

연속적인 서비스를 위한 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동 방안

정회원 조진성*, 김정근**

Integrating Portable Internet with cdma2000 Mobile Communication Networks for Seamless Service

Jinsung Cho*, Jeong Geun Kim** *Regular Members*

요 약

현재 cdma2000 1x 및 1xEV-DO 이동통신망을 통해 패킷 데이터 서비스가 제공되고 있으며, 보다 높은 대역폭의 서비스에 대한 사용자 욕구를 만족시키기 위해 휴대 인터넷 서비스에 대한 표준화가 추진되고 있다. 그런데, 휴대 인터넷은 고속의 데이터 서비스는 가능하나, 서비스 커버리지가 상대적으로 작다. 따라서, cdma2000 이동통신망과 효율적으로 연동하여 서비스를 제공한다면, 사용자는 서비스 지역에 따라 최적의 서비스를 받을 수 있음은 물론, 이동시 연속적이고 끊김 없는 데이터 서비스를 이용할 수 있고, 사업자는 망 구축비용 및 운용비용 절감을 얻을 수 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 기존의 cdma2000 이동통신망과 휴대 인터넷의 효율적인 연동망 구조, 각 노드의 동작, 노드간 프로토콜 구조 및 인터페이스 등 세부적인 연동 방안을 제시한다. 본 논문에서 제안된 연동 방안은 밀결합 연동 구조로 인해 통합된 사용자 인증 및 과금을 수행하기 용이하며, 끊김없는 연속적인 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 기존 cdma2000 이동통신망의 수정 또는 추가 구현 없이 개발 가능하며, cdma2000 및 휴대 인터넷 서비스를 동시에 제공하는 이중 모드 단말의 구현시에도 복잡도가 최소화된다. cdma2000 이동통신망과 휴대 인터넷 간의 핸드오프 성능 모델에 기반한 실험을 수행한 결과 본 논문에서 제안한 방안은 패킷 손실 측면에서 매우 우수함이 검증된다.

Key Words : cdma2000, Portable Internet, WiBro, Integration, Seamless service

ABSTRACT

Nowadays, wireless packet data services are provided over cdma2000 1x/1xEV-DO mobile communication network and Portable Internet are being standardized for users demanding higher data rate services. Portable Internet can provide high data rate services, but its service coverage is relatively small. If Portable Internet may be integrated with cdma2000 mobile networks, users are able to choose the best service according to service areas and get seamless services while they are moving around. At the same time, it is cost-effective for operators to construct and maintain the integrated network. For the purpose of effectively integrating Portable Internet into cdma2000 networks, we propose an integration scheme including network architecture, protocol architecture, functions in network elements, interfaces between them, and call-flow procedures. The integration scheme proposed in this paper adopts a tightly-coupled architecture for unified authentication/accounting and

* 경희대학교 전자정보대학 컴퓨터공학전공 (chojs@khu.ac.kr) ** 경희대학교 전자정보대학 전파공학전공 (jg_kim@khu.ac.kr)

논문번호 : 040101-0308, 접수일자 : 2004년 3월 8일

※ “이 연구는 2003년도 경희대학교 지원에 의한 결과임” (KHU-20030461)

seamless services. In addition, the scheme can be implemented without modifying the existing cdma2000 mobile communication networks. It is also simple to develop the dual-mode mobile station. Through the simulation results based on the performance model for handoffs between cdma2000 and Portable Internet, it has been validated that the proposed scheme diminishes packet losses compared with the loosely-coupled architecture.

1. 서론

이동통신 시스템은 1세대인 아날로그 시스템에 이어서 2세대 디지털 통신 시스템으로 발전하였으며, 현재 3세대 IMT-2000 표준 규격 중 3GPP2 cdma2000 이동통신 시스템은 대한민국에서 세계 최초로 상용화되어 서비스가 이루어지고 있다. 한편, 인터넷 사용자의 폭발적인 증가는 이동통신 서비스를 음성 위주의 서비스에서 고속의 패킷 데이터 서비스로 진화시키고 있으며, 현재 cdma2000 1x 및 1xEV-DO 이동통신망은 9.6kbps~2.4Mbps의 패킷 데이터 서비스를 제공할 수 있다[1,2]. 그러나, 무선 및 이동 환경에서 보다 높은 대역폭의 서비스에 대한 사용자 욕구를 만족시키기 위해, 4세대 이동통신 시스템을 비롯하여 IEEE 802.16 및 IEEE 802.20 등 많은 표준화 단체에서 수십~수백Mbps의 데이터 서비스가 가능한 규격을 제정 중에 있다[12].

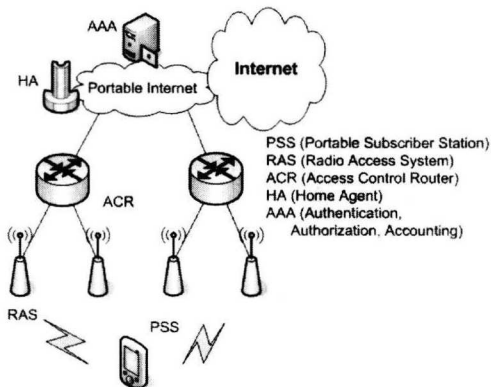


그림 1. 휴대 인터넷의 망 구성

이에 따라, 노트북, PDA, 이동전화 등 휴대용 무선 단말기를 이용하여 언제 어디서나 인터넷에 접속하여 초고속 고품질의 멀티미디어 데이터 서비스를 제공하는 휴대 인터넷(PI: Portable Internet. 서비스명은 WiBro) 서비스를 기대할 수 있으며, 현재, 한국정보통신기술협회(TTA) 주관으로 2.3GHz 대역에서 휴대 인터넷 규격의 표준화를 추진 중에 있으며, OFDM을 바탕으로 한 IEEE 802.16을 기초로 다중접속과 듀플렉스 방식은 OFDMA/TDD로 검토하고 있다[11]. 그리고, 60Km/h의 이동성을 제공하

