

叢集式系統架構支援 SIP-based 多媒體會議服務之設計

蘇暉凱* 林郁凱⁺ 陳景章⁺

⁺中正大學通訊工程學系

*南華大學資訊工程學系

* hksu@mail.nhu.edu.tw

摘要

多媒體會議是一個實現多方即時互動並且以多媒體應用為主的通訊服務，例如影像、語音、文字等傳輸。由於網路技術成熟和網路使用普遍，使得以網路為基礎的多媒體會議服務受到重視。本論文提出一個叢集式系統架構，以提供多媒體會議服務。在此架構下，透過叢集自我組織與自我維護，分享叢集內終端機之會議控制與混合器資源，不但可以降低會議伺服器負載，也可以減少會議服務基礎建設成本。本系統使用 SIP 作為主要信令控制協定，並提出以 SIP 為基礎的叢集運作機制，包含叢集操作與心跳機制。¹

關鍵詞：多媒體會議、網路會議、網路電話、SIP

Abstract

The multimedia conference is a communication service to approach multi-party, real-time, interactive and multimedia applications. Due to the mature Internet technology and the ubiquitous network access, the multimedia conference over Internet is attended. This paper proposes a cluster-based framework to provide multimedia conferencing service. In this framework, the cluster members are self-organizing and self-maintaining to share the intra-resource of focus and mixer. Not only the system loading of conference servers can be minimized, but also the infrastructure cost can be reduced. The system uses SIP as the major control signaling and proposes an SIP-based clustering mechanism, including cluster operation and heartbeat mechanism.

Keyword: Multimedia Conference, IP Conference, Voice over IP, SIP

1. 前言

多媒體會議是一個實現多方即時互動並且以多媒體應用為主的通訊服務，例如影像、語音、文字等傳輸。傳統以電信傳輸模式所提供的遠距視訊會議服務是以使用事先所部署的昂貴設備和專線的方式來達成，雖然會議傳輸品質較穩定、可靠，

但是也因為成本高以及應用不易開發等原因，使用的情況並不普及。由於網路技術快速地發展及普遍地使用於一般的家庭使用者，並且受惠於網路資源共享及無所不在的特性，期望能夠藉由建構在以 IP 網路為傳輸媒介的方式來提供廉價、易取得的多媒體會議服務。

目前在網路多媒體會議服務的系統架構設計已有相當多的討論及研究。IETF 將其區分為三種模型[2]:

- 緊密耦合模型
- 鬆散耦合模型
- 完全分散式模型

在緊密耦合模型中，服務元件以網路上的伺服器來呈現，這些伺服器用來提供會議服務並且處理相關的訊息及影音串流。因為資訊和資源的集中式管理，緊密耦合的系統具有高穩定性和高可靠性。然而，集中式的環境造成伺服器的負擔重及依賴性高，這樣的架構模型不利於大型的服務規模。此問題可以經由部署多台伺服器並且以階層式管理的方式來解決，但是卻也同時提高了系統成本。

鬆散耦合模型通常建立在以網路層的群播技術來達到資料傳輸。在這種架構下，會議成員之間不具有信令協調的關係，而是經由加入、離開一個群播位址群組來參與會議。鬆散耦合模型適合大型的服務規模，然而它的缺點則是使用者端必須具備串流處理的功能以及尚未普遍地具備群播技術的問題。

完全分散式模型尚未有較明確的系統架構雛形，目前 IETF 提出應用點對點 (Peer-to-Peer) 技術的 P2PSIP 多媒體應用服務架構[8]，我們認為此架構為發展完全分散式模型的基礎。此系統模型最主要的概念是透過部份使用者建立一個服務網絡來提供並且維護管理整個服務，也就是說某些設備能力充足的使用者能夠分享其資源並且提供部份服務及功能。

基於前文所說明三種模型的特性，我們提出一個以 SIP 為基礎的叢集式系統架構來提供多媒體會議服務。這個系統架構整合了緊密耦合模型和完全分散式模型的概念，透過分享使用者資源來降低系統的通訊成本。此外也因為其優點互補，能提供一個穩定、可靠且適合大型服務規模的多媒體會議服務系統。

