

논문 2009-46TC-1-2

에너지 효율적 이종망간 핸드오버를 지원하는 새로운 모바일 단말 소프트웨어 아키텍처 개발

(Development of a Novel Mobile Terminal Software Architecture supporting Energy Efficient Vertical Handover)

박 승 민*, 김 원 태*, 김 대 영**

(Seung-Min Park, Won-Tae Kim, and Dae-Young Kim)

요 약

본 논문에서 에너지 효율적 이종망간 핸드오버를 지원하는 새로운 모바일 단말 소프트웨어 아키텍처를 제안한다. 기존 방식은 L3 핸드오버를 IETF Mobile IP에 의존하고 있어 Mobile IP가 가지는 이동성 검출 방식의 문제점을 그대로 가지며 동시에 이종의 네트워크 환경에 대한 어떠한 지원도 없으므로 중첩된 다중망 상황에서 불필요한 핸드오버를 자주 수행하게 되어 네트워크와 단말에 심각한 오버로드를 유발시킨다. 이에 반해 제안하는 방식은 단말기반의 망선택 및 전환을 수행하는 구조로서 단말에서 망상태를 주기적으로 모니터링하고 최적의 망을 선택하여 결정된 망으로의 L3 핸드오버 명령을 Mobile IP에 지시하는 형태로 불필요한 에너지 소모를 최소화한다. 망선택 방식은 단말의 속도 기반 망선택 및 전력소모 예측 등을 통해 핸드오버 대상이 될 망들을 선별한 후 단말이 요구하는 QoS, 네트워크 상태, 사용자의 선호도 및 단말의 배터리 상태 등을 종합적으로 고려하여 최종적으로 최적의 네트워크를 선택하는 방식을 취한다. 마지막으로 본 논문에서 제시하는 에너지 효율적 이종망간 핸드오버 아키텍처를 실제 단말에 적용하여 그 기능 및 성능을 검증한다.

Abstract

In this paper we propose a novel mobile terminal software architecture supporting energy efficient handover operation in heterogeneous networks. Since the legacy proposals for L3 handover are mostly dependent on IETF Mobile IP which has some problems in movement detection mechanism and no considerations on nested heterogeneous network environment, as a result they make serious overload on networks and terminals by performing unnecessary handover in such network environments. The proposed architecture has terminal-oriented network selection and switching architecture where a mobile terminal periodically monitors network status and selects the optimum network, and reduces energy consumption by making L3 handover of Mobile IP to the finally selected network. The network selection method first picks up some candidate networks by considering a terminal speed and power consumption estimation, and determines the final target handover network among the candidates after evaluating multiple factors including QoS required by a terminal, network status, user preference and terminal battery status. Finally we verify the functionality and performance of the energy efficient vertical handover architecture by means of adopting it into a real mobile terminal.

Keywords: multi-homed, multimodal, vertical handover, ubiquitous communications, mobile terminal

I. 서 론

무선통신기술의 발전에 힘입어, HSDPA나 와이브로와 같은 광대역무선통신망의 눈부신 발전이 이루어지고 있다^[1]. 모바일 사용자들은 언제 어디서나 대용량의 콘텐츠를 마음껏 다운로드 받거나 화상전화와 같은 멀티

* 정회원, 한국전자통신연구원 임베디드SW연구팀 (ETRI)

** 정회원, 충남대학교 정보통신공학과 (Chungnam National Univ.)

접수일자: 2008년7월3일, 수정완료일: 2009년1월19일

미디어 기반 통신 서비스를 받는 것이 보다 자유로워졌으며, 이러한 다양한 체험이 모바일 사용자들의 통신에 대한 개념을 보다 발전적이고 진보적으로 바꾸었다. 즉, 사용자들은 이미 유비쿼터스 커뮤니케이션의 환경에 한발 더 진입하고 있는 것이다^[2-5]. 그러나 보다 진보된 형태의 유비쿼터스 통신 기술이 보편화되기 위해서는 다양한 이종 네트워크들간의 끊어짐없이 연동되는 데이터 통신 서비스가 선행적으로 이루어져야 한다. 이미 우리가 사용 중인 HSDPA나 와이브로와 같은 광역 이동통신망에서부터 WLAN과 같은 지역 무선 통신망에 이르기까지 사용자의 단말은 다양하고 서로 다른 통신방식을 사용하지만 나름대로의 특징을 가지는 무선 네트워크 영역을 넘나들면서 사용자 자신들이 원하는 혹은 네트워크 운영자 측에서 유도한 방향으로 부드러운 서비스 전환이 이루어 질 수 있어야 한다. 이러한 서비스 망의 전환 시에 기존의 비연동형 듀얼모드 단말의 경우, 통신 세션이 깨어져 사용자의 간섭을 통해서 세션의 재연결이 이루어지는 형태가 일반적이었다.

이러한 데이터 서비스 연동을 지원하는 기술 표준으로는 크게 3GPP IMS (Internet Multimedia Subsystem), IETF Mobile IP 그리고 IEEE 802.21 WG의 MIH (Media Independent Handover)가 있다^[6-9]. 3GPP의 IMS과 같은 SIP(Session Initiation Protocol)기반의 응용 계층 핸드오버 기술이 표준화되어 사용자의 간섭없이 동종 혹은 이종 네트워크 접속 포인트가 바뀌더라도 응용계층에서 핸드오버를 수행할 수 있는 기반이 마련되었다. 그러나 이러한 응용계층 핸드오버 기술은 모바일 단말이 이동을 하면서 종단간에 연결된 세션을 끊김없는 지원에는 어려움을 가지고 있다. L3 핸드오버 시에 패킷의 손실을 최소화할 수 있는 기술로서 IETF Mobile IP와 같이 네트워크 계층에서의 연동성을 보장하는 프로토콜이 오래 전부터 개발되어 규격 상 완성단계에 이르렀으나, Mobile IP의 경우에는 망선택에 대한 지능적인 동작이 정의되어 있지 않아 실제 이종망 연동 시에 문제점이 될 수 있다. 유비쿼터스 통신에 있어서 통신망의 전환에 따른 사용자가 경험하는 서비스가 원하는 수준의 통신 품질이 유지될 수 있도록 망을 선택하는 것이 중요하다. 어쩔 수 없는 특별한 상황에서는 사용자가 원하는 수준의 QoS (Quality of Service)를 만족시키지 못할 수 있으나, 다중의 네트워크를 선택할 수 있는 상황이라면 그 중에서도 사용자의 선호도를 고려하여 망을 선택해 주는 것이 중요한 통신

서비스 차원에서의 이슈가 되고 있다^[10-13].

이러한 다양한 이종 통신망들의 융합현상을 해결하고자 L2 계층에서의 이종망간 끊김없는 데이터 서비스 연동을 위한 표준이 IEEE 802.21 WG에서 MIH로서 정의하고 활발히 논의되고 있으며, 이를 3G와 같은 기간 이동통신망에 접목하고자 하는 시도도 이루어지고 있다^[14]. MIH에서는 이종망 상황에서 Mobile IP의 부적격성을 모바일 단말의 이동에 따른 이동성 검출 (Movement Detection) 메커니즘이 L3 통신 프로토콜에 의지하여 이루어 졌기 때문이라고 규정하고, Mobile IP와 같은 L3 계층 이상의 핸드오버 메커니즘에 대해서 빠른 네트워크 검출과 프로토콜적인 처리를 가속화하기 위해 이벤트 서비스 (Event Service), 명령 서비스 (Command Service) 및 정보 서비스 (Information Service) 등의 인터페이스를 정의하고 있다. 또한, 보다 지능적인 망차원에서의 핸드오버 지원을 하기 위해 정보 서버 (Information Server)를 정의하여 각종 부가 기능을 구현할 수 있도록 하고 있다^[8, 15-16]. 그러나 MIH의 경우에는 하나의 표준 규격으로 실제 알고리즘이나 시스템 혹은 네트워크 차원에서의 동작 메커니즘을 정의하고 있지 않고 있다.

본 논문에서는 다중 이종망 상황에서의 지능적 망선택 알고리즘을 가지는 새로운 모바일 단말 소프트웨어 플랫폼을 설계하고 이를 구현한다. 이하 본 논문에서 제안하는 단말 소프트웨어 플랫폼을 AM4U (Advanced Multi-homed mobile terminal architecture for Ubiquitous communications)라고 명명한다. 본 논문의 II장에서는 제안하는 핸드오버 프레임워크의 설계 요구 사항을 정의한다. III장에서는 끊김없는 이종망간 핸드오버를 지원하는 새로운 모바일 단말 아키텍처인 AM4U 플랫폼을 설계하고 각 요소별 기능을 자세히 설명한다. 제 IV장에서는 설계된 단말 아키텍처를 ETRI Qplus (리눅스) 환경에서 구현한 방법을 제시하며, 제 V장에서는 구현된 시스템을 실제망에서 적용하고 테스트한 결과를 요약 정리하여 그 기능과 성능을 검증하도록 한다.

