

LTE/WLAN 이중망 환경에서 범용링크계층과 통합무선자원관리 기법이 적용된 VHO 방안 연구[☆]

Vertical Handover between LTE and Wireless LAN Systems based on Common Radio Resource Management (CRRM) and Generic Link Layer (GLL)

김 태 섭* 오 룡** 이 상 준*** 윤 석 호**** 류 승 완***** 조 충 호*****
Tae-sub Kim Ryong Oh Sang-joon Lee Suk-ho Yoon Seung-wan Ryu Choong-ho Cho

요 약

차세대 이동통신 시스템에서는 3세대 진화망인 LTE(Long-Term Evolution), WiMAX/WiBro, 차세대 WLAN 등 다양한 무선 접속 기술이 All-IP 기반의 핵심망을 중심으로 통합되는 형태로 발전하고 있다. 이러한 발전에 따라 중첩된 다양한 무선 이중망 환경에서 최적의 조건을 제공하는 망으로의 접속을 제공하거나 단말의 이동에 따라 중첩된 여러 접속망들 중 최적의 조건을 제공하는 망으로 접속하는 수직적 핸드오버가 필요하다. 그러나 현재까지는 각각의 네트워크가 독자적 서비스 제공을 위해 독립적인 무선자원관리 기능을 제공하여 왔으므로, 이중망 환경에서의 다양한 네트워크를 끊임없이 서비스를 제공하기 위해서는 개별 네트워크의 무선자원들을 통합적으로 관리하여 최적의 서비스를 제공할 수 있어야 할 것이다. 최근 이러한 무선 이중망 환경에서의 문제점을 해결하기 위해 적응적 이동성을 위한 범용링크계층(GLL)과 통합무선자원관리(CRRM) 방식의 개념이 도입되고 있다. 본 논문에서는 LTE와 WLAN 사이에서의 수직적 핸드오버 지원을 위한 핵심 기술 및 통합망의 구조, 그리고 효율적인 수직적 핸드오버 방안을 제시한다. 우선 수직적 핸드오버 제공을 위한 통합망의 구조와 통합무선자원관리 기능을 정의하고, 효율적인 수직적 핸드오버를 위한 범용링크계층을 기반으로 정책기반과 다기준 의사결정법(MCDM)을 혼합한 수직적 핸드오버 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션 연구 결과 본 논문에서 제안하는 수직적 핸드오버 기법은 수신신호의 세기를 기반으로하는 방법과 다기준 의사결정법 방법에 비해 데이터 처리량, 핸드오버 성공확률, 서비스 사용비용 측면에서 우수한 성능을 보였다.

ABSTRACT

For the next generation mobile communication system, diverse wireless network techniques such as beyond 3G LTE, WiMAX/WiBro, and next generation WLAN etc. are proceeding to the form integrated into the All-IP core network.

According to this development, Beyond 3G integrated into heterogeneous wireless access technologies must support the vertical handover and network to be used of several radio networks. However, unified management of each network is demanded since it is individually serviced. Therefore, in order to solve this problem this study is introducing the theory of Common Radio Resource Management (CRRM) based on Generic Link Layer (GLL).

This study designs the structure and functions to support the vertical handover and propose the vertical handover algorithm of which policy-based and MCDM are composed between LTE and WLAN systems using GLL and CRRM.

Finally, simulation results are presented to show the improved performance over the data throughput, handover success rate and the system service cost.

☞ KeyWords : Vertical Handover, Common Radio Resource Management, Generic Link Layer, LTE, WLAN 수직핸드오버, 통합무선자원관리, 범용링크계층

* 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정
ree31206@korea.ac.kr
** 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정
orionpia@korea.ac.kr
*** 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정
leesj1124@korea.ac.kr
**** 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 석사과정
bluepig5@korea.ac.kr

***** 정 회 원 : 중앙대학교 정보시스템학과 교수
ryu@cau.ac.kr(교신저자)
***** 정 회 원 : 고려대학교 전산학과 교수
chcho@korea.ac.kr

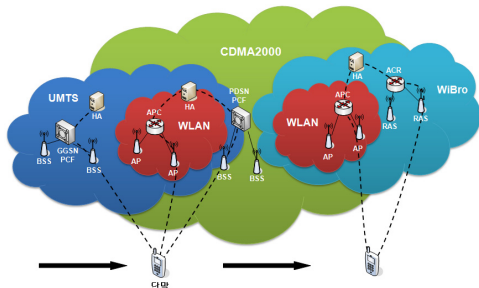
[2009/07/20 투고 - 2009/07/22 심사(2009/11/02 2차심사) - 2009/11/19 심사완료]

☆ 이 논문 또는 저서는 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-D00503)

1. 서론

차세대 이동통신 시스템 환경에서는 중첩된 다양한 이기종 네트워크 환경에서의 통합이 이루어지면서 수직적 핸드오버(Vertical Handover: VHO)의 요구가 증가하게 되어 현재 세계적으로 VHO를 효율적으로 지원해 주기 위한 연구 및 표준화가 활발히 진행되고 있다.

그림 1과 같이 중첩된 이기종 무선 액세스망에서는 VHO 기능을 제공하는 것과 동시에 다양한 무선네트워크 중에서 사용할 네트워크를 선택하거나 이동할 네트워크를 결정하여야 하지만 각각의 네트워크들이 별도로 서비스되어 전체 시스템의 성능을 최적화하기 위한 네트워크 자원의 통합적인 관리가 요구되고 있다.



(그림 1) 중첩된 이기종 무선망의 예

따라서 본 논문에서는 범용링크계층(Generic Link Layer: GLL)과 통합무선자원관리(Common Radio Resource Management: CRRM) 기법에 관련하여 LTE와 WLAN망 사이에서의 VHO를 위한 GLL과 CRRM의 구조와 기능에 대한 정의를 하고 정책기반(단말의 서비스 타입과 속도를 고려)과 다기준 의사결정법(Multiple Attribute Decision Making: MCDM)[1]을 혼합한 VHO 알고리즘을 제안한다.

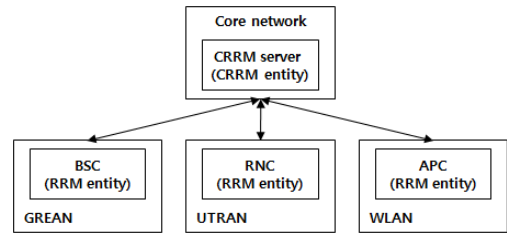
본 논문의 구성은 2장에서는 관련연구로 기존 VHO를 위한 네트워크 선택 알고리즘에 대한 연구와 GLL 및 CRRM에 관한 표준 및 프로젝트 현황을 살펴보고, 3장에서는 이기종 시스템에서

VHO 지원을 위해 GLL과 CRRM의 구조와 기능을 정의하고 제안하고자 하는 VHO 알고리즘에 대해 살펴보면, 4장에서는 3GPP 표준 VHO방식과 제안한 VHO 방식간 성능 비교와 분석을 하고, 5장에서는 본 연구의 결론과 향후 연구과제를 제시한다.

