이기종 무선망 연동을 위한 계층적 네트워크 구조와 핸드오프 방안*

신충용, 공두경, 조진성

shinsyo@mesl.khu.ac.kr medstorm@mesl.khu.ac.kr chojs@khu.ac.kr

경희대학교 컴퓨터공학과

A Hierarchical Network Architecture and Handoff Scheme for Integrating Heterogeneous Wireless Networks

Choongyong Shin, Du-Kyung Kong, Jinsung Cho

Dept. of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

차세대 이동통신 시스템은 유·무선 네트워크의 통합과 더불어 이동성 및 고속 데이터 전송을 제공하는 형태로 진화할 전망이다. 따라서 이러한 상황에서 다양한 서비스를 제공하기 위해 이기종 무선망 연동 서비스에 대한 연구가 필요하다. 지금까지 연동망 구조에 대한 연구로서 하나의 핵심망을 기준으로 네트워크들을 제어하는 형태의 연동망 구조가 연구되었고, 핵심망에서 서비스 통합 관리가 이루어져 다양한 서비스를 제공하게 된다. 하지만 핵심망에서 모든 이동성을 관리하기 때문에 네트워크 간 이동을 위한 vertical handoff 시에 핸드오프의 지연이 발생하며, 이전 통신한 네트워크로의 패킷은 손실된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 각 네트워크를 특성에 따라 연동망 구조를 계층적인 구조로서 제안한다. 따라서 각 네트워크의 범위 특성에 따라 오버레이 구조로 구성되어 있으므로 핸드오프 지연 및 패킷 손실을 최소화 할 수 있다. 또한 제안된 연동망 구조상에서 동작하기 위한 핵심 기술로서 독립적으로 표준화된 프로토콜들을 적용하여 차세대 이동통신 시스템에 대한 연동 서비스의 프레임워크를 제시한다.

1. 서 론

지난 몇 년간 이동통신 서비스는 2G 이동통신 서비스로부터 3G 이동통신 서비스까지 급격한 성장을 보여 왔다. 현재 beyond 3G 또는 4G라 불리는 차세대 이동통신 시스템은 보편적으로 유무선 네트워크의 통합과 더불어 이동성의 증가와 고속 데이터 전송을 제공하는 형태로 진화해 나갈 것으로 예상되고, 이러한 차세대 이동통신 시스템은 단일 네트워크의 형태가 아닌 3GPP, 3GPP2, WLAN, WiMAX, WiBro 등의 다양한 무선 액세스 기술이 공존하는 형태로 IP Multimedia Service를 제공하게 될 것으로 전망된다[1].

본 논문에서는 CDMA2000과 WiBro, WLAN를 대상으로 차세대 이동통신 서비스의 통합 모델을 제안한다. 즉, CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 기존의 네트워크들은 각기 독립적인 서비스를 이루고 있고, 미래의 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해 다양한 서비스가 통합된 환경이 필요하다. 그렇기 때문에 기존의 인프라를 이용해야 하는 측면에서 독립적으로 서비스 되는 네트워크들의 연동 방안을 본 논문에서 제안하며, 이는 현재 차세대 이동통신 시스템에 대한 표준이 정립되지 않은 상태임을 감안할 때, 차세대 이동통신 시스템을 위한 핵심 요소 기술을 살펴보고 이를 통합하여 전체적인 프레임워크를 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 연구로서 연동 서비스를 위한 기반 연구 및 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 논문에서 제안하는 연동 서비스 구조와 버티컬 핸드오프 프레임워크에 대해 기술한다. 4장에서는 성능 분석을 통해 제안된 방안의 효율성을 제시하고, 5장에서 결론으로 마무리 한다.

2. 관련 연구

이기종 무선망 연동에 대한 연구는 크게 Tightly coupled 방안과 Loosely coupled 방안으로 나눌 수 있다[2,3]. Tightly coupled 방식은 핵심망(core network)에 WLAN 접속망이 연결되는 형태로서, WLAN 망은 RAN처럼 하나의 접속망으로 동작한다. Tightly coupled 연동방식의 장점은 기존에 제공되는 3G 시스템의 보안, QoS 제어, 과금, 이동성 제어 기법을 그대로 적용할 수 있다는 점이다. 반면에, 단점

* 본 연구는 과학기술부 과학재단 목적기초연구(R01-2005-000-10267-0) 지원으로 수행되었음.

