



National Dong Hwa University

# 全國電信研討會

National Symposium on Telecommunications

11/18  
(五)

11/19  
(六)

大會地點  
福容大飯店 / 花蓮市民生路(海岸路)51號  
大會網頁 <http://insr2011.ndhu.edu.tw>

主辦單位  
國立東華大學電機工程學系

協辦單位  
行政院國家科學委員會、教育部

監辦單位  
行政院國家科學委員會、國科會電信專門

國科會工程科技推廣中心、國科會電信專門  
IEEE台北分會、IEEE VTS Taipei Section  
中華民國微波及學會、ACM SIG Mobility Taiwan  
台灣軟體學院學會、台灣雲端計算學會

# 具多維條件限制之 P2P-SIP 會議服務

蘇暉凱<sup>a</sup>、廖振宏<sup>\*b</sup>、潘建廷<sup>b</sup>、陳景章<sup>b</sup>  
國立虎尾科技大學電機工程系<sup>a</sup>  
國立中正大學通訊工程研究所<sup>b</sup>

**摘要** — Peer-to-Peer 會議是透過網路中的使用者彼此分享會議資源，改善傳統集中式的會議模型架構下，負載集中、單點失敗與昂貴的基礎建設成本等問題。結合 P2P-SIP，Peer-to-Peer 會議可以達到完全去集中化的效益。然而有別於傳統集中式的架構，Peer-to-Peer 會議服務的資源是由使用者所提供，如何在動態、分散的環境中有效搜尋異質資源成了重要的關鍵。因此，我們提出具多維條件限制的會議服務搜尋機制，在完全分散式的環境中，依照會議的規模與品質需求，讓使用者能快速的找到滿足條件的會議資源，節省會議建立的時間與花費的成本。<sup>1</sup>

## 一、簡介

在傳統集中式的多媒體會議模型架構下，會議服務業者必須購買許多高性能的資源設備。隨著使用者增加，會議伺服器的負載也因此而加重，需要部署更多會議伺服器以提供更大規模的會務服務，維持使用者的會議服務品質，因為如此業者必須付出非常昂貴的基礎建設成本。

透過引入 Peer-to-Peer 的概念，使用者可以分享彼此的會議資源，進而降低伺服器的建設成本。但在此環境下，不同以往的主從式會議架構，使用者並沒有一個集中式元件來協助會議的進行，因此當一個會議要被建立時，必須透過 Peer-to-Peer 的搜尋機制，來找到會議成員的位址以及可用的會議服務資源，即是利用 Peer-to-Peer 網路上所有使用者都知道的路由演算法來獲得這些資訊，進而完成會議的建立。

透過 P2P-SIP[1][2][3]雖然可以在分散式的環境中快速的取得使用者的位置。然而，由於結構式的 Peer-to-Peer 使用雜湊函數將導致無法進行複雜的搜尋。針對異質性會議服務資源搜尋的問題，本論文透過在疊層網路中建立抽象的樹狀資料結構，將資訊依照能力進行分類，提供具多維條件限制與負載均衡之服務搜尋機制，讓會議使用者能夠以多個需求條件快速的在疊層網路找到符合條件的會議資源，並改進資訊註冊與維護所需的成本與產生的效能瓶頸。

## 二、背景介紹

由於多媒體會議相關研究越來越被重視，IETF 因此成立了許多 Working Group，進行多媒體會議標準發展以及相關議題討論，目前也制定出許多 RFC 文件，其

中 RFC 4353[4]、RFC 4579[5]、RFC 5850[6]均討論到 SIP 網路多媒體會議的協定、元件、架構模型等。

P2P-SIP 則是融合 Peer-to-Peer 分散式結構與傳統集中式 SIP 的 Client-Server 結構，利用疊層網路為 SIP 提供完全分散式的資源定位與訊息傳輸服務，具有去集中化、低成本、高容錯性與高可擴充性等優點，改善集中式 SIP 系統所需的龐大維護管理開銷，避免單點故障與效能瓶頸等問題。目前 P2P-SIP 主要採用 SIP-over-P2P 的架構，即利用 Peer-to-Peer 協定為 SIP 協定提供位置服務，實現 SIP 使用者註冊、定址等行為，並擴展到其他應用。