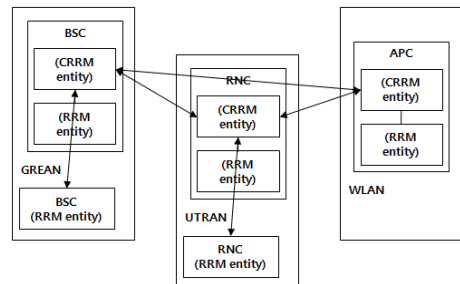
2. 관련연구

2.1 통합무선자원관리 및 범용링크계층 연구

최근 다양한 이기종 무선망 환경에서 VHO 기능을 제공하기 위해 각 액세스망의 자원을 통합적으로 관리하고 전체 시스템 성능을 최적화하기 위한 통합무선자원관리 개념에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 3GPP에서는 기술 표준 문서인 TR25.881[2]에서 통합무선자원관리를 위한 네트워크 구조와 이를 지원하기 위한 통합무선자원관리 방안을 CRRM 서버(CRRM Server: CRRMS) 방식과 통합된 CRRM (Integrated CRRM: ICRRM) 방식으로 나누어 설명하고 있다.

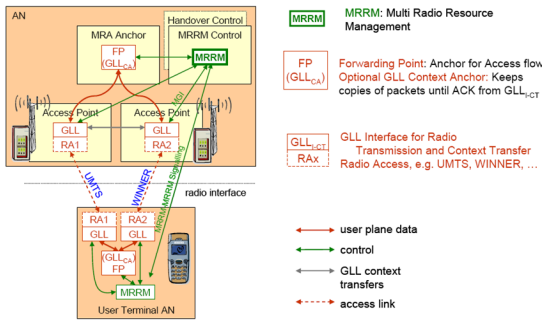


(그림 2) CRRMS 방식 구조도



(그림 3) ICRRM 방식 구조도

그림 2와 3은 CRRMS 방식과 ICRRM 방식의 무선자원관리 기능의 배치 및 상호 연동 방안을 개념적으로 제시하고 있다. CRRMS 방식에서는 CRRM 서버가 다수 시스템에 대한 자원관리 기능을 이용하여 시스템들이 동일한 핸드오버나 서비스 품질(Quality of Service: QoS)을 보장하는 알고리즘이 수행될 수 있도록 한다. 이 방식에서는 새로운 네트워크 요소 추가로 인한 비용이 발생하고 추가적인 시그널이 발생하지만 높은 확장성을 가진다. 이에 비해 ICRRM 방식에서는 CRRM 기능들이 각 네트워크의 RRM에 통합된 형태를 지녀 최소한의 변경과 이미 존재하는 기존 기능을 이용하여 시스템 성능의 최적화를 가능하게 하지만 분산환경에 의한 확장성 문제가 있다.



(그림 4) MRRM과 GLL 멀티 액세스 개념도

이중망 환경에서의 통합무선자원관리는 또한 유럽의 6th FP(Framework Program)등을 중심으로 다양한 연구가 진행되고 있다. AN(Ambient Network)에서는 CRRM과 같이 다른 무선 접속망 사이의 접근 선택, 로드 재분배를 포함하는 향상된 통합무선자원관리 기능을 제공하는 멀티무선자원관리(Multi Radio Resource Management: MRRM) 구조와 기능을 정의하고, 하부의 RAT(Radio Access Technology)에 단일화된 인터페이스와 적응성을 제공하며, 시스템 내의 핸드오버를 지원하는 GLL 정의하여 시스템 성능 향상과 최적의 QoS 보장을 목표로 하였다[3]. 그림 4에서는 멀티 액세스에서의 MRRM과 GLL 구조의 개

념도를 보여주고 있다. EVEREST 프로젝트에서는 무선자원 이용의 최적화를 위해 새로운 CRRM 구조를 정의하고 이를 기반으로한 VHO 알고리즘을 제시하여 성능평가 연구를 수행하였다. EVEREST에서는 서비스 기반, 부하 균형 기반 그리고 간섭 기반 RAT 선택 방법을 제시하고 단일 방법보다는 다양한 요소에 의한 통합적인 적용 방안을 고려하고 있다[4]. AROMA에서는 EVEREST에 이어 All-IP 이기종 네트워크의 액세스 및 코어 네트워크에서 종단간 QoS를 보장하기 위한 자원 관리 전략 및 알고리즘을 제안하고 있다. 관련연구로는 4D Markov 모델을 이용한 CRRM 특성 분석, 분석적인 CRRM 최적화, 일반적 CRRM 성능 지표 개발, 비용함수(Cost function)에 기반한 CRRM 접근 방법, CRRM 기반의 무선 품질 등의 들 수 있다 [5]. Celtic-GANDALF 프로젝트에서는 EVEREST와 AROMA 프로젝트에서와 같이 멀티 시스템 환경에서 전체적인 시스템 성능 향상과 최적의 QoS 보장을 위해 새로운 무선자원 관리 알고리즘과 더불어 self-tuning 방법을 제안하고 있다. Gandalf 프로젝트의 관리 요소들에는 Advanced-(for a distinct Radio Access Network(RAN)) RRM과 Joint-(for two or more RANs) RRM의 자동적 튜닝과 온라인과 오프라인의 최적화 그리고 troubleshooting을 포함한다[6].

2.2 VHO 지원 방안 및 알고리즘 연구

이기종 무선망 환경에서 VHO를 제공하기 위해 고려되고 있는 방안은 크게 세 가지 정도로 분류해 볼 수 있다. 그 첫 번째 방법은 IP 계층에서 IETF에서의 표준 기술인 Mobile IP나 Proxy Mobile IP 등을 이용하여 VHO를 지원하는 방법이다. 이 경우 링크 계층에서의 이동성 관리는 일반적으로 고려되지 않고 링크 계층에서 독립적으로 수행된다고 가정한다. 두 번째 방법으로는 IEEE 802.21에서 연구되고 있는 MIH(Media Independent Handover) 기술을 들 수 있다. MIH의 경우 일반적으로 링크 계층과 IP 계층 사이에 위

치하여 서로 다른 네트워크 간의 이동성 제공을 위해 계층 간의 상호 정보 교환 및 제어 신호를 규정하는 일반적인 프레임워크와 관련된 절차를 기술한다. 또 다른 하나의 방법이 본 논문에서 다루고자 하는 범용링크계층과 통합무선자원관리 방법이다. 이 방법은 링크 계층에서 수행되는 무선자원관리 기능의 일부를 서로 다른 액세스 네트워크에서 통합적으로 구현함으로써 VHO를 지원하는 방식으로 주로 유럽 IST 프로젝트의 일환으로 관련 연구가 수행되고 있다.