으로는 관련 표준화에 상당한 시간과 노력이 소요되며, 3G 네트워크 개체의 변경이 요구된다는 점이 있다. Loosely coupled 방식에서는 3G 및 WLAN 망이 각각 독립적으로 운용되면서 단지, 인증 관련 연동 및 사용자 이동성 제공을 위한 인터페이스만 정의하게 된다. 관련 인터페이스는 IP 상위계층에서 정의될 수 있어 비교적 구현 및 적용이 쉬울 것으로 예상된다. 반면에, 끊김없는 사용자 이동성 제공에 제약을 받을 것으로 예상된다.

본 논문에서는 Loosely coupled 연동 방안에 초점을 맞추어 CDMA2000, WiBro 및 WLAN의 연동을 위한 네트워크 구조 및 핸드오프 프레임워크를 제안하고자 한다. 본 절에서는 CDMA2000, WiBro, WLAN의 Loosely coupled 연동을 위해 필요한 요소 기술들을 간단하게 설명하고, 3절에서 이를 기반으로 한 방안을 제안한다.

2.1 Hierarchical Mobile IPv6

본 절에서는 네트워크의 계층적 구조를 통해 시그널링 메시지의 감소와 단말의 이동성 관리의 편의를 위한 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[4]에 대해 설명한다. 일반적인 MIPv6[5]는 단말이 새로운 서브넷으로 이동하게 되면 무조건 Binding Update를 통해 HA에 등록하는 절차를 거쳐야 한다. 그렇기 때문에 HMIPv6는 Mobility Anchor Point(MAP)이라고 명명된 상위의 라우터를 사용하여 하위의 라우터간의 이동을 관리하는 방법을 사용한다. MAP은 단말이 방문한 네트워크에 위치한 라우터로써 단말의 local HA로서 기능을 수행하게 되며, 한 네트워크에 하나 이상의 MAP이 존재 할 수도 있다. 이러한 경우 하나 이상의 MAP은 계층적으로 구성된다.

2.2 Fast Handoff

Fast Handoff는 MIPv6의 이동감지(movement detection), 새로운 CoA 주소 설정(new CoA address configuration), Binding Update에 의해 생기는 Handoff Latency를 감소시키고자 제안된 방식으로 Predictive Fast Handoff와 Reactive Fast Handoff 방식으로 구분된다[6].

2.3 CARD

CARD (Candidate Access Router Discovery)는 끊김없는 이동성을 위한 프로토콜로 MN이 새로운 영역으로 이동할 때 새로운 AR의 정보를 미리 제공받음으로써 이동할 Target AR의 선택을 수월하도록 한다[7].

2.4 CXTP

CXTP (ConteXt Transfer Protocol) 역시 seamless mobility를 위한 프로토콜로써, MN이 새로운 서브넷으로 이동할 때 새로운 라우터와의 협상없이 이전 라우터에서 생성된 정보를 새로운 라우터로 보냄으로서 CTCS(Context Transfer Candidate Service)를 빠르게 설정하여 핸드오프시에 지연을 줄이는 방안이다[8].

3. 제안하는 연동 방안

3.1 계층적 연동망 구조

기존의 Loosely coupled 연동 방안으로, All-IP 기반 핵심망을 중심으로 독립적인 각 네트워크들이 Flat 형태로 연결된다. 또한 이와 같이 하나의 HA에 독립적인 네트워크들이 일대일로 연결되어지는 Flat 형태의 연동망 구조상에서 네트워크 간에 이동이 발생할 때에 Registration이 HA와 이루어지기 때문에 HA와의 거리에 따른 랜덤 지연은 실시간 서비스 또는 멀티미디어 서비스 측면에서 무시할 수 없으며, 이전 네트워크상에 이미 전송된 데이터는 모두 손실되기 때문에 데이터 손실도 무시할 수 없다.

