 機制下將在新的 CR^2_i 上再額外配置 CR^2_i handoff buffer，必須可以暫存 vertical handoff 與修改新的 Layer 2 GR 內 multicast tree 所需時間 ($T_{v_handoff}+T_{vi_mod_mt}$) 的資料。因此當新的 CR^2_i 送出多媒體資料封包時亦如同 $FA^2_{i,j}$ 一般，會將已送出之資料複製一份放入新的 CR^2_i handoff buffer 中。等到 MR vertical handoff 進入沒有相同 group member 之 cell 時，$FA^2_{i,j}$ 便可向這個 CR^2_i 要求下載 MR vertical handoff 所欠缺的多媒體資料，但新的 CR^2_i 到 $FA^2_{i,j}$ 間為頻寬較為充足的有線網路，因此較為容易取得。當 $FA^2_{i,j}$ 在收到額外由新的 CR^2_i 傳送來的多媒體資料時，除了放入 $FA^2_{i,j}$ handoff buffer 中外並立刻傳送給 MR，如此 MR buffer 回補機制的動作才能正常運作。

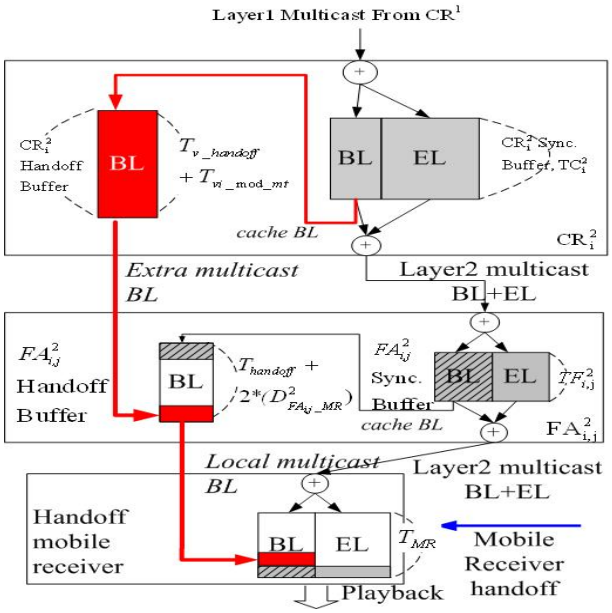

圖 5. HSMM Inter-Network vertical handoff, new FA not in new Layer2 multicast tree, mobile receiver buffer 由 new CR^2_i 回補機制