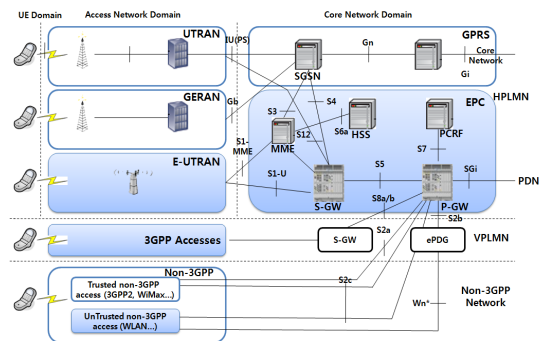
전술한 세 가지 방법은 나름대로의 장단점으로 가진다고 할 수 있다. 그러나 일반적으로 상위 계층의 방법일수록 융통성(flexibility)에 장점을 가지며, 하위 계층으로 갈수록 VHO 성능 면에서 장점을 가지는 특징이 있다. 이런 관점에서 볼 때 만일 차세대 이동통신에서 다양한 액세스 네트워크 환경에서의 다양한 무선 자원을 효율적으로 활용하면서도 VoIP나 영상 통화와 같은 높은 통신 QoS가 요구되는 서비스를 용이하게 지원하기 위해서는 우수한 VHO를 제공할 수 있는 범용링크계층(GLL) 기반의 통합무선자원관리(CRRM) 방식을 좀 더 적극적으로 고려해 볼 필요가 있다.

다음으로 VHO 지원을 위한 알고리즘들을 살펴보면 TS 23.402[7] 기술보고서에서 단말의 신호가 어느 수준 이하로 떨어지게 될 경우 주변의 신호 세기에 따른 핸드오버 결정을 하는 알고리즘을 기본적으로 제시하고 있다. 신호세기만을 고려한 알고리즘은 중복된 네트워크에서 Ping-pong 현상으로 불필요한 핸드오버가 반복될 수 있는 문제점을 가지고 있고, 네트워크와 단말의 상태를 고려하지 않고 있어서 효율적인 핸드오버가 불가능하다. 이를 해결할 수 있는 논문으로는 일정한 Throughput을 사용하여 Upward와 Downward를 고려해서 핸드오버를 결정하는 방법을 제안하고 있으나 동작하는 응용계층에서의 서비스 타입이나 단말의 이동 속도를 고려하지 않고 있다[8]. Policy-enabled 핸드오버 방법[9]에서는 비용과 경로에 대한 통계를 이용해서 예측이 가능한

Stability를 정의하여 성능이 좋은 네트워크를 탐색하는 주기를 조절하여 통계에 따른 우선순위를 통해 핸드오버를 결정하는 방법 등이 있으나 이것 또한 응용계층의 서비스 타입이나 속도를 고려하지 않고 있다. 또한 MCDM을 기반으로 하는 VHO 방안[10]-[12]에서는 핸드오버 결정과 네트워크 선택의 문제를 다기준 의사결정법(MCDM)을 통해 다양한 요소의 가중치와 정규화 과정을 통하여 해결하고 있으나 네트워크와 단말에 대한 오버헤드와 많은 요소의 상대적 가치에 따른 결과분석이 부족한 실정이다.

3. 이기종 시스템 VHO 지원을 위한 구조 설계 및 알고리즘

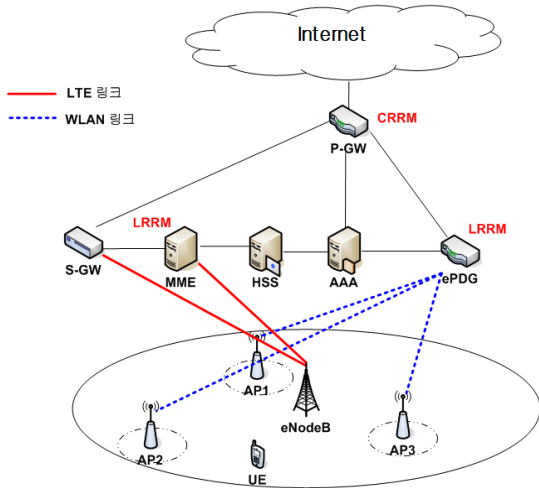
본 장에서는 이기종 시스템에서의 통합무선자원관리를 위한 VHO 방안으로 그림 5에서와 같은 3GPP radio access(LTE)와 non-3GPP radio access(WLAN)와의 연동구조에서 효율적인 서비스가 가능한 통합무선자원관리 구조와 기능을 정의하고, 기존의 많은 연구가 이루어졌던 3G/WLAN 시스템 사이에서의 VHO 알고리즘이 아닌 차세대 이동통신망인 LTE와 WLAN 사이에서의 이동성 보장을 위한 VHO 알고리즘에 대하여 다루고자 한다.



(그림 5) 3GPP Access System과 Non-3GPP Access System 연동구조

3.1 제안하는 CRRM 구조와 기능정의

2장에서 살펴보았듯이 구조 관련 표준에서 CRRM이 서버 형태로 구현되는 CRRMS 방식과 RRM 기능에 통합되는 ICRRM 방식이 있다. CRRM의 도입은 어떤 형태로든 기존의 링크 계층의 변경 또는 기능 추가를 필요로 하는 것을 고려할 때 차후 개발되는 RAT에 CRRM 개념을 도입하는 것은 상대적으로 용이한 문제일 수 있으나, 이를 기존의 RAT에 CRRM을 적용하는 ICRRM 방식은 상대적으로 많은 변경이 필요하기 때문에 도입 초기에는 ICRRM 방식보다 CRRMS 방식이 더 유연하고 효율적인 접근 방법이 될 수 있다.

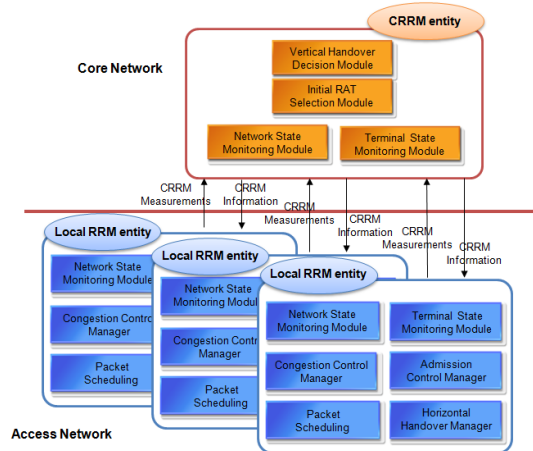


(그림 6) LTE와 WLAN간의 CRRM 서버구조

따라서 그림 6에서와 같이 3GPP 액세스 시스템인 LTE와 Non-3GPP 액세스 시스템인 WLAN 연동구조를 CRRM 서버 형태로 나타내고 있다. Core Network에 존재하는 P-GW에 CRRMS를 위치시켜 LTE망과 WLAN망의 정보를 모아 통합무선자원관리 기법을 제공하도록 한다. 또한 LTE와 WLAN망을 관리할 LRRM(Local RRM)의 위치를 MME(Mobility Management Entity)와 ePDG(evolved Packet Data Gateway)로 정하여 각각의 네트워크 영역을 지역적으로 관리하도록 한

다. MME와 ePDG는 로컬에서 단말의 위치정보를 관리하며 3GPP radio access 망과 Untrusted non-3GPP radio access 망의 핸드오버를 위한 지역적인 이동성을 관리한다.