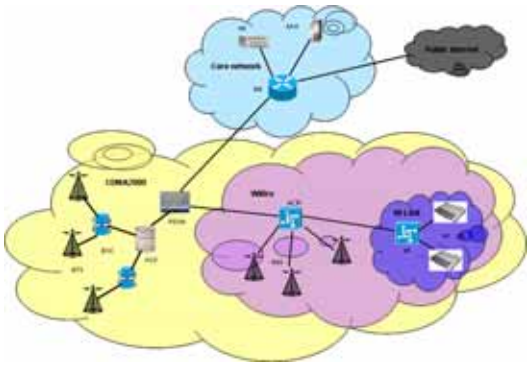


그림 1. 제안하는 계층적 연동망 구조

따라서, 본 논문에서는 Flat 연동망 구조보다 성능 향상을 도모하기 위해 다음과 같은 계층적 연동망 구조를 제안한다. 새로 제안하는 방안은 각 네트워크의 Access Router(AR)로 기능하는 PDSN과 ACR, AR을 계층적으로 연결시키고, Hierarchical Mobile IPv6의 MAP 기능을 부여함으로써 registration의 signaling 지연 및 트래픽 경로 변경의 최소화를 통해 데이터 손실을 최소화 할 수 있다.

3.2 버티컬 핸드오프 프레임워크

그림 1의 계층적 연동망 구조에서 단말이 이동함에 따라 버티컬 핸드오프가 발생하게 되며, 이는 기본적으로 Hierarchical Mobile IPv6에 의해 처리될 수 있다. 이때, 필요에 따라 2절에서 소개한 Fast Handoff, CARD, CXTP가 모두 사용될 수 있으나, 이를 전체적으로 정리한 방안은 아직까지 소개되고 있지 않은 상황이다.

따라서, 본 논문에서는 2절에서 소개한 IP 기반의 모든 요소 기술을 통합하고, QoS를 지원하기 위한 버티컬 핸드오프 프레임워크를 그림 1

의 계층적 연동망 구조에서 제안하고자 한다. 계층적 연동망 구조에서 발생할 수 있는 버티컬 핸드오프는 다음의 세 가지로 구분될 수 있으며, 각 경우의 동작방안을 제안한다.

- Case 1) 일반적인 버티컬 핸드오프

이 경우는 fast handoff가 아닌 일반적인 상황에서의 핸드오프 절차를 제안하며, 기존의 Hierarchical Mobile IPv6에 CARD, CXTP 프로토콜을 추가하고, 또한 QoS를 지원하기 위해 그림 2과 같이 정리한다. 그림 2에서 설명하는 모든 메시지의 구조는 [9]에 제시되어 있다.

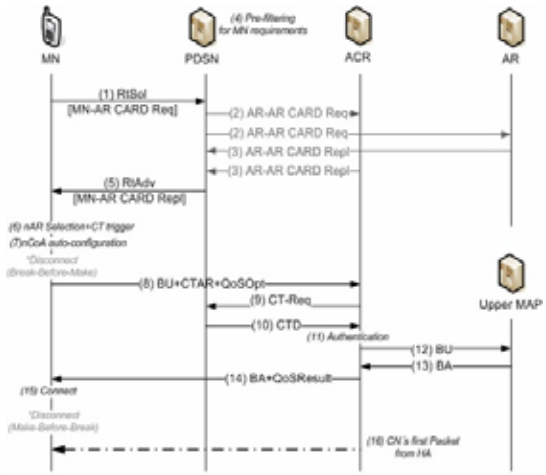


그림 2. Case 1) 일반적인 Hierarchical Mobile IPv6 Handoff

- Case 2) Predictive Fast Handoff

이 경우는 단말의 이동 속도가 빠르지 않은 경우 기존의 Predictive Fast Handoff[6] 절차를 고려한 것으로 그림 3와 같이 제안한다.

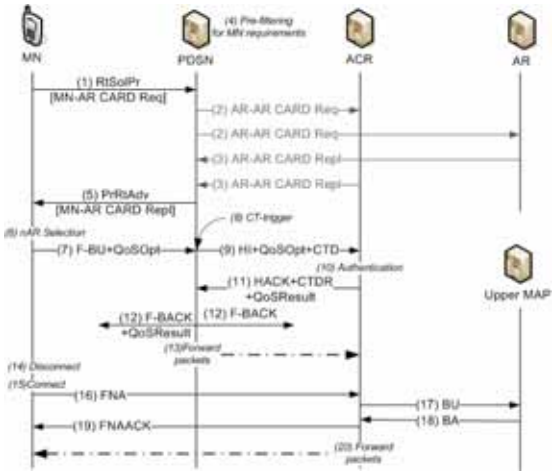


그림 3. Case 2) Predictive Fast Handoff

- Case 3) Reactive Fast Handoff

이 경우는 단말의 이동 속도가 빨라서 Predictive Fast Handoff를 수행하지 못하는 경우로 그림 4과 같이 Reactive Fast Handoff를 제안할 수 있다.

