

## 4세대 이동 통신을 위한 무선 자원 관리 기술

장 영 민, 김 성 희

덕성여자대학교 컴퓨터과학부

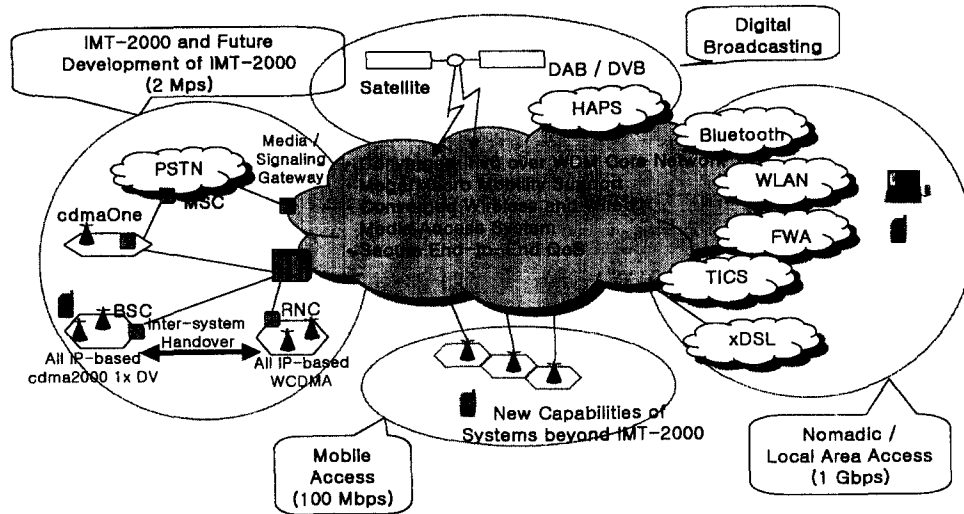
### I. 서 론

비동기방식의 WCDMA 및 동기 방식의 cdma 2000은 Air interface로 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식을 사용하는 3세대 이동통신 시스템이며 음성과 데이터를 정적인 상태에서 최대 2Mbps, 동적인 상태에선 최대 144 Kbps까지만 전송할 수 있다. 또한 제한된 이동성을 보장하기 때문에 3.5세대적인 Future development of IMT-2000를 3GPP 및 3GPP2에서 규격화하고 있고 각 제조 업체는 이를 개발 중이다. 동시에 2010년 이후부터 상용화될 4세대 이동통신 기술들의 핵심기술 전망 및 Vision에 대한 논의가 현재 활발히 진행중이다. 4세대는 광대역 멀티미디어 응용과 VR(Virtual Reality) 응용을 서비스하며, 고속의 전송률과 동시에 사용자의 광범위한 이동성을 보장하는 방향으로 진화될 전망이다. 3.5세대와 4세대 이동통신 기술들은 현재 ITU-R WP8F와 ITU-T SSG에서 표준화 중이다. ITU-R WP8F는 2002년 6월 캐나다 Ottawa meeting에서 PDNR(Preliminary Draft New Recommendation)를 완성할 계획이며, 차후 차세대 이동통신 시스템들 간의 호환성 문제, 무선 구간에서 PHY/MAC/RLC/RRC 프로토콜 등 차세대 이동통신의 무선 측면의 비전을 계속 표준화할 계획이다. 현재 3.5세대는 2005년경에 하향 링크의 전송속도를 최대 30 Mbps까지 지원할 것이며, 4세대는 2010년경에 Nomadic/LAN 무선 액세스에서는 1Gbps, 모바일 액세스에서는 100 Mbps까

지 지원할 것이라는 비전을 제시하고 있다<sup>[1]</sup>. ITU-T SSG에서의 표준화 진행 상태는 초기단계로 IPv6 기반의 CN(Core Network), IPv6 기반의 QoS 보장형 이동성 제공 등 핵심망 측면의 비전을 표준화 중에 있다. ITU-R WP8F 및 ITU-T SSG 간의 Joint Meeting을 이번 5월 중순 Ottawa에서 개최할 계획이다. 4세대 이동통신 시스템의 개념도는 <그림 1>과 같다.

