

# 基於標識分離映射的移動切換機制的設計與實現

## Design and Implementation of Mobile Handoff Scheme Based on Identifiers Separating and Mapping

邱峰Feng Qiu, 楊水根Shui-Gen Yang, 孫照輝Zhao-Hui Sun, 張宏科Hong-Ke Zhang, 秦雅娟 Ya-Juan Qin

北京交通大學電子資訊工程學院

07111019@bjtu.edu.cn, 04111026@bjtu.edu.cn, 032111079@bjtu.edu.cn, hongkezhang@bjtu.edu.cn

### 摘要

傳統互聯網設計之初是為固定終端服務，對移動性的支援不好。一體化網路引入接入標識、交換路由標識以及接入標識與交換路由標識之間的分離映射機制，增強網路對移動性的支援。本文在一體化網路的體系結構基礎上，設計一種基於網路的移動切換方案，具體包括了移動性檢測、認證和授權、位置更新三部分。同時在Linux平臺上對移動切換機制進行了實現，並且通過分析實驗資料得出切換時延取值在23.5ms到35ms之間，表明該移動切換機制能夠滿足一體化網路移動切換的要求。

**關鍵字：**一體化網路、標識分離映射、接入交換路由器、移動切換機制。

### Abstract

Traditional Internet is originally designed for fixed terminals and cannot provide proper support for mobility. The Universal Network introduces Access Identifier, Switch Route Identifier, and the separating and mapping scheme of Access Identifier and Switch Route Identifier, which can well support mobility. We design a novel network-based handoff scheme in the Universal Network. The entire handoff mechanism comprises of three processes: mobility detection, authentication and authorization, and location update. We implement the handoff scheme in Linux platform. The experimental results show that handoff delay between 23.5ms and 35ms, which indicate that it can satisfy the needs of the Universal Network's mobile handoff.

**Keywords:** universal network, identifiers separating and mapping, access switch router, mobile handoff scheme.

## 1 緒論

隨著各種無線終端的出現，人們對移動性業務的需求越來越多。然而，傳統互聯網TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 協定體系中對移動性的支持不是很好，IP位址不僅代表了終端的身分資訊，而且還代表了終端在互聯網中的位置

資訊。由於IP位址的雙重語義，使得終端發生移動時，IP位址必須發生改變，以表示終端位置發生變化，從而造成了傳輸層連接的中斷，需要重新建立連接[1]。為了能夠支援移動性，在TCP/IP協定體系中的網路層制定了移動IPv4 (Mobile Internet Protocol version 4, MIPv4) [2]，移動IPv6 (Mobile Internet Protocol version 6, MIPv6) [3]等相關協議標準，在傳輸層提出了移動SCTP (Mobile Stream Control Transport Protocol, MSCTP) [4]，但是這些協議存在切換時延宕、報頭負載高等問題，無法滿足人們對移動性業務的需求。近來，國內外學者紛紛提出支持移動性的另外一種設計思路是將傳統IP位址的身分資訊和位置資訊分離，如主機身分標識協定 (Host Identity Protocol, HIP) [5]、思科公司的位置/身分分離協議 (Locator/ID Separation Protocol, LISP) [6]等。

一體化網路[7]通過引入接入標識、交換路由標識以及接入標識與交換路由標識之間的分離映射機制，用以支持身分與位置分離。接入標識代表了一體化網路終端的用戶身分，交換路由標識代表了終端接入的位置資訊。當通信雙方使用接入標識發起通信，在一體化網路的核心網路邊界路由器——接入交換路由器 (Access Switch Router, ASR) 將資料包中的源和目的的接入標識映射為交換路由標識，核心網路根據交換路由標識將資料包路由轉發到通信對端的接入交換路由器，當資料包到達通信對端的接入路由器，將源和目的交換路由標識映射到原來的接入標識，再轉發給通信對端。

