

이동통신 단말기를 이용한 DLNA 네트워크 접속

김상록 · 이현석*

Accessing DLNA Network with Cellular Communication Terminals

Sangrok Kim · Hyunseok Lee*

Department of Electronics and Communications Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

요 약

이 논문은 스마트폰의 3G/4G 통신 모듈을 이용하여 가정과 사무실의 DLNA 네트워크에 직접 접속하는 방법을 보여준다. 이를 통해 사용자는 활성화된 무선 통신 모듈의 종류에 상관없이 DLNA 서비스를 보다 편리하게 활용할 수 있다. 이 기능의 구현을 위해 이 논문에서는 소형기지국인 펌토셀을 사용하였다. 스마트폰의 3G/4G 통신 모듈이 가지는 IP 주소체계와 지역망의 IP 주소체계의 차이로 발생하는 문제들은 LIPA 기법을 적용하여 해결하였다. 또한 DLNA 프로토콜 구동에 필요한 멀티캐스트 패킷 처리 기능을 터널링 기법을 적용하여 구현하였다. 그 결과 스마트폰에서 활성화된 무선 통신 모듈의 종류에 상관없이 DLNA 서비스의 사용이 가능해졌다. 실제 결과는 상용 WCDMA 펌토셀에 적용하여 그 적정성을 입증하였다.

ABSTRACT

In this paper, we show a scheme to directly access DLNA network with the 3G/4G communication module of a smartphone in home or office environment. By exploiting this scheme, end users can use DLNA service more conveniently regardless of the type of activated communication module in a smartphone. For the implementation of this scheme, we use a femtocell that is a basestation with small coverage. A problem caused by the IP address hierarch discrepancy between the IP address of 3G/4G module of smartphone and those of local network nodes is resolved by deploying local IP address scheme. The processing of multicasting packet, that is required in DLNA service, is enabled by using IP tunneling scheme. As a result, end user can access DLNA network regardless of the type of activated wireless communication module. We validate the design result by implementing it on a commercial WCDMA femtocell.

키워드 : DLNA, 펌토셀, 홈네트워크, LIPA

Key word : DLNA, Femtocell, Home Network, LIPA

접수일자 : 2014. 02. 10 심사완료일자 : 2014. 02. 24 게재확정일자 : 2014. 03. 05

* **Corresponding Author** Hyunseok Lee(E-mail:hyunseok@kw.ac.kr, Tel:+82-2-940-8370)

Department of Electronics and Communications Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.3.519>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 스마트폰의 사용이 증가함에 따라 스마트폰을 DLNA (Digital Living Network Alliance)와 같은 홈네트워크 서비스에 응용하려는 시도가 다양한 형태로 이루어지고 있다. 이 때 주로 사용되는 무선접속 방법이 WiFi이다. WiFi는 별도의 인허가가 필요 없는 주파수 대역을 사용하므로 설치가 용이하고 이용 요금이 부과되지 않는 장점이 있다. 그러나 WiFi는 단말기 이동시 데이터 연결이 끊기는 단점이 있다. 이에 대한 대안으로 소형 기지국인 펌토 (femtocell)의 사용이 고려되고 있다. 펌토셀은 이동통신 기지국의 일종으로 대형 기지국인 매크로셀 (macrocell)과 협력하여 단말기에 연속적인 무선접속이 가능하도록 만들어준다. 그러나 펌토셀을 이용하여 홈네트워크에 접속하면 근접한 위치에 있는 홈네트워크 장치들에 접속할 때도 그림 1처럼 데이터가 무선핵심망(core network)을 거쳐야해 무선핵심망의 부하가 증가하는 문제가 발생한다. 또한 홈네트워크가 사설 IP 주소 (private IP address)를 이용하여 구성되면 펌토셀을 이용해서 홈네트워크에 위치하는 서버에 접속이 불가능하다.