CRRM의 속성들로는 단말이 초기 RAT에 접속하기 위한 선택 모듈과 VHO의 네트워크 선택 모듈 그리고 단말과 네트워크 상태에 대한 정보를 수집하는 NSMM(Network State Monitoring Module)과 TSMM(Terminal State Monitoring Module)이 존재한다. 또한 각각의 LRRM의 속성들로는 단말과 네트워크 상태를 CRRM에 알려주는 기능 모듈들과 기본적인 자원관리를 위한 Congestion Control Manager, Admission Control Manager 그리고 Packet Scheduling 속성으로 구성되며 HHO(Horizontal Handover) 기능은 각 RAT 액세스 망인 LRRM에서 담당을 하게 된다. 아래의 그림 7에서는 본 논문에서 제안한 CRRM과 LRRM의 기능을 나타낸다.



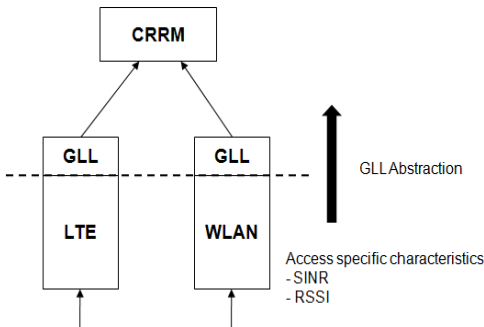
(그림 7) CRRM 기능정의

각 액세스망의 LRRM은 망 상태정보와 단말의 정보를 NSMM과 TSMM을 통해 지속적으로 확인하여 CRRM 서버에 전달한다. CRRM 서버는 LRRM에서 올라오는 정보를 이용하여 초기 네트워크 선택과 이동할 이중망을 선택한다. 따라서 네트워크를 선택하는데 필요한 정보(신호세기, 네

트위크 가용용량, 서비스 사용비용 등)를 가지고 있어야 한다.

3.2 GLL 기능 정의

본 논문에서 제안하는 GLL의 기능은 서로 다른 이중망 환경에서 물리계층에서 올라오는 각각의 다른 특성의 네트워크 신호값을 하나의 단일화된 형태로 재조정하여 CRRM 서버에 전달해주는 역할을 한다. GLL은 물리계층과 데이터링크계층에 위치한 추상레이어(abstract layer)로 CRRM 서버와 각 LRRM 그리고 단말에 위치하여 그 기능을 한다. 아래의 그림 8은 GLL의 개념도를 나타내고 있다.



(그림 8) GLL의 개념도

이를 위해 LTE와 WLAN 시스템에서 시뮬레이션에서의 가정인 1000m와 250m의 셀 반경에서 Path loss와 신호세기를 계산[13][14]해 보면, 표 1에서와 같이 각 시스템에서 정의 내린 레벨값을 신호세기에 의해 같은 비율로 나누었을 때 그 차이를 볼 수 있다. 따라서 각 네트워크 환경에 대한 신호값을 하나의 단일화된 레벨값으로 재조정해서 1~7단계의 레벨로 나누어 줄 수 있고, 이 값을 CRRM 서버에 전달하여 제안한 알고리즘에서 사용하는 가중치의 수치 값으로 이용한다.

(표 1) 신호세기에 따른 단계 정의

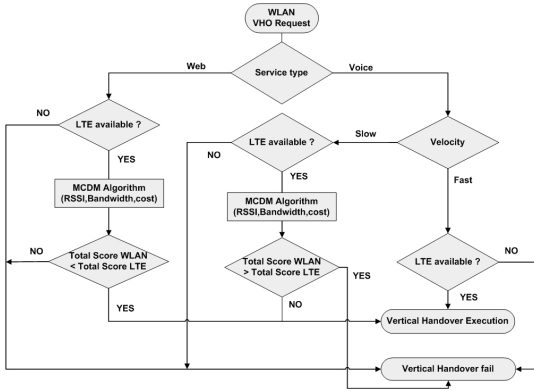
| WLAN (거리) | path loss (dB) | Receive level in dBm | 레벨 및 가중치 | LTE (거리) | path loss (dB) | Receive level in dBm |
|-----------|----------------|----------------------|-----------|----------|----------------|----------------------|
| 1 | 40.000 | -9.000 | 1 레벨 가중치7 | 1 | 15.302 | 33.698 |
| 12.5 | 78.392 | -47.392 | | 50 | 79.183 | -30.183 |
| 25 | 88.928 | -57.928 | | 100 | 90.502 | -41.502 |
| 37.5 | 95.091 | -64.091 | 2 레벨 가중치6 | 150 | 97.123 | -48.123 |
| 50 | 99.464 | -68.464 | | 200 | 101.821 | -52.821 |
| 62.5 | 102.856 | -71.856 | | 250 | 105.465 | -56.465 |
| 75 | 105.627 | -74.627 | 3 레벨 가중치5 | 300 | 108.442 | -59.442 |
| 87.5 | 107.970 | -76.970 | | 350 | 110.959 | -61.959 |
| 100 | 110.000 | -79.000 | | 400 | 113.139 | -64.139 |
| 112.5 | 111.790 | -80.790 | 4 레벨 가중치4 | 450 | 115.063 | -66.063 |
| 125 | 113.392 | -82.392 | | 500 | 116.783 | -67.783 |
| 137.5 | 114.841 | -83.841 | | 550 | 118.340 | -69.340 |
| 150 | 116.163 | -85.163 | 5 레벨 가중치3 | 600 | 119.760 | -70.760 |
| 162.5 | 117.380 | -86.380 | | 650 | 121.068 | -72.068 |
| 175 | 118.506 | -87.506 | | 700 | 122.278 | -73.278 |
| 187.5 | 119.555 | -88.555 | 6 레벨 가중치2 | 750 | 123.404 | -74.404 |
| 200 | 120.536 | -89.536 | | 800 | 124.458 | -75.458 |
| 212.5 | 121.458 | -90.458 | | 850 | 125.448 | -76.448 |
| 225 | 122.326 | -91.326 | 7 레벨 가중치1 | 900 | 126.382 | -77.382 |
| 237.5 | 123.148 | -92.148 | | 950 | 127.264 | -78.264 |
| 250 | 123.928 | -92.928 | | 1000 | 128.102 | -79.102 |

3.4 제안하는 VHO 알고리즘

3GPP 표준방식[7]에서의 신호세기만 고려한 VHO 알고리즘과 달리 본 논문에서 고려하는 네트워크(LTE, WLAN)는 특성 차이가 크고, 핸드오버 결정 요소가 많아 정책과 다기준 의사결정법을 병행한 알고리즘을 제안한다. 즉, 요소에 따른 네트워크 선택이 명확할 때(서비스 타입과 속도에 따른 비교 가능시)는 정책에 의해 결정하게 되고, 네트워크의 선택이 모호한 경우에는 다기준 의사결정법(MCDM)을 사용하여 결정하게 된다.