以網路為基礎的移動性管理協議成為研究熱點[8]，本文設計的基於標識分離映射的移動切換機制，也是一種以網路為基礎的移動性協議，位置的更新過程都由網路實體代理終端在有線鏈路上進行，相比移動IPv6中位置更新信令由移動終端發送，此種的移動切換機制能夠減少了無線鏈路上的信令開銷。

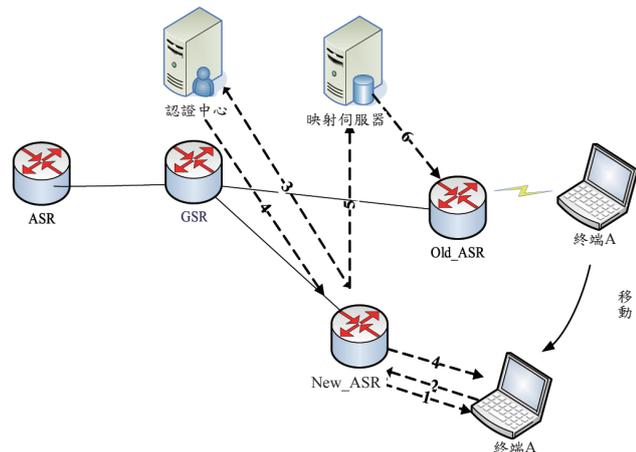
論文的組織結構如下：第2節介紹了基於標識分離映射機制的移動切換的流程，第3節介紹了一體化網路中三個實體的具體實現方法，其中包括接入交換路由器，映射伺服器 (Identifiers Mapping Service, IDMS) 及移動終端，第4節在搭建的一體化網路環境上進行了實驗，並且根據實驗資料分析了移動切換機制的性能，第5節總結了本篇論文。

## 2 基於標識分離映射的移動切換機制

一體化網路由於採用了標識分離映射的機制[9]，終端在移動並連接到其他網路後，僅需要改變交換路由標識，代表用戶身份的接入標識不需要發生變化，這樣可以保證用戶通信不中斷。

一體化網路移動切換機制包括三部分，即移動性檢測、認證和授權、位置更新。當移動節點檢測到發生移動時，向接入交換路由器發起認證請求，由接入交換路由器為終端向認證中心（Authentication Center, AC）進行認證，認證通過以後，接入交換路由器將會為移動終端分配交換路由標識，然後在映射伺服器以及原先接入交換路由器中進行接入標識與交換路由標識映射關係的更新。

圖一描述了移動切換機制的基本移動切換流程。當移動終端A離開前一個ASR（old ASR）移動到新的ASR（new ASR）時，首先收到新的ASR的網路通告消息，消息中包含新的ASR接入標識。終端A如果根據接入標識內容判斷自己發生了移動，就向新的ASR發送接入認證請求消息。新的ASR收到終端A的接入請求消息後，向認證中心進行註冊。通過認證後返回確認消息。新的ASR為終端A分配新的接入標識和交換路由標識的映射關係，並向映射伺服器彙報。映射伺服器收到新的ASR的映射關係彙報消息後，更新其資料庫中終端A的映射關係，並通過發送映射關係更新消息將新的映射關係通知給舊的ASR。至此，整個移動切換過程結束。在此過程中，終端A的接入標識始終保持不變，終端A與其通信對端之間的通信不會中斷。