II. 설계 요구 사항

본 연구에 있어서 이종 다중접속망 인터페이스를 가지는 모바일 단말을 위한 끊김없는 데이터 연동 서비스를 제공하는 통신 소프트웨어 플랫폼을 설계함에 있어

다음과 같은 설계 규칙을 가진다.

- (1) 모든 기능 블록은 모듈 아키텍처를 기반으로 설계한다.
- (2) 최적의 망을 선정 시 여러 선택요소를 공정하게 평가할 수 있는 알고리즘을 이용한다.
- (3) 단말의 전력을 최대한 활용할 수 있는 방안을 고려한다.
- (4) IETF Mobile IP (이하 MIP)를 기반으로 L3 핸드오버를 수행하며, AM4U와 MIP를 연동한다.
- (5) 다양한 네트워크 인터페이스에 대한 확장성이 용이하도록 설계한다.

III. AM4U 아키텍처 설계

3.1 AM4U 시스템 아키텍처

AM4U 시스템은 모듈 아키텍처에 기반하여 각 기능 모듈의 변경, 업그레이드 혹은 새로운 서비스로 시스템을 확장하는데 용이하도록 설계되었다. 모듈화 개념에 기반한 AM4U 아키텍처를 그림 1에 도시한다. AM4U가 가지는 시스템 모듈들은 크게 망전환제어 모듈(NSC : Network Switching Controller), 망전환판단 모듈(NSD : Network Switching Decision Module), 망연결성 제어 모듈(CM : Connection Manager), 공통접속 관리자(CCM : Common Connection Manager) 및 에러복구 관리자(ERM : Error Recovery Manager) 등이다. 그리고 NSC의 제어에 따라 L3 핸드오버를 수행하기 위한 MIP의 모바일 노드 모듈(MIPv4 MN)과 HSDPA/CDMA2000 1X EV-DO 등이 데이터 호 접속

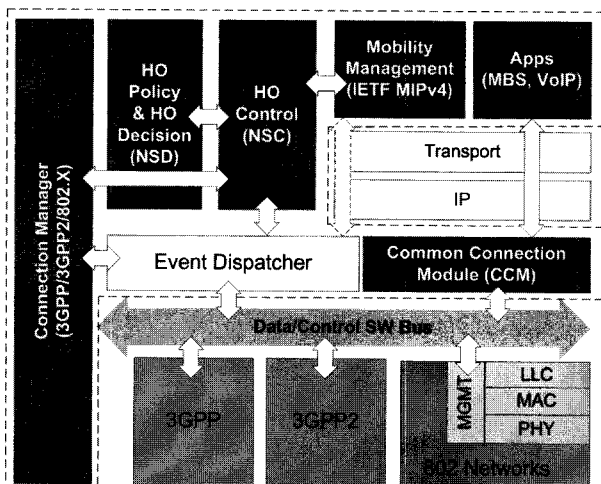


그림 1. AM4U 시스템 아키텍처
Fig. 1. AM4U system architecture.

을 수행하기 위한 PPPD (Point-to-Point Protocol Daemon) 및 성능측정을 위한 Diagnostic system과의 인터페이스 등이 AM4U 플랫폼에 포함된다.

3.2 망전환제어 모듈

AM4U 시스템에서 망전환제어모듈은 전체 네트워크 스위칭 프로세스를 제어하며, 그림 2에 망전환 제어 모듈이 수행하는 이종망간 핸드오버 시 처리되는 절차를 도시한다. 이를 단계별로 설명하면 다음과 같다.

1단계, AM4U 시스템이 시작되면 가장 먼저 시스템에 저장된 사용자 선호 사항에 대한 설정 파일을 읽어 들인다. 예를 들어, 초기 접속 네트워크에 대한 지정, 망전환 제어 정책, 개인 인증 정보 및 디바이스 설정 정보 등을 읽게 된다. 2단계, 망전환 제어 정책이 자동 핸드오버 (Automatic Handover)로 설정되어 있을 경우 AM4U는 시스템의 네트워크 상태를 자동으로 모니터링하는 자동모드로 진입한다. 자동 핸드오버가 아닌 수동적인 핸드오버를 수행하도록 설정되어 있을 경우에는 바로 핸드오버 처리를 수행하는 절차로 진입한다. 2단계에서 L2 radio 네트워크 라디오 신호값 (RSSI: Radio Signal Strength Index)을 지속적으로 정기적으로 읽게

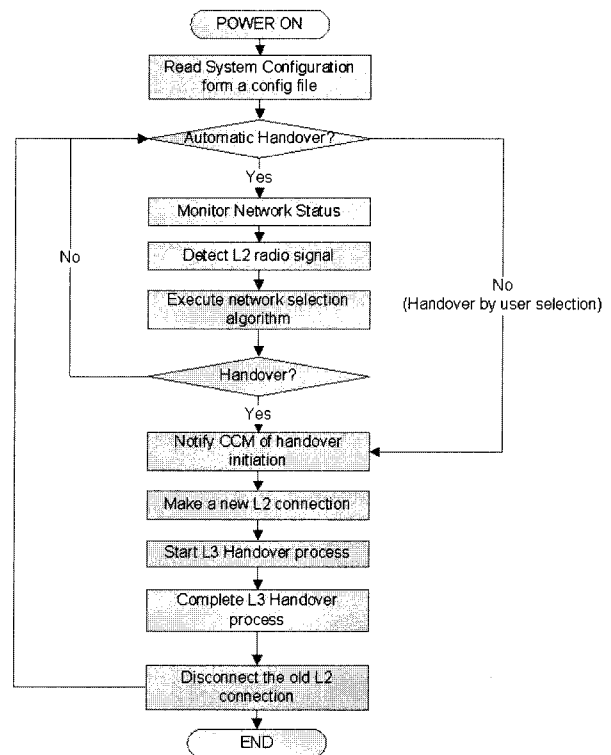


그림 2. 망전환 제어 프로세스
Fig. 2. Network Switching Control Process.

된다. 3단계, 입력된 RSSI 값을 포함하여 다양한 네트워크 규격 및 사용자 선호도 등을 복합적으로 판단할 수 있는 망선택판단 알고리즘을 통해 최적의 네트워크를 선택한다. 4단계, 이중망간 핸드오버를 해야 한다고 판단될 경우 NSC는 CCM에 핸드오버 시작 (Handover Initiation)을 알린다. 5단계, NSC는 핸드오버 대상인 새로운 망 인터페이스를 담당하는 CM (예, WiBro_CM, CDMA_CM, WLAN CM 등)에 새로운 망으로의 연결을 맺도록 명령한다. 6단계, NSC는 Mobile IP 모듈에 L3 핸드오버 처리를 명령하고 L3 핸드오버가 성공적으로 완료되면 7단계로 기존의 네트워크 연결을 해제할 것을 해당 CM에 명령한다. 이를 그림 2에 도시한다.

본 연구에서 수행하는 L3핸드오버 기법은 Mobile IP를 이용하되 L2 계층에서는 Make-Before-Break 방식을 수행한다. 즉, 새로운 망으로 L2 연결을 맺고 Mobile IP에 의한 L3 핸드오버를 수행한 후 기존 망과의 L2 연결을 해제하는 방식이다. 이 방식의 장점은 기존 망을 먼저 해제하게 될 경우 Mobile IP HA(Home Agent)와 old FA(Foreign Agent) 간의 터널 상에 흐르고 있을 패킷들이 old L2 연결을 해제함으로써 손실되는 불필요한 패킷 손실을 최소화할 수 있다는 점이다. 그러나 Mobile IP 바인딩 완료 메시지 (RP: Registration Reply) 메시지를 받은 후 old L2 연결을 해제하므로 미묘한 시간적 차이로 RP 메시지 수신 후 old L2 연결 해제 처리에 비해 늦게 도착하는 old FA-HA간의 터널링되는 패킷은 손실되게 된다. 그러나 이러한 패킷 손실은 매우 미미할 것으로 사료된다.

3.3 에너지 효율적 망전환판단 모듈

앞 절에서 기술한 바와 같이 Mobile IP에 의해서 신호처리와 패킷 전송이 이루어지는 L3 핸드오버가 수행된다. 그러나 다중 접속망 상에서 Mobile IP는 핸드오버 정책, 비즈니스 모델 및 사용자의 선호도 등을 반영하는 핸드오버 프로세스를 수행하는 기능이 정의되어 있지 못하다. 그래서 망 신호가 검출될 때 마다 핸드오버 처리를 수행하여 불필요한 신호 폭주를 일으킬 가능성이 있다. 이를 해결하는 기능 모듈이 NSD이며, 본 연구에서 제안하는 NSD는 전력소모량을 고려하여 단말의 사용시간을 최대한 연장할 수 있는 방식으로 설계되어 있다^[17]. 또한, 다중 선택요소를 망선택 정책에 공평하게 반영할 수 있는 알고리즘을 포함한다.