본 논문에서는 스마트폰이 연속적인 무선데이터 사용을 위해 3G 혹은 4G 통신 모듈을 활성화시켜 펌토셀을 사용하더라도 홈네트워크에 효과적으로 접속할 수 있는 방법을 제안한다. 스마트폰이 홈네트워크로 전송하는 데이터들이 핵심망을 거치지 않고 직접 홈네트워크로 전달되도록 하며, 홈네트워크가 사설 IP 주소를 사용하더라도 스마트폰이 홈네트워크에 위치하는 서버들에 제약 없이 접속할 수 있도록 한다. 제안하는 방법의 응용 예로 홈네트워크 서비스 가운데 가장 널리 사용되는 DLNA를 서비스를 펌토셀을 이용하여 제공받을 수 있음을 보인다. 지금까지 DLNA 서비스는 스마트폰이 WiFi를 통해 홈네트워크에 접속된 경우에만 사용이 가능하였다. 따라서 스마트폰의 사용자는 활성화된 통신 모듈의 종류에 상관없이 동일한 서비스를 항시적으로 이용할 수 있게 된다.

펌토셀에 관한 기존의 연구는 펌토셀의 데이터를 홈네트워크와 효과적으로 연동하는 방법에 대한 것으로 그 응용과 관련된 문제는 구체적으로 다루고 있지 않다. 또한 펌토셀의 데이터를 홈네트워크와 연동시키는 방법은 개념 수준의 기술문서가 제공될 뿐 이에 대한 상

세한 구현 방법은 제시되지 않았다 [1-5]. 본 논문은 이들과 달리 이 개념을 구체화하고 이를 이용하여 DLNA 서비스를 구현한 결과를 제시한다.

II. 본 론

2.1. 펌토셀을 이용한 DLNA 서비스 접속

펌토셀을 이용해서 홈네트워크에 구현된 DLNA 서비스를 효과적으로 접속하기 위해서는 몇 가지 문제를 해결해야 한다.

첫 번째 문제는 “이동통신 단말기와 홈네트워크 사이의 데이터 경로를 효과적으로 구현하는 것”이다. 펌토셀을 사용으로 무선 구간에서 트래픽 분산은 가능해졌지만, 펌토셀을 사용하더라도 기존의 데이터 전송 방식을 그대로 사용하면 그림 1의 점선으로 보인 것처럼 홈네트워크를 향하는 모든 데이터들이 핵심망 (core network)을 거쳐 홈네트워크로 전송되기 때문에 핵심망의 부하가 높아진다. 본 논문에서는 이와 같은 데이터가 핵심망을 거치지 않고 직접 홈네트워크의 단말기로 향하도록 하는 방법인 LIPA (Local IP Access) 기법을 적용하여 이 문제를 해결하였다. LIPA는 이동통신 규격에 그 개념이 소개되어 있지만 구체적인 구현 방법이 제시되어 있지는 않다[3-5].

두 번째 문제는 “멀티캐스트 기능을 지원하는 것”이다. DLNA 서비스는 초기에 접속된 장치들을 찾는 과정에서 멀티캐스트 패킷을 사용한다.

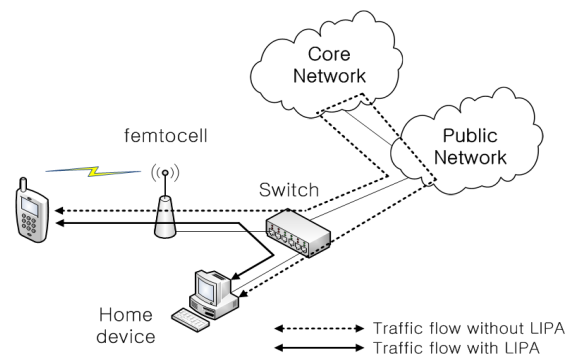


그림 1. WCDMA 펌토셀에서 LIPA 기능이 사용되었을 경우와 사용되지 않았을 경우의 데이터 흐름 비교
 Fig. 1 The comparison of data traffic flow in WCDMA femtocell network when LIPA is deployed or not

그러나 WCDMA 규격에서는 멀티캐스팅/브로드캐스팅 패킷에 의한 무선채널 낭비를 막기 위해 이동통신 단말기들에서 기지국으로 전송되는 상향(uplink) 멀티캐스팅/브로드캐스팅 패킷의 전송을 제한하고 있다. 따라서 이동통신 단말기는 DLNA 망에 접속할 수 없다. 본 논문에서는 이동통신 단말기와 펌토셀 사이에 멀티캐스트 패킷 전송을 위한 데이터 터널(tunnel)을 설정하여 사용함으로써 이 문제를 해결 하였다.