<그림 1>에서 보는 바와 같이 WCDMA 이후의 시스템은 모든 트래픽은 패킷화될 것이며 패킷 트래픽을 실시간에 처리하기 위해 CN은 중간 QoS 요구조건을 만족시켜야 한다. IP Centric화된 핵심망을 통해 모든 이기종의 유/무선 매체 접근 시스템들의 Integration 및 Convergence가 이루어질 것이다. ITU-R WP8F의 Vision 그룹에서는 4세대 이동통신 시스템의 핵심적인 기술적인 흐름으로 VoIP, IP 기반 RAN(Radio Access Network)의 제공, IP로 구현된 Mobile Radio 전송, 시스템 간 핸드오버 및 Roaming, 끊김 없는 핸드오버를 위한 최적 네트워크 선택 문제, Cryptography, 인증, 과금, Mobile ad hoc networks, 멀티캐스트, Radio over fibre, Vertical 및 Horizontal 핸드오버, Dynamic QoS control, IP 이동성 제어, SIMO, MISO, 그리고 MIMO 안테나 개념, Mobile agent 등을 현재 제시하고 있다.

본 고에서는 4세대를 위한 RRM(Radio Resource Management) 기술의 종류를 알아보고, 그 중 Vertical 핸드오버 및 스케줄링 기법을 자세히 살펴본다.



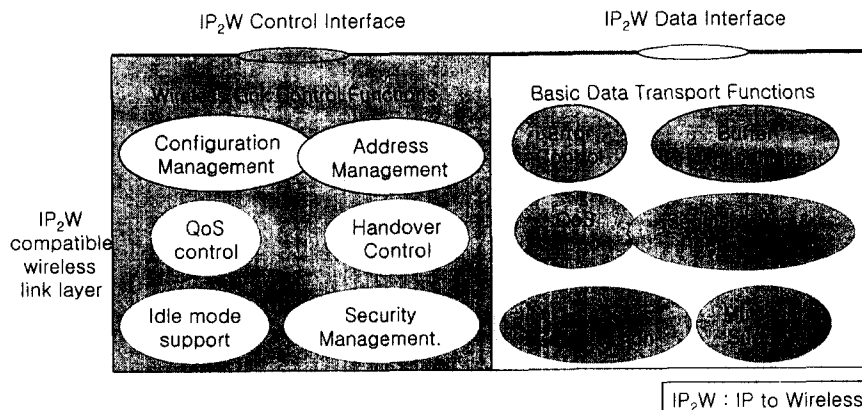
〈그림 1〉 다양한 Medium Access System을 수용하는 4세대 이동 통신망.

## II. RRM 기술 추세

최근에 활발한 연구가 이루어지고 있는 RRM의 중요한 기능은 무선자원을 효율적으로 사용하고 사업자 측면에서 비용 절감 효과를 제공하고, 서비스 사용자 측면에서는 보다 좋은 QoS를 보장하는 것이다. Adaptation layer의 진화 인터페이스로 〈그림 2〉에서와 같이 데이터 인터페이스와 제어 인터페이스로 구분할 수 있다. 제어 인터페이스는 필수적으로 형상 관리, 주소 관리를

제공하며, 선택적으로 QoS 제어, 핸드오버 제어, Idle 모드 제어, 보안 관리를 하며, 데이터 인터페이스는 필수적으로 오류 제어, 버퍼 관리를 행하며 선택적으로 QoS 제공, Segmentation & Re-assembly, 헤더 압축, 멀티캐스트 등을 수행한다<sup>[2]</sup>.

4세대에 연구되어야 할 RRM 기술들로는 Seamless하고 Lossless 한 핸드오버, 호 수락제어 (Call Admission Control), Radio Access Bearer control, Dynamic 자원 할당, Autonomous hierarchical cell networks, 전력 할



〈그림 2〉 Adaptation layer의 인터페이스.