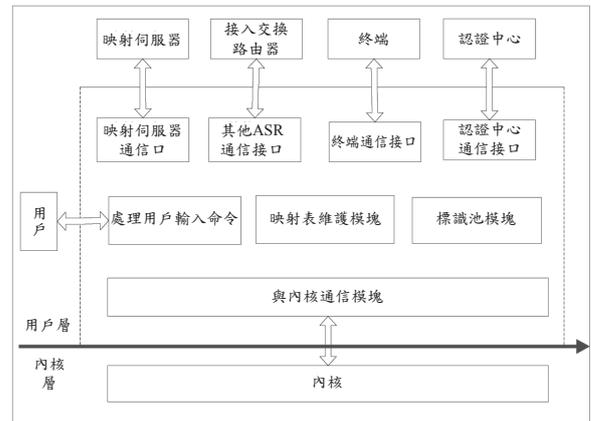
圖一 移動切換通信流程

## 3 移動切換機制的設計與實現

一體化網路的移動切換機制涉及到三個功能實體：接入交換路由器、映射伺服器和移動終端。本節將分別從三個功能實體分別介紹移動切換子系統的設計與實現。

### 3.1 接入交換路由器的實現

接入交換路由器的設計分為用戶層和內核層兩個部分。內核層對Linux內核中網路層資料包轉發流程做了相應修改。用戶層模組劃分映射表維護模組，標識池模組，與內核通信模組，與用戶交互的介面模組以及與其他實體通信的各種處理模組等。接入交換路由器用戶層的功能模組圖如圖二所示。



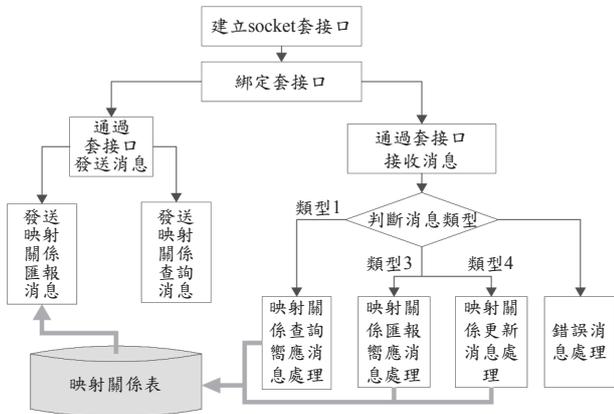
圖二 接入交換路由器功能模組圖

接入交換路由器中的與終端的通信介面模組主要功能是向終端週期性的發送ASR網路通告消息，同時處理終端的接入認證請求消息（即移動切換流程的前兩個步驟）。ASR網路通告消息的發送週期是移動性檢測的一個關鍵因素，它直接影響移動切換的時延。由於ASR通告消息是以組播的方式在無線鏈路中傳輸，目的地址設置為224.0.0.1，因此如果週期時間規定得太短將會增加無線資源的消耗以及接入交換路由器的負擔。而如果ASR通告消息的發送週期時間規定太長，將會增加切換的時延，可能無法滿足即時業務的要求。因此這個發送週期必須是無線鏈路資源與切換時延的均衡考慮，本方案規定參考移動IPv6[3]的網路通告週期，取值為50ms。

接入交換路由器中的與認證中心通信介面模組主要完成與認證中心的資訊交互，接入交換路由器為終端向認證中心進行認證，並接收認證返回消息（即移動切換流程的第三和第四步驟）。

接入交換路由器中的與映射伺服器的通信介面模組主要功能是向映射伺服器發送映射關係的彙報消息（即移動切換流程的第五步驟）和映射關係查詢消息，同時還需要接收映射伺服器發送的映射關係更新消息（即移動切換流程的第六步驟），映射關係查詢回應消息和映射關係彙報回應消息。與映射伺服器的通信介面模組的具體實現如圖三所示，先初始化了通信套介面，該套介面綁定了ASR與映射伺服器商定的通信埠號。ASR在為新接入的合法終端分配了映射關係以後，觸發該模組向映射伺服器發送映射關係彙報消息，進行位置註冊。內核層替換轉發的時候，如果映射關係表中沒有查找到通信對端的映射關係，可以通過該模組向映射伺服器進行查詢。同時該模組監聽有

映射服務發來的消息，根據消息的類型欄位可以判斷出是消息的種類，然後進行相應處理。其中映射關係更新消息是為了更新映射關係，減少資料包的丟失，將舊的接入交換路由器上要發給移走終端的資料包轉發給新的接入交換路由器。