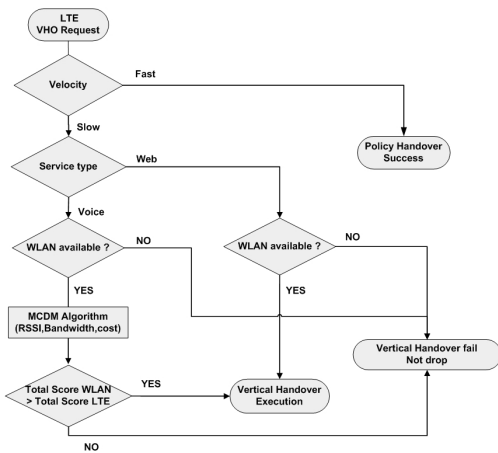
첫 번째로 그림 9에서와 같이 WLAN에서 서비스 받는 도중에 VHO 요청이 들어왔을 때 CRRM 서버에서는 가장 먼저 서비스의 타입을 확인한다. 서비스 타입이 음성이고 고속일 경우 LTE 망의 네트워크 사용가능 용량을 확인한 후 용량이 남아 있으면 LTE 망으로 VHO가 발생하고, 용량이 없으면 VHO가 실패하게 된다. 또한 서비스 타입

이 음성이고 저속일 경우나 서비스 타입이 Web 데이터일 경우에 LTE망에 사용 가능 대역 용량이 없으면 VHO를 실패하게 되고, LTE망에 사용가능 용량이 있으면 MCDM 알고리즘을 이용하여 네트워크를 선택하게 된다.



(그림 9) WLAN에서 LTE로 이동시 VHO 요청이 들어왔을 경우의 알고리즘

두 번째로 그림 10에서와 같이 LTE에서 서비스 받는 도중에 VHO 요청이 CRRM 서버로 들어왔을 때 우선 단말의 속도를 확인한다. 단말의 속도가 고속일 경우 핸드오버(LW, WL)가 자주 발생하게 되기 때문에 정책적으로 LTE에서 계속 서비스 받게 한다.



(그림 10) LTE에서 WLAN으로 이동시 VHO 요청이 들어왔을 경우의 알고리즘

또한 단말의 속도가 저속일 경우는 서비스 타입을 고려하여, 그 종류가 Web이고 WLAN의 가용용량이 있을 경우 비 실시간 서비스이고, 음성과 비교하여 데이터의 크기가 크기 때문에 가능한 비용이 작고 가용용량이 큰 WLAN으로 VHO가 발생하게 되고, 가용용량이 없을 때는 본 시뮬레이션 코드상 VHO 실패로 처리되지만 Call drop을 의미하지는 않고 계속 LTE의 연결을 유지하게 된다.

마지막으로 속도가 저속이고 서비스의 종류가 음성일 경우에는 신호세기, 비용, 가용 용량을 고려하여 MCDM 알고리즘으로 네트워크를 선택하게 된다.

MCDM 방법은 네트워크와 단말에서 얻을 수 있는 정보를 정규화하고, 적합한 네트워크를 선택하기 위해 MCDM에서 가장 잘 알려진 단순 부가 가중치법(simple additive weighting: SAW)[11][12]을 사용하여 미리 정해 놓은 각 요소별 Score로 계층화 분석법(Analytic Hierarchy Process: AHP)[15]인 AHP 방법을 통해 가중치를 계산한다. 가중치 계산을 위해 본 논문에서는 아래의 그림 11에서와 같이 네트워크의 특징과 서비스 타입에 따라 Cost, Bandwidth, RSSI의 Score를 Voice의 경우 각 '1', '4', '7', Web data의 경우 '4', '7', '1'로 Scoring 해 주었다[10]. 이는 Voice는 RSSI와 Bandwidth에 우선순위 가중치를 두어 LTE에서 좀 더 많은 서비스를 받게 하였으며, Web data의 경우 Bandwidth와 Cost에 우선순위 가중치를 두어 WLAN에서 좀 더 많은 서비스를 받도록하는 네트워크 특성과 사용자 측면을 고려한 Scoring을 해 주었다.

| Application Type | | | |
|-------------------|---|------------------|---|
| Voice Application | | Data Application | |
| Objective Scores | | Objective Scores | |
| Cost | 1 | RSSI | 1 |
| Bandwidth | 4 | Cost | 4 |
| RSSI | 7 | Bandwidth | 7 |

(그림 11) 가중치 계산을 위한 요소별 scoring

다기준 의사결정법(MCDM) 문제는 자원의 제약으로 인하여 발생하는 상충요인을 효율적으로 해결하기 위한 것으로 유한개의 대안들 중에서 복수의 요소들을 복합적으로 고려하여 하나의 대안이나 선호도가 같은 몇 개의 대안을 선택하는 접근 방법인 다속성 의사결정(Multiple-Attribute Decision Making: MADM) 문제와 주어진 제약식들을 만족하는 무한개의 대안들 중에서 고려중인 목적들을 가장 만족하는 대안을 찾는 것으로 최적 대안을 설계하는 접근 방법인 다목적 의사결정(Multiple-Objective Decision Making: MODM) 문제로 구분할 수 있다.

VHO 시 네트워크를 선택함에 있어서 단말의 속도와 서비스 타입에 따른 정책적 결정이 모호한 상황에서는 여러 가지 요소를 기반으로 한 MADM 방법을 사용하여 보다 최적의 네트워크를 선택할 수 있다[11][12].

예를 들어 현재 VHO를 위한 후보 셀에는 A1, A2, A3, A4가 있고 현재 연결되어 있는 셀은 A1으로 LTE를 사용하고 있고, 나머지 A2, A3, A4는 WLAN 1~3 영역의 후보셀이라 가정하면 각 요소들에는 Cost, Bandwidth, RSSI로 매핑된다. 매핑된 판단행렬을 정규화하기 위한 방법으로 SAW 방법을 사용하여 요소 중 그 값이 커짐에 따라 비례관계에 있는 요소(Bandwidth, RSSI)들은 식 1로 정규화 되고, 요소 중 그 값이 커짐에 따라 반비례관계가 있는 요소(cost)는 식 2로 정규화되어 판단행렬(D')로 표현할 수 있다.

$$r_{ij} = x_{ij} / x_j^{\max} \quad i=1, \dots, 4 \quad j=1, \dots, 3 \quad (\text{식 1})$$

$$r_{ij} = x_j^{\min} / x_{ij} \quad i=1, \dots, 4 \quad j=1, \dots, 3 \quad (\text{식 2})$$

아래 그림 12은 여러 요소와 네트워크 종류에 따른 값들을 판단행렬(D)로 나타낸 것이고, SAW를 이용하여 정규화된 판단행렬(D')를 보여주고 있다.