제안하는 알고리즘은 모바일 단말에 적용된다. 먼저,

망전환판단 알고리즘에 필요로 되는 입력 데이터는 네트워크와 모바일 단말 자체에서 얻을 수 있다고 가정한다. 가정에서 사용되는 입력 데이터는 다음과 같다.

- (1) QoS : Bandwidth, Delay, Jitter, BER
- (2) Life time : 네트워크 인터페이스별 Tx, Rx 및 idle 상태 전력 소모량
- (3) Cost : 패킷 비용
- (4) Traffic Class : Conversational, Up streaming, Down streaming, Interactive 및 Background 트래픽
- (5) Battery level : 사용가능한 배터리량
- (6) User preference : 사용자의 선호도

oS 및 Cost 정보는 네트워크 측으로부터 얻을 수 있으며, 네트워크 인터페이스별 Tx, Rx, 및 idle 상태 전력 소모량을 고려한 생존 시간 정보는 모바일 단말 자체에서 확보할 수 있다. 트래픽 클래스는 3GPP에서 정의하는 QoS에 따른 트래픽 클래스 패턴을 적용한다^[18]. 즉, conversational, up streaming, down streaming, interactive, 및 background services 등으로 정의할 수 있다. 그림 3은 전체 네트워크 선택 알고리즘에 대한

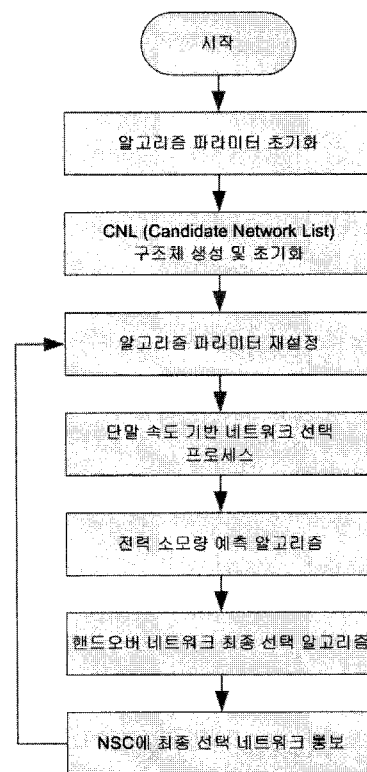


그림 3. NSD 네트워크 선택 알고리즘 흐름도
Fig. 3. NSD Network Selection Algorithm Flow.

흐름도를 보여준다.

NSD 네트워크 선택 알고리즘의 실행 순서는 다음과 같다. 초기화 단계에서 알고리즘에 필요한 입력 파라미터 값을 설정하고, CNL (Candidate Network List)을 위한 구조체를 생성한다. 선택된 네트워크일 경우 해당 네트워크의 CNL 플래그는 1 (TRUE)로서 설정되어 각 알고리즘 단계에서 계산을 수행하는 대상이 된다. 만일 CNL 플래그가 0 (FALSE)인 네트워크가 있다면, 이 네트워크는 다음 단계에서는 계산되지 않는 선택되지 못한 네트워크로 분류된다. 즉, 비트 마스킹 동작을 수행하는데 CNL 플래그를 사용한다.

실제적인 망선택 알고리즘은 크게 단말 속도 기반 네트워크 필터링, 전력소모량 예측 알고리즘 및 AHP/GRA 기반 망선택 알고리즘 등의 세 가지 알고리즘들이 순차적이고 유기적으로 연동되어 최종적으로 최적의 망을 선택하게 된다. 본 절에서는 위 세가지 알고리즘에 대해서 자세히 알아보도록 한다.

3.3.1 단말 속도 기반 네트워크 선택 프로세스

초기화 단계 이후에는 단말 속도 기반 네트워크 필터링이 이루어진다. 모든 모바일 네트워크는 속도에 따른 지원능력이 규격으로서 정의되어 있다. 예를 들어, CDMA 계열의 네트워크는 시속 300Km로 이동하는 이동체에 연결을 제공하는 반면, WLAN의 경우에는 규격상으로 30Km/h의 제한을 갖기도 한다. 따라서 단말 속도 기반 네트워크 선택 프로세스는 단말의 현재 속도를 기준으로 이동망의 속도 지원 규격을 비교하여 불필요한 네트워크는 CNL로부터 필터링하여 다음 단계의 계산 복잡도를 줄이는 단순화 처리를 수행하게 된다.

3.3.2 전력소모량 예측 알고리즘

전력 소모량 예측 알고리즘 (power consumption prediction algorithm)은 현재의 배터리 수준, 트래픽 클래스, 모바일 단말의 네트워크 인터페이스별 전력 소모량 등을 평가하여 모바일 단말이 동작할 수 있는 시간을 추정한다. 만일 각 네트워크에 대해서 계산된 생존 시간 (Life time)이 해당 네트워크에서의 핸드오버 지연 시간에 비해 일정 수준 이상 길다면 CNL에 사용가능한 네트워크로 등록된다. 만일 그 역의 경우에 있어서는 CNL에 해당 네트워크 인터페이스는 FALSE로 리셋되어 최종 망선택 알고리즘 수행 시 배제된다. 마지막으로, 핸드오버 네트워크 최종 선택 알고리즘 (handover

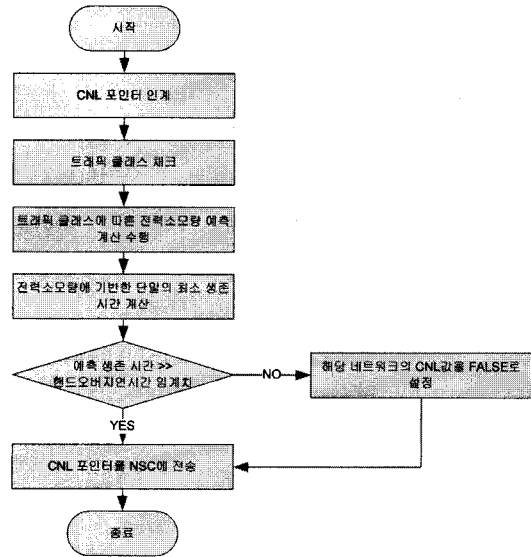


그림 4. 전력소모량 예측 알고리즘
Fig. 4. Power Consumption Estimation Algorithm.

표 1. 전력소모량 예측 알고리즘 파라미터 정의
Table 1. The Definition of Power Consumption Estimation Algorithm.

파라미터	설명
$P * Tx(i)$	i 번째 NIC의 Tx 전력소모량
$P * Rx(i)$	i 번째 NIC의 Rx 전력소모량
$P * idle(i)$	i 번째 NIC의 idle 상태의 전력소모량
$PTx(i,j)$	i 번째 NIC와 j 트래픽 클래스의 Tx 전력소모량
$PRx(i,j)$	i 번째 NIC와 j 트래픽 클래스의 Rx 전력소모량
$P_{expect}(i,j)$	i 번째 NIC와 j 트래픽 클래스의 예상되는 전력소모량
$R_{up}(i)$	i 번째 네트워크의 UP 링크 최대 전송율
$R_{down}(i)$	i 번째 네트워크의 DOWN 링크 최대 전송율
$\rho(j)$	j Traffic Class의 트래픽 로드
$\gamma_{Tx}(j), \gamma_{Rx}(j)$	j Traffic Class의 Tx/Rx 전송율
$E_{battery}$	모바일 단말의 현재 배터리 수준
$THO(i)$	i 네트워크로의 핸드오버 지연시간
$T_{expect}(i)$	i 번째 NIC와 j 트래픽 클래스의 예상 사용 시간

network final selection algorithm)은 다중 옵션 사항을 기초로 최적의 망으로 선택된 네트워크의 ID를 제시한다. 그림 4에 전력소모량 예측 알고리즘의 순서도를 도시한다.

표 2 알고리즘에 적용한 모바일 네트워크 규격
Table 2. The Mobile Network Specification for the Algorithm.

index	Network(i)	Maximum transmit rate (kbps) (up/down)
0	CDMA2000 1X EV-DO	144/2400
1	Wibro	1000/3000
2	WLAN	11000
3	HSDPA	1000/8000

표 3. 3GPP 트래픽 클래스 정의에 따른 변수 정의
Table 3. The Definition of Variables for 3GPP Traffic Classes.

index	Traffic Class(j)	Mean traffic load(kbps)	γ_{Tx}	γ_{Rx}
0	Conversational	64	0.5	0.5
1	Up_Streaming	300	0.9	0.1
2	Down_Streaming	300	0.1	0.9
3	Interactive	100	0.5	0.5
4	Background	100	0	1

표 1에 모바일 단말의 예측된 사용가능 시간을 계산하기 위한 파라미터를 기술한다.