(6) MR buffer 由 CR^1 回補機制 (Inter-Network vertical handoff, new

GR_i^2 not in tree)：

如圖 6 所示，當 MR 進行不同 GR_i^2 之間的 vertical handoff 後，若所進入的新 GR_i^2 網路中並無相同 group member 時，這個新的 GR_i^2 下尚未建立 Layer2 multicast tree，當然新的 $FA_{i,j}^2$ 也就尚未收到任何的多媒體資料。此時新 $FA_{i,j}^2$ 之 $FA_{i,j}^2$ handoff buffer 將是空的，並且新的 GR_i^2 中的 CR_i^2 也尚未加入 Layer1 multicast tree 成為 FA_i^1，因此 CR_i^2 handoff buffer 也是空的，因此並無法進行前述之 MR buffer 回補機制；也就是說 MR 在 vertical handoff 期間所錯失接收的那部分多媒體資料並無法從新 $FA_{i,j}^2$ 或 CR_i^2 中馬上取得。為了避免多媒體資料不連續而產生播放中斷的現象，在 HSMM 機制下將在 CR^1 上再額外配置 CR^1 handoff buffer 來暫存 vertical handoff 與修改 Layer1 multicast tree 與建立新的 Layer 2 GR 內 multicast tree 所需時間($T_{v_handoff}+T_{vo_mod_mt}$)的資料。因此當 CR^1 送出多媒體資料封包到 Layer1 multicast tree 時，會將已送出之資料複製一份放入 CR^1 handoff buffer 中。接著 CR_i^2 (FA_i^1)在收滿 TF_i^1 時間後會開始透過這個 GR 內的 Layer2 multicast tree 送資料到所有 $FA_{i,j}^2$。在此同時，會將已送出之資料複製一份放入 CR_i^2 handoff buffer 中，而 $FA_{i,j}^2$ 的傳送動作如上所述。等到 MR vertical handoff 進入沒有相同 group member 之 GR 時，新的 $FA_{i,j}^2$ 便可向 CR_i^2，接著到 CR^1 要求下載 MR vertical handoff 所欠缺的多媒體資料，而此多媒體資料的傳送雖需利用額外的頻寬來傳送，但 CR^1 到 CR_i^2 再到 $FA_{i,j}^2$ 間為頻寬較為充足的有線網路，因此較為容易取得。當 $FA_{i,j}^2$ 在收到額外由 CR^1 經過 Layer1 multicast tree，而 CR_i^2 再經過 Layer2 multicast tree 傳送來的多媒體資料時，除了放入 $FA_{i,j}^2$ handoff buffer 中外並立刻傳送給 MR，如此上述 MR buffer 回補機制的動作才能正常運作。

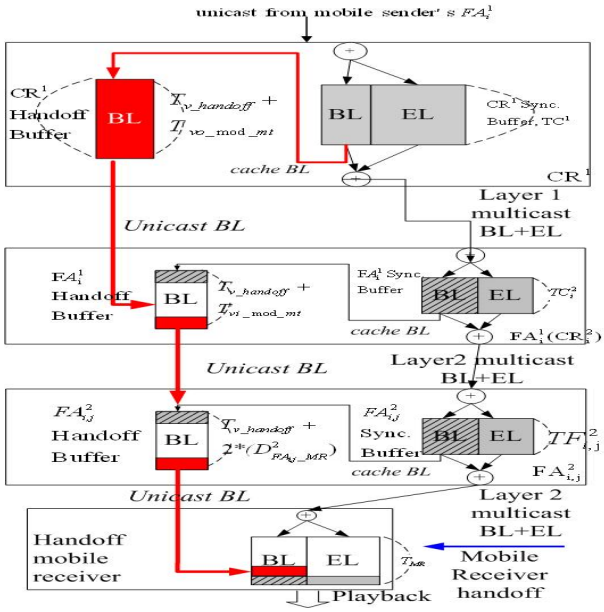

圖 6. HSMM Inter-Network vertical handoff, new GR_i^2 not in Layer1 multicast tree mobile receiver buffer 由 CR^1 回補機制

六、結果與討論

為了比較在 SMM 與 HSMM 之間的 Mobile Sender 及 Mobile Receiver 進行多點傳送及接收多媒體 streaming 及播放的情形，並比較在兩種機制下 MS 與 MR 進行 Handoff 對於連續型的播放所產生的影響，我們採用如下圖的模擬實驗環境，如圖 7 所示：在此模擬實驗進行時，MS 送出每秒 30 frames 之 MPEG-4 FGS Coded Video，其 Base Layer Stream 為 256Kbps，Enhancement layer stream 為 768Kbps。在模擬實驗中 MH 可獲得的頻寬為 1024Kbps，Q=(256)/(256+768)=0.25，而實驗中每一個 node 的 processing delay 及 queuing delay 為 0，各 Router 之間的距離如圖 7 所示。

GR^1 範圍為 190ms，GR_i^2 大小分別為 70，100，140，120，150ms，假定水平換手時間為 400ms，垂直換手時間為 800ms，MR 在 initial 階段至少要暫存一個 GOP(500ms) video 資料後才能開始播放，

routing table 更新時間為 0 ms(包括水平與垂直換手)(包含在水平換手時間與垂直換手時間內)，HSMM 要求回補的訊息傳遞時間 0ms，實驗之預設情況如下：