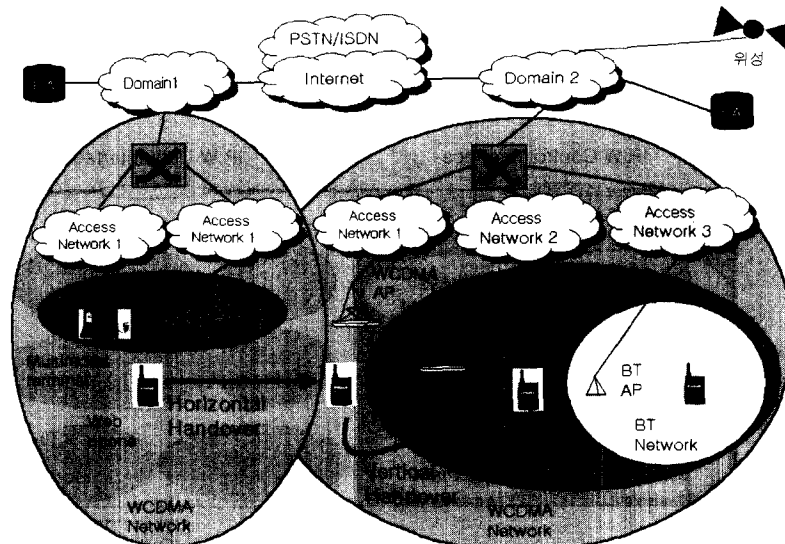
당 및 관리, 실시간 트래픽을 위한 다양한 소스 코딩을 제어, RF 자원 관리, 일시적인 트래픽 부하를 관리하기 위한 Buffer dimensioning 등이 있다.

### 1. QoS-aware Vertical 핸드오버

4세대는 모든 망의 통합서비스가 전망됨에 따라 다양한 핸드오버 기술이 있을 수 있고 이때에 Application 레벨의 QoS 지원이 가장 중요하다. 핸드오버에는 같은 시스템 내에서 발생하는 Horizontal 핸드오버와 이 기종의 시스템간에 발생하는 Vertical 핸드오버로 나눈다. 핸드오버 시 고려해야 할 과제는 다음과 같다. 핸드오버 시 필요한 신호 트래픽의 최소화, 끊김 없는 핸드오버, 다양한 라우팅 기법과 빠른 재 라우팅 방안 및 다수의 핸드오버를 지원할 수 있는 규모성 등이 있다. 이는 기존 Horizontal 핸드오버 시 고려사항이며, Vertical 핸드오버를 위해 4세대 이동통신 망에서 추가적으로 고려해야 할 과제는 다양한 인터넷 프로토콜들의 연동성 및 통합성이다.

IP 기반 이동성 관리는 크게 핸드오버 관리, 경로 갱신의 과정을 거친다. 우선 핸드오버 관리는 핸드오버 시 패킷 손실과 지연의 최소화, 빠른

핸드오버 신호 교환, 핸드오버 전 기지국과 핸드오버 후 기지국 사이의 QoS와 보안의 보장, 비계획적인 핸드오버의 대처, 그리고 다른 망간의 핸드오버 등에 관여하며, 한편 경로 갱신은 다수의 이동 단말기를 제어할 수 있는 능력, 링크 단절이나 네트워크의 장애를 빠른 시간 내에 복구할 수 있는 견고성 등에 관여한다. 앞에서 제시한 바와 같이 4세대 이동 통신은 Integration과 Convergence된 망 형태가 될 것이다. 사용자들은 네트워크의 종류나 네트워크의 사업자에 관계 없이 어디에서나 끊김 없는 통화를 원한다. 따라서 차세대 이동 통신망에서는 사용자들의 인지 없이 이기종의 네트워크 혹은 이종의 사업자간의 끊김 없는 통화를 제공하여야 한다. 따라서 네트워크 구조의 통합과 타 사업자 간의 네트워크 Convergence, 이기종 통신 네트워크간의 Convergence가 필수적이다. 이기종 통신 네트워크 사이의 연동을 위해 Vertical 핸드오버 기술이 활발히 연구중이다. <그림 3>은 현재 논의되고 있는 Vertical 핸드오버 기술을 나타낸다. i) 위성파 WCDMA간 핸드오버, ii) WCDMA와 WLAN간 핸드오버, iii) WLAN과 Bluetooth간 핸드오버, iv) WCDMA와 Bluetooth간 핸드오버.