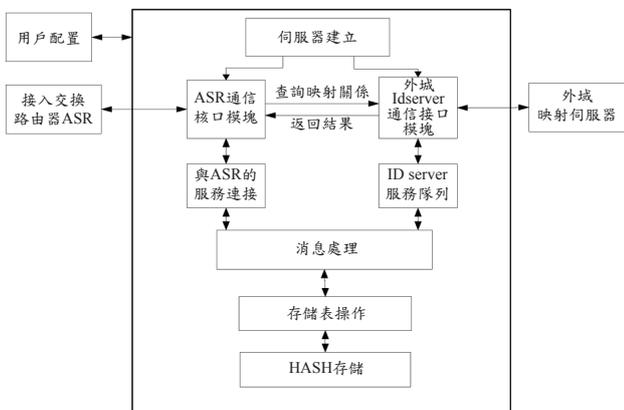


圖三 映射伺服器的通信介面模組

移動終端發生移動接入到新的ASR後，舊的ASR會收到映射關係更新消息，按照更新後的映射關係轉發資料包給終端新接入ASR，這樣就造成了三角路由。為了解決三角路由問題，我們設計了ASR的通信介面模組。舊的ASR上發現終端移走之後，除了給新ASR轉發資料包，還要利用資料包的源位址映射關係中ASR的位址找到通信對端ASR，將移動終端最新的映射關係通過ASR更新消息發送到對端ASR上，這樣對端ASR就得到了移動終端最新的映射關係，之後的資料包可以直接到達移動終端新接入的ASR上，避免了三角路由。

與內核通信模組使用套介面用於內核層和用戶層之間傳遞資訊[10]。映射表維護模組主要管理本地表映射關係和對端表映射關係，能夠對映射關係進行添加，刪除和更新操作。

### 3.2 映射伺服器的實現



圖四 映射伺服器功能模組

映射伺服器是完成一體化網路位置管理功能的主要實體，存儲本域內各類型終端的身分、位置映射資訊，向接入交換路由器提供查詢服務，與接入交換路由器一起完成了對終端的位置管理。映射伺服器的整體功能模組如圖四所示。

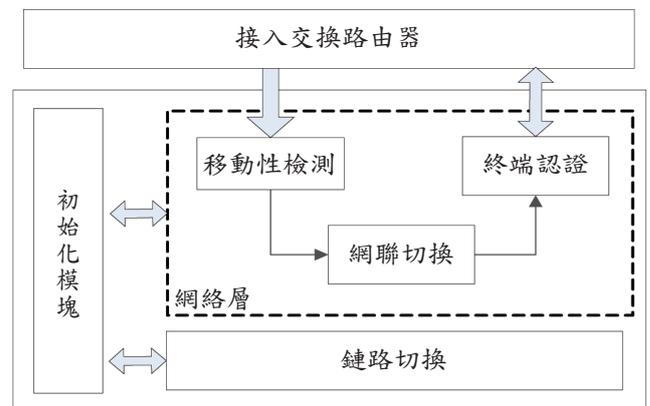
映射伺服器的核心部分是消息處理模組，程式實現時創建了兩個線程，一個處理ASR發送過來的消息，另外一個線程處理其他域映射伺服器的消息。一體化網路中所有的協定消息採用了統一消息頭，在對消息類型的判斷中，可以根據消息報頭的類型欄位判斷消息類型，然後再根據不同的消息類型進行相應的處理。

移動切換過程中映射伺服器收到ASR發送的映射關係彙報消息，首先判斷映射關係彙報消息中的接入標識和交換路由標識欄位是否正確，如果不正確，則向發送該消息的ASR回復一個包含有對應錯誤號的響應消息。如果正確繼續根據消息中的接入標識的映射伺服器歸屬域欄位，在對應的映射伺服器列表中查找該接入標識的歸屬域。如果當前域是接入標識的歸屬域，則將消息中的映射關係添加到歸屬本域的存儲表中；否則添加到歸屬外域的存儲表，並向接入標識歸屬的映射伺服器轉發該映射彙報消息。此外還需要判斷之前存儲表中是否有接入標識的映射關係，如果有說明這個終端正在移動，映射伺服器需要根據舊的映射關係給移動終端之前接入的ASR發送映射關係更新消息。