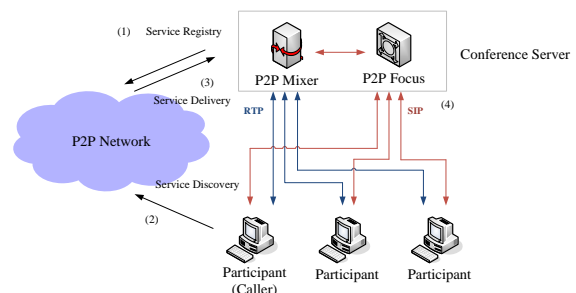
IETF 於 2007 年成立 P2PSIP working group，並提出許多相關草案，致力發展 P2PSIP 等相關標準協定。其中[7]為一個 P2PSIP 中的服務搜尋機制，能夠動態的將服務資訊分散儲存到 Peer-to-Peer 網路中，但是如同其它的服務搜尋機制，沒有考慮到服務與節點的異質性，因此無法有效的找到合適的服務資源。

## 三、具多維條件限制之會議服務搜尋

### 3.1 系統環境

P2P-SIP 會議系統是由所有加入疊層網路的 Peer 所形成的環境，Peer 會與疊層網路中的其它 Peer 互連，透過疊層網路的路由演算法維護路由資訊，並負責繞送疊層網路上的訊息，同時也必須提供儲存空間，儲存保管分配到的資料。

Peer 可以視其能力分享資源給其它 Peer-to-Peer 中的使用者，擔任 P2P Focus 或 P2P Mixer 等多媒體會議服務的角色。P2P Focus 負責會議初始化、管理、與會議資源協調管理，不需要大量的運算，但是必須頻繁的與所有參與這互動。P2P Mixer 負責會議語音與視訊資料混合重新編碼，提供串流給所有會議參與者。但是，由於它們並非專門的會議伺服器，因此提供的服務能力無法像集中式的伺服器具有大量能力與支援各種功能。



圖一：會議服務搜尋

<sup>1</sup> 本研究由國科會贊助，計畫編號 NSC 100-2221-E-150-077。

在集中式的會議環境中，若要使用會議服務，如 Focus，只要對其發送 SIP Invite 訊息，就能透過 Focus 創建一個會議，通常這個服務都是事先知道的。但是在 P2P-SIP 的會議系統中，一個具有 Focus 功能的 Peer 如何告訴其他使用者自己具有 Focus 的能力？也就必須要透過註冊的方式，但是 Focus 也只是一般的 User Agent，若以 SIP-URI 的方式註冊，其他使用者並沒有辦法事先得知其 SIP-URI。因此，必須使用服務註冊的方式，透過一個大家事先都有辦法知道的名稱來進行註冊。當使用者需要會議資源時，再利用服務搜尋機制找到可用的資源來進行會議，圖一為 P2P-SIP 會議服務資源的搜尋概況。

### 3.2 服務資源索引

由於 Peers 所提供的服務能力會隨著資源分配給使用者或是從使用者回收而造成動態的改變，若直接以現有的能力作為註冊的分類依據，則資訊將隨著能力改變儲存到不同的位置，可能導致使用者獲得較舊的錯誤資訊；若要避免這種情形發生，則系統必須記錄上一次的儲存地點，並在更新後將舊的資訊刪除。

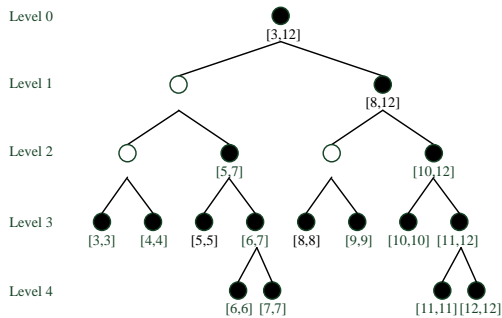
有藉於此法將造成高度的維護代價，我們將這些能力屬性分為靜態屬性與動態屬性。靜態屬性是代表服務所能提供的最大能力，用來作為服務註冊與搜尋的索引；而動態屬性則是指目前服務資源可用的能力。