예상 단말의 생존가능시간은 아래 식 (1) - (5)에 의해서 결정되며, 이 식들에서 사용되는 상수값들은 표 2와 표 3에 기술한다.

$$P_{expect}(i, j) = P_{tx}(i, j) \cdot \gamma_{tx}(j) + P_{rx}(i, j) \cdot \gamma_{rx}(j) \quad (1)$$

$$P_{tx}(i, j) = \frac{\rho(j)}{R_{up}(i)} \cdot P_{tx}^*(i) + (1 - \frac{\rho(j)}{R_{up}(i)}) \cdot P_{idle}^*(i) \quad (2)$$

$$P_{rx}(i, j) = \frac{\rho(j)}{R_{down}(i)} \cdot P_{rx}^*(i) + (1 - \frac{\rho(j)}{R_{down}(i)}) \cdot P_{idle}^*(i) \quad (3)$$

$$T_{expect}(i, j) = \frac{E_{battery}}{P_{expect}(i, j)} \quad (4)$$

3.3.3 AHP/GRA기반 핸드오버 네트워크 최종 선택 알고리즘

본 연구에서는 앞서 그림 3에 도시한 바대로 핸드오버 최종 단계로서 AHP (Analytic Hierarchy Process)/GRA (Grey Relational Analysis)를 적용한다^[19].

AHP/GRA 알고리즘은 이전 단계의 전력소모량 예측 알고리즘에서 살아남은 CNL 상의 가용 네트워크들에 대해서 처리를 수행한다. 핸드오버 네트워크 최종 선택 알고리즘은 사용자의 선호도와 트래픽 클래스 등의 요소를 평가하여 최종적인 최적의 네트워크를 선택한다. 제안하는 알고리즘은 기존에 잘 알려진 네트워크 선택 알고리즘인 AHP/GRA 알고리즘을 보다 향상시킨 알고리즘이다. 기존 AHP/GRA에 비해 달라진 점은 전력사용가능시간이 추가된 것과 구조적으로 3개의 전역 요소(Global factor) 즉, QoS, 패킷 비용 (Cost) 및 전력사용가능시간 등을 가진다는 점이며 이들 요소들은 사용자의 선호도에 의해 가중치가 적용된다. 또한, QoS와 전력사용가능시간의 지역 요소값 (Local factors)은 트래픽 클래스에 의해 가중치가 적용된다. 그림 5에 핸드오버 네트워크 최종 선택 알고리즘의 아키텍처를 도시한다. 아래 구조체는 제안하는 알고리즘에서 사용하는 각 전역요소들의 지역 요소값들에 적용되는 가중치 변수들을 하나의 구조체로써 정의한 예이다.

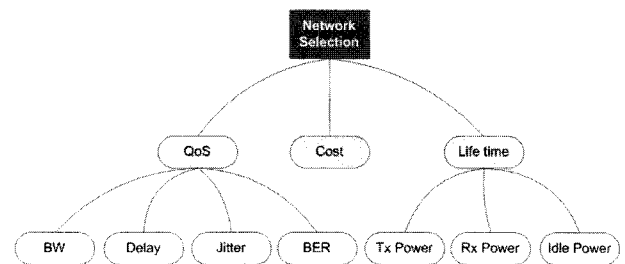


그림 5. 핸드오버 네트워크 최종 선택 요소 트리
Fig. 5. The Selection Element Tree for Final Decision of a Handover Network.

```
typedef struct
{
    float Weight_Qos_BW;
    float Weight_Qos_Delay;
    float Weight_Qos_Jitter;
    float Weight_Qos_BER;
    float Weight_Cost;
    float Weight_Life_Time_Tx_pow;
    float Weight_Life_Time_Rx_pow;
}
```

```
float Weight_Life_Time_Idle_pow;
} Weight_Network_Selection_data;
```

3.4 네트워크 투명성 제공 공통접속 모듈

CCM 모듈은 하나의 가상 디바이스 모듈로 정의할 수 있으나, 단순한 가상 디바이스 모듈로서의 기능 이외에 실제 네트워크 디바이스들을 통제하여 활성화/비활성화를 수행하며, 다양한 네트워크 인터페이스에 대한 투명화 기능, 상위 프로토콜 지원 기능, 패킷 사용량 통계 기능 및 패킷 통제 기능 등을 포함한다.

그림 6은 CCM의 시스템 아키텍처를 도시한 것이다. 그림 6의 아키텍처에서 정의된 각 기능 모듈별 기능은 다음과 같다.

- (1) CCM operation CCM 초기화 및 virtual device 관련 function call을 정의
- (2) Device switch handler : System call interface를 통해 사용자로부터 받은 디바이스 모드 정보를 바탕으로 CCM에서 선택된 해당 디바이스로 스위칭을 수행하는 기능
- (3) statistics : CCM 디바이스를 통해 전송하고 받은 패킷의 통계(statistics) 정보 등을 유지하는 모듈
- (4) Slave device management : 실제 네트워크 디바이스에게 CCM에 활성화 혹은 비활성화하는 기능
- (5) Frame/packet filter : 망 전환 시 표준에서 정의한 Mobile IP 동작을 지원하는 ICMP 패킷 통제 기능
- (6) Packet queue control : 망 전환 시 기존망으로의 불필요한 패킷 유입을 통제하기 위한 기능

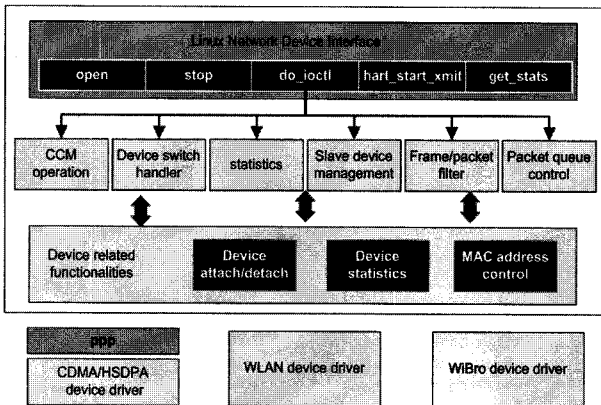


그림 6. CCM 시스템 구조도
Fig. 6. CCM System Architecture.

- (7) Device attach/detach : 실제 네트워크 디바이스

들을 활성화 혹은 비활성화하는 기능

- (8) Device statistics : 실제 네트워크 디바이스 관련 통계 정보를 얻어오는 기능
- (9) MAC Address control : 실제 네트워크 디바이스에 할당되어 있는 MAC 주소 정보 획득 기능

다중 이종네트워크 인터페이스를 가지는 단말에서 다양한 네트워크 인터페이스들을 하나의 네트워크 인터페이스로 관리할 수 있다면 여러 가지 장점을 얻을 수 있다. 특히, 이동성 관리 모듈은 Mobile IP 입장에서 네트워크 인터페이스 종속성이 있는 3가지 요소가 있는데, 첫째는 이동성 검출을 위한 ICMP Raw Socket 제어 부분에서 소켓을 바인딩하는 인터페이스를 지정하는 것이고, 둘째는 FACoA 모드로 동작하는 모바일 노드가 다른 망으로 이동 할 경우 표준에서 ARP Disable을 정의하고 있어 이를 제어하는 인터페이스 지정 부분, 그리고 세 번째는 Route Entry 추가 시 특정 인터페이스를 지정해야 하는 것이다. 이러한 세 가지의 네트워크 인터페이스 종속성을 CCM을 도입함으로써 Mobile IP를 구현 차원에서 위 세 가지 종속성 문제를 고려하지 않아도 되므로 Mobile IP 구조가 매우 단순해진다. 즉, 공통된 하나의 인터페이스인 CCM만을 관리하면 되기 때문이다. 또한, 네트워크 인터페이스의 동적인 Plug-in/Plug-out 시에 네트워크 인터페이스에 대한 관리를 상위 계층에서는 제어할 필요가 없어진다. CCM에서 새로이 삽입된 디바이스가 검출될 경우에는 자체적으로 해당 디바이스 드라이버를 로딩하여 상위 계층에서 사용할 수 있도록 준비하고, 네트워크 인터페이스가 탈착될 경우에는 역으로 해당 디바이스 드라이버를 사용하지 않도록 설정하게 된다.