고 최대 50Mbps의 데이터 서비스를 목표로 하고 있으며, 그림 1과 같은 망 구조를 가진다. 그림 1에서, RAS는 무선 인터페이스를 처리하며, ACR은 RAS를 연결하는 액세스 라우터 기능과 mobile IP[9]의 FA(Foreign Agent) 기능을 수행한다. 단말의 이동성을 제공하기 위해, ACR 내의 RAS간 핸드오프(handoff)는 ACR에 의해 지원되고, ACR 사이의 RAS간 핸드오프는 mobile IP에 의해 지원된다.

표 1. cdma2000과 휴대 인터넷의 비교

	Cost	Data rate	Coverage
cdma2000	High	Low	Large
휴대인터넷	Low	High	Small

그러나, 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신 시스템은 표 1과 같이 서로 상이한 특성을 보인다. 즉, 휴대 인터넷은 저비용으로 고속의 데이터 서비스는 가능하나, 서비스 커버리지가 상대적으로 작다는 문제를 가진다. 그러나, 이미 전국적으로 운영되고 있는 cdma2000 이동통신망과 효율적으로 연동하여 서비스를 제공한다면, 사용자는 서비스 지역에 따라 최적의 서비스를 받을 수 있음은 물론, 이동시 연속적이고 끊김없는 데이터 서비스를 이용할 수 있고, 사업자는 망 구축비용 및 운용비용 절감을 통해 저렴한 비용으로 고속의 패킷 데이터 서비스를 제공할 수 있다. 그런데 이러한 두 망간의 연동 서비스를 고려할 때, 휴대 인터넷은 무선랜과는 달리 단말의 이동성을 제공하는 서비스이므로 휴대 인터넷 및 cdma2000 서비스간의 핸드오프가 빈번히 발생할 수 있으므로, 연속적이고 끊김없는 서비스를 위한 방안을 신중히 고려해야 한다.

따라서, 본 논문에서는 연속적인 서비스를 위한 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동 방안을 제안한다. 이때, cdma2000 이동통신망은 이미 구현되어 서비스 중인 점과 휴대 인터넷은 현재 표준화 작업 중임을 고려하여 현실적으로 가능한 방안을 검토한다. 본 논문의 구조는 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구로서 3G-무선랜간의 연동 방안을 소개한다. 그리고, 3절에서 휴대 인터넷과

cdma2000 이동통신망의 연동시 고려사항을 살펴보고, 연동망 구조를 정의한 후, 구체적인 연동 방안을 기술한다. 4절에서 성능 모델에 기반한 시물레이션에 의해 성능을 분석하고 5절에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

cdma2000 이동통신망과 타 망의 연동에 관한 연구를 살펴보기 전에, cdma2000 1x 및 1xEV-DO 이동통신망을 간단히 소개하면 그림 2와 같다 [3]. 우선, 그림 2에서 BTS, BSC, PCF는 cdma2000 무선 접근망(RAN: Radio Access Network)을 구성한다. BTS는 cdma2000 물리 계층(physical layer) 처리를 담당하며 일반적으로 BSC와 E1/T1 링크를 통해 연결된다. BSC는 ATM 스위치를 포함하여 무선 접근망내에서의 노드간 연결을 담당하며, 호처리, 핸드오프 처리, 자원 관리 등의 역할을 수행한다. 또한, RLP(Radio Link Protocol)[5]를 처리하여 무선 채널에서의 높은 손실을 보완한다. PCF는 무선 접근망과 데이터 핵심망(DCN)을 연결하는 역할을 담당하여, R-P 인터페이스 처리를 수행한다[4]. 한편, 현재의 cdma2000 무선 접근망은 ATM 망으로 구성되나, IP 기반으로 진화 중에 있다[13,14].

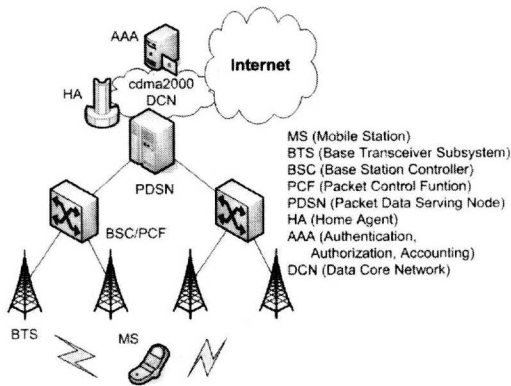


그림 2. cdma2000 이동통신망의 구성

cdma2000 데이터 핵심망은 그림 2와 같이 PDSN, HA, AAA로 구성되며 IP로 연결된다. PDSN은 PPP(Point-to-Point Protocol)를 처리하여 단말에 패킷 서비스를 제공하는 핵심적인 역할을 수행하며, PPP 설정 과정에서 단말에 IP 주소를 할당한다. 또한 사용자 인증을 위해 PAP (Password Authentication Protocol) 또는 CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol)을 수행한 후, RADIUS 프로토콜을 이용하여 AAA와 연동한다.