<그림 3> Vertical 핸드오버의 개념.

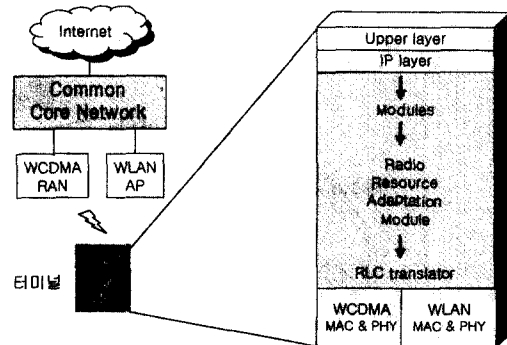
무선 Ad Hoc 네트워크에는 WLAN(Wireless LAN)와 Bluetooth Network이 있으며, 이들은 2.4GHz 대역의 ISM 밴드를 사용하며, Coverage가 좁다. WLAN은 현재 802.11b를 이용하여 세계 선진국에서 11Mbps까지의 서비스를 제공 중에 있으며, AP(Access Point)간 핸드오버를 위한 IEEE 802.11f를 표준화하고 있다. 그러나 현재까지 WLAN 프로토콜은 단말기 이동 속도가 빠른 경우 핸드오버를 지원하지 못하고 있는 실정이다.

WLAN은 사용료가 저렴할 뿐 아니라 WCDMA 망에 비해 약 5배 빠른 데이터 전송률을 제공한다. 4세대 이동 통신망은 LAN 환경에서는 WLAN이 WAN 환경에서는 WCDMA으로 두 기술의 공존이 예상된다. 따라서 4세대에서 이 기종 시스템인 WCDMA 및 WLAN 간 Vertical 핸드오버가 필수적이다. Vertical 핸드오버의 이슈로 서비스 네트워크의 변경에 따라 파라미터 값 조절 기능인 SIP 기반의 Application-aware adaptation을 위한 단말기의 개발 문제, Upward vertical 핸드오버(WLAN→WCDMA), 보안 문제, 종단간의 끊김 없는 핸드오버 문제, 유선망과 유사하게 음성 트래픽에게 QoS 지원 등이 있다. 이를 위한 주요 기술인 IP 중심의 All IP 망 구조, 단말기가 이기종 망을 연동할 수 있는 통합 프로토콜 개발, 이동성 제어를 위한 Mobile IP 도입 및 QoS 재협상 등을 알아보려고 한다.

단말기 측면에서 상이한 매체 접근 방식과 상이한 주파수 대역을 사용하는 이동 통신 네트워크 사이의 핸드오버를 단말기는 지원해야 한다. 이를 구현하기 위해서 단말기는 IP 이하의 계층에 두 종류의 프로토콜을 탑재할 것이다.

〈그림 4〉는 하나의 단말기로 이 기종의 네트워크에 접속 가능한 프로토콜 구조로 제시된다. IP 계층의 공통 프로토콜을 기준으로 그 이하 계층에서 WCDMA과 WLAN을 서비스하는 프로토콜을 동시에 탑재한 Decoupled, Loosely coupled 및 Closely coupled 방식이 있다.