2.2. WCDMA 펌토셀을 통한 DLNA 망 접속 구현

2.2.1. LIPA

LIPA를 구현하는 몇 가지 방법 가운데 본 논문에서는 NAT(network address translation) 기법에 기반을 둔 방법을 적용하였다. 이 방법은 그림 2에서 보인 것과 같이 이동통신 단말기가 지역망의 노드들과 데이터를 주고받는 경우 펌토셀에서 NAT 동작이 일어난다. 이동통신 단말기가 홈네트워크로 데이터를 전송하는 경우, 전송되는 IP 패킷의 생성지 주소(source address)를 핵심망이 이동통신 단말기에 할당할 IP 주소에서 이 단말기가 펌토셀에 입장할 때 펌토셀이 내부적으로 할당할 지역망의 IP 주소로 변경한다. 반대 방향의 경우 역으로 IP 패킷의 목적지 주소(destination address)가 펌토셀이 이동통신 단말기에 내부적으로 할당할 지역망의 주소에서 핵심망의 IP 주소로 변경된다. 이 과정을 통해 지역망의 노드들은 이동통신 단말기를 지역망의 한 노드로 인식하게 된다. 또한 이동통신 단말기는 핵심망이 할당할 IP 주소를 그대로 사용하기 때문에 이 단말기가 펌토셀에서 매크로셀로 이동하여도 동일한 IP 주소를 그대로 사용할 수 있어 연속적인 데이터 서비스 제공이 가능하다.

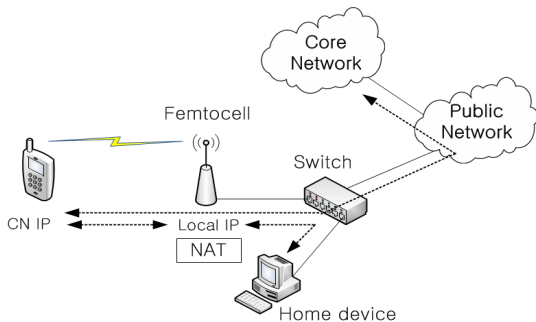


그림 2. NAT 기반의 LIPA의 동작 과정
Fig. 2 The operation flow of LIPA based on NAT scheme

이 논문에서 구현된 LIPA의 상세 동작 절차는 크게 i) “NAT 테이블 설정 과정”과 ii) “데이터 전송 과정”으로 나눌 수 있다. “NAT 테이블 설정 과정”은 이동통신 단말기와 핵심망이 서로 주고받는 제어메시지들로부터 LIPA 동작에 필요한 정보를 추출하는 과정이다. 그림 3에서 보인 것과 같이 이동통신 시스템과 단말기 사이의 패킷 호 설정 과정에서 RRC (radio resource control) 연결 설정 절차, 인증 및 보안 절차, RB(radio bearer) 설정 절차 등이 진행 된다 [6]. LIPA 동작을 위해 이 과정의 마지막 단계에서 전송되는 “Activate PDP Context Accept” 메시지에서 이동통신 단말기에 할당되는 IP 주소를 추출한다. 그 다음 단계로 펌토셀의 초기화 단계에서 확보해 두었던 지역망의 IP 주소 가운데 하나를 이 단말기에 할당한다. 최종적으로 그림 4와 같은 NAT 테이블이 완성되며 이 테이블은 다음에 설명할 “데이터 전송과정”에서 활용된다. 그림 4는 펌토셀에 2 대의 이동통신 단말기가 입장하였고, 이들이 사용하는 IP 주소는 각각 10.10.10.101과 10.10.100.20 이며, 이 단말기들에는 확보된 10개의 지역망의 IP 주소 가운데 2개의 IP 주소 192.168.1.50과 192.168.1.51을 각각 할당한 예를 보여준다.