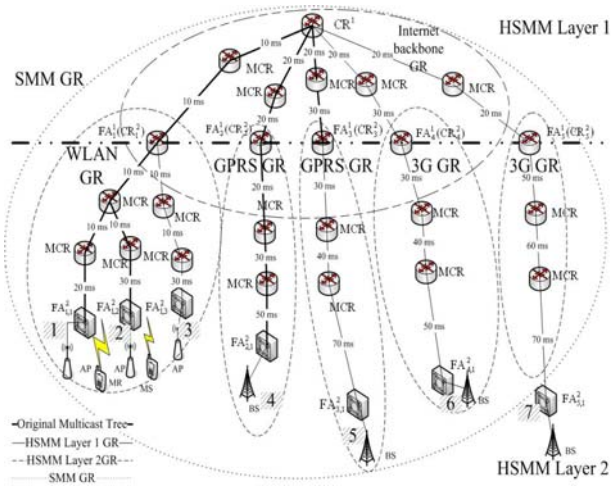

圖 7. 模擬實驗環境

1. 實驗由 0ms MS 開始傳送多媒體串流資料。
2. 在 3300 ms 時，由圖 7 中的 1 移到 2，進行第一次的 Intra Network $FA^2_{i,j}$ in tree Handoff 動作。
3. 在 4000 ms 時，由圖 7 中的 2 移到 3，進行 Intra Network $FA^2_{i,j}$ out of tree 動作。
4. 在 6000 ms 時，由圖 7 中的 3 移到 4，進行 Inter Network $FA^2_{i,j}$ in tree 動作
5. 在 8000 ms 時，由圖 7 中的 4 移到 5，進行 Inter Network $FA^2_{i,j}$ out of tree Handoff 動作
6. 在 10000 ms 時，由圖 7 中的 5 移到 6，進行 Inter Network CR^2_i，$FA^2_{i,j}$ out of tree 動作
7. 在 12000 ms 時，由圖 7 中的 6 移到 7，進行 Inter Network CR^2_i，$FA^2_{i,j}$ out of tree 並且 $FA^2_{i,j}$ out of GR Handoff 動作

由此實驗來觀察 MR，CR^1，CR^2_i (FA^1_i)，$FA^2_{i,j}$ 等 buffer 運作的結果。

圖 8，9 為 SMM 與 HSMM 兩種架構下 FA^1_i 與 $FA^2_{i,j}$ 的 Synchronization Buffer 的比較圖，在 SMM 機制下 FA^1_i 並不需要有 Synchronization Buffer，直接透過 $FA^2_{i,j}$ 來做同步的機制，因為所需的 $FA^2_{i,j}$ Buffer 量較大如圖 8 所示。

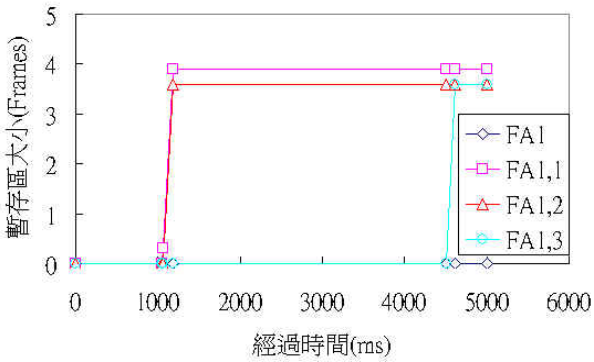

圖 8. SMM 架構下 FA^1_i 與 $FA^2_{i,j}$ 的 Synchronization Buffer 的比較圖

在 HSMM 架構下透過 FA^1_i 先進行第一階段儲存 Synchronization Buffer 再 multicast 給 $FA^2_{i,j}$，因此 $FA^2_{i,j}$ 不會如同 SMM 架構下需要較大的 Buffer 量，如圖 9 所示。在比較圖 8，9 後，我們可以證明，HSMM 架構 FA(FA^1_i + $FA^2_{i,j}$)所需全部 Synchronization Buffer 的量(3.9Frames)明顯小於 SMM 架構 FA($FA^2_{i,j}$)所需全部 Synchronization Buffer 的量(11.1Frames)。