表 I  
會議服務資源屬性

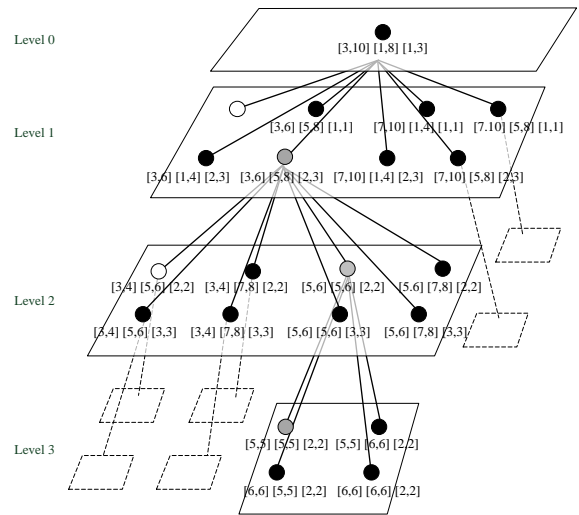
	P2P Focus	P2P Mixer
Fixed Attributes	Maximum Connections Capacity	Maximum Mixing Capacity Maximum Transport Capacity Highest Mixing Quality
Dynamic Attributes	Available Connections Capacity	Available Mixing Capacity Available Transport Capacity

表 I 分別為 P2P Focus 與 P2P Mixer 的資源屬性。在 P2P-SIP 會議服務中，每個不同的服務都各自有一個服務資源索引，依照此服務的靜態屬性來建立的一個結構，我們將這個結構稱為 Constraint Tree。

Constraint Tree 主要採用了範圍搜尋的概念，透過一種 Data Partitioning Tree 的樹狀資料結構，稱為 Segment Tree 將資源的屬性依序分割成不同區段。以 P2P Focus 為例，假設系統中的 P2P Focus 所能提供的 Maximum Connections Capacity 至少為 3，上限值為 12，則可建構出圖二中的結構，每個樹節點都將當作一個索引，稱為 Node Index。圖三則為 P2P Mixer 的例子。



圖二：A Example of Constraint Tree for P2P Focus

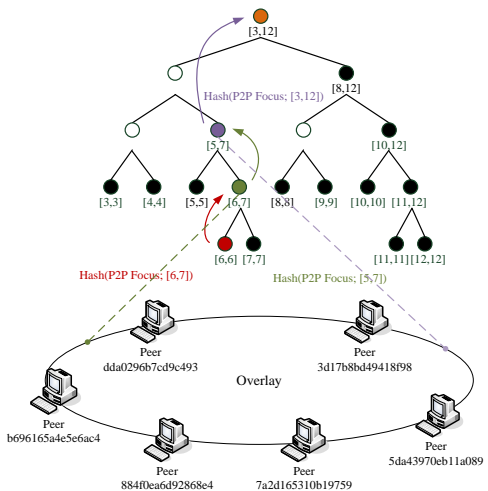


圖三：A Example of Constraint Tree for P2P Mixer

### 3.3 服務資源註冊

當疊層網路中的使用者要分享資源時，就要將它所提供的服務名稱以及提供的能力屬性與位置資訊註冊到疊層網路。註冊時以 Hash(Service Name; Node Index)作為 key，其中 Service Name 為服務名稱，Node Index 則該 Peer 所提供的最大能力在 Constraint Tree 中所屬的葉節點。

不同於傳統的 Segment Tree，在 Peer-to-Peer 的環境下，當 Peer 收到屬於它負責的註冊資訊時，若它不為 Constraint Tree 的 root，則便會將這筆資訊重複註冊到它的父節點，使得每個父節點都能保有其子節點的資訊，如圖四所示。

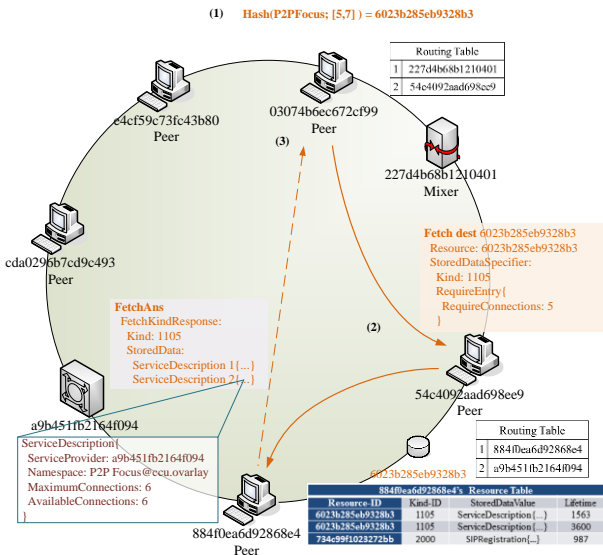


圖四：會議服務資源註冊

### 3.3 服務資源搜尋

在 P2P-SIP 會議系統中，當使用者要進行會議時，則透過服務搜尋。服務需求者先根據要尋找的服務建立 Constraint Tree，再以資源的需求條件找出其中滿足的樹節點，同時能使節點個數為最少，如此，需求者能以最少的請求個數來搜尋整個疊層網路中的資源。然後，將