PDSN은 무선 접근망과 계층적으로 구성됨으로써 PDSN의 처리 지역 내에서 단말의 이동성 관리를 수행하며, 이를 simple IP 서비스라 칭한다. PDSN의 처리 지역을 벗어나도록 단말이 이동하는 경우에는 mobile IP 서비스를 사용하여 이동성 관리를 수행하며, PDSN이 mobile IP FA 기능을 담당한다.

한편, 최근 무선랜(WLAN: Wireless Local Area Network)의 활성화에 힘입어 3G 이동통신망과 무선랜간의 서비스 연동에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 3GPP에서는 3G-무선랜 연동에 대한 요구사항 및 시나리오를 6단계로 정의하고 있으며, 단순한 사용자 인증 및 과금에 대한 로밍 서비스에서부터, 기간 핸드오프 연속적이고 끊김없는 서비스 시나리오를 포함하고 있고[7], 이를 위한 망구조 및 동작 방안의 표준화를 시작하고 있다[8]. 이와 함께, 3GPP UMTS 또는 3GPP2 cdma2000 이동통신망과 무선랜의 연동망 구성 방안에 대해 많은 연구가 이루어졌으며[15-19], 이를 요약하면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다).

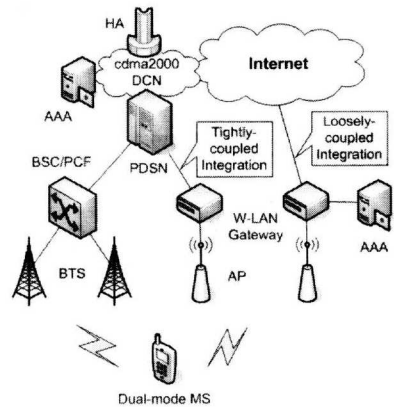


그림 3. 3G-WLAN 연동 구조

3G-무선랜 연동망 구성은 그림 3과 같이 소결합 연동(loosely-coupled integration) 및 밀결합 연동(tightly-coupled integration) 방안이 존재한다. 소결합 연동 방안은 3G 망과 무선랜이 별도로 존재하면서 독립적인 서비스를 수행하고, 로밍 서비스를 위해 인증 및 과금 연동을 수행하는 게이트웨이가 추가된다. 그리고, 3G-무선랜 간 이동성 제공은 mobile IP를 기반으로 한다. 한편, 그림 3의 밀결합

1) 그림 3에서는 3GPP2 cdma2000 이동통신망을 기준으로 나타내었으나, 3GPP UMTS 이동통신망에서도 유사하게 적용될 수 있다.

연동(tightly-coupled integration)은 무선랜 AP가 3G 데이터 핵심망에 연결되어 통합된 사용자 인증 및 과금, 통합된 망관리가 가능하며 mobile IP에 기반한 소결합 연동 방안에 비해 연속적인 서비스 제공이 수월하다. 소결합 연동 방안은 새로운 규격 개발이 최소화되어 즉시 적용할 수 있는 장점을 가지고 있어 초기 단계의 연동 방안에 적합하나 연속적인 서비스 제공에 문제가 존재할 수 있고, 밀결합 연동 방안은 관련 규격에 대한 표준화 작업이 많이 요구되므로 장기적인 관점에서 접근할 수 있는 구조로 분석하고 있다[20]. 따라서, 3G-무선랜 연동에 대한 많은 연구에서는 밀결합 연동 방안 보다는 소결합 연동 방안에 초점을 맞추고 있다. 또한, WLAN의 서비스 특성상 단말의 이동성이 크지 않다는 점에 기인한 것으로 판단된다.

루슨트 벨 연구소에서는 그림 3과 같이 소결합 연동 및 밀결합 연동 구조를 소개하고, 소결합 연동 구조에 초점을 맞추어 IOTA(Integration Of Two Access technologies) 프로토타입 시스템을 구현하였다[17]. IOTA는 연동 게이트웨이와 단말의 연동 S/W로 구성된다. 또 다른 구현 연구로 AT&T 연구소에서도 이와 유사한 프로토타입 시스템을 구현하여 성능을 제시하고 있다[16]. 에릭슨[19] 및 노키아[18]에서도 3GPP UMTS-무선랜 연동을 위해 소결합 연동 구조를 기반으로 mobile IP를 통한 이동성 제공 및 사용자 인증, 과금을 위한 망 구조를 제시하고 있다.

표 2. 소결합 연동과 밀결합 연동의 비교

	밀결합 연동	소결합 연동
인증 및 과금	GPRS 인증 및 과금 사용	게이트웨이를 통한 연동
이동성 제공	SGSN 내에서의 핸드오프로 이동성 제공	mobile IP를 이용한 이동성 제공
서비스 파라미터	QoS, 보안 등 서비스 파라미터 전달 유리	불리
망 관리	통합 관리	개별 관리
추가 개발	크다	작다

한편, 모토롤라 연구소에서는 GPRS-무선랜 연동을 위해 소결합 연동 구조와 밀결합 연동 구조를 함께 제안하고, 두 방안에 대한 비교를 제시하고 있으며[15], 표 2에서 이를 정리한다. 그런데, [15]에서 제안한 밀결합 연동 방안은 GPRS L1, L2 계층

을 무선랜으로 대체한 것으로 GPRS L3 계층은 그대로 사용되어, 단말 및 그림 3의 게이트웨이에서 GPRS L3 기능을 모두 지원해야 하는 부담이 존재한다. 또한, 표 2와 같이 두 방안에 대한 정성적인 비교 분석만을 제시할 뿐 정량적인 성능 분석은 이루어지지 않고 있다.