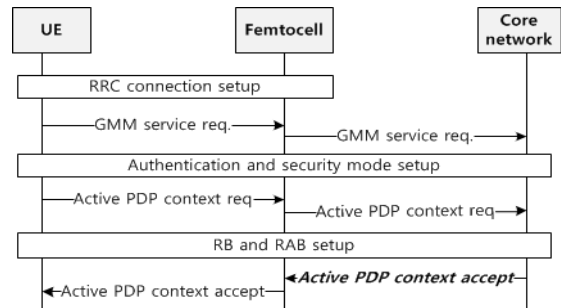


그림 3. WCDMA 시스템의 패킷 호 설정과정
Fig. 3 The packet call setup procedure of WCDMA system

<NAT table>		Reserved local network IP address
Core network IP address	Local network IP address	
10.10.10.101	192.168.1.50	192.168.1.50
10.10.100.20	192.168.1.51	192.168.1.51
		...
		192.168.1.59

그림 4. NAT 테이블의 구조와 그 구성 방법
Fig. 4 The structure and building mechanism of NAT table

“데이터 전송 과정”을 살펴보면 펌토셀은 이동통신 단말기가 보내는 데이터의 경우 목적지 IP 주소의 범위를 조사한다. 목적지 IP 주소가 지역망에 해당하지 않는 경우에는 아무런 변경 없이 이 데이터를 연결된 핵심망으로 전송한다. 목적지 IP 주소가 지역망의 범위 안에 있는 경우, 전송되는 IP 패킷의 발생지 IP 주소를 그림 4의 NAT 테이블에 등록된 지역망 IP 주소로 변경하는 NAT 과정을 수행한다. NAT 테이블에 여러 단말에 대한 NAT 정보가 등록된 경우 핵심망에서 할당된 발생지 IP 주소를 이용하여 필요한 정보를 찾아낸다. 이와 같이 발생지 IP 주소를 변경하는 이유는 이 패킷에 대한 응답 메시지를 지역망으로부터 정상적으로 받기 위한 것이다. 이 경우 핵심망 IP 주소를 발생지 주소로 그대로 사용하면 지역망 노드에서 만들어내는 응답 메시지의 목적지 주소가 이 핵심망 IP 주소로 설정되고, 이 응답 메시지는 지역망 입장에서는 외부망을 목적지로 하는 것으로 인식되어 핵심망을 거쳐 단말기에 도착한다. 이는 본 연구에서 목적하는 정상적인 LIPA 동작이 아니다.

반대로 지역망에서 전송한 메시지의 경우 목적지 주소를 그림 4의 NAT 테이블에 등록된 지역망 IP 주소 정보와 비교한다. 일치하는 항목이 존재하면 수신된 메시지의 목적지를 대응하는 핵심망 IP 주소로 교체하는 작업을 수행한다. 이는 지역망의 장비가 이동통신 단말기를 지역망의 장비 가운데 하나로 인식하여 목적지 주소를 단말기의 핵심망 IP 주소가 아닌 지역망 IP 주소로 설정하기 때문이다. 이와 반대로 이동통신 단말기는 자신의 IP 주소가 핵심망 IP 주소라고 이해하기 때문에 정상적인 통신을 위해서는 이와 같은 변환이 필요하다.

2.2.2. 양방향 멀티캐스팅

앞서 설명한 바와 같이 DLNA 서비스 접속을 위해서는 이동통신 단말기와 펌토셀이 상향 멀티캐스트 패킷을 처리할 수 있어야 한다. 이를 위하여 단말기와 기지국 사이에 IP 터널 (tunnel)을 설정하고 단말기에서 상향 멀티캐스트 패킷의 전송이 검출되면 이 패킷에 터널링 헤더를 붙여 펌토셀로 전송한다. 이 패킷을 수신한 펌토셀은 IP 터널 헤더를 제거하고 그 결과를 지역망으로 전달한다. 하향 멀티캐스트 패킷은 WCDMA 규격이 이를 지원하므로 별도의 동작 없이 유니캐스트 패킷의 경우와 동일하게 전송한다. 브로드캐스팅 패킷도 이와 동일한 방식으로 전송한다.