| | X1 cost | X2 bandwidth | X3 RSSI | | X1 cost | X2 bandwidth | X3 RSSI | |
|----|------------|-----------------|------------|----|------------|-----------------|------------|------|
| D= | A1 | 10 | 30 | 80 | A1 | 0.1 | 0.375 | 1 |
| | A2 | 7 | 40 | 80 | A2 | 0.142857 | 0.5 | 1 |
| | A3 | 1 | 80 | 20 | A3 | 1 | 1 | 0.25 |
| | A4 | 2 | 40 | 40 | A4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

(그림 12) 여러 요소와 네트워크들로 구성된 판단행렬(D)와 정규화된 판단행렬(D')

네트워크를 선택하기 위해서는 위와 같은 정규화된 판단행렬과 요소 별 가중치 값이 필요한데 이 요소별 가중치는 AHP 방법을 통해 얻어내게 된다. 다기준 의사결정 기법에서의 AHP 방법은 의사결정 문제가 다수의 평가기준으로 이루어져 있는 경우 평가기준들을 계층화하고 계층에 따라 중요도(weight)를 정하는 방법이다. 따라서 계층화된 문제를 상위 계층에 있는 한 요소의 관점에서 직계 하위계층에 있는 요소들의 쌍별비교를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구하여 최하위 계층에 있는 대안의 우선순위를 구하게 된다.

예를 들어 그림 11에서와 같이 Voice에 대한 요소별 상대적 중요도를 결정하였다고 가정한다면, 근사계산법에 의한 단계별 과정을 거친다. 가장 먼저 쌍별판단을 근거로 행렬(B)을 만들고 행렬의 열별 합계를 구하게 된다. 두 번째 과정으로 열의 합계로 나누어 각 원소의 열별 합계가 1이 되게 한다. 마지막으로 행렬로 합하여 평균 값을 구하게 되는데, 이 평균값들이 가중치의 우선순위 벡터가 된다.

| | X1 cost | X2 bandwidth | X3 RSSI | | X1 cost | X2 bandwidth | X3 RSSI | | X1 cost | X2 bandwidth | X3 RSSI | weight | |
|----|------------|-----------------|------------|-------|------------|-----------------|------------|-------|------------|-----------------|------------|--------|---------|
| B= | X1 | 1 | 1/4 | 1/7 | X1 | 0.083 | 0.5217391 | 0.286 | X1 | 0.083 | 0.5217391 | 0.286 | 0.29691 |
| | X2 | 4 | 1 | 4/7 | X2 | 0.333 | 0.173913 | 0.548 | X2 | 0.333 | 0.173913 | 0.548 | 0.35164 |
| | X3 | 7 | 7/4 | 1 | X3 | 0.583 | 0.3043478 | 0.167 | X3 | 0.583 | 0.3043478 | 0.167 | 0.35145 |
| | sum | 12 | 3 | 1.714 | | 1 | 1 | 1 | | | | | |

(그림 13) voice에 대한 상대적 중요도의 쌍별행렬(B)을 통한 근사계산법의 예

앞선 과정을 통해 그림 12과 13에서와 같이 정규화된 판단행렬의 값과 요소별 가중치 값을 이용하여 네트워크 선택 우선순위를 결정할 수 있다. 위의 예제에서 voice에 대한 행렬(D')와 행렬(B')의 가중치를 이용하여 각 네트워크의 우선순위를 계산(A1-0.513, A2-0.570, A3-0.736, A4-0.500)

해 보면, A3 액세스 망인 WLAN2를 선택하게 된다.

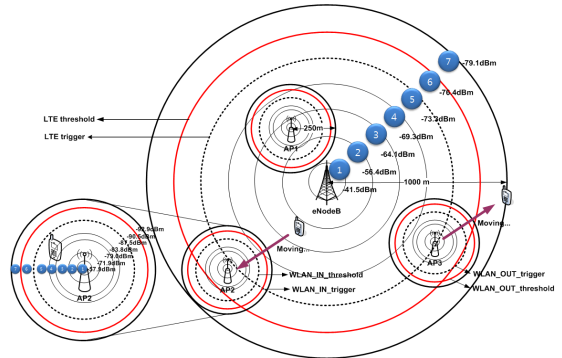
4. 제안한 VHO 방식의 성능 비교

4.1 시뮬레이션 모델 및 파라미터 정의

개념적인 시스템 모델을 살펴보면, 이동성 모델에는 Gauss Markov model[16]을 사용하였으며, 트래픽 모델에는 Voice와 Web트래픽을 모델링 하였다. Voice 서비스의 경우 On/Off모델링[17]을 사용하였으며, 추가적으로 Off time, 즉 Silence 동안 SID(Silence Insertion Descriptor)[18]를 전송하게끔 하였다. Web 서비스의 경우는 다중 패킷들이나 데이터그램들을 포함하는 몇 개의 웹 페이지로 구성되어 있는 세션으로 이루어져 있음을 제안한 논문[19][20]을 참고하여 사용하였다. 또한 Voice 서비스의 경우 Persistent scheduling, Web 서비스의 경우 Greedy scheduling을 사용하였다.

시스템 모델에서는 그림 14에서와 같이 LTE는 반경이 1000m이고 100Mbps인 셀 1개와 WLAN은 반경이 250m이고 1Gbps(차세대 WLAN으로 가정)[21]인 셀 3개로 단말이 균일하게 발생하고, 단말의 속도를 달리하여 저속(5km/h)과 고속(60km/h)인 단말이 혼재하여 존재하도록 하였다. 또한 WLAN은 LTE와 가깝게 또는 멀게 위치하여 RSSI의 영향을 주도록 설계하여 실질적으로 MCDM 알고리즘이 적절하게 영향을 줄 수 있도록 하였다.

만약 단말이 1000m 셀인 LTE 경계에 닿는다면 방향을 180도 반대 방향으로 계속 이동하는 상황에서 동시사용자수(25~250명)를 증가시키면서 성능을 측정하였다. 또한 Trigger와 Threshold line을 두어 Trigger line에 단말이 닿았을 경우 CRRM 서버에 핸드오버를 요청하게 되고, 알고리즘으로 선택된 네트워크를 단말이 가지고 있어 Threshold line에서 효율적인 핸드오버를 실행할 수 있게 하였다.



(그림 14) LTE내에 WLAN 시스템 모델과 신호세기 레벨

LTE시스템에서는 다중 액세스 방식으로 하향링크는OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), 상향링크는 SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access)를 기반으로 하며 본 연구에서는 상향링크를 고려한다 [22].

LTE과 차세대 WLAN의 시뮬레이션 파라미터는 표 2와 3에서와 같이 LTE 표준에 근거하여 구성하였으며, WLAN에서도 차세대 WLAN을 고려하지만 표 3과 같이 시뮬레이션의 효율성을 위해 1/100배 축소하여 수행하였다.