¹本研究由國科會贊助，計畫編號 NSC-96-2221-E-343-001。

在我們的架構中，保留了緊密耦合模型的集中式伺服器設置，稱之為多媒體會議骨幹網絡，這個骨幹網絡提供會議控制管理、影音串流處理、使用者的認證授權以及叢集的管理等。另一方面，使用者端可建立群組關係，意即形成多個叢集並透過叢集頭 (cluster head) 來與骨幹網絡溝通。一個叢集可由一個以上的使用者所組成，叢集的形成必須滿足最少存在一個優異者在系統中以及無叢集存在的兩個條件。叢集運作將在第四章作更詳細的介紹。

我們系統架構的特性是藉由運用叢集的概念來達到使用者資源分享。每一個使用者會根據它的設備能力區分為優異者 (Superior) 與同等者 (Peer)，這兩種不同型態主要的差異在於優異者有足夠的資源分享給其他使用者，在這裡資源指的是設備的計算能力、儲存空間以及網路頻寬，而利用這些資源所提供的服務包含管理叢集成員 (cluster member)、會議控制及影音串流處理。此外，使用者資源只分享於叢集內部。

本文貢獻主要在於提出一個能夠兼具穩定、可靠且擴展性高的多媒體會議系統架構，又同時藉由分享使用者資源來降低系統的通訊成本。在我們的系統中，一個資源充裕的叢集內部會議將不會佔用系統資源，藉此能夠降低系統的使用成本。如能有效地管理使用者所提供的資源，進而讓系統的負擔最小化，定能提高業者的競爭能力。

本文的結構如下，第二章說明相關研究及背景知識，第三章介紹我們的系統架構，系統運作與設計機制呈現在第四章，而第五章展示叢集運作範例的訊息序列圖 (sequence chart)，最後是結論。

2. 相關工作

目前針對多媒體會議應用的研究以 IETF 所發展的規範為主，其中 MMUSIC、SIPPING 和 XCON 等研究團隊分別負責針對多媒體通訊協定、SIP 多媒體應用和緊密耦合模型協定的開發工作 [7][9][10]。表 1 列出相關的 RFC 規範。

我們底下簡單介紹緊密耦合模型，依據 RFC4353 所定義的緊密耦合模型[2]，有四個主要的服務元件：

- (1) **Focus:** Focus 是一個會議控制管理中心，它主要處理會議協調、引導的訊息。當使用者與 Focus 接觸時會建立一個描述此通訊關係的識別資訊 (dialog)，藉由維護此資訊並且與使用者溝通，Focus 能夠為參與會議的使用者們建立及設定一個會議。
- (2) **Mixer:** 此服務元件負責處理媒體串流，將多個串流整合成單一的串流格式並且分送給所有會議參與者。在這裡的 Mixer，廣義認為可處理影像及語音等串流。

表 1 多媒體會議應用的相關 RFCs

WG	RFC	Title
MMUSIC	RFC3264	An Offer/Answer Model with the SDP
	RFC4566	Session Description Protocol
SIPPING	RFC3725	Best Current Practices for Third Party Call Control in the SIP
	RFC4245	High-Level Requirements for Tightly Coupled SIP Conferencing
	RFC4353	A Framework for Conferencing with the SIP
	RFC4575	A SIP Event Package for Conference State
	RFC4579	SIP Call Control - Conferencing for User Agents
XCON	RFC4376	Requirements for Floor Control Protocols
	RFC4597	Conferencing Scenarios
	RFC4582	The Binary Floor Control Protocol
	RFC5018	Connection Establishment in the Binary Floor Control Protocol
	RFC5239	A Framework for Centralized Conferencing

(3) **會議策略伺服器 (Conference Policy Server):** 會議策略伺服器提供修改及儲存管理會議的策略。

(4) **會議伺服器 (Conference Server):** 在此模型中，會議伺服器是一個實體元件，它必須最少包含 Focus，其實際的服務元件配置乃視系統架構所考量的伺服器部署而有所不同。

IETF 提出五種實際可實現的系統架構[2]，這些架構主要針對多種環境需求而發展的服務元件配置及伺服器部署。然而，它們仍然受限於集中式而負載過重以及服務規模不大的問題。由此可見，如能經由使用者的資源分享來提供部份的系統功能或會議服務，就能達到分散系統負載、減少通訊成本以及突破服務規模等效用。

3. 系統架構

3.1 系統環境

我們提出的系統建構在 IP 傳輸網路之上，由多媒體會議骨幹網絡和使用者所構成，其中使用者藉由形成叢集並透過叢集運作來和骨幹網絡交換訊息，如圖 1 所示。我們底下針對多媒體會議骨幹網絡與叢集作介紹。