Ⅲ. 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동

1. 연동망 구조

본 절에서는 표 2의 비교 분석을 참고하여 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동망 구조를 정의한다. 휴대 인터넷도 무선랜의 진화된 형태로 볼 수 있으나, 가장 근본적인 차이점은 단말의 이동성 제공이라고 할 수 있다. 즉, 고정된 지역에서 서비스를 수행하는 무선랜과 달리, 휴대 인터넷은 이동하는 단말에 대해 연속적인 서비스를 수행해야 한다. 그러나, 1절에서 언급했듯이 휴대 인터넷의 셀 반경, 즉 서비스 커버리지는 상대적으로 작으므로, 모든 지역에서의 서비스를 위해서는 매우 많은 비용이 소요될 것으로 예상된다. 따라서, 표 2의 항목 중 이동성 제공을 최우선으로 고려해야 할 것으로 판단된다. 또한, 소결합 연동 구조는 mobile IP 서비스에 의해 단말의 이동성이 지원되나, 밀결합 연동 구조에서는 simple IP 서비스로도 연속적인 서비스의 이동성이 제공되며, 이는 사업자 측면에서 매우 큰 장점이라 할 수 있다. 그러므로, 본 논문에서는 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동을 위해 밀결합 연동 구조를 대상으로 하여, 이를 지원하기 위한 세부적인 동작 절차 및 프로토콜 구조를 제안하고, 정량적인 성능 분석을 통해 밀결합 연동 방안의 우위성을 검증한다. 이때, 밀결합 구조로 연동시에도 새로운 표준 규격 없이 현재의 cdma2000 이동통신망에 대한 수정 및 추가 구현의 최소화를 목표로 한다. 즉, [15]에서 분석한 표 2의 내용 중, 밀결합 연동 구조는 표준화 작업 및 추가 개발이 많이 필요하다는 문제점이 존재하지 않도록 한다.

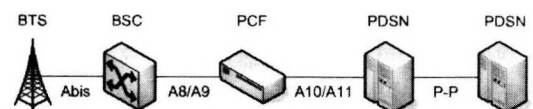


그림 4. cdma2000 이동통신망의 연동 지점

우선, cdma2000 이동통신망 내에서 휴대 인터넷 RAS의 밀결합 연동 지점을 살펴 본다. 그림 4는 cdma2000 이동통신 노드간의 인터페이스를 나타낸 대[3]. BTS-BSC 사이의 접속 규격인 Abis 인터페이스와 BSC-PCF의 접속 규격인 A8/A9 인터페이스는, 비록 IP로의 진화가 진행 중이나, 현재의 구현은 ATM을 기반으로 하고 있다. 그리고, PDSN간 P-P 인터페이스는 PDSN간 빠른 핸드오프(fast handoff)를 위한 임시적인 연결이다[6]. 따라서, 휴대 인터넷 RAS는 A10/A11 접속 규격을 통해 PDSN에 접속해야 한다. 또한, cdma2000 데이터 서비스는 단말과 PDSN 사이에 PPP를 통해 이루어 지므로, 단말에 대해 휴대 인터넷과 cdma2000 서비스를 구별하여 처리할 수 있는 유일한 노드는 PDSN이 되므로 가장 자연스러운 연동 지점이라고 할 수 있다.

결국, 휴대 인터넷 RAS는 그림 5와 같이 TIG(Tightly-coupled Integration Gateway)를 통해 PDSN과 A10/A11 인터페이스에 의해 접속된다. 따라서, TIG는 RAS로부터의 메시지 또는 데이터를 A10/A11 규격에 따라 변환하는 역할을 담당한다.

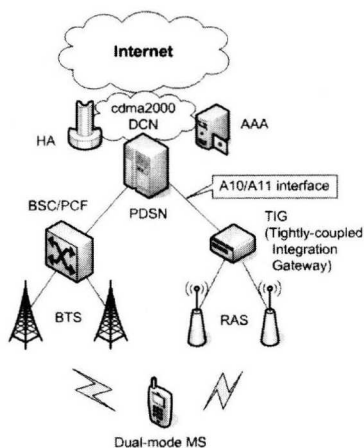


그림 5. 제안하는 연동망 구조

2. 연동 방안

3.1절에서 휴대 인터넷은 cdma2000 이동통신망에 연속적인 서비스 제공을 위해서 밀결합 구조로 연동되어야 하고, 그림 5와 같이 PDSN에 접속되어야 함을 살펴보았다. 본 절에서는 그림 5의 망구조 하에서의 프로토콜 구조 및 세부적인 연동 방안에 대해 기술한다. 이때, cdma2000 이동통신망은 이미 구현되어 서비스 중임을 고려한다. 즉, cdma2000 이동통신망의 노드에 대한 수정 및 추가 구현은 최

소화 되어야 함을 전제 조건으로 한다.

이에따라, cdma2000 데이터 서비스의 프로토콜 구조를 먼저 살펴보면 그림 6과 같다. 2절에서 언급한 바와 같이, 단말과 PDSN은 PPP를 통해 IP 패킷을 전달하며, PPP 설정 과정에서 사용자 인증 및 IP 주소를 할당 받는다. 그런데, 휴대 인터넷의 표준이 아직 정해지지 않는 탓에, PPP는 수행하지 않고, 사용자 인증을 위해 EAP/TLS를 사용하며, IP 주소 할당을 위해 DHCP가 고려되고 있다.