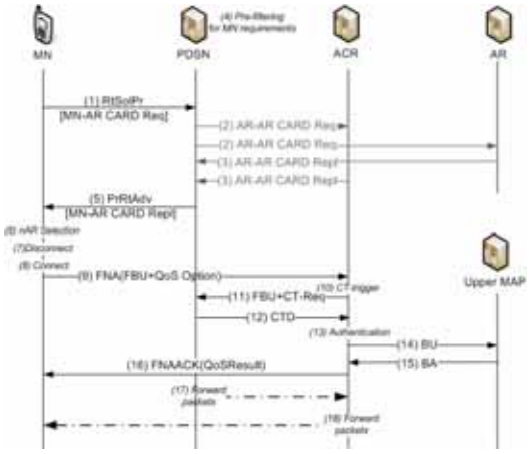


그림 4. Case 3) Reactive Fast Handoff

4. 성능 분석

4.1 시뮬레이션 모델

본 절에서는 제안된 계층적 연동망 구조와 기존의 Flat 연동망 구조에서 버티컬 핸드오프의 성능을 분석한다. 성능 분석 시에 네트워크 개체 내부의 핸드오프 처리에 소요되는 시간은 제외함을 가정한다.

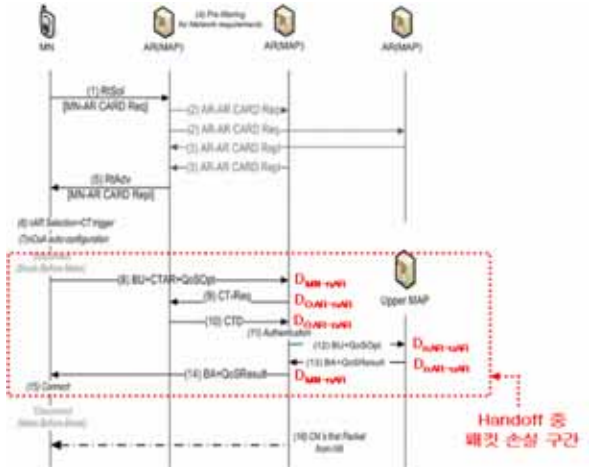


그림 5. Case 1의 패킷 손실

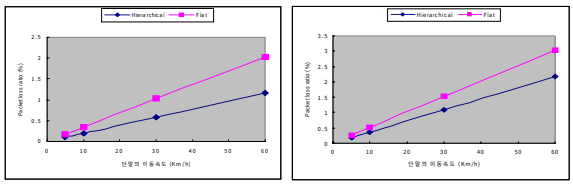
우선, 대표적인 경우를 예를 들어 핸드오프 지연시간을 분석하면 다음과 같다. Case 1)의 버티컬 핸드오프는 (1)번 메시지부터 이지만 실제로 패킷 손실 구간은 (6)번 Disconnect부터 (15)번 Connect까지 구간으로 고려할 수 있다. Make-Before-Break 핸드오프의 경우 패킷

손실이 미약할 수 있으나, 일반적이지 않으므로 이와 같이 가정하여 성능을 분석한다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

본 절에서는 4.1절의 시뮬레이션 모델을 통해 제안된 계층적 연동망 구조와 기존의 Flat 연동망 구조의 핸드오프 성능을 비교 분석한다.

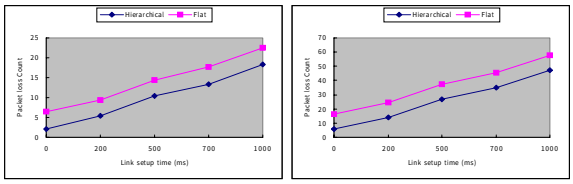
4.1절의 핸드오프 지연시간 분석에 사용된 파라미터의 값을 표 1에 제시하였으며, 각 무선망의 전송률은 CDMA2000은 2Mbps, WiBro는 5Mbps, WLAN은 10Mbps로 가정하였다. 연동망 구조 및 동작 방안의 성능 비교에 관심이 있으므로, 패킷 손실은 버티컬 핸드오프 지연 시간에 발생하며 기타 유/무선 구간에서의 패킷 손실은 없다고 가정하였다.