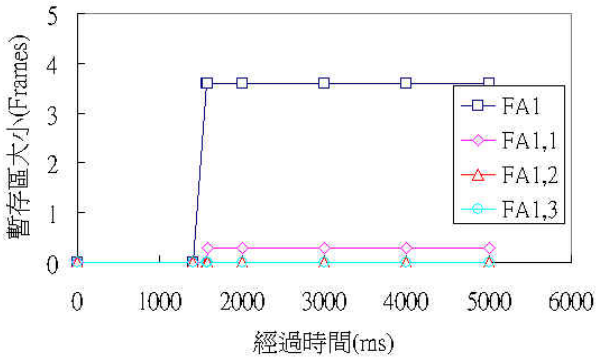

圖 9. HSMM 架構下 FA^1_i 與 $FA^2_{i,j}$ 的 Synchronization Buffer 的比較圖

圖 10 為 0-15000ms MR 實際接收與播放的比較圖，MR 進行水平或垂直換手

時都會造成 MR 暫時無法收到資料，而在 Handoff 之後由於回補機制的運作使得所收到資料迅速的回補回原來 Buffer 的大小。實際播放的曲線出現一小段水平的現象(13180-13240ms)，這是由於在實驗中我們最後進行了一個超出 GR 範圍的 Handoff 動作，由於原本回補機制下的 Buffer 只能保證在 GR 中一定不中斷，而超出 GR 的範圍後，就如同實驗結果，因為回補機制的資料量不夠回補給 MR，因而造成一段時間的中斷播放現象。由此圖可以發現不論 SMM 或 HSMM 架構下 MR 接收與播放情形相當類似，HSMM 比起 SMM 有稍大的 playback initial latency(HSMM：3260ms；SMM：2860ms)，在圖中，模擬實驗情況 3，5，SMM 部份分別多了 40，100ms 的暫停接收時間(時間點 4500-4540，7080-7180)，證明 HSMM 確有較小的 Join latency，。

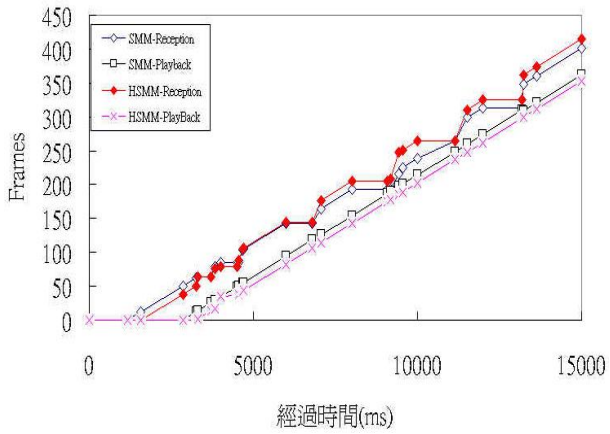

圖 10. MR 實際接收與播放比較圖 (0-15000ms)

七、計畫成果自評

為了完整支援行動用戶在不同異質性網路能夠接收及播放多媒體多點群播的資料，在本研究中提出 HSMM 兩層式的架構，透過實驗來證明 HSMM 架構將節省 SMM 所需的 Synchronization Buffer 大小，並大幅減少 Join Latency (JL)與減少回補機制的 Buffer 大小與所需的時間。

相關的論文發表目前已經有三篇，學生碩士論文一篇，其中一篇為 ICOIN2006 的會議論文，被收錄到列為 SCI Expanded Index 的 LNCS 期刊，表示本計畫的架構與方法確實有研究價值與成果，目前正在整理完整的實驗數據，更進一步投稿到國際期刊，更希望能延伸目前的成果於未來的研究中。

八、參考文獻

[1] Ing-Chau Chang and Kuo-Shun Huang, “Synchronized Mobile Multicast Support for Real-Time Multimedia Services”, *IEICE Trans. on Communications: Special Issue on Networking Technologies for Mobile Internet Systems*, Vol.E87-B No.9 pp.2585-2595, 2004.