每個從 Constraint Tree 中選出的節點索引經由雜湊函數產生 key，存到暫存器中。接著從暫存器中取出 s 個 key，作為目的地送出 Fetch 的訊息。s 為系統或使用者自訂，若 s 為 1 則一次只送出一個 Fetch。s 最大為 parallel，即整個暫存器中的所有 key。收到請求的 Peer 如果擁有符合的資訊，則將滿足條件的資源回覆給請求者。由於滿足條件的資源可能非常多，因此將挑選較適合的 k 個給請求者。



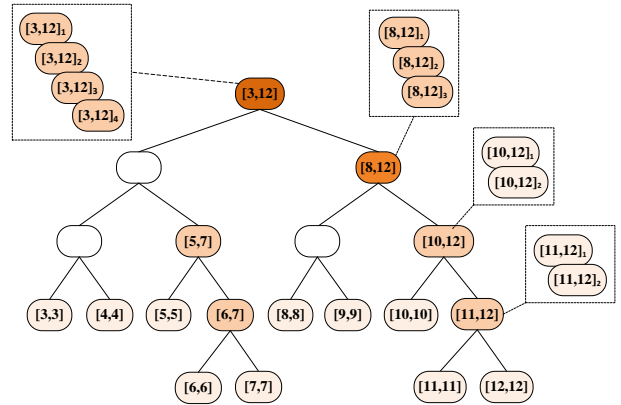
圖五：會議服務搜尋

當請求者收到回應之後，可以根據這次的結果直接與資源候選人聯繫；或是等待其它 s 個回應都收到之後再從這些資源候選人中，挑選最適合的進行資源請求。若不存在資源候選人或是無效的資源候選人，則重新從暫存器中重新取出 s 個不同的 key 送出 Fetch 訊息。若暫存器為空，則代表疊層網路中存放滿足條件的節點都已經尋訪過，因此疊層網路中已經沒有可供它使用的資源。

### 3.4 負載分散

由於 Constraint Tree 中的節點如果涵蓋的能力範圍越大，儲存在這個索引的資料也會越多，因此為了避免單一節點必須維護大量的資訊與大量的請求，我們將一個節點區間的資料依照其資料的範圍大小分散至多個節點，如此還可以提升系統的可用性。假設 Constraint Tree 上的某個節點維護的資料範圍大小為 R，則分割數 Partition 為  $C \times (1 + \log R)$ ，其中 C 為系統設定的常數，依疊層網路大小以及資源的密度而定，圖六為加入負載分散後當 C=1 時的 Constraint Tree。

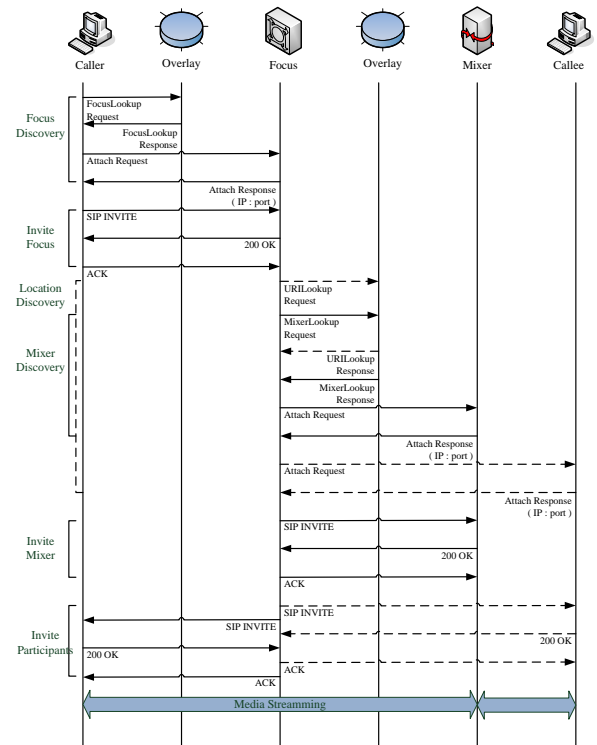
當進行資源註冊，或是當收到註冊訊息的節點要重複註冊到其父節點時，將先找出這筆資訊屬於 Segment Tree 的位置，再以自己的 Node-ID 計算出要註冊的分散點  $Partition_p$ ，然後以 Hash({Service Name<sub>i</sub>}; {Node Index<sub>n</sub>}; {Partition<sub>p</sub>}) 作為 key 進行註冊。