3.2 多媒體會議骨幹網絡

多媒體會議骨幹網絡保留緊密耦合模型的架構，並且由多個服務元件所組成，其中 Focus 和

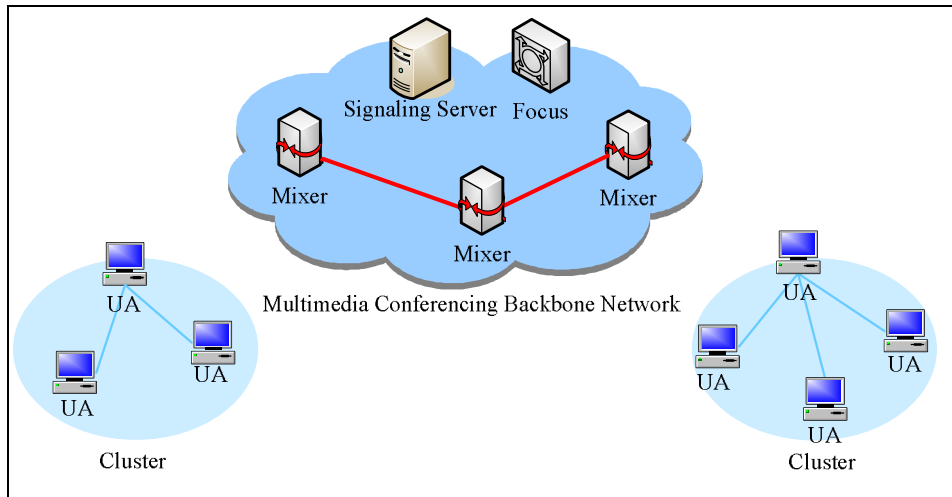


圖 1 系統架構

mixer 的功能如第二章所介紹。在我們的架構中，我們部署一個 Focus 和數個 mixer，並以階層式處理多個來源串流，此外由於我們使用 SIP 作為信令控制的協定，因此也部署了多部信令處理伺服器 (signaling server)，亦即 SIP 伺服器。

系統包含依據 RFC3261 所定義的 SIP 伺服器 [3]: 註冊機 (Registrar)、導向伺服器 (Redirect) 和代理伺服器 (Proxy)。在我們的系統中，提出一個新的信令處理伺服器功能—叢集管理，其負責管理所有的叢集，提供建立、解散叢集以及維護叢集狀態、成員資訊的功能。圖 2 是我們所設計的叢集管理細部功能區塊。

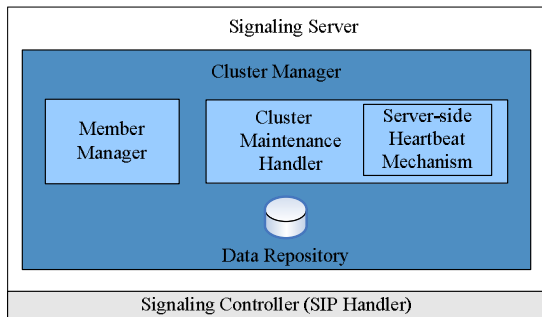


圖 2 叢集管理細部功能區塊

3.3 叢集

叢集的形成如第一章所述，必須滿足最少存在一個優異者在系統中以及無叢集存在的兩個條件。當一個叢集形成的同時，信令處理伺服器必須選出一個叢集頭來當作叢集與信令處理伺服器溝通的管道，叢集頭角色可能因為叢集成員的加入或離開而有所變動。叢集頭確定之後，使用者即可透過叢集頭來登入系統並且加入叢集。倘若叢集無法繼續存在，叢集成員將被引導至其他叢集或是以未加入叢集的身分與信令處理伺服器直接溝通。

叢集與信令處理伺服器之間的訊息交換可分

為兩大類，即一般信令訊息以及叢集運作訊息，如圖 3 所示。一般信令訊息包含認證、會議請求。而叢集運作訊息包含心跳機制、叢集的設定及引導。

叢集頭的選取是由信令處理伺服器內部的叢集管理功能來負責，當每一個優異者登入系統之後，都會透過我們所設計的公式來計算它的可得率 (availability)，如圖 4 所示。其中樣本值 (Sample availability) 是計算前一次登入到本次之間實際的可得率。