(표 2) LTE 프레임 시뮬레이션 가정 파라미터

| 시뮬레이션 파라미터 | 내용 및 값 |
|--|---------------|
| System | SC-FDMA(상향링크) |
| Bandwidth per resource block | 20MHz |
| Bandwidth of Resource Block(RB) | 180kHz |
| Subcarrier Bandwidth | 15kHz |
| Frame duration | 10ms |
| Slot duration | 0.5ms |
| Number of subcarriers per resource block | 12 |
| Number of resource blocks per slot | 100 |
| Number of subcarriers per slot | 1200 |

(표 3) LTE와 WLAN 시뮬레이션 파라미터 조정값

| 파라미터 | LTE | WLAN |
|--------------------------------|---------|--------|
| Capacity | 100Mbps | 1Gbps |
| Number of block/frame per 10ms | 2000 | 500 |
| Simulation Capacity | 1Mbps | 10Mbps |

| | (100Mbps /100) | (1Gbps/100) |
|--|----------------|-------------|
| Simulation number of Resource Block / frame per 10ms | 20(2000/100) | 5(500/100) |
| Block/Frame size | 62.5bytes | 2500bytes |

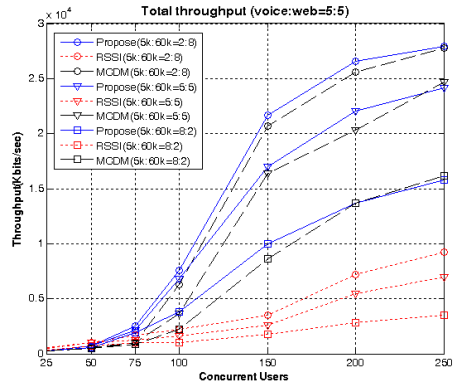
본 논문에서는 여러 타입의 데이터들이 존재할 때 VHO에 대한 성능을 평균 데이터 처리량 (avg.throughput)과 핸드오버 성공 확률(handover success rate), 그리고 LTE와 WLAN 간의 비용차이를 6:1 비율로 가정하여 단말이 서비스 받은 사용 비용(cost)을 측정하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

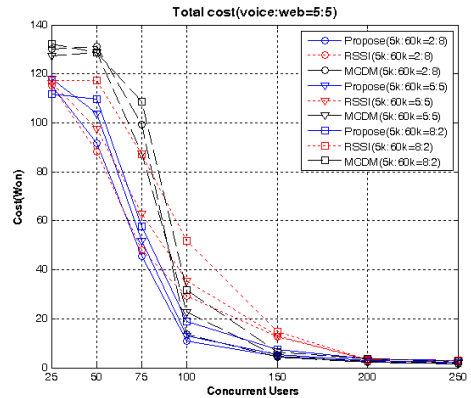
본 논문에서는 제안한 방법과 비교하기 위해 다기준 의사결정법에 의한 네트워크 선택 알고리즘과 수신신호의 세기를 기반으로 하는 알고리즘을 비교하였다.

그림 15과 16에서는 Voice와 Web사용자의 비율을 동일하게 고정시키고, 속도의 비율에 따라 제안한 알고리즘과 다른 두 알고리즘에 대한 평균 데이터 처리량과 서비스 사용비용을 비교하고 있다. 제안한 알고리즘과 기존알고리즘 모두에서 고속의 동시사용자수가 많아질수록 더 높은 데이터 처리량과 낮은 사용비용을 보였다.

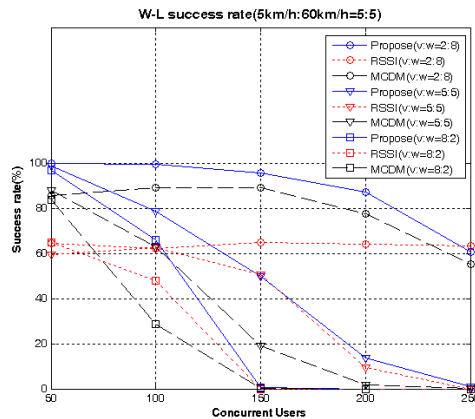
신호세기에 의한 알고리즘은 그 특성(API의 경우 핸드오버 요청 시 신호세기가 LTE보다 WLAN이 작기 때문에 API에서는 핸드오버가 일어나지 않음)으로 인해 제안한 알고리즘보다 데이터 처리량은 더 낮게 사용비용은 더 높게 나오고, 제안한 알고리즘의 경우 다기준 의사결정법에 의한 알고리즘과 신호세기만을 고려한 알고리즘보다 Cost가 전체적으로 더 낮게 나올 수 있다. 이는 AHP 알고리즘에서 웹 데이터의 경우 Cost 값의 가중치를 더 높게 주었기 때문에 보다 가격이 낮은 WLAN으로 서비스를 받게 되기 때문이다.



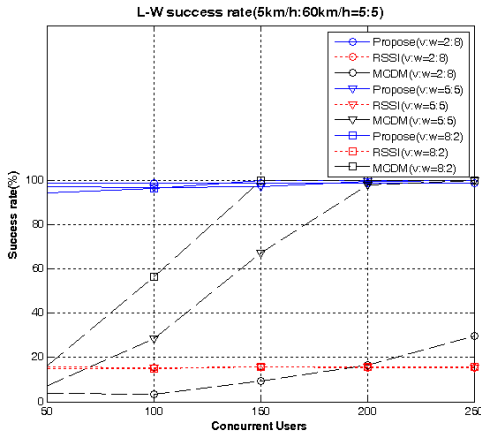
(그림 15) 저속과 고속 비율에 따른 Total throughput(kbits/sec)



(그림 16) 저속과 고속 비율에 따른 Total cost (won)



(그림 17) Voice와 Web 비율에 따른 WL 핸드오버 성공 확률(%)



(그림 18) Voice와 Web 비율에 따른 LW 핸드오버 성공 확률(%)

그림 17과 18에서는 저속과 고속 사용자의 비율을 동일하게 고정시키고, 서비스 타입의 비율에 따라 제안한 알고리즘과 다른 두 알고리즘에 대한 핸드오버 성공 확률을 비교하고 있다. 제안한 알고리즘과 신호세기만을 고려한 알고리즘을 비교하여 봤을 때, 제안한 알고리즘의 성공확률은 신호세기에 의한 알고리즘의 특성(API의 경우 핸드오버 요청 시 신호세기가 LTE보다 WLAN이 작기 때문에 API에서는 핸드오버가 일어나지 않음)으로 인해 성공확률이 서비스 타입에 상관없이 높게 나타남을 볼 수 있다. 또한 그림 18에서 볼 수 있듯이 다기준 의사결정법에 의한 알고리즘은 voice의 비율에 따라 높은 Voice 비율이 나타날 때 LTE가 점유되는 시점이 틀려지는 것을 볼 수 있고, 정책적인 결정을 가진 제안한 알고리즘에서는 다기준 의사결정법을 사용하기 이전에 속도와 서비스 타입에 의해 핸드오버 결정을 하기 때문에 그 성공률이 매우 높음을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 LTE/WLAN 이중망 환경에서 범용링크계층과 통합무선자원관리 기법이 적용된

VHO 방안에 대해 연구를 수행하였다. 연구의 결과로 네트워크의 특성 및 다양한 결정 요소를 고려하여 제안된 VHO 알고리즘은 단말의 속도 및 서비스 타입 기반의 정책적 VHO 결정과 다기준 의사결정법으로 효율적인 네트워크 선택을 제공하여, 기존 RSSI 기반 알고리즘에 비해 데이터 처리량, 핸드오버 성공확률, 사용자 서비스 사용비용 측면에서 우수한 성능을 보였다.