圖六：註冊資訊的負載分散

## 四、系統運作

當一個使用者作為會議發起者要建立一個會議時，它的流程如下：



圖七：P2P-SIP 會議服務建立流程

- (1) 首先必須設定這個會議的 Conference Profile。
- (2) 透過服務搜尋的機制，到疊層網路中找到可用的 Focus。
- (3) 當找可用的 Focus 之後，會議發起者要透過 SIP 的 Invite 訊息，向此 Focus 提出建立會議的請求，同時根據 RFC5366[30] 的規範，將這個會議的成員名單透過 SDP 夾帶於 SIP Invite 的訊息中送給 Focus。
- (4) 當 Focus 收到會議請求之後，要根據會議成員名單到疊層網路中尋找會議的參與者，透過疊層網路找到這些會議成員的 IP 位址。
- (5) 此外，Focus 還要依照會議的設定，再次以服務搜尋的機制到疊層網路上尋找可用的 Mixer。

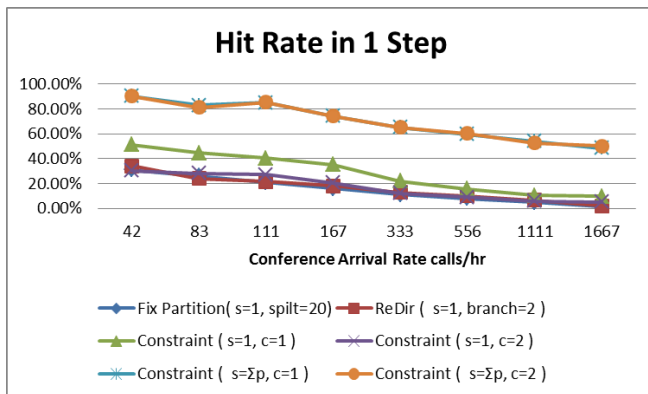
- (6) 找到可用的 Mixer 之後，Focus 則向 Mixer 送出 SIP 的 Invite 訊息。
- (7) Mixer 接受請求後將回應 200 OK 給 Focus，並於其中夾帶 SDP 提供 Media Mixing Level 的資訊。
- (8) Focus 再送出 SIP 的 Invite 訊息，告知會議成員名單中的參與者，並同時 Re-Invite 會議發起者，告訴它們 Mixer 的資訊。
- (9) 當會議參與者收到 Invite 後，即根據上面的資訊加入會議，並與 Mixer 建立串流連線。

## 五、系統模擬分析

本論文使用 Oversim 模擬軟體，參考 RELOAD 協定，進行具多維條件限制之 P2P-SIP 會議服務的模擬。其中主要為會議服務搜尋機制的模擬，希望能夠看出本論文所提出的具條件限制搜尋方法，在異質資源環境中所達到的搜尋效益。

我們模擬的環境為一個疊層網路，模擬系統實際一天的時間，共有 1000 個 Peer，其中 P2P Focus 資源密度為 20%，P2P Mixer 資源密度為 20%，假設每個 Peer 平均每小時發起  $h$  個會議，因此整個會議系統每小時的 Conference Arrival Rate，為  $h \times N$ 。每個會議隨機產生一個 Conference Profile，會議人數 3 至 40，影像品質 1 到 3，會議時間為 60 到 180 分鐘，依據此 Conference Profile 對應到 Resource Profile，來進行服務資源搜尋。

圖八的模擬中資源需求端根據請求條件隨機回應滿足條件的資源候選人資訊，其中  $k$  為 1，在獲得資源候選人之後會送出 appAttach 請求資源，此時如果服務提供者的實際資源還足夠時將回應它的 IP 與 Port 給請求者，請求者會送出 SIP Invite 去將會議資源占用。