4. 系統運作

4.1 使用者登入系統

使用者登入系統主要就是向信令處理伺服器進行認證的動作，認證的模式會依據是否存在叢集而有所不同。當有叢集存在的情況，使用者能經由找到叢集頭並透過它來輔助使用者做認證動作。而當沒有叢集存在的情況下，使用者必須直接與信令處理伺服器接觸並完成認證。如果透過叢集來登入，則必須在認證完成之後，加入此叢集。圖 5 說明完整的使用者登入流程，我們簡述如下：

- **1:** 首先使用者終端機會先檢查有無優異者名單 (Superior list)，優異者名單是我們設計用於尋找叢集頭的一個機制，如圖 6 所示的一個範例。如果存在此名單，則進行 2(a)。沒有，則進行 2(b)。
- **2(a):** 根據此名單發送認證請求，有回應表示有叢集頭存在，使用者透過它進行認證。如果沒有回應，則跳至 2(b)。
- **2(b):** 直接與信令處理伺服器做認證動作，並在同時取得最新的優異者名單。
- **3:** 完成認證之後，信令處理伺服器會更新使用者的檔案。

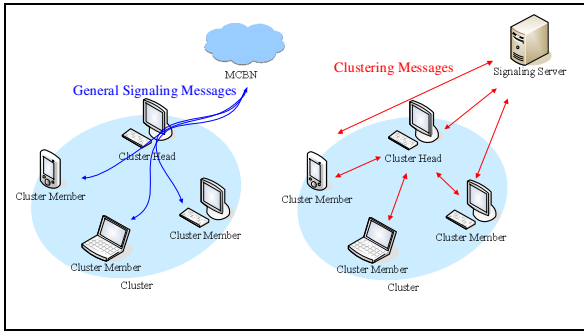


圖 3 叢集與信令處理伺服器之間的訊息交換

Estimated Availability :

$$E = (1-\alpha) \times E' + \alpha \times a \dots\dots (1)$$

- E' denotes prior estimated availability
- a denotes sample availability
- We recommend that α equals to 0.125

圖 4 可得率的估計公式

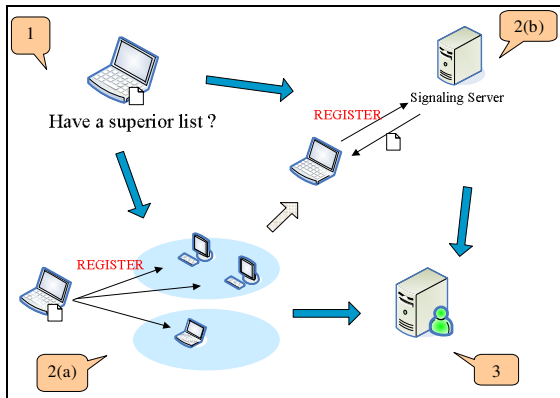


圖 5 系統認證流程

4.2 叢集機制

4.2.1 心跳機制

我們利用 SIP 特定事件通知架構 (Specific Event Notification) 來設計心跳機制[1]。心跳機制包含兩個已定義的事件，第一種事件是我們自己定義的“叢集”事件，叢集成員向叢集頭訂閱此事件表示加入此叢集之意，而信令處理伺服器也會向所選定的叢集頭訂閱此事件，因此整個叢集的關係與叢集頭的指定就可以經由這樣的行為來建立，如圖 7 的示意圖。此事件針對每位叢集成員定義了一個簡單的有限狀態機，如圖 8 所示，當發生狀態變換時，“叢集”事件可以針對叢集成員的變動發送變動通知，通知訊息會加入叢集變動的資訊。此外，除了成員之外，此事件也會定期發送通知(虛擬的狀態變換)，並且根據使用者有無回應來偵測是否有異常的狀況，同樣的，信令處理伺服器也針對叢集頭是否有發送通知來偵測叢集的異常狀況。

另一事件為 RFC3515 所定義的 REFER 訊息

[5]，此訊息可以引導使用者對訊息所提示的 URI 位址進行動作，而在本機制的設計中，使用者如收到 REFER 訊息，則會對提示的 URI 位址作更新認證並訂閱“叢集”事件。此事件在心跳機制中，主要作為叢集變動時的引導之用。

4.2.2 叢集運作

叢集的運作可分為 7 大類，我們一一簡述如下，因為篇幅有限，因此底下只附上部份的示意圖。

```
<?xml version="1.0"?>
...
<config timestamp="20080323133036">
  <superior_list>
    <superior >
      <address>198.162.1.21</address>
      <port>12345</port>
      <availability>0.75</availability>
    </superior >
    <superior>
      <address>198.162.1.125</address>
      <port>12345</port>
      <availability>0.60</availability>
    </superior>
  </superior_list>
  ...
</config>
...
```