III. 실험

3.1. 실험 환경

본 논문의 설계 내용을 실증하기 위해서 그림 5(a)와 같은 구조의 실험환경을 구성하였다. 핵심망은 이동통신 사업자에 의해 상업적인 목적으로 운영되어 연구 목적으로 사용이 어려우므로 가상 핵심망 (core network emulator)을 지역망 내에 연결하였다. 이 실험환경에서 핵심망으로부터 이동통신 단말기에 할당된 IP 주소는 10.10.10.1이고 펌토셀이 이 이동통신 단말기의 지역망 접근을 위해 내부적으로 할당된 지역망의 주소는 192.168.1.51이다. 한편 이동통신 단말기와 통신하는 지역망의 장치는 192.168.1.8을 주소를 가진다. 그림 5(b)는 그림 5(a)에 묘사된 실험환경을 실제 구현한 결과이다. 그림 하단 가운데에 위치한 사각형 장치가 펌토셀이며, 그 좌측에 위치한 것이 안드로이드 단말기이다. 하단 우측의 노트북 컴퓨터에 가상 핵심망 소프트웨어가 응용프로그램 형태로 구동되고 있다. 상단 우측에 이들을 서로 연결하는 공유기가 위치한다.

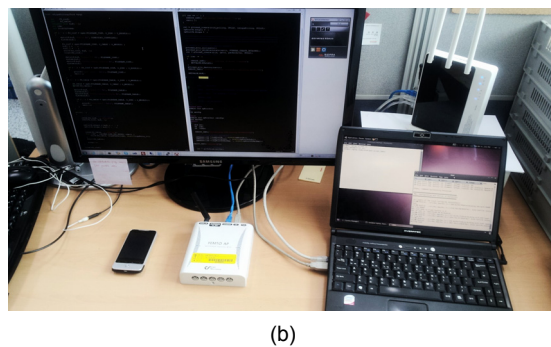
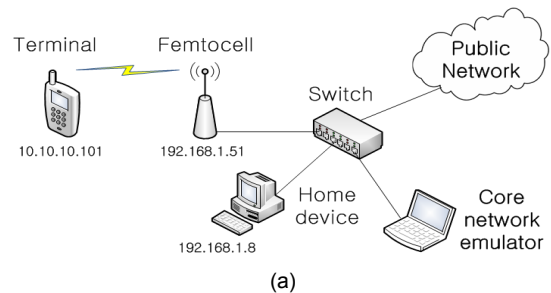


그림 5. (a) 실험환경의 구조 (b) 실험환경의 구현결과
Fig. 5 (a) the structure of experiment environment and (b) its implementation result

Source	Destination	Protocol Name	Description
10.10.10.101	192.168.1.8	ICMP	ICMP:Echo Request Mess
192.168.1.8	10.10.10.101	ICMP	ICMP:Echo Reply Mess
10.10.10.101	192.168.1.8	ICMP	ICMP:Echo Request Mess
192.168.1.8	10.10.10.101	ICMP	ICMP:Echo Reply Mess
10.10.10.101	192.168.1.8	ICMP	ICMP:Echo Request Mess
192.168.1.8	10.10.10.101	ICMP	ICMP:Echo Reply Mess
10.10.10.101	192.168.1.8	ICMP	ICMP:Echo Request Mess
192.168.1.8	10.10.10.101	ICMP	ICMP:Echo Reply Mess