3.5 다양한 네트워크 연결 제어 모듈

NSD는 새로운 네트워크 인터페이스가 단말에 추가될 경우 확장적으로 끼워넣을 (plug-in) 수 있는 구조로 설계된다. 본 연구에서 사용한 네트워크 인터페이스는 WiBro, CDMA 2000 1X EV-DO 및 WLAN 등이며, 각각 네트워크 인터페이스에 대해 별도의 독립적인 CM이 해당 네트워크 인터페이스 모듈들을 표준적인 방식에 따라서 관리한다. 이를 그림 7에 도시한다. 3개의 이종 네트워크 인터페이스를 이용할 경우 어떠한 네트워크 인터페이스도 사용하지 않는 상태인 LOGOUT을 포

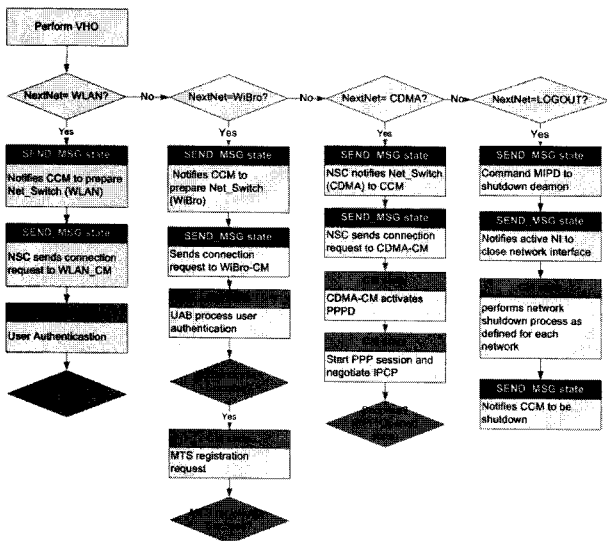


그림 7. 3개의 네트워크 인터페이스를 가지는 CM 동작 흐름도

Fig. 7. CM Operation Flow with 3 Network Interfaces.

함하여 4개의 가능한 상태가 존재한다. NSD에 의해 NEXT_NETWORK로 선택되는 값에 따라서 서로 다른 프로세싱이 이루어진다. 예를 들어, WLAN의 경우 사용자인증처리를 거쳐 디바이스를 활성화시키게 되면 WLAN을 바로 사용할 수 있는 상태가 되고, WiBro의 경우에는 WiBro에서 필요로 하는 MAC 개방 및 사용자 인증 처리를 거쳐 연결성을 맺으며, CDMA의 경우에는 PPP 데몬을 활성화시키고 이를 통해 IP 주소를 할당받아 네트워크를 가용 상태로 전환시킨다.

IV. IETF Mobile IP 기반 이종망간 핸드오버

4.1 이종망간 핸드오버를 위한 MIP 구조

앞서 언급한 바와 같이 기존의 Mobile IP 표준에서는 다중 이종 네트워크 환경에 대한 고려를 하고 있지 않다. 표준 Mobile IP에서는 FA가 브로드캐스팅하는 ICMP Mobility Agent Advertisement (MAA) 메시지를 단말의 ICMP 계층에서 수신 이전의 FA 주소와 비교하여 다를 경우 이동했음을 감지하는 L3 이동성 검출 메커니즘에 근거하고 있다. 이동성을 검출 후에는 단말의 Mobile IP 에이전트에서 바인딩 요청 (Binding Request)을 HA로 전송하여 이동 단말로 전송되어야 하는 IP 패킷을 HA가 가로채어 (Proxy ARP) 새로이 바인딩된 FA의 주소로 터널링하므로써 패킷을 물리적인 현주소로 끊임없이 송신할 수 있는 단순한 구조를 가지고 있다.

IETF Mobile IP의 이종 다중망 상황에서의 문제점은 서로 다른 이종 네트워크 인터페이스로부터 수신되는 ICMP MAA 메시지를 ICMP 계층에서 이동성 검출 이벤트로 해석하여 Mobile IP에 이동이 발생하였음을 지속적으로 Mobile IP 에이전트에 보고하여 결과적으로 불필요한 핸드오버 프로세싱이 일어나도록 한다는 것이다. 예를 들어, 현재 모바일 단말이 100Km/h의 속력으로 움직이며 HSDPA, WLAN 및 와이브로 망이 중첩된 통신환경에 처해 있다고 가정할 때, 모바일 단말은 WLAN이나 와이브로의 규격 상 이 모바일 단말을 지원할 수 없음에도 모바일 단말의 Mobile IP 모듈은 검출되는 모든 네트워크에 대한 바인딩 업데이트를 수행하려 할 것이고 그 결과 제어 메시지 폭풍 (Control Message Storm)을 유발할 것이다. 이는 전체 네트워크에 심각한 시그널링 오버헤드를 유발하며, 단말 차원에서도 자주 발생하는 핸드오버로 인해 패킷 손실 및 프로세싱 오버헤드가 발생하게 되어 단말 성능에 악영향을 미치게 된다. 이를 해결하기 위해 다중 이종망에 대한 최적의 망선택 기능은 NSD가 수행하고 그림 2에서 제시한 망전환 제어 프로세스는 NSC에 의해 처리된다. 이에 따라 단말의 Mobile IP 에이전트는 NSC의 제어에 의해 Mobile IP 표준에서 정의한 L3 핸드오버 프로토콜을 수행만하면 되므로 이종망 상황에 대해서는 투명해질 수 있다. 그림 8에 Mobile IP와 NSC의 제어 관계 및 핸드오버 처리 과정을 도식화하였다.

또한, 본 논문에서는 KTF의 상용 HSDPA망을 사용하여 Mobile IP 프레임워크를 구현해야 하였기 때문에 CDMA망에 대해서는 FACoA(FA Care of Address) 방식이 아닌 CoCoA (Colocated Care of Address) 방식을 적용하였다. 즉, WLAN 상황에서는 FACoA 스택이 적

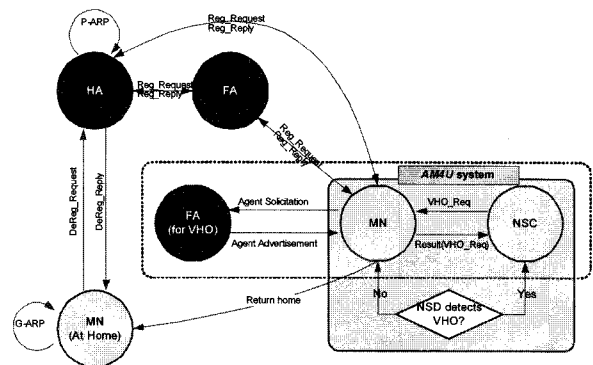


그림 8. AM4U와 Mobile IP의 연동 동작
Fig. 8. Mobile IP interworking with AM4U.

용되고, HSDPA 망에서는 CoCoA 스택이 동적으로 전환되며 적용되는 구조를 가지도록 설계되었다. 물론, 이러한 동적인 프로토콜 스택의 적용도 NSC의 제어에 따르게 된다.

4.2 AM4U기반의 종합적 이종망간 핸드오버 절차

전체 MIPv4를 기반으로 한 AM4U 시스템에서의 신호세기 (RSS)를 이용하는 VHO 절차에 대해서 그림 9에 도시한다.

초기에 모바일 단말이 구동되면, MIPv4 MN 에이전트 프로세스와 AM4U 프로세스를 순차적으로 실행하게 된다. 본 예제에서는 AM4U가 앞서 3.4절에서 기술한 바대로 다양한 선택요소에 의해서 망을 선택할 수 있으나, 예를 단순화하기 위해 RSS 기반의 자동 망선택 정책을 가정한다. 각 CM은 자신이 관리하는 AM4U 단말에 탑재된 무선 네트워크 인터페이스들로부터 입력되는 신호값들을 주기적으로 읽어 들여 NSD에 알려주고 NSD는 이 정규화 된 신호값들을 비교하여 최적의 망을 선택한다. 예를 들어, WLAN망이 선택되면 NSD는 NSC에 선택된 망인 WLAN의 ID (Next_Net= 1)를 넘겨주고 NSC는 MIP에 핸드오버 요청 메시지를 보낸다. 동시에 NSC는 CCM에 WLAN으로 핸드오버를 준비할 것을 요청하면, CCM은 MIP로부터의 메시지가 새로이 선택된 WLAN 디바이스로 전송되도록 한다. 이후 프로세스는 표준 MIPv4의 절차와 동일하므로 본 논문에서는 설명을 생략한다. 이후 주기적인 신호값 추출과정 중 WLAN의 신호값에 비해 HSDPA의 신호값이 커지는 상황이 검출되면 NSD는 HSDPA를 다음 망으로 선

택하고 NSC에 HSDPA의 ID (Next_Net=2)를 넘긴다. NSC는 HSDPA CM에게 PPP 연결요청을 한다. 이는 앞서 기술한 Make Before Break 정책에 의해 Old Connection의 해체에 앞서 New Connection을 우선 연결하기 위함이다. WLAN의 경우에는 연결절차가 필요 없는 비연결형 네트워크 ((Connectionless network)이므로 이 과정이 생략된다. 그러나 HSDPA는 연결지향적 네트워크 (Connection oriented network)이므로 우선 L2 연결 및 L3 주소확보를 위한 신호절차가 필요하다. 연결이 형성된 이후에는 표준적인 MIP 프로토콜에 따라서 프로세스가 진행된다. BU (Binding Update) 메시지가 수신되면 MIP 모듈은 IPC를 통해 NSC에게 BU 수신을 알리고 NSC는 Old Connection인 WLAN CM에 연결해제 명령을 전달한다. WLAN은 이에 대한 ESSID를 해제하고 해당 네트워크 인터페이스로의 패킷의 송신을 차단하는 방식으로 절차를 종료한다.