圖 6 優異者名單範例

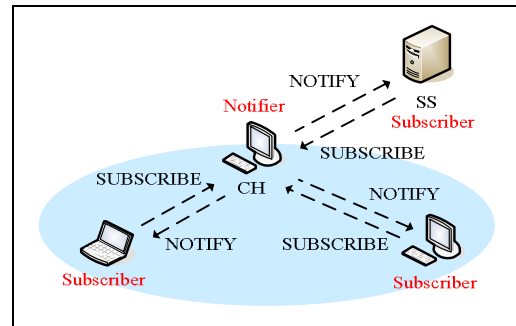


圖 7 心跳機制模型

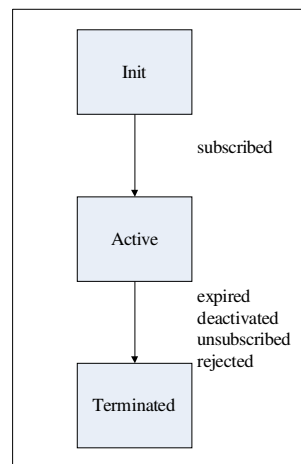


圖 8 描述叢集成員行為的有限狀態機

- (1) **加入叢集:** 已認證的使用者向叢集頭訂閱“叢集”事件表示加入叢集。叢集頭如有變動，則使用者必須結束原本的訂閱，並重新向新的叢集頭作訂閱動作。
- (2) **離開叢集:** 當使用者欲離開系統時，也會同時離開叢集，使用者只須發送反認證請求即可離開。此時，叢集頭會轉送請求並且改變使用者狀態、發送事件通知，之後移除使用者的訂閱。
- (3) **叢集頭置換:** 由於叢集成員的變動，系統會根據可得率的高低來選取叢集頭。當一個新選定的叢集頭將取代原本的叢集頭時，信令處理伺服器先將原本的訂閱移除，之後再向新的叢集頭作訂閱動作。新的叢集頭確立之後，它隨即利用 REFER 訊息去引導其它叢集成員來加入它。
- (4) **叢集分割:** 分割與合併機制參考在 MANET 的研究[6]。系統設定一個分割值來判斷何時該啟動叢集分割，分割時，系統先引導可得率第二高的使用者離開叢集並向它作訂閱動作，接著將部份叢集成員引導至新叢集。
- (5) **叢集合併:** 系統設定一個合併值來啟動叢集合併，當叢集合併時，系統引導所有叢集成員包含叢集頭加入另一個叢集。
- (6) **異常處理:** 透過心跳機制的偵測，使用者異常可分為叢集成員與叢集頭兩種情況。當叢集成員異常時，叢集頭會負責引導回復正常或踢除系統；若是叢集頭異常，則信令處理伺服器會視情況而置換叢集頭，使之回復正常。
- (7) **會議運作:** 會議運作可分為叢集內部會議與跨叢集會議，其中叢集內部會議是本架構不同於其他緊密耦合架構的設計。

一個資源充裕的叢集內部會議，如圖 9 的例子，其叢集頭會轉變為 P2P Focus 的角色來處理會議，在這裡我們定義所謂的 P2P Focus 是一個由使用者（優異者）所分享的服務資源，旨在提供具有與 Focus 一致的功能。此外，叢集頭收集叢集內各個優異者的處理能力及狀況來指定一位 P2P Mixer。每個內部會議會分配到一個優異者（P2P Mixer）來處理會議的媒體串流。這樣的會議設計能夠完全地經由使用者來處理，因此不會佔用系統資源。跨叢集會議或是資源不足的叢集內部會議，將會交由多媒體會議骨幹網絡來處理，如圖 10 所示。

5. 叢集運作範例的訊息序列圖

5.1 使用者經由叢集頭認證的範例說明

本範例說明使用者透過叢集頭的協助認證完成登入系統的方式。如圖 11，Bob 是系統裡唯一的叢集頭，此時，Alice 這位使用者想登入系統，它根據我們之前所提的系統認證流程，首先檢查優異