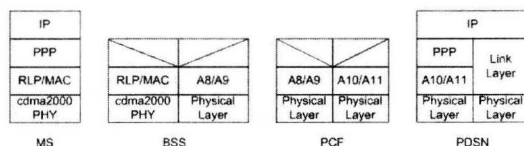


그림 6. cdma2000 시스템의 프로토콜 구조

그러나, 휴대 인터넷을 cdma2000 이동통신망에 밀결합 구조로 연동하여 연속적인 서비스를 제공하기 위해서는 cdma2000 시스템의 방안을 수용하는 것이 효율적이다. 즉, 단말에서 PPP를 사용하고 이를 통해 사용자 인증 및 IP 주소 할당을 수행한다. 이는, cdma2000과 휴대 인터넷을 지원하는 이중 모드(dual-mode) 단말의 구현 복잡도 측면에서도 매우 유리하다. 또한, 휴대 인터넷 RAS는 PPP 처리와 무관하므로 휴대 인터넷 표준 규격에 의해 독립적으로 구현될 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 프로토콜 구조는 cdma2000 시스템의 프로토콜 구조를 고려하여 그림 7과 같다. 그림 7의 이중 모드 단말에서는 IP, PPP 계층은 cdma2000 및 휴대 인터넷 서비스에서 공유되며, ISL(Interface Selection Layer)에서 최적의 무선 접속을 선택한다.

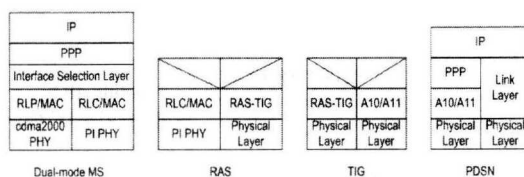
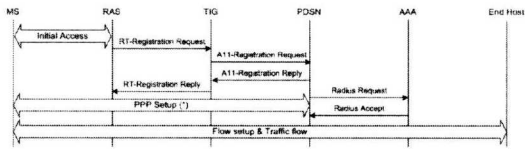
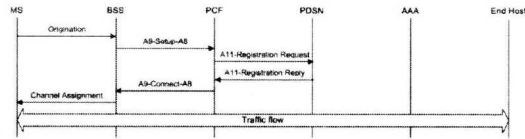


그림 7. 제안하는 연동 프로토콜 구조

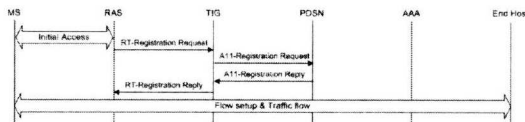
그리고, 그림 8을 통하여 동작 절차를 자세히 기술한다. 먼저 그림 8(a)에서와 같이 휴대 인터넷 영역에서 단말은 무선 접속을 시도한다. 이와 동시에 휴대 인터넷 RAS는 TIG에 등록하여 PDSN과의 연결을 설정한다. RAS-TIG간 접속 규격은 본 논문의 범위를 벗어나나, 본 논문에서는 A10/A11과 유사한 메시지 및 프로토콜 구조를 가정한다.



(a) 휴대 인터넷에서의 발신



(b) 휴대 인터넷에서 cdma2000으로의 핸드오프



(c) cdma2000에서 휴대 인터넷으로의 핸드오프

그림 8. 제안하는 연동 방안의 동작 절차

무선 접속 및 RAS-TIG-PDSN 간 연결이 이루어진 후, 단말과 PDSN은 PPP 설정을 수행한다. 이 과정에서 사용자 인증 및 IP 주소 할당이 이루어진다. 그리고, 데이터 트래픽 채널 설정 절차가 이루어진 후, 데이터 서비스가 이루어진다. 데이터 서비스 동안, cdma2000 시스템과 마찬가지로 PDSN에 의해 과금 정보가 생성되어 AAA에 전달된다.

휴대 인터넷 서비스 영역을 벗어나게 되어 cdma2000 서비스로의 핸드오프가 이루어지게 되면, 그림 8(b)와 같이 단말은 cdma2000 데이터 서비스의 동작 절차를 수행하게 되어 연속적인 서비스를 수행할 수 있다. 이때, 핸드오프를 위한 cdma2000 무선 접속 및 시그널링 절차 동안에 도착하는 패킷들은 PDSN에서 버퍼링 된다. 즉, 휴대 인터넷 서비스 영역에서 cdma2000 서비스로의 핸드오프를 시도하기 전에 단말에서는 휴대 인터넷 데이터 채널의 해제를 알리면 PDSN에서는 버퍼링을 시도하고, 새로운 연결이 생성되면 버퍼링 되었던 패킷을 전송한다.

한편, 다시 휴대 인터넷 서비스 영역으로 돌아가게 되면 그림 8(c)와 같이 동작된다. 이때, 이미 PPP 세션은 가지고 있으므로 PPP 설정은 재수행될 필요가 없다.

IV. 성능 분석

1. 실험 모델

3절에서 제안한 밀결합 연동망 구조 및 동작 방식에 의하면, 망내에서 데이터 서비스의 제공 지점이 변경되지 않으므로 mobile IP에 기반한 소결합 연동 방식에 비해 끊임없는 연속적인 서비스가 가능하게 되며, 본 절에서 이에 대한 성능을 분석한다.

우선, 본 논문에서 제안한 밀결합 연동 방식에서의 핸드오프 지연시간 $D_{proposed}$ 는 기존 망에서의 접속 해제 시간 $t_{release}$, 새로운 무선 링크 접속에 필요한 시간 t_{access} 및 새로운 망에서의 노드간 시그널링 메시지 전달 및 처리 시간 $t_{signaling}$ 으로 구성되므로 식 (1)과 같다.

$$D_{proposed} = t_{release} + t_{access} + t_{signaling} \quad (1)$$

식 (1)에서, $t_{release}$ 및 $t_{signaling}$ 은 노드간 메시지 전달 및 노드에서의 메시지 처리 시간으로, cdma2000 이동통신망에서 휴대 인터넷으로의 핸드오프시 각각, $t_{MS-BTS} + t_{BTS-BSC} + t_{BSC-PCF} + t_{PCF-PDSN}$ 및 $t_{RAS-TIG} + t_{TIG-PDSN}$ 이다. 휴대 인터넷에서 cdma2000 이동통신망으로의 핸드오프시에도 유사하게 계산될 수 있다.