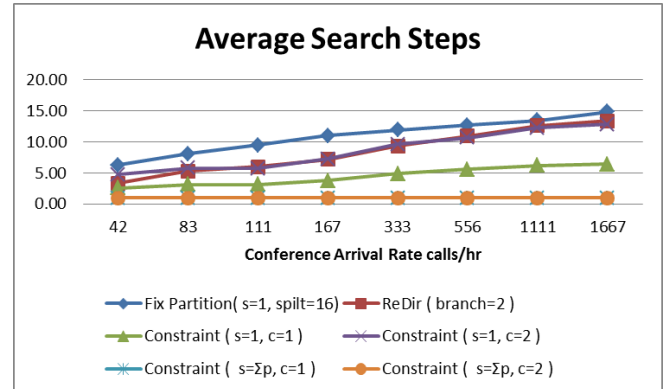


圖八：送出一個搜尋能獲得資源訊息的機率

隨著資源使用率的上升，在沒有考慮到資源能力特性的機制下，雖然系統中還有資源可用，但是卻沒有辦法精準的在分散式環境中找到資訊。Constraint-Base 的搜尋機制因為事先以能力作為分類，在搜尋時事就知道哪些地方會有資訊。因此  $s=1$  時，隨著資源被使用而減少，但是仍然能控制在一定的機率內；而  $s=Parallel$  時由於則同時送出全部可能的搜尋，除非系統內沒有任何足夠資源，否則都應該能夠取得資訊。

圖九主要是測量使用者要建立一個會議平均需要搜尋幾個回合的搜尋，這項模擬能夠反映出在服務搜尋時

所需要花費的相對時間，如果發現系統中沒有滿足需求的可用資源時，即不再做搜尋。



圖九：獲得一個可用資源的平均搜尋次數

當資源開始被占用後，Constraint-Base 的搜尋機制則能夠將搜尋限制在一個集合內，因此  $s=1$  時，在資源嚴重不足的情況下，仍可避免大量無謂的搜尋，而  $s=Parallel$  時即一次同時向所有可能的地方詢問，所以不會再有搜尋的動作。非 Constraint-Base 的搜尋機制則必須要向更多地方詢問可用的資源。

## 結論

本篇論文在 P2P-SIP 為基礎的會議服務架構下，透過具有多維條件限制的服務搜尋機制，並改進資訊註冊與維護所需的成本與產生的效能瓶頸，讓會議服務請求者能夠依照多個條件進行查找，同時將資訊分散儲存在疊層網路中的不同節點上。透過模擬分析的結果可知，我們提出的方法能夠快速有效的找到滿足條件的會議服務資源，除了避免單一儲存節點過載，也能夠避免在網路中漫無目的搜尋。此外，我們的機制同時具有很大的彈性，能夠應用在各結構式 Peer-to-Peer 環境下，並能根據系統進行調整與延伸。

## 參考文獻

- [1] Jennings, C., Lowekamp, B., Rescorla, E., Baset, S., and H. Schulzrinne, "REsource LOcation And Discovery (RELOAD) Base Protocol", *draft-ietf-p2psip-base-17*, July 2011.
- [2] J. F. Wauthy and L. Schumacher, "Implementation and Performance Evaluation of a P2PSIP Distributed Proxy/Registrar," in *International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, 2007, pp. 119-124.
- [3] I. Baumgart, "P2PNS: A Secure Distributed Name Service for P2PSIP," in *International Conference on Pervasive Computing and Communications*, 2008, pp. 480-485.
- [4] Rosenberg, J., "A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol (SIP)", *RFC 4353*, February 2006.
- [5] Johnston, A. and O. Levin, "Session Initiation Protocol (SIP) Call Control - Conferencing for User Agents", BCP 119, *RFC 4579*, August 2006.
- [6] Mahy, R., Sparks, R., Rosenberg, J., Petrie, D. and Johnston, A., "A Call Control and Multi-Party Usage Framework for the Session Initiation Protocol (SIP)", *RFC 5850*, May 2010.
- [7] Maenpaa, J. and G. Camarillo, "Service Discovery Usage for REsource LOcation And Discovery (RELOAD)", *draft-ietf-p2psip-service-discovery-03*, July 2011.
- [8] M. Tao, et al., "AS-Aware Relay Selection Using DHT Service Discovery in P2P Overlays," in *International Conference on Communications and Mobile Computing*, 2009, pp. 206-210.