V. AM4U 개발 및 실험

5.1 개발 환경

AM4U 플랫폼은 기본적으로 ETRI에서 개발한 Qplus 운영체제가 탑재된 MCC (Mobile Convergence Computing) 단말에서 운용되도록 설계되었다. MCC 단말은 PXA270 CPU를 기반으로 WLAN, HSDPA 및 블루투스 등의 네트워크 인터페이스를 갖춘 스마트폰 형태의 휴대단말이다. 기본 운영체제로서는 잘 알려진 임베디드 리눅스 전용의 Qplus 운영체제를 적용하였다 [20]. 모바일 단말을 대상으로 개발하는 통신 플랫폼인 만큼 가능하면 소프트웨어적으로 부담이 적은 경량화 설계에 초점을 맞추었다. 즉, 가능한 적은 량은 쓰레드를 실행하며, 메모리 참조를 최소화하고 파일 액세스 등의 인터럽트가 발생할 수 있는 경우를 줄이는 코딩 기법을 적용하였다. 실제로 기존 노트북 환경에서 개발한 AM4U 플랫폼이 그대로 MCC 단말에 포팅되었을 때 오버로드로 멀티미디어 플레이어 (VLC)의 디코딩과 화면출력 등이 원활하지 못한 현상이 발생하였으나, 프로그램 경량화를 적용한 결과 멀티미디어 플레이어가 원활하게 실행되어 전체 시스템에 로드를 줄이는 효과를 얻었다. MCC 단말의 HW/SW 사양을 4에 기술한다.

AM4U 구현체의 실험을 수행하기 위한 테스트베드 토폴로지를 그림 10에 도시한다. 테스트베드의 구성에

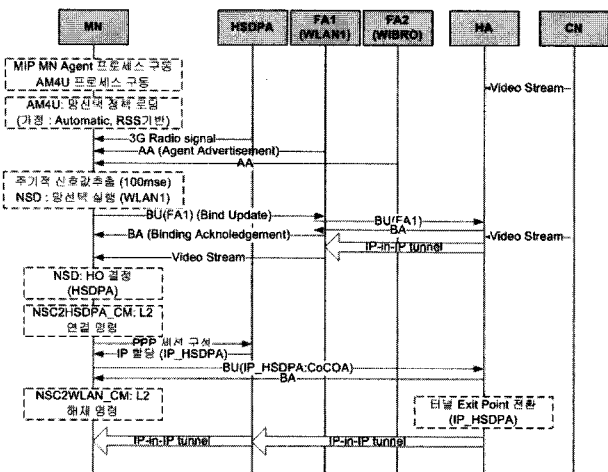


그림 9. MIPv4 기반의 AM4U 시스템 VHO 절차도
Fig. 9. VHO Flow of AM4U system based on MIPv4.

표 4. AM4U 구성 시스템 및 테스트베드 사양
Table 4. The Specifications of AM4U Component Systems and Testbed.

Item	Specifications
AM4U system OS	Fedora5/Kernel 2.6.15.7
AM4U system HW 사양 (Notebook)	Notebook Intel 펜티엄 M PROCESSOR 1.4Ghz
AM4U system 사양 (Handheld Dev.)	624MHz Marvel PXA270
	Flash 128MB, SDRAM 128MB
	3.5" TFT touchscreen (640x480, 260k colors) 2D/3D graphic accelerator (2700G5)
적용 네트워크	HSDPA (KTF), IEEE 802.11b/g, WIBRO (Emulating Signaling protocol developed by ETRI)
에이전트 광고 시간 간격	500 msec
AP controller	QoS WLAN AP 제어기로 패킷 손실량을 제어하여 무선통신환경을 에뮬레이션함
WLAN AP	CISCO aironet 1231g (IEEE 802.11b/g)
Applications	모바일 멀티미디어 스트리밍 시스템 (VLC) [21]
HA/FA	Pentium4/Fedora3(FA)/Redhat9(HA)
Corresponding Node	Pentium4/Fedora3/VLC(응용) Server

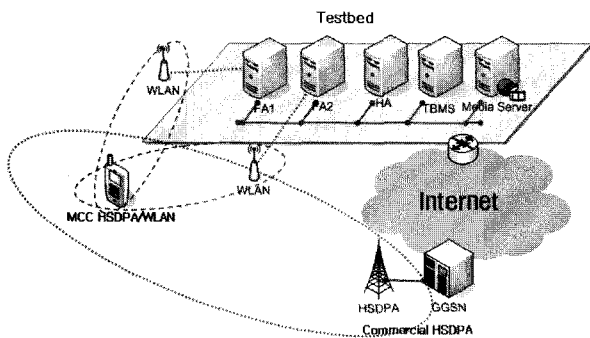


그림 10. 실험망 구조도
Fig. 10. Testbed topology.

서 MN의 무선 네트워크로는 무선랜과 상용 HSDPA망을 이용하고, HA와 FA를 포함하는 Mobile IP 이동성 에이전트, CN (Corresponding Node) 및 TBMS (Testbed Management System) 등을 하나의 랙 프레임 (Rack Frame)에 통합하여 개발하였다. TBMS의 역할은 실험실 환경에서 MCC 단말을 이동하면서 실험할 수 없는 관계로 무선랜의 AP 출력을 조절하여 마치

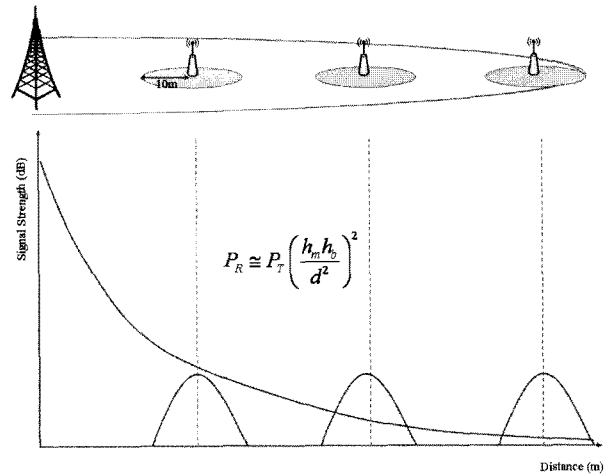


그림 11. 이종망상황에서 모바일 단말이 경험하는 무선 신호 세기

Fig. 11. Radio Signal Strength experienced by a Mobile Terminal in heterogeneous networks.

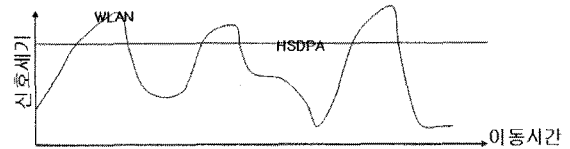


그림 12. 실험망상에서 단말 이동성 에뮬레이션에 따라 정규화된 수신 신호

Fig. 12. Normalization of Received Signal Generated by Terminal Mobility Emulation in the Testbed.

MCC 단말이 이동하는 것처럼 에뮬레이션하는 것을 목적으로 한다. 또한, 무선랜 출력량은 단말의 AP와의 상대적 위치를 고려하여 아래 식 (5)를 이용한 신호감쇄 모델을 적용하여 AP의 출력 신호값을 제어하도록 TBMS에 반영되어 있다.

$$P_R \approx P_T \left(\frac{h_m h_b}{d^2} \right)^2 \quad (5)$$

위 식 (5)는 단순한 전송 거리 및 안테나의 높이만을 고려한 식으로 다중경로 감쇄효과 등 일반적으로 상세한 신호감쇄율을 모델링하는데 필요한 요소들을 고려하지 않았다. 또한, 이종 망으로부터 검출된 무선 신호값의 크기를 비교함에 있어서 절대적인 값을 이종망간 상호 비교하지 않고 정규화된 값으로서 이종망간 신호값을 비교하였다. 예를 들어, 그림 11에서 보이는 바와 같이 무선랜이 HSDPA 도메인 내에 존재할 때, 실제로는 무선랜의 최대 출력이라든가 출력신호값이 HSDPA 에 비해 절대 값 면에서 작다면 RSS 비교상 열등한 것으로 판단될 것



그림 13. 모바일 단말의 이동성 에뮬레이션 장면 사진
 Fig. 13. A Screen Shot of Terminal Mobility Emulator of a Mobile Terminal.

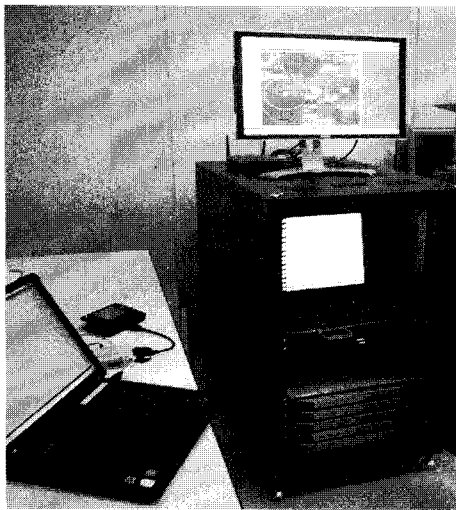


그림 14. 전체 실험 장비 사진
 Fig. 14. A Screen Shot of the Entire Testbed Facility.