이때, 전체 핸드오프 지연시간 $D_{proposed}$ 중 $t_{release}$ 시간 이후 PDSN에서는 단말로 향하는 패킷을 버퍼링하게 되므로 단말의 패킷 손실은 $t_{release}$ 시간에만 발생하게 된다. 즉, 패킷 손실 시간 $L_{proposed} = t_{release}$ 이다.

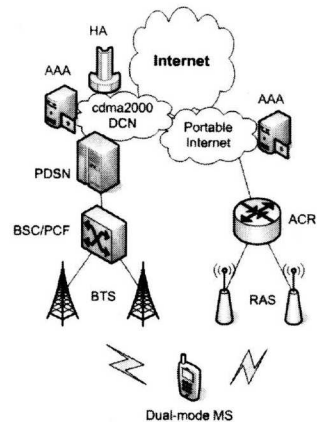


그림 9. 소결합 연동망 구조

한편, mobile IP에 기반한 소결합 연동망 구조를 소개하면 그림 9와 같다. 2절에서 언급했듯이, 그림 9의 PDSN과 ACR은 mobile IP FA 기능을 제공하여 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망 간의 핸드

오프시 단말은 mobile IP 등록(registration)을 통해 HA에 FA의 변경을 알려주어 연속적인 서비스를 제공한다.

소결합 연동 방안에서의 핸드오프 지연시간은 식 (1)에 mobile IP 등록 시간이 추가되어 식 (2)로 표현된다. 식 (2)에서 $t_{mobileIP}$ 는 휴대 인터넷으로의 핸드오프시 $t_{MS-RAS} + t_{RAS-ACR} + t_{ACR-HA}$ 이며, cdma2000 이동통신망으로의 핸드오프시에도 유사하게 계산된다.

$$D_{loosey} = t_{release} + t_{access} + t_{signaling} + t_{mobileIP} \quad (2)$$

그런데, 본 논문에서 제안한 연동 방안과 달리 소결합 연동 방안에서는 mobile IP 등록 절차가 마무리된 이후에야 패킷 전달이 가능하게 된다. 따라서, 패킷 손실 시간 $L_{loosey} = D_{loosey}$ 가 된다. 이와 같이 패킷 손실 시간이 매우 크기 때문에, mobile IP를 이용한 핸드오프시 패킷 손실을 최소화하기 위해 FA간 터널을 생성하여 패킷을 전달하는 빠른 핸드오프[10]에 대한 연구가 진행중이며, cdma2000에서도 이와 유사하게 PDSN간 P-P 인터페이스를 통해 지원할 수 있다[6]. 그러나, 이를 지원하기 위해서는 그림 9의 ACR까지 이전 FA의 IP 주소를 전달해야 하나, 현재까지의 휴대 인터넷 무선 접속 규격에는 이를 지원하지는 않으므로 구현이 불가능하다.

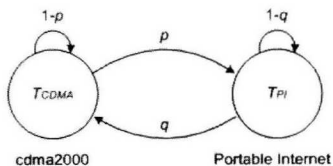


그림 10. 단말의 이동 모델

한편, 단말은 그림 10과 같이 cdma2000과 휴대 인터넷을 이동하며 서비스 받는 모델을 가정한다. 즉, T_{CDMA} 시간 동안 cdma2000 서비스를 이용한 후 p 의 확률로 휴대 인터넷으로 핸드오프를 수행한다. 그리고 T_{PI} 시간 동안 휴대인터넷 서비스를 이용한 후, q 의 확률로 cdma2000 이동통신망으로 핸드오프를 수행한다. 따라서, p 및 q 의 값이 클수록 ($0 \leq p, q \leq 1$) 이동성이 큰 단말을 의미한다.

그리고, 트래픽 모델은 실시간 스트리밍(real-time streaming) 서비스 및 대화형(interactive) 서비스를 대상으로 한다. 실시간 스트리밍 서비스는 전송율이 r 인 스트림을 가정하며, 패킷의 크기를 s 라고 하면

패킷 전송 시간 간격 $\tau_{streaming} = s/r$ 이 된다. 대화형 서비스는 T_{think} 시간마다 크기가 M 인 데이터를 한 번에 요청한다. 그런데, M 크기의 데이터는 s 크기의 패킷으로 분할되어 전송되고, 이 패킷들의 전송 시간 간격 $\tau_{interactive}$ 는 서비스 양단간 RTT(Round-Trip Time)를 고려하여 설정된다.

2. 실험 결과

우선, 실험에 사용된 매개변수(parameter)를 정리하면 표 3과 같다. 표 3(a)의 네트워크 모델 매개변수는 실제 장비로부터 측정된 값에 기반하며, BTS와 BSC 및 RAS와 ACR은 E1 링크에 연결된 경우이고, 그 외의 다른 장비는 모두 Fast Ethernet을 기준으로 한다[21]. 그리고, 단말의 이동 모델 매개변수로 T_{CDMA} 및 T_{PI} 는 각각 평균 60초의 지수 분포(exponential distribution)를 가정하였으며, 사용자의 다양한 이동성을 실험하기 위해 p 및 q 를 0.2, 0.5, 0.8로 사용하였다. 이때, 사용자의 50%는 0.5로 설정하였으며, 나머지 50%는 0.2와 0.8로 균일하게 설정하였다. 한편, 실시간 스트리밍 트래픽의 전송율 r 은 100kbps에서 1Mbps의 균등 분포(uniform distribution)를 가정하였고, 대화형 트래픽은 M 을 평균 100KB의 지수 분포로, T_{think} 를 평균 5초의 지수 분포로 실험하였다. 그리고, 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동 방안에 대한 성능만을 비교하기 위해, 각 무선 구간에서의 패킷 손실은 없다고 가정하였다.