(a) T_{link}=200ms (b) T_{link}=500ms

그림 6. 단말의 이동 속도에 따른 패킷 손실률

그림 6에서는 CBR 방식의 Real-time 트래픽을 기반으로 단말의 이동속도에 따른 패킷 손실률을 무선 링크 설정 시간이 각각 200ms, 500ms일 때의 결과를 나타낸다. 마찬가지로 제안한 방안의 성능이 우수함을 알 수 있다.



(a) Interactive (b) Real-time

그림 7. 트래픽 유형에 따른 손실된 패킷 수

그림 7은 트래픽 유형에 따른 손실된 패킷의 수를 나타낸다. Real-time은 CBR 방식의 고정적인 전송률을 가진 트래픽이고, Interactive는 웹 트래픽을 모델링하여 burst한 패턴을 가지는 트래픽이다. Interactive 트래픽의 경우 상대적으로 적은 패킷 손실을 보이는데, 이는 burst한 트래픽 때문으로 버티컬 핸드오프 시에 트래픽이 없을 수 있기 때문이다. 그러나 마찬가지로, 트래픽 유형에 관계없이 제안한 계층적 연동망 구조가 Flat 연동망 구조보다 더 적은 패킷 손실을 가지는 성능을 보인다.

5. 결 론

본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템을 위한 통합 모델로서 CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 무선 네트워크를 계층적으로 연결한 연동망 구조를 제안하고, Hierarchical Mobile IPv6, Fast Handoff, CARD, CXTP 등 독립적인 요소 기술을 통합하여 제안된 연동망 구조에서의 버티컬 핸드오프 프레임워크를 제안하였다. 이는 각 무선 네트워크들이 서로 다른 지역에서 서비스 되는 것이 아니라 서로 중첩되어 있음을 고려한 것으로, 이를 통해 버티컬 핸드오프의 성능이 개선됨을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

본 논문에서 제안한 계층적 연동망 구조는 국내와 같이 CDMA2000 네트워크가 전국을 커버하는 환경에서 매우 유용한 방안으로 판단되며, QoS 지원을 함께 고려하므로 VoIP 등의 멀티미디어 서비스도 효율적으로 지원할 수 있다. 본 논문에서 제안된 버티컬 핸드오프 프레임워크는 다양한 요소 기술을 통합하여 제시되었으며 이를 표준에 반영하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] H. Honkasalo, K. Pehkonen, M. T. Niemi, and A. T. Leino, “WCDMA and WLAN for 3G and Beyond”, IEEE Wireless Communications Magazine, Apr., 2002.

[2] M. M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Han, Y.-W. Lee, S. Miller, and L. Salgarelli, “Design and Implementaion of a WLAN/CDMA2000 Interworking Architecture,“ IEEE Communications Magazine, Nov., 2003.

[3] A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, “WLAN-GPRS Integration For Next-Generation Mobile Data Networks,“ IEEE Wireless Communication Magazine, Oct., 2002.

[4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki, and L. Bellier, “Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6),” IETF RFC 4140, Aug., 2005.

[5] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, “Mobility Support in IPv6,” IETF RFC 3775, Jun., 2004.

[6] R. Koodli, “Fast Handovers for Mobile IPv6,” IETF RFC 4068, Jul., 2005.

[7] M. Liebsch, A. Singh, H. Chaskar, D. Funato, and E. Shim, “Candidate Access Router Discovery (CARD),” IETF RFC 4066, Jul., 2005.

[8] J. Loughney, M. Nakhjiri, C. Perkins, and R. Koodli, “Context Transfer Protocol (CXTP),” IETF RFC 4067, Jul., 2005.

[9] 공두경, “이기종 무선망 연동을 위한 계층적 네트워크 구조와 핸드오프 프레임워크,” 경희대학교 석사학위 논문, 2006.