본 논문에서는 CRRM과 GLL의 기본적인 적용방안에 대해서 언급하였으나, 차후 실제 시스템 적용을 위해서는 더 구체적인 적용방안에 대한 연구가 수행될 필요가 있으며, 본 연구에서 수행한 Single-Cell LTE 환경의 제한적인 연구에서 Multi-Cell로의 확장된 환경에서의 연구가 필요하다. 또한 제안된 알고리즘의 튜닝과정을 통해 MCDM의 최적의 Score와 가중치를 찾는 과정이 추가적으로 필요하며, 확장된 이중망(IEEE 802.16, Mesh, 펌토셀 등) 환경에서의 L2/L3를 함께 고려한 HHO/VHO 연동 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Ching-Lai Hwang and Kwangsun Yoon, "Multiple Attribute Decision Making," Springer-Verlag, 1981.
- [2] 3GPP, "Improvement of RRM across RNS and RNS/BSS," TR 25.881 v5.0.0, December 2001.
- [3] "Ambient Networks," <http://www.ambient-networks.org>.
- [4] IST EVREST Project, "Final report," EVEREST IST-2002-001858 D23, January 2006.
- [5] IST AROMA Project, "First report on AROMA algorithms and simulation results," AROMA IST-4-027567 D09, November 2006.
- [6] "The CELTIC Gandalf framework", Melecon 2006, Malaga, Spain, May 16-19, 2006.
- [7] 3GPP, "Technical Specification Group Services and System Aspects; Architecture enhancements

- for non-3GPP accesses", TS 23.402.
- [8] K. Murray, R. Mathur and D. Pesch, "Intelligent Access and Mobility Management in Heterogeneous Wireless Networks Using Policy," Proceedings of the 1st International Symposium on Information and Communication Technologies, pp. 181-186, September 2003.
- [9] M. Bernaschi, F. Cacace, A. Pescapè and Stefano Za, "Analysis and Experimentation over Heterogeneous Wireless Networks," Proceedings of the 1st International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, pp. 182-191, February, 2005.
- [10] Ahmed, T.; Kyamakya, K.; Ludwig, M., "Architecture of a Context-Aware Vertical Handover Decision Model and Its Performance Analysis for GPRS - WiFi Handover", Computers and Communications, pp.795-801, ISCC.2006.
- [11] Wenhui Zhang, "Handover decision using fuzzy MADM in heterogeneous networks", WCNC 2004, page 653-658 vol.2, 2004.
- [12] Meriem Kassar, Brigitte Kervella, Guy Pujolle, "An Intelligent Handover Management System for Future Generation Wireless Networks", EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking, 15 August 2008.
- [13] N.Prasad, A.Prasad, WLAN Systems and Wireless IP for Next Generation Communications, Artech House, 2002.
- [14] J. Heyman, "Intercell Interference Management in an OFDM-based Downlink", MSc Thesis, Linköping Universitet, Department of Electrical Engineering, June 2006.
- [15] T. L. Saaty, Decision Making for Leaders: The Analytic hierarchy Process for Decisions in a Complex World, pp.102-107, Lifetime Learning Pub., Belmont, CA, 1982.
- [16] Abbas Jamalipour, The wireless mobile Internet-architectures, protocols and services, Wiley, 2003.
- [17] Wonkwang Baik, Hyong woo Lee, "A Hybrid CDMA/TDMA Protocol for Integrated Voice/Data Transmission" JCCI, 2000.
- [18] R2-070476, "Scheduling of LTE UL VoIP", Nokia, 3GPP TSG-RAN WG2 Meeting #57, 12 - 16 February 2007.
- [19] Farooq M. Anjum, and Leandros Tassiulas, "Fair Bandwidth Sharing among Adaptive and Non - Adaptive Flows in the Internet", IEEE INFOCOM99, Vol.13, 1999.
- [20] Alex Brand, Hamid Aghvami, Multiple Access Protocols for Mobile Communications, Wiley, 2002.
- [21] 3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group Radio Access Network; LTE Physical Layer - Generic Description (Release 8), <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36201.htm>
- [22] W. Mohr, "Spectrum demand for systems beyond IMT-2000 based on data rate estimates", Wiley Journal Wireless Communication and Mobile Computing, No. 3, pp. 1 - 19, 2003.

● 저 자 소 개 ●



김 태 섭 (Tae-sub Kim)

2006년 고려대학교 컴퓨터정보학과 졸업(학사)
2008년 고려대학교 컴퓨터정보학과 졸업(석사)
2008년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정
관심분야 : 이동통신, 무선자원관리, 무선보안, 센서네트워크
E-mail : ree31206@korea.ac.kr



오 룡 (Ryong Oh)

2003년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)
2005년 고려대학교 컴퓨터정보학과(석사)
2005년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정
관심분야 : 4세대 이동통신, 이중망간 핸드오버
E-mail : orionpia@korea.ac.kr



이 상 준 (Sang-joon Lee)

2005년 고려대학교 컴퓨터정보학과 졸업(학사)
2008년 고려대학교 컴퓨터정보학과 졸업(석사)
2008년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정
관심분야 : 무선자원관리, 스케줄링, 호수락제어, 홈네트워크
E-mail : leesj1124@korea.ac.kr



윤 석 호 (Suk-ho Yoon)

2008년 고려대학교 컴퓨터정보학과 졸업(학사)
2009년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 석사과정
관심분야 : 무선자원관리, 이중망간 핸드오버, 센서네트워크
E-mail : bluepig5@korea.ac.kr



류 승 완 (Seung-wan Ryu)

1988년 고려대학교 산업 공학과(학사)
1991년 고려대학교 산업 공학과(석사)
2003년 뉴욕주립대 (SUNY at Buffalo) 산업공학과 (박사)
1991년~1993년 LG전자 영상 미디어연구소 (주임연구원)
1993년~2004년 한국전자통신연구원 이동통신연구단 (선임연구원)
2004년~현재 중앙대학교 정보시스템학과 교수
관심분야 : 이동통신시스템 설계 및 성능 분석,
무선 MAC 프로토콜, 컴퓨터 네트워크
E-mail : ryu@cau.ac.kr



조 충 호 (Choong-ho Cho)

1981년 2월 고려대학교 산업공학과 (학사)

1993년 2월 고려대학교 산업공학과 (석사)

1986년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과 (석사)

1989년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과(박사)

1990년~1994년 순천향대학교 전산통계학과 조교수

1994년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수

관심분야 : 통신망 트래픽 관리기술, 무선통신 시스템,
멀티미디어통신, 인터넷 비즈니스

E-mail : chcho@korea.ac.kr