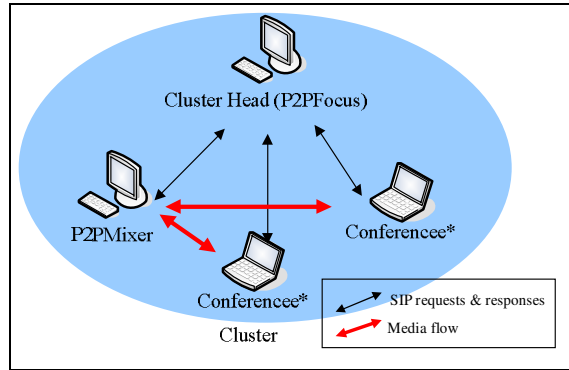


圖 9 叢集內部會議示意圖

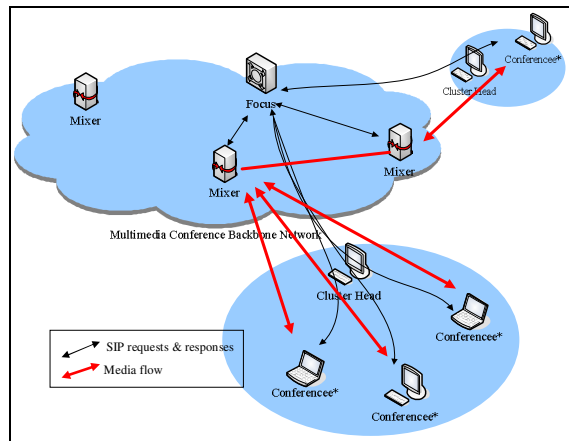


圖 10 跨叢集會議示意圖

者名單是否存在，在這裡假設存在此名單，Alice 接著針對名單中所有優異者發送認證請求，亦即叢集頭搜尋 (cluster head discovery)。搜尋後發現 Bob 這位叢集頭，Alice 隨後透過 Bob 來作認證，如訊息 F1-F4；完成登入之後隨即加入叢集，如訊息 F5-F6；F7-F8 表示定期的發送偵測通知。