그림 6. 이동통신 단말기에서 지역망에 연결된 노드로 ICMP ping 시험을 수행한 결과

Fig. 6 IP packet capture result on the ICMP ping test from UE to local node

3.2. LIPA 실험

구현된 펌토셀 기반 홈네트워크가 정상적으로 동작하는지 확인하기 위해, HTTP, telnet, ftp, ssh 등의 프로토콜을 구동시켰으며 그 정상적인 동작여부를 확인하였다. 그림 6은 LIPA가 구현된 펌토셀과 연결되어 있는 이동통신 단말기에서 지역망에 연결된 장치로 ICMP 패킷을 보내는 과정을 이동통신 단말기에서 WireShark 프로그램을 이용하여 관찰한 결과를 보여준다. 10.10.10.101의 IP 주소를 가지는 이동통신 단말기가 보낸 "ICMP Request" 패킷을 192.168.1.8의 IP 주소를 가지는 지역망의 장치가 수신하여 "ICMP Reply" 패킷이 송신하는 것을 확인할 수 있다. 반대로 지역망의 장치에서 이동통신 단말기로 ICMP 패킷을 전송하는 경우도 실험하였으나 그 결과는 지면의 길이 한계 때문에 생략한다. 위와 같은 실험을 통해 펌토셀에 구현된 LIPA가 양방향 모두 정상적으로 동작함을 볼 수 있다.

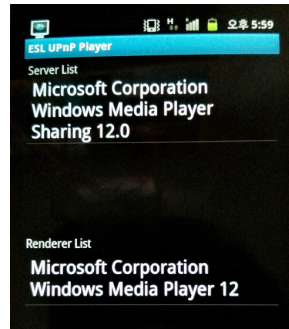
LIPA 실험 결과 발견된 한 가지 제약사항은 이동통신 단말기가 서버 (server) 역할을 수행할 수 없다는 것이다. FTP 프로토콜 등에서는 IP 주소를 상위 계층에서 문자 형태로 전송하는데, 펌토셀에서 수행하는 NAT 동작은 IP 계층의 주소만을 변경한다. 따라서 상위계층에서 전송되는 IP 주소의 값과 IP 계층에서 전송하는 IP 주소의 값이 서로 달라져서 오동작이 발생한다.

3.3. DLNA 망 접속 실험

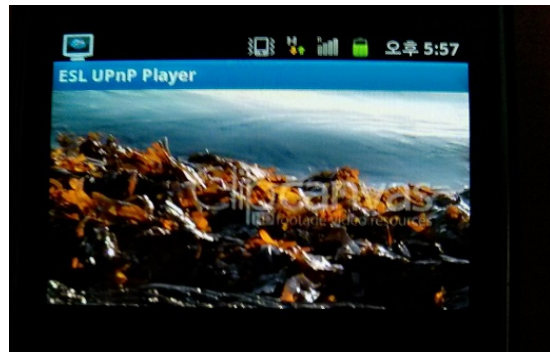
최종적으로 이동통신 단말기와 펌토셀을 이용하여 DLNA 네트워크에 직접 연결을 실험하였다. 이때 미디어 콘텐츠를 저장하는 DLNA 서버, 콘텐츠를 재생하여 표시하는 DLNA 렌더러, 동작을 제어하는 DLNA 제어 장치로 구성되는 DLNA 3-box 모델에서, 이동통신 단

말기는 DLNA 제어장치와 DLNA 렌더러 역할을 수행하고 지역망에 연결된 Window 기기는 DLNA 서버 역할을 수행하였다.

그림 7(a)는 LIPA가 구현된 펌토셀에 연결되어 있는 이동통신 단말에서 DLNA 제어 프로그램을 구동한 화면이다. 이동통신 단말기가 성공적으로 멀티캐스트 패킷을 DLNA 서버와 주고받아 DLNA 서버와 DLNA 렌더러에 대한 정보를 수집한 것을 볼 수 있다. 이 실험결과에서는 지역망에 연결된 Window 기기에서 구동되는 window media player 12 프로그램이 서버와 렌더러로 동작하고 있다. 그림 7(b)는 이동통신 단말기에서 DLNA 서버가 제공한 동영상들 가운데 한 동영상 파일을 선택하고 이 동영상을 이동통신 단말기에서 재생하고 있는 화면이다.