[2] Ing-Chau Chang, Kuo-Shun Huang and Cheng-Ying Yang, “Synchronized Real-Time Multimedia Multicast For Mobile Users”, *World Wireless Congress*, pp. 739-745, San Francisco, U.S.A., May 2004.

[3] Charles E. Perkins, ”Mobile Networking Through Mobile IP”, IEEE Internet Computing, Vol.2, pp.58-69 Jan./Feb. 1998.

[4] D.Waitzman, C.Partridge and S.E. Dering, “Distance Vector Multicast Routing Protocol”, RFC 1075, Nov. 1988.

[5] J.Moy, “Multicast extensions to OSPF”, RFC 1584, Mar. 1994.

[6] A. Ballardie, “Core Based Trees (CBT version 2) Multicast Routing”, RFC 2189, Sep. 1997.

[7] Yu Wang and Weidong Chen, “Supporting IP Multicast for Mobile Hosts”, Kluwer Academic Publishers, Mobile Networks and Applications, Vol. 6, pp.57-66, 2001.

[8] Cheng Lin Tan and Stephen Pink

"Mobicast : A Multicast Scheme for Wireless Network", Mobile Networks and Applications, Baltxer Science Publishers, Vol. 5, pp.259-271, Dec. 2000.

[9] H.Omar, T.Saadawi and M.Lee, "Multicast Support for Mobile-IP with the Hierarchical Local Registration Approach", ACM WOWMOM, pp.55-64, 2000.

[10] A. Benslimane, "Multimedia Multicast in Mobile Computing", IEEE International Symposium of Multimedia Software Engineering, pp.339 –346, 2000.

[11] Weiping Li, "Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Standard", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 11, no. 3, pp. 301-317, Mar 2001.

[12] Hayder M. Radha,Mihaela van der Schaar, and Yingwei Chen, "The MPEG-4 Fine-Grained Scalable Video Coding Method for Multimedia Streaming Over IP", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 3, No. 1, Mar. 2001.

[13] M. Stemm and R.H. Katz, "Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks," ACM Mobile Networks and Applications, vol.3, pp.335-350, 1999.

[14] M. Ylianttila, M. Pande, J. Makela, and P. Mahonen, "Optimization Scheme for Mobile Users Performing Vertical Handoffs between IEEE 802.11 and GPRS/EDGE Networks," IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '01), vol.6, pp.3439 –3443, 2001.

九、已發表著作與指導學生論文

[1] Ing-Chau Chang and Chih-Sung Hsieh, "Hierarchical Synchronized Multimedia Multicast for Mobile Hosts in Heterogeneous Wireless Networks", *The International Conference on Information Networking (ICOIN) 2006*, Session 7B, icoin-2006-576, ***LNCS 3961***, Springer. Sendai, JAPAN, Jan. 2006, (SCIE, EI).

[2] **張英超**, 謝志松, "以 JMF 建構無線即時校園互動式多媒體廣播與社群系統", *The 10-th Conference on Information Management and Implementation* , pp.297-310, Dec, 2004.

[3] **張英超**, 謝志松, "異質性網路下之階層式多媒體同步多點群播", *The 11-th Mobile Computing Workshop, Mobile Computing 2005*, pp.485-494, March, 2005.

[4] 謝志松, "異質性無線網路之階層式同步多媒體多點群播", 朝陽科技大學網路與通訊研究所碩士論文, Aug. 2006.