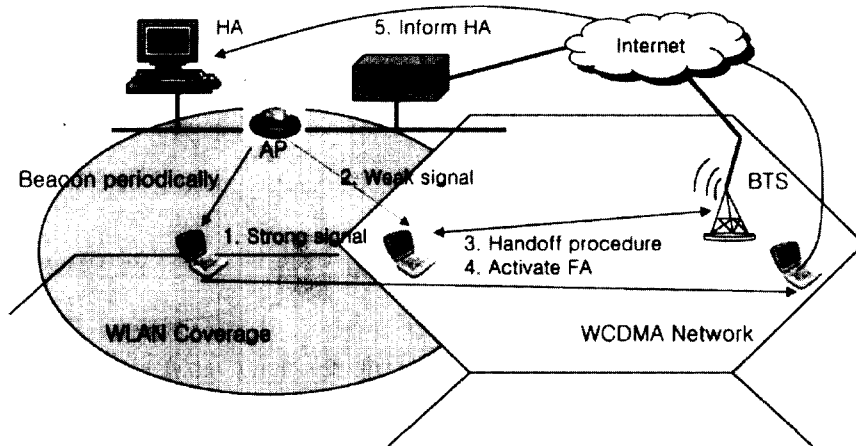
이 기종 망간의 핸드오버 혹은 타 사업자 망간



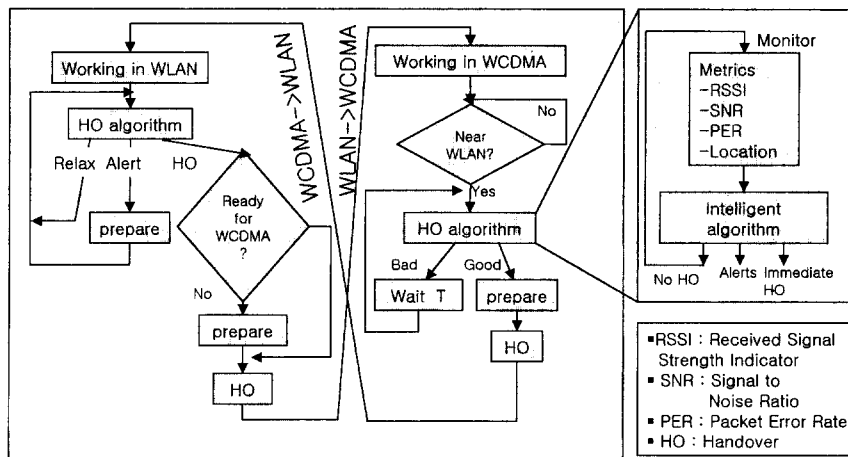
〈그림 4〉 이 기종 네트워크 접근 위한 단말기 프로토콜.

의 핸드오버시 단말기가 가지고 있던 IP 주소는 그 망에 따라 변경된다. 같은 단말기의 IP 주소가 변경되더라도 통신 중인 데이터를 끊김 없이 전달하기 위해서 Mobile IP 기술을 사용할 것이다. Mobile IP는 단말기의 홈 네트워크(Home Network) 내에 단말기의 실제 주소를 HA(Home Agent)에 등록하고, 단말기가 다른 망으로 이동할 경우 다른 망(Foreign Networks)의 FA(Foreign Agent)에게서 CoA(Care of Address)라는 임시 주소를 받아 HA에 등록 후 사용하는 방식이다. 이 때 인터넷 트래픽은 HA를 통해 Foreign Networks의 FA를 통해 CoA를 가진 단말기로 전달되게 된다. 〈그림 5〉은 Mobile IP 기술을 이용한 WCDMA과 WLAN 간 Vertical 핸드오버의 개념도 이다<sup>1)</sup>.

Vertical 핸드오버는 대역폭이 다른 이 기종 간에 끊김 없는 연결이 이루어져야 하므로 Vertical 핸드오버 시 자원을 재협상 해야 할 필요가 있다. WCDMA에서 WLAN으로의 핸드오버가 발생할 경우 낮은 전송률을 가진 네트워크에서 높은 전송률을 가진 네트워크로 이동하는 것이기 때문에 그 트래픽은 거의 수용 가능하여 큰 문제가 되지 않으나, Upward vertical 핸드오버가 발생할 경우 WCDMA 망의 자원 부족으로 트래픽은 Dropping될 것이다. 이 문제를 해결하기 위한 방안으로 Soft QoS 기법, 헤더 압축 문제, 비디오 트래픽의 Dropping 등이 있다. Soft(Dynamic) QoS 기법은 QoS 제공시 트래픽의



(a) Hybrid Network.