표 3. 실험 매개변수
(a) 네트워크 모델 매개변수

Parameter	Value	Parameter	Value
t_{MS-BTS}	10ms	t_{MS-RAS}	8ms
$t_{BTS-BSC}$	5ms	$t_{RAS-TIG}$	5ms
$t_{BSC-PCF}$	1ms	$t_{TIG-PDSN}$	1ms
$t_{PCF-PDSN}$	1ms	$t_{RAS-ACR}$	1ms
$t_{PDSN-HA}$	1ms	t_{ACR-HA}	1ms

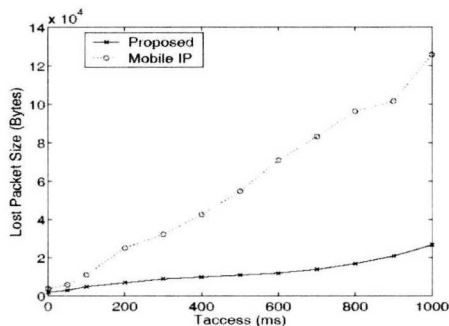
(b) 단말 및 트래픽 모델 매개변수

Parameter	Value
T_{CDMA}	60s (exponential dist.)
T_{PI}	60s (exponential dist.)
p, q	0.2, 0.5, 0.8 (low, medium, high mobility)
r	100kbps ~ 1Mbps (uniform dist.)
T_{think}	5s (exponential dist.)
M	100KB (exponential dist.)
s	100KB(streaming), 500KB(interactive)

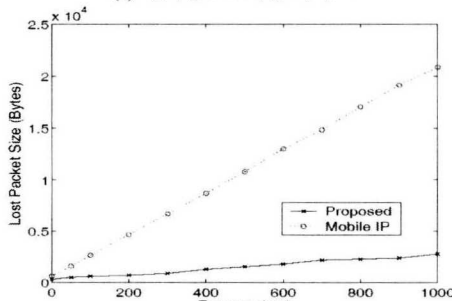
그림 11은 30개의 단말에 대해 t_{access} 의 값에 따

른 패킷 손실 크기를 나타낸다. 그림 11의 가로축 t_{access} 는 새로운 무선 링크에 대한 접속시간을 의미하며, 구현 방안에 의해서도 매우 큰 차이를 보일 뿐만 아니라 단말의 상황에 따라 다른 값을 보일 것으로 사료된다. [16]에서는 무선랜과 3G의 연동에 대한 실험 결과를 통해 무선 링크 접속 시간 t_{access} 는 400~600ms 임을 제시하고 있다. 그림 11에서 보듯이, 모든 t_{access} 에 대해, 본 논문에서 제안한 밀결합 연동 방안이 mobile IP에 기반한 소결합 연동 방안보다 패킷 손실이 작음을 알 수 있다.

또한, 그림 11에서 보듯이, 본 논문에서 제안한 밀결합 연동 방안이 매우 작은 패킷 손실을 보이고 있으며, 이는 PDSN에서의 버퍼링에 기인한다. 특히, [16]에서 실측된 무선 링크 접속 시간의 평균인 500ms를 기준으로 살펴보면 표 4와 같다. 표 4와 같이 mobile IP에 기반한 소결합 연동 방안은 핸드오프시 패킷 손실이 매우 큼을 알 수 있으며, 이는 사용자의 서비스에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서, 소결합 연동 방안의 사용시에는 패킷 손실을 줄이기 위한 별도의 방안이 필요하며, 이는 단말측에서 무선 링크 접속 시간 t_{access} 를 줄이거나 네트워크 측면에서 빠른 핸드오프 등을 지원함으로써 이를 수 있다.



(a) 실시간 스트리밍 서비스



(b) 대화형 서비스

그림 11. 핸드오프당 패킷 손실 크기 비교 결과

표 4. $t_{access} = 500ms$ 일때의 패킷 손실

Service type	Proposed	Mobile IP
Streaming	10.9KB	54.8KB
Interactive	1.5KB	10.8KB

V. 결론

본 논문에서는 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 효율적인 연동망 구조 및 각 노드의 동작, 노드간 프로토콜 구조와 인터페이스 등 세부적인 연동 방안을 제시하였다. 이때, 휴대 인터넷은 단말의 이동성을 제공하는 서비스이므로 휴대 인터넷 및 cdma2000 서비스간의 핸드오프가 빈번히 발생할 수 있음을 감안하여 연속적이고 끊김없는 서비스를 제공할 수 있도록 밀결합 방안을 제안하였다. 또한, cdma2000 이동통신망은 이미 구현되어 서비스 중임을 고려하여 현실적으로 가능한 방안을 제안함으로써 밀결합 방안의 가장 큰 문제점인 새로운 규격의 필요 및 추가 구현 오버헤드를 제거하였다. 그 결과, 본 논문에서 제안된 연동 방안은 밀결합 연동 구조로 인해 끊김없는 연속적인 서비스가 가능할 뿐만 아니라 통합된 사용자 인증 및 과금을 수행하기 용이하며, 또한 통합된 망관리가 가능한 장점이 있다. 그리고, cdma2000 및 휴대 인터넷 서비스를 동시에 제공하는 이중 모드 단말의 구현시에도 복잡도가 최소화된다.