이다. 따라서 그림 12의 정규화된 값으로 상호비교하는 기준을 적용하는 것이 RSS기반 망선택 시 적절하리라 사료된다.

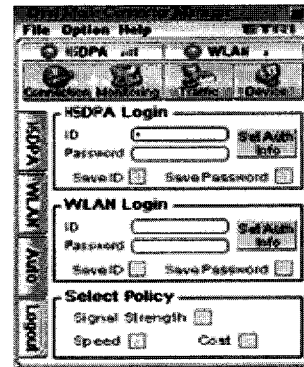
그림 13은 TBMS를 이용한 네트워크 에뮬레이션을 시각화할 수 있도록 개발하여 시연하는 장면이며, 전체 망은 HSDPA망의 영역이고 작은 망 두개는 개방된 야외환경을 고려하여 30m 영역을 가지도록 조절된 무선랜 셀들이다. 또한, 단말의 이동성을 에뮬레이션해야 하므로 단말의 궤적 (Trajectory)을 TBMS 사용자가 자유롭게 그려 이동 단말이 그려진 궤적을 따라 이동하는 것처럼 무선랜의 신호세기를 식 (5)에 따라 제어한다.

그림은 실제 구축된 전체 TBMS, AM4U가 탑재된 모바일 단말 및 종합적인 Mobile IP 장비 등을 모두 포

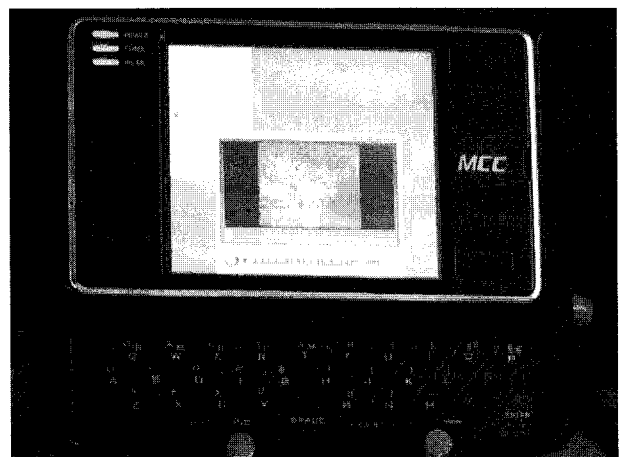
함하고 있는 랙장치를 보여주고 있다.

5.2 개발 결과 및 실험

본 연구의 개발 결과물 중 AM4U 플랫폼이 탑재된 MCC 단말의 UI 및 실행 장면을 아래 그림15에 도시한다. 그림 15에서 (a)는 AM4U 플랫폼의 UI이며, 이 UI를 통해서 사용자는 핸드오버 정책 (RSS기반, Cost 기반, QoS 기반, Life-time 기반 등)을 선택할 수 있으며, 망선택을 자동으로 수행할 것인지, 수동으로 사용자가 직접 선택하도록 할 것인지 등을 결정한다. (b)는 AM4U 플랫폼이 실행되는 모바일 단말로서 MCC 단말을 보여 준다. 초기 개발된 노트북 기반의 AM4U 플랫폼을 MCC 단말에 그대로 포팅하여 실행시킨 결과 기본적인 기능은 잘 운용이 되었으나, 많은 쓰레드 및 메모리 접근 및 파일시스템 접근 등의 컴퓨팅 오버헤드로 실제 멀티미디어 브라우저를 실행하는 과정에서는 원활하게 운용되지 못하는 현상이 발생하였다. 이에 가능하

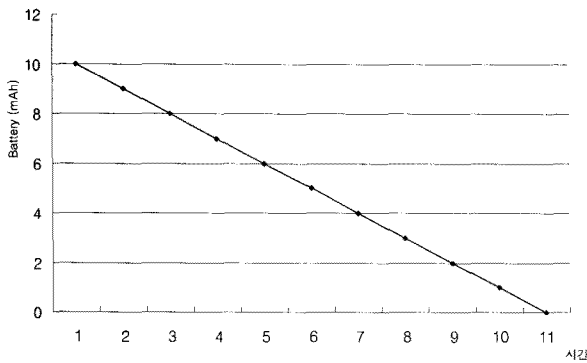


(a) AM4U UI

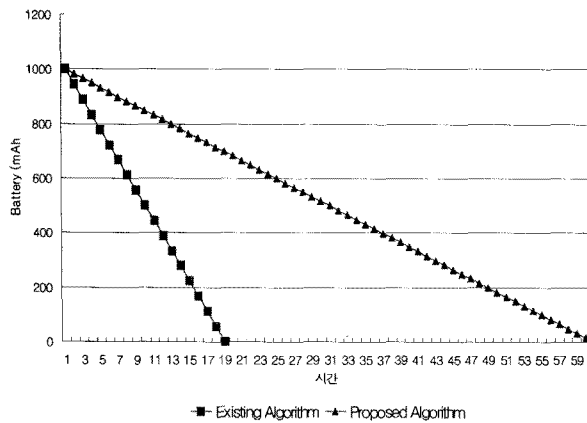


(b) 멀티미디어 브라우저가 실행중인 장면

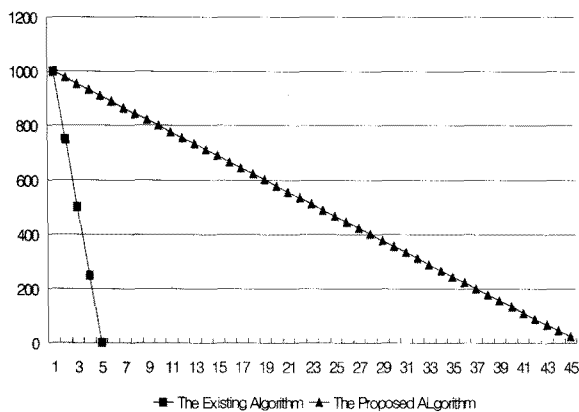
그림 15. AM4U 플랫폼 UI 및 MCC 단말
 Fig. 15. AM4U Platform UI and MCC Terminal.



(a) 배터리 소모 모델
(a) Battery Consumption Model



(b) 대화형 서비스 클래스에서의 예상 생존 시간
(b) Expected Lifetime for Conversational Traffic Class



(c) 업스트리밍 위주의 트래픽 패턴에서의 예상 생존 시간
(c) Expected Lifetime for Upstreaming Traffic

그림 16. 에너지 효율적 망선택 알고리즘 시뮬레이션 결과

Fig. 16. Simulation Results of Energy Efficient Network Selection Algorithm.

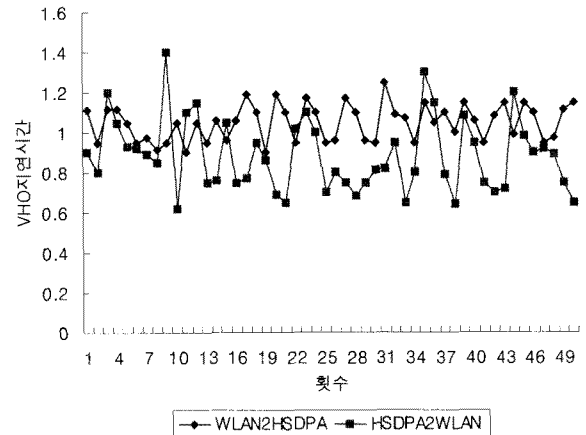


그림 17. HSDPA와 WLAN 간 핸드오버 지연 시간
Fig. 17. Handover Delay time between HSDPA and WLAN.

면 단말의 성능에 영향을 끼치는 동작을 수행하지 않도록 수정한 결과 끊어짐없이 원활하게 동영상 실행되는 것을 확인할 수 있었다.

AM4U에 적용한 에너지 효율적 망선택 알고리즘에 대한 네트워크 시뮬레이션 결과를 그림 16에 도시한다.

그림 16(a)는 모바일 단말의 배터리 감소 모델을 단순히 선형적으로 에너지가 감소하는 형태로 설계해 해석의 단순성을 꾀했다. 이를 기반으로 각 트래픽 클래스별 에너지 감소를 계산하였으며, 이중 본 연구에서 관심이 있는 것은 3GPP에서 정의하는 바 VoIP나 Video Telephony와 같은 대화형 클래스 (Conversational Class)와 모바일 방송국과 같은 업로드형 멀티미디어 서비스의 경우에 있어서 제안하는 알고리즘이 기존의 정규화된 신호세기를 기반으로 망을 선택하는 방식에 비해 에너지 효율성이 보다 높다는 것을 명확히 보여주고 있다.