如果映射伺服器收到映射關係查詢消息，如果消息中的接入標識或交換路由標識歸本域管理，則到本域的存儲表中進行查詢，否則發送查詢消息到相應的標識歸屬域進行查詢。

### 3.3 移動終端的實現

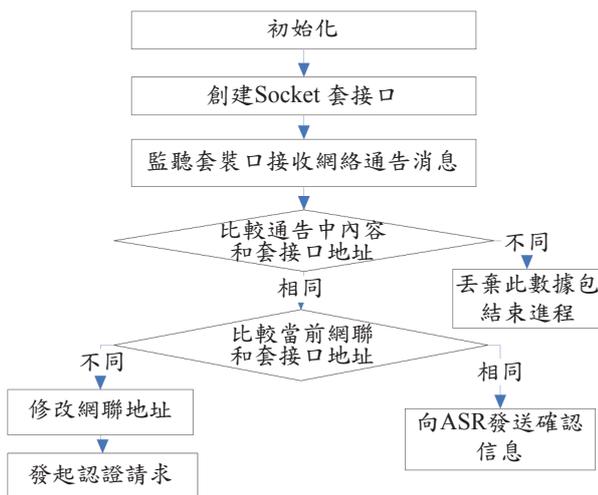
移動終端按照功能劃分可以將其分為三部分初始化模組、鏈路層的切換模組、網路層的切換模組。如圖五所示。



圖五 終端的功能模組圖

終端首先進行初始化工作，包括套介面的初始化、線程的創建、默認開道的獲取等工作。終端週期性地檢測與目前所連接的接入交換路由器的信號強度，當其信號強度不滿足通信要求時，主動掃描無線

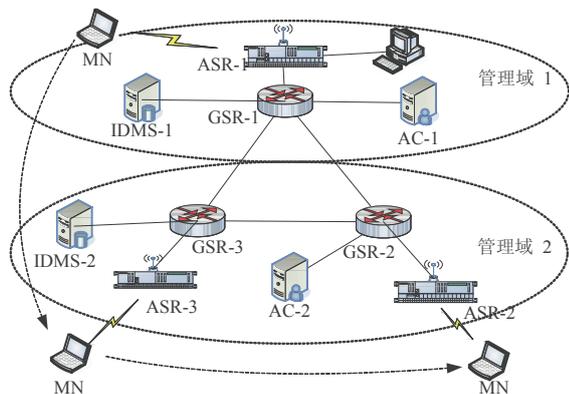
網路切換到信號最強的接入交換路由器上。連接到新的接入交換路由器後就能夠接收到它所發送的網路通告消息。終端從ASR通告消息中提取ASR位址，開道位址與提取出來的ASR位址相比較，如果結果相同說明終端沒有移動到其他網路，向ASR發送一個確認消息，告訴ASR自己還在它的網路覆蓋範圍中；如果結果不同說明終端移動到其他網路，要修改默認開道位址並保存，然後向ASR發送一個接入請求消息的認證消息。移動終端切換的具體實現流程如圖六所示。