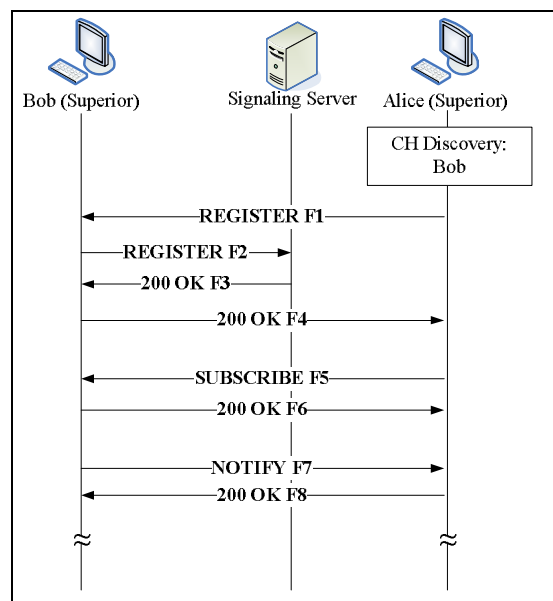


圖 11 使用者經由叢集頭認證的範例

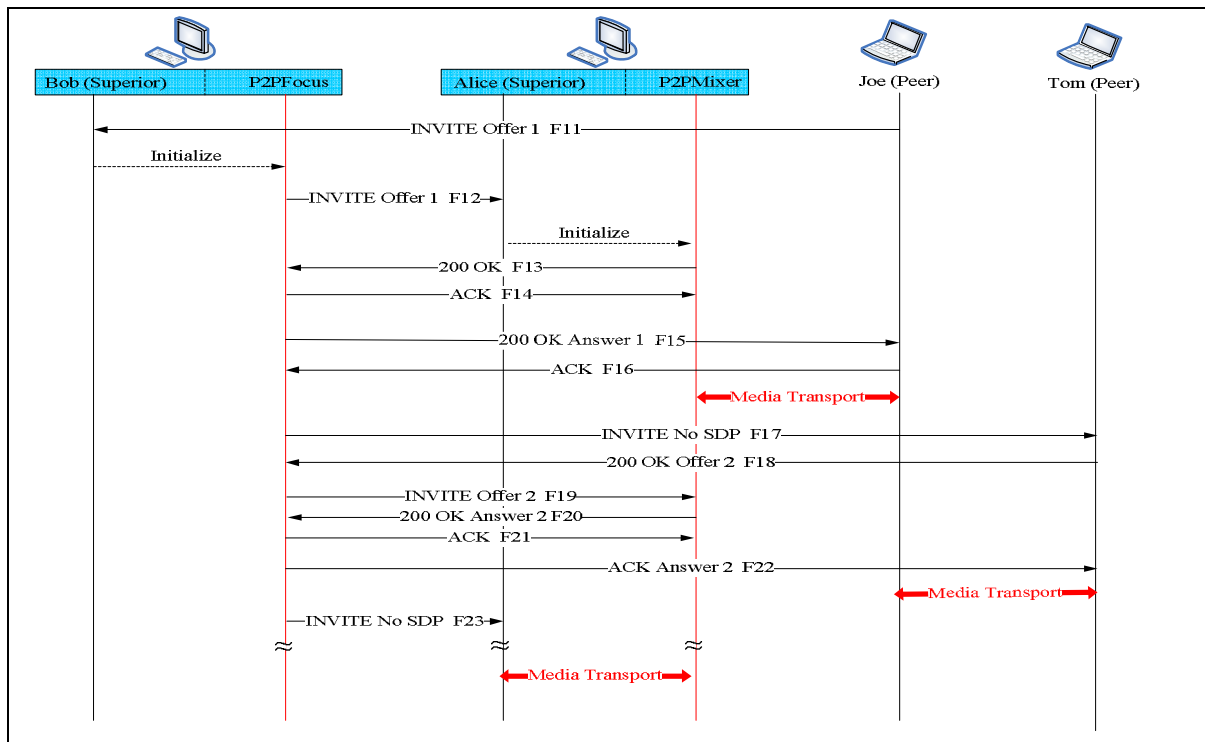


圖 12 叢集內部會議的範例

5.2 叢集內部會議的範例說明

如圖 12 所示，這個範例說明了一個叢集內部會議的運作，從發出會議請求、邀請會議成員到建立媒體頻道 (media channel) 的訊息交換。我們的系統架構利用 SDP 來作為設定媒體頻道的方法 [4]。

在這個例子中，四位使用者在同一個叢集裡。一開始 Joe 希望與 Alice 和 Tom 一起建立會議，因此 Joe 發送會議請求給 Bob 並夾帶有 Alice 和 Tom 的 URI 位址，如訊息 F11。當 Bob 收到訊息之後發現是一個叢集內部會議，則起始它內部的 P2P Focus 程序來處理這個會議。P2P Focus 隨即針對叢集內優異者的處理能力及狀況，選取了 Alice 來扮演此會議的 P2P Mixer，如訊息 F12-F14；F11-F16 同時也完成了 Joe 與 P2P Mixer 之間媒體頻道的建立；訊息 F17 與 F23 分別表示邀請 Tom 和 Alice 參與會議；F17-F22 表示 Tom 與 P2P Mixer 之間媒體頻道的建立；訊息 F23 之後省略。

6. 結論

本文提出一個以 SIP 為基礎的叢集式系統架構來提供多媒體會議服務，此架構整合了緊密耦合模型的架構與叢集的概念，並透過分享使用者資源，藉此來達到分散系統負擔、降低系統通訊成本。依據我們所介紹的系統原型設計及訊息序列圖的驗證，本架構是可實現的。如能有效地管理分配使用者資源，使其資源使用能夠最佳化，則系統的效能勢必能顯著的提升。未來我們將針對此架構的資源

規劃及動態管理作更深入的研究。

參考文獻

- [1] A. B. Roach, "Session Initiation Protocol (SIP)-Specific Event Notification," RFC 3265, Jun. 2002.
- [2] J. Rosenberg, "A framework for conferencing with the session initiation protocol (SIP)," RFC 4353, Feb. 2006.
- [3] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler, "SIP: Session initiation protocol," RFC 3261, Jun. 2002.
- [4] M. Handley, V. Jacobson, and C. Perkins, "SDP: Session description protocol," RFC 4566, Jul. 2006.
- [5] R. Sparks, "The Session Initiation Protocol (SIP) Refer Method," RFC 3515, Apr. 2003
- [6] Chunyan Fu, Roch H. Glitho, Rachida Dssouli, "A Novel Signaling System for Multiparty Sessions in Peer-to-Peer Ad Hoc Networks," IEEE Communications Society / WCNC 2005
- [7] MMUSIC, <http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>
- [8] P2PSIP, <http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>
- [9] SIPPING, <http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>
- [10] XCON, <http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>