(a)



(b)

그림 7. 이동통신 단말기와 펌토셀을 이용한 DLNA망 접속 실험결과. 이동통신 단말기에서 (a) DLNA 제어기를 구동한 초기 화면, (b) 동영상을 재생한 화면

Fig. 7 Experiment result on DLNA network access with cellular terminal and femtocell. (a) initial screen shot of DLNA controller and (b) video play on cellular terminal

이 그림의 상단에서 “H” 글자와 상하 양방향의 화살표를 볼 수 있는데, 이는 본 논문에서 목표로 하는 것과 같이 DLNA 망의 접속을 WiFi가 아닌 WCDMA HSDPA (high speed downlink packet access) 채널을 이용해 수행하고 있음을 보여준다.

3.4. 펌토셀의 연산부하 분석

추가적으로 본 논문에서 제안하는 방식으로 이동통신 단말기와 홈네트워크의 연동 기능을 구현하는데 있어서 NAT 동작의 작업량이 펌토셀의 중앙처리장치에 얼마나 큰 연산부하를 발생시키는지 관찰하였다. 실험 결과 NAT 동작에 따른 연산부하의 증가는 400MHz로 동작하는 ARM11 프로세서에서 0.5% 이하로 경미하였다. 분석결과 그 이유는 다음과 같다. 펌토셀의 경우 물리계층을 제외한 모든 상위계층의 제어평면, 데이터평면의 패킷 처리를 중앙처리장치에서 소프트웨어 형태로 처리하고 있다. 이와 같은 전체 작업량과 LIPA를 위한 NAT 동작에 필요한 작업량을 비교하면 NAT 동작에 필요한 작업량의 비율이 매우 낮기 때문이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 이동통신 단말기를 이용하여 홈네트워크에 직접 접속할 수 있는 시스템을 보였다. 이를 위해 WCDMA 펌토셀을 이용하였고, 펌토셀의 데이터를 핵심망을 거치지 않고 직접 홈네트워크로 전송하는 LIPA 기능을 적용하였다. 또한, 다양한 홈네트워크 서비스의 구현을 위해 이동통신 단말기와 홈네트워크 노드 사이에 멀티캐스팅 혹은 브로드캐스팅 패킷이 양방

향으로 전달될 수 있도록 하였다. 이를 응용하여 가장 널리 쓰이고 있는 홈네트워크 응용 서비스의 하나인 DLNA 서비스를 이동통신 단말기를 이용하여 이용할 수 있도록 구현하였다. 연구된 내용은 상용 펌토셀에 적용되어 그 구현성이 검증되었다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

REFERENCES

- [1] 3GPP TR 23.830, *Architecture aspects of Home NodeB and Home eNodeB (Release 9)*, 3GPP, Valbonne, France, 2009.
- [2] 3GPP TS 22.220, *Service requirements for Home NodeBs and Home eNodeBs (Release 9)*, 3GPP, Valbonne, France, 2009.
- [3] 3GPP TR 23.829, *Local IP Access and Selected IP Traffic Offload (LIPA-SIPTO) (Release10)*, 3GPP, Valbonne, France, 2011.
- [4] Muhamad F. Khan, "Femtocellular Aspects on UMTS Architecture," M. S. dissertation, Aalto University, Espoo, Finland, 2010.
- [5] Siddhartha Kundalkar and Madhur Raj N., "LIPA: Local IP Access via Home Node B", Radisys White Paper, 2011.
- [6] 3GPP TS 25.331, *Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification (Release 10)*, 3GPP, Valbonne, France, 2013.



김상록(Sangrok Kim)

광운대학교 전자통신공학과 학사
광운대학교 전자통신공학과 석사
※관심분야 : 임베디드 시스템, 이동통신 프로토콜



이현석(Hyunseok Lee)

한국과학기술원 전기및전자공학과 학사

포항공대 전자전기와 석사

University of Michigan, Ann Arbor Ph.D.

※관심분야: 임베디드 시스템, 이동통신 프로토콜