圖六 終端移動切換實現流程圖

#### 4 實驗驗證

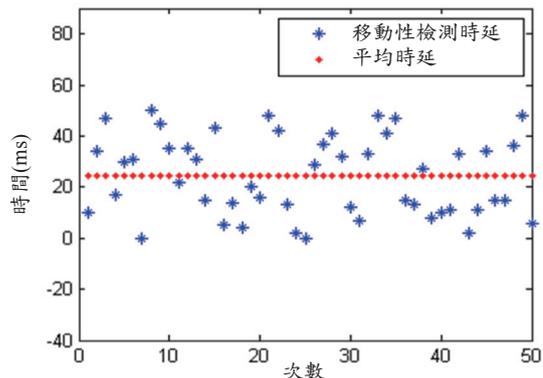
本文建立了如圖七的實驗環境，實驗環境包括映射伺服器，廣義交換路由器（General Switching Router, GSR），接入交換路由器，認證中心，固定終端和移動終端（Mobile Node, MN）。實驗環境中劃分為兩個管理域，每個域都有映射伺服器和認證中心，映射伺服器負責管理本域內的映射關係，認證中心對接入本域內的終端進行認證。兩個管理域間通過廣義交換路由器相連，三台廣義交換路由器分別連接了接入交換路由器，同時接入交換路由器提供了無線接入的功能，每個網路實體之間都用千兆以太網卡相連。



圖七 實驗環境拓撲

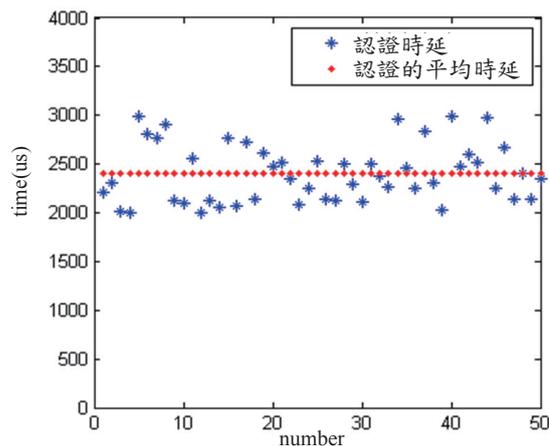
根據本文第一節提到的移動切換的基本流程，移動切換的延時主要分為三個部分：移動檢測，認證與授權，位置更新。

移動檢測的延時為從舊的ASR收到的最後一個網路通告消息到從新的ASR收到的第一個網路通告消息的時間差。實驗過程中採用手動輸入命令的方式類比終端移動的過程，使移動終端在三個接入交換路由器之間切換，在移動終端上抓取網路通告的資料包，對移動性檢測的時延進行分析處理，實驗結果如圖八所示，移動性檢測的平均時延在20ms到30ms之間。



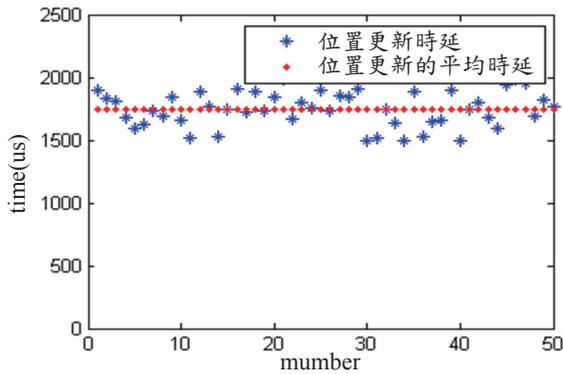
圖八 移動性檢測時延

認證與授權的延時包括終端從發起認證請求到收到認證通過消息，即基本移動切換流程的第二到第四步驟。實驗結果如圖九所示，認證的時延在2ms到3ms之間。這部分延時主要來自協定消息處理時延和鏈路傳輸時延，由於認證過程中採用了密鑰加密與解密的過程，額外耗費了一些時間。



圖九 認證過程的時延

位置更新的時間包括了ASR向映射伺服器彙報新映射關係的時間，以及映射伺服器更新移動終端切換前的ASR的映射關係的時間，移動切換過程中位置更新的時延如圖十所示，其平均的時延在1.5ms到2ms範圍之間。



圖十 位置更新時延

綜上所述，基於標識分離映射的移動切換過程中的移動性檢測、認證與授權、位置更新的平均時延範圍分別為(20ms, 30ms)、(2ms, 3ms)、(1.5ms, 2ms)，總共切換時延取值在23.5ms到35ms之間。在本文設計的移動切換機制中，移動終端的接入標識始終不變，相比移動IPv6無需對終端進行類似轉交位址配置的過程，而這個過程在移動IPv6的切換過程中至少需要1s的時間，因此時延遠遠小於移動IPv6的時延，能夠滿足即時通信的要求。下一步工作，我們將搭建更複雜的網路環境，以便分析這種移動切換機制在複雜網路中的性能。