그림 17은 50회에 걸친 핸드오버 실행에 따른 HSDPA2WLAN/WLAN2HSDPA 핸드오버 지연시간 결과이며, 측정된 핸드오버 지연시간은 NSC 모듈이 MIP 모듈에 핸드오버 요청을 전달한 후 걸리는 지연시간으로 L2 연결 지연시간은 측정에서 배제한다.

본 연구를 통해서 도출된 실험결과를 비추어 볼 때 HSDPA2WLAN 핸드오버 시간 (평균 885msec)이 WLAN2HSDPA 핸드오버 시간 (평균 1049msec)에 비해 약 18.5% (164msec) 가량이 덜 지연된 것을 알 수 있다. 이는 모바일 단말까지 패킷 터널링의 분기점이 되는 HA의 위치에 의해 결정된 결과로 WLAN으로 한

드오버 시 WLAN 네트워크를 통해서 바인딩 업데이트 메시지가 전송되어 HA에 모바일 단말의 엔트리 정보가 갱신되는 시간이 HSDPA를 통한 상용 접속망을 통해 전송되어 갱신되는 시간에 비해 월등히 짧기 때문으로 해석된다. 따라서 다중 이종접속망 상황에서 HA의 위치를 어디에 정하느냐에 따라 핸드오버 지연시간이 결정되나, 다중 이종접속망 상황에서는 이러한 핸드오버 비대칭성은 피하기 어려운 현상이 될 것이다. 또한, 무엇보다 본 연구의 목적은 중첩된 이종 무선망 상황에서 빠른 핸드오버를 지원하는 Mobile IP를 개발하는 것보다 주어진 이종접속망 환경에서 최적의 망을 선택하고 Mobile IP를 이용하여 L3 핸드오버를 수행하는 절차 및 그 구조를 개발하는데 연구의 의의가 있으므로 보다 빠른 핸드오버 지연 시간에 대한 연구는 향후 연구과제가 될 것이다.

VI. 결론 및 향후연구과제

본 논문에서는 다중 이종 무선 접속망 인터페이스를 동시에 가지는 모바일 단말에 끊어짐없는 데이터 서비스를 제공하기 위한 새로운 네트워킹 미들웨어로서 AM4U 플랫폼을 제안하였다. AM4U 플랫폼은 기본적으로 컴포넌트 구조로 설계되어 있어 각 컴포넌트의 손쉬운 재사용을 허용한다. 즉, 새로운 네트워크 모뎀이 접속될 경우에는 이를 제어하는 연결 제어 모듈이 추가하면 되며, 전체적으로 수정해야하는 코드의 분량이 최소화되는 형태를 가진다. 또한, 기존 연구의 경우에는 단순히 통신 프로토콜 상에서 최적화된 망을 선택하는 방식에 대한 이론적 연구에만 머물러 있었으나, 본 논문은 에너지 효율적인 망선택 알고리즘을 기반으로 휴대단말 차원에서 망선택을 효율적으로 수행할 수 있는 전체 시스템과 프로토콜을 모두 구현하고 있다.

특히, 이종 무선 접속망 환경에서 기존 Mobile IP가 가지는 문제점 중 가장 심각한 문제점은 Mobile IP 프로토콜이 단순한 이동성 검출 방식에 의해 동작하기 때문에 핸드오버할 필요가 없는 상황에서도 핸드오버를 수행하게 되어 시스템과 네트워크에 큰 부하를 가중시킬 수 있는데, 본 논문에서 제시한 네트워크 선택 알고리즘과 단말 제어 프로세스에 의해서 Mobile IP가 불필요하게 핸드오버하는 상황을 최소화시키고 있다는 장점이 있다. 그러나 AM4U 플랫폼 역시 L3 핸드오버는 표

준 Mobile IP를 기반으로 하므로 핸드오버 지연시간 측면에서는 큰 진보가 없음은 사실이다. 따라서 향후 연구과제로서는 빠르고 효과적인 핸드오버를 지원하는 방안을 AM4U에 통합시키는 것이 필요하다.

참고 문헌

- [1] S. Frattasi, H. Fathi, F.H.P. Fitzek, R. Prasad, and M.D Katz, "Defining 4G technology from the users perspective," *IEEE Network*, Volume 20, Issue 1, Jan.-Feb. 2006 Page(s):35 - 41
- [2] N. Kushiro, T. Higuma, M. Nakata, H. Kubota, and K. Sato, "Practical Solution for Constructing Ubiquitous Network in Building and Home Control System," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Volume 53, Issue 4, Nov. 2007 Page(s):1387-1392
- [3] S. Kashiara, K. Tsukamoto, and Y. Oie, "Service-oriented mobility management architecture for seamless handover in ubiquitous networks," *IEEE Wireless Communications*, Volume 14, Issue 2, April 2007 Page(s):28-34
- [4] Q. Nguyen-Vuong, L. Fiat, N. Agoulmine, "An Architecture for UMTS-WIMAX Interworking," *BCN 2006*, April 2006 Page(s):1-10
- [5] M. Inoue, M. Hasegawa, H. Morikawa, "Decentralized ubiquitous networking server for context-aware seamless services," *VTC 2005* Volume 5, 30 May-1 June 2005 Page(s): 2805 - 2809 Vol. 5
- [6] Charles E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3220, January 2002.
- [7] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, June 2004.
- [8] Michael G. Williams, "Directions in Media Independent Handover," *IEICE Transactions on Fundamentals*, Vol. E88-A, NO. 7, JULY 2008 Page(s): 1772-1776
- [9] IP Multimedia Subsystems in 3GPP and 3GPP2: Overview and Scalability Issues," *IEEE Communications Magazine*, Jan. 2008 Page(s): 138-145
- [10] UMEAUNIVERSITY (SWEDEN) "Seamless Mobility-SEMO : A Policy-Based Prototype for Handovers in Heterogeneous Networks," 25 January 2006.
- [11] Qingyang Song and Abbas Jamalipour, "A Network Selection Mechanism for Next Generation Networks", *IEEE ICC'05*, Seoul

Korea, May 2005.

[12] Minji Nam, "Vertical Handoff Algorithm between IEEE 802.11 WLAN and 3G Network", Proceedings of The 30th KISS Fall Conferences ,pp 490-492, 2003.

[13] Enrique Stevens-Navarro and Vincent W.S. Wong. "Comparison between Vertical Handoff Decision Algorithms for Heterogeneous Wireless Networks" IEEE VTC 2006.

[14] Tawil, Rami; Pujolle, Guy; Demerjian, Jacques, "Distributed Handoff Decision Scheme using MIH Function for the Fourth Generation Wireless Networks," IEEE ICTTA 2008, April 2008 Page(s):1 - 6

[15] Q.B. Mussabbir, Wenbing Yao, Zeyun Niu, Xiaoming Fu, "Optimized FMIPv6 Using IEEE 802.21 MIH Services in Vehicular Networks," , IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume 56, Issue 6, Part 1, Nov. 2007 Page(s): 3397-3407

[16] Byung-Kil Kim, Young-Chul Jung, Kim, I., and Young-Tak Kim, "Enhanced FMIPv4 Horizontal Handover with Minimized Channel Scanning Time Based on Media Independent Handover (MIH)," IEEE NOMS 2008, April 2008 Page(s):52-55

[17] I.W. Cho, W.T. Kim, Seok-Jun Hong, "A Network Selection Algorithm considering Power Consumption in Hybrid Wireless Networks," IEICE Transactions on Communications, VOL E91-B, NO. 1, Jan. 2008 Page(s):314-317

[18] 3GPP, "QoS Concepts and Architecture", TS22.107 (v6. 3.0), June 2005.

[19] Q. Song and A. Jamalipour, "Network selection in an integrated wireless LAN and UMTS environment using mathematical modeling and computing techniques," IEEE Wireless Communications, Volume 12, Issue 3, June 2005 Page(s):42 - 48

[20] Qplus official homepage, <http://www.qplus.or.kr>

[21] VideoLAN official homepage, <http://www.videolan.org/vlc/>

— 저 자 소 개 —



박 승 민(정회원)
 1981년 울산대학교 전자공학과
 학사 졸업
 1983년 홍익대학교 전자공학과
 석사 졸업
 1984년~현재 한국전자통신연구원
 임베디드SW연구팀

<주관심 분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드 SW, 센서네트워크, USN 미들웨어>



김 원 태(정회원)
 1994년 2월 한양대학교
 전자공학과 학사 졸업
 1996년 2월 한양대학교
 전자공학과 석사 졸업
 2000년 8월 한양대학교
 전자공학과 박사 졸업

2001년 1월~2005년 2월 (주)로스텍테크놀로지
 기술이사

2005년 3월~현재 한국전자통신연구원
 임베디드SW기술연구팀 선임연구원

<주관심 분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드 SW, USN 미들웨어>



김 대 영(정회원)
 1975년 서울대학교 전자공학과
 학사 졸업
 1977년 한국과학기술원
 전자공학과 석사 졸업
 1983년 한국과학기술원
 전자공학과 박사 졸업

1983년~현재 충남대학교 정보통신공학과 교수