(b) Vertical 핸드오버 알고리즘.

<그림 5> WCDMA와 WLAN간의 Vertical 핸드오버.

종류에 따라 정해진 만큼의 QoS를 제공하던 종래의 방식과는 달리 핸드오버 할 네트워크의 상황에 따라 적응적으로 QoS를 제공하는 방식이다. Upward vertical 핸드오버 시 핸드오버 될 망에서 기존 트래픽에 제공하던 자원을 최저 Bound까지 줄여 얻어진 자원을 핸드오버 호에게 제공하는 방식이다. 이 기법을 사용하여도 WLAN과 WCDMA의 대역폭 차이 때문에 WCDMA로 유입되는 핸드오버 호의 Drop율은 여전히 높다. 따라서 데이터의 양 자체를 줄이기

위한 방법으로 헤더 압축 기술이 도입될 전망이며, 최악의 경우 고 전송률로 제공해야 하는 비디오 트래픽의 영상데이터 부분과 음성 데이터만을 전송하는 방식을 고려할 수 있다.

## 2. 예측 기반의 MAC 스케줄링

무선 자원을 효율적으로 할당하기 위해서 MAC 스케줄링을 사용하는데, MAC 스케줄링에서 고려해야 할 사항은 낮은 복잡도, QoS의 보장, 공평성, 그리고 실시간 서비스 제공 등이

다. 실시간 트래픽의 QoS를 보장하기 위해서 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 클래스를 구분하여 병렬 처리하는 스케줄링 방식을 도입해야 한다. 4세대 이동통신에서도 UMTS가 구분한 트래픽 클래스, Conversational(예, VoIP), Streaming(예, VoD), Interactive(예, Web browsing), Background(예, E-mail)에 따라 다른 QoS를 제공할 것이다.

지금까지 하향 링크 상에서의 대표적인 스케줄링 방식에는 RR(Round Robin), Random, WFQ(Weighted Fair Queuing), Maximal S/N, Max-min fair, Proportional fairness 등이 있다. 시시각각 변하는 무선 채널의 특성을 Estimation한 후 Prediction한 채널 Quality에 따른 스케줄링한다. 이 때 Cost function으로 전체 Throughput 대신에 Pricing 기반의 스케줄링 기법을 사용할 것이다. 즉 사업자 측면에서 스케줄링 기법은 채널의 질을 미리 예측하는 기법을 사용하여 트래픽의 처리량을 더욱 더 증가시키는 방향으로 발전되어 가고 있다. 이 때  $P=CIR$  (Carrier to Interference Ratio)이라고 하면 예측 기법을 사용하기 위해서는 First order filter를 다음과 같이 구성할 수 있다.

$$P(k+1) = \alpha P(k) + (1-\alpha)w(k). \quad (1)$$

$\alpha$ 는 0에서 1까지의 값을 가지며,  $P(k+1)$ 는 채널을 예측한 값이고,  $P(k)$ 는 과거에 채널의 상태를 측정해 놓은 값이다.  $w(k)$ 는 현재에 채널의 상태를 측정해 놓은 값이다. 채널을 미리 예측하여 스케줄링하므로 트래픽 처리시 패킷 Loss를 줄이기 때문에 QoS를 보장할 수 있다. 4세대에서는 사용자 뿐 아니라 망 사업자 측면의 스케줄링을 필요로 한다. 따라서 과금 정책에 기반 하여 여러 개의 버퍼를 두고 서로 다른 정도의 QoS를 제공하는 방식이다. QoS 보장 방식의 하나인 차등화된 서비스는 망 사용자를 Pricing 별로 클래스를 나눠 망 자원을 할당하는 방식을 제시하고 있다.