한편, 본 논문에서 제안된 연동 방안의 성능을 정량적으로 분석하기 위해 mobile IP에 기반한 소결합 연동 방안과의 성능 비교를 수행한 결과 패킷 손실 측면에서 매우 우수함이 검증되었다. 이는 제안된 밀결합 방안의 연결 지점인 PDSN에서 패킷을 버퍼링함으로써 패킷 손실을 최소화 하기 때문이다. 그런데, PDSN에서의 버퍼링은 단말에의 패킷 도착 시간 간격을 증가시키게 되므로 지터(jitter)가 발생하게 된다. 즉, TCP에서의 RTT(Round-Trip Time)가 증가하게 되므로 TCP 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서, TCP를 사용하는 응용을 위한 성능 분석이 추가로 필요하며, 이에 대한 연구를 수행 중이다.

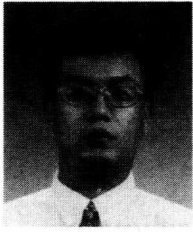
참고 문헌

- [1] 3GPP2, "Introduction to cdma2000 standards for spread spectrum systems," 3GPP2 C.S0001-A, 2000.

- [2] 3GPP2, "cdma2000 high rate packet data air interface specification ," 3GPP2 C.S0024, 2001.
- [3] 3GPP2, "Interoperability specification (IOS) for cdma2000 access network interfaces - part 1 overview," 3GPP2 A.S0011-A, 2002.
- [4] 3GPP2, "Interoperability specification (IOS) for cdma2000 access network interfaces - part 7 A10 and A11 interfaces," 3GPP2 A.S0017-A, 2002.
- [5] 3GPP2, "Data service options for spread spectrum systems," 3GPP2 C.S0017, 2003.
- [6] 3GPP2, "Wireless IP network standard," 3GPP2 P.S0001-A, 2000.
- [7] 3GPP, "Feasibility study on 3GPP system to WLAN interworking," 3GPP TR 22.934, 2002.
- [8] 3GPP, "3GPP system to WLAN interworking: Functional and architectural definition," 3GPP TR 23.934, 2002.
- [9] C. Perkins, "IP mobility support for IPv4," RFC3344, 2002.
- [10] R. Koodli, "Fast handovers for mobile IPv6," IETF internet draft, draft-ietf-mobileip-fast-mip-v6-07.txt, 2003.
- [11] TTA, http://www.tta.or.kr/Home2003/committee/ommitToR.jsp?commit_code=PG05
- [12] I. Koffman and V. Roman, "Broadband wireless access solutions based on OFDM access in IEEE 802.16," IEEE Communications, Vol. 40, No. 4, pp. 96-103, 2002.
- [13] F. M. Chiussi, D. A. Khotimsky, and S. Krishnan, "Mobility management in third-generation all-IP networks," IEEE Communications, Vol. 40, No. 9, pp. 124-135, 2002.
- [14] N. Musikka and L. Rinnback, "Ericsson's IP-based BSS and radio network server," Ericsson Review, No. 4, pp. 224-233, 2000.
- [15] A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, "WLAN-GPRS integration for next-generation mobile data networks," IEEE Wireless Communications, Vol. 9, No. 5, pp. 112-124, 2002.
- [16] H. Luo, Z. Jiang, B.-J. Kim, and P. Henry, "Integrating wireless LAN and cellular data for the enterprise," IEEE Internet Computing, Vol. 7, No. 2, pp. 25-33, 2003.
- [17] M. M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Han, Y.-W. Lee, S. Miller, and L. Salgarelli, "Design and implementation of a WLAN/CDMA2000 interworking architecture," IEEE Communications, Vol. 41, No. 11, pp. 90-100, 2003.
- [18] K. Ahmavaara, H. Haverinen, and R. Pichna, "Interworking architecture between 3GPP and WLAN systems," IEEE Communications, Vol. 41, No. 11, pp. 74-81, 2003.
- [19] E. Gustafsson and A. Jonsson, "Always best connected," IEEE Wireless Communications, Vol. 10, No. 1, pp. 49-55, 2003.
- [20] 고석주, 정희영, 김성한, 민재홍, "3G-WLAN 연동기술 동향," 전자통신동향분석, 제18권 제4호, pp. 1-10, 2003.
- [21] 삼성전자, Private communication.

조 진 성 (Jinsung Cho)

종신회원



1992년 2월 : 서울대학교 컴퓨
터공학과 졸업

1994년 2월 : 서울대학교 컴퓨
터공학과 석사

2000년 2월 : 서울대학교 컴퓨
터공학과 박사

1997년 4월~8월 : IBM T.J.

Watson Research Center Visiting Researcher

1999년 9월~2003년 2월 : 삼성전자 책임연구원

2003년 3월~현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 전임강
사

<관심분야> Mobile Computing & Network,
Embedded System, Ubiquitous Computing

김 정 근 (Jeong Geun Kim)

정회원



1990년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 졸업

1992년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 석사

2000년 3월 : University of
Arizona 전자공학과 박사

2000년 3월~2003년 2월 : 미국

Qualcomm사 Senior Systems Engineer

2003년 3월~현재 : 경희대학교 정보통신대학원 전
임강사

<관심분야> 컴퓨터 네트워크, 네트워크 성능분석