## 5 結論

本文在對一體化網路體系進行深入分析的基礎上，提出一套適合於一體化網路的移動切換方案，並且在Linux平臺上對一體化網路的移動切換機制進行了實現，能夠為移動終端完成位置註冊和位置更新，並為網路通信提供位置查詢。通過實驗進行分析，該方案可以滿足一體化網路移動通信的基本要求。

## 基金專案

國家863計畫(2007AA01Z202)。

## 參考文獻

- [1] H. Balakrishnan, K. Lakshminarayanan S. Ratnasamy. et al., "A Layered Naming Architecture for the Internet[C]," In ACM SIGCOMM, Portland, Oregon, USA, Aug. 2004.
- [2] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4, RFC3344 [S]," IETF, Aug. 2002.
- [3] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko., "Mobility Support inIPv6, RFC3775 [S]," IETF, Jun. 2004.
- [4] M. Riegel, M. Tuexen, Mobile Stream Control Transport Protocol(MSCTP), "Internet draft, draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-05[S]," IETF, Jul. 2005.
- [5] R. Moskowitz, "Host Identity Protocol (HIP)

Architecture, RFC 4423 [S]," IETF, May 2006.

- [6] D. Farinacci, V. Fuller, and D. Oran, Locator/ID Separation Protocol (LISP), "Internet draft, draft-farinacci-lisp-03 [S]," IETF, Aug. 2007.
- [7] 張宏科、蘇偉，新網路體系基礎研究——一體化網路與普適服務[J]，電子學報，Vol. 35，No. 4，2007，4月，pp.593-598。  
Zhang Hongke, Su Wei, "Fundamental Research on the Architecture of New Network--Universal Network and Pervasive Services [J]," Chinese Journal of Electronics, Vol. 35, No. 4, Apr. 2007, pp.593-598.
- [8] 董平、秦雅娟、張宏科，支援普適服務的一體化網路研究[J]，電子學報，Vol. 35，No. 4，pp.599-606，2007，4。  
Dong Ping, Qin Yajian, and Zhang Hongke, "Research on universal network supporting pervasive services [J]," Chinese Journal of Electronics, vol. 35, no. 4, Apr. 2007, pp.599-606.
- [9] S. Gundavelli, Ed. et al., "Proxy Mobile IPv6, RFC 5213 [S]," IETF, Aug. 2008.
- [10] J. Salim, "Linux Netlink as an IP Services Protocol, RFC 3549 [S]," IETF, Jul. 2003.

## 作者簡歷



邱峰 (Feng QIU)，北京交通大學在讀博士研究生。主要研究方向為IP網路的路由及移動技術、移動互聯網、下一代網路的移動性管理等。



楊水根 (Shui-Gen Yang)，北京交通大學在讀博士研究生。主要研究方向為移動IP、移動互聯網、下一代網路的移動性管理等。



孫照輝 (Zhao-Hui Sun)，現為北京交通大學在讀研究生。主要研究方向為IP網路的路由及移動技術、下一代網路的移動切換等。



張宏科 (Hong-Ke Zhang)，北京交通大學教授，博士生導師。目前主要從事下一代資訊網路關鍵理論與技術的研究工作，並作為首席科學家主持國家973專案「一體化網路與普適服務體系基礎研究」的研究工作。



秦雅娟 (Ya-Juan Qin)，女，山西晉城人，博士，博士生導師。2003年獲北京郵電大學工學博士學位。近年來主要從事互聯網體系結構、移動互聯網路由與交換、寬頻無線通信等領域的技術研究，主持或主研完成多項國家863、國家自然科學基金及國家發改委專案。