### III. 결 론

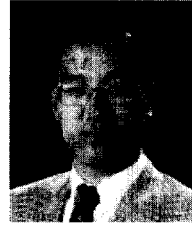
2010년경에 도래할 4세대 이동통신은 IMT-2000, WLAN, Bluetooth, Satellite와 같은 Radio Access Network과 xDSL 및 CATV 등의 유선 액세스 망을 포함한 다양한 Medium Access System을 수용할 것이다. 4세대 이동통신에서 PHY, MAC, RRC 및 Mobile IP 기술을 이용한 RRM 기술을 알아보았다. 이는 전반적으로 적응형 기술을 사용하여 보다 높은 신뢰도와 QoS를 보장하는 방식이다. 높은 데이터 전송률로 중단간 QoS를 효율적으로 제공하면서 동시에 전 지역에 연결성을 유지할 수 있는 방식으로 진화되고 있다. 원활한 QoS 제공을 위한 Vertical 핸드오버의 개념과 기능 및 스케줄링 기법 등을 살펴보았다. 이 외에도 Authentication 과정 등도 고려해야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] ITU-R WP8F Vision Drafting Document, "Preliminary Draft New Recommendation(PDNR): Vision framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and of systems beyond IMT-2000," Feb. 27~ Mar. 5 2002.
- [2] IST Project, "BRAIN architecture specification and models: BRAIN functionality and protocol specification," Mar. 2001.
- [3] R. Berezdivin, R. Breinig, and R. Topp, "Next-Generation Wireless Communications Concepts and Technologies." IEEE Comm. Magazine, Mar. 2002.
- [4] K. Pahlavan, P. Krishnamurthy, and A. Hatami, "Handoff in Hybrid Mobile Data Networks," IEEE Personal Comm.,

- Apr., 2000.
- [5] T. B. Zahariadis, K. G. Vaxevanakis, C. P. Tsantilas, and N. A. Zervos, "Global Roaming in Next-Generation Networks," *IEEE Comm. Magazine*, Feb. 2002.
- [6] A. Misra, S. Das, A. Dutta, A. McAuley, and S. K. Das, "IDMP-Based Fast Handoffs and Paging in IP-Based 4G Mobile Networks," *IEEE Comm. Magazine*, Mar. 2002.
- [7] J. A. Laurila, J. Mikkonen, and J. Rinnemaa, "Wireless LAN Access Network Architecture for Mobile Operators," *IEEE Comm. Magazine*, Nov. 2001.
- [8] Y. Guo and H. Charskar, "Class-Based Quality of Service over Air Interfaces in 4G Mobile Networks," *IEEE Comm. Magazine*, Mar. 2002.

## 저자 소개



張 暎 民

1985년 경북대학교 전자공학과 학사, 1987년 경북대학교 전자공학과 석사, 1999년 University of Massachusetts 컴퓨터과학과 박사, 1987~2000년 8월: 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 선임연구원, 2000년 9월~현재: 덕성여자대학교 컴퓨터과학부 교수, 2001년~현재: 정보통신부 IT 표준 전문가 (4세대 이동통신), 2000년~현재: CIC2000, CIC2001 및 CIC2002 TPC 간사, <주관심 분야: 4세대 이동통신, WLAN, Bluetooth, Satellite, PHY, MAC, RRC, RRM, MIP, CDMA Systems(with Smart Antenna, MUD, and MIMO) 용량 분석>



金 成 熙

2001년 덕성여자대학교 전자계산학과 학사, 2001년 3월~현재: 덕성여자대학교 전산 및 정보통신학과 석사 과정 2000년 10월~현재: All IP Network 성능분석, Bluetooth Scatternet 관리, IP-based Satellite Protocol 등의 위탁과제 수행 경험, <주관심 분야: Mobile IP, Wireless QoS, Handover, 4G Wireless>