

LTE/WLAN 이중망 환경에서 퍼지제어와 정책적 다기준 의사결정법을 이용한 적응적 VHO 방안 연구

이 인 환[†] · 김 태 섭^{**} · 조 성 호^{***}

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 증첩된 다양한 무선 이중망 환경에서 최적의 조건을 제공하는 망으로의 접속을 제공하는 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 효율적인 수직적 핸드오버를 위한 범용링크계층을 기반으로 정책기반과 다기준 의사결정법(MCDM)을 혼합한 수직적 핸드오버 알고리즘을 제안하고, 퍼지 로직 제어기(FLC)를 이용하여 핸드오버 시점을 적응적으로 결정하는 방안을 제안한다. 시뮬레이션 연구 결과 본 논문에서 제안하는 수직적 핸드오버 기법은 수신신호의 세기를 기반으로하는 방법과 MCDM 만을 사용하는 방법에 비해 데이터 처리량, 핸드오버 성공확률, 서비스 사용비용 그리고 핸드오버 시도 횟수 측면에서 우수한 성능을 보였다.

키워드 : 수직 핸드오버, 퍼지 로직 제어기, 장기진화, 무선근거리통신망

A study of Vertical Handover between LTE and Wireless LAN Systems using Adaptive Fuzzy Logic Control and Policy based Multiple Criteria Decision Making Method

In Hwan, Lee[†] · Tae Sub, Kim^{**} · Sung Ho, Cho^{***}

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

Keywords : Vertical Handover, Fuzzy Logic Control, LTE(Long-Term Evolution), WLAN(Wireless Local Area Network)

1. 서 론

차세대 이동통신 시스템 환경에서는 증첩된 다양한 이종 네트워크 환경에서의 통합이 이루어지면서 수직 핸드오버(Vertical Handover: VHO)의 요구가 증가하게 되어 현재 세계적으로 수직 핸드오버를 효율적으로 지원해 주기 위한 기술에 대한 연구 및 표준화가 활발히 진행되고 있다.

※ 본 연구는 국토해양부 지능형국토정보 기술혁신사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

† 정 회 원 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
한국전자통신연구원 팀장/책임연구원

** 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정

*** 정 회 원 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 교수
논문접수: 2010년 1월 12일
수정일: 1차 2010년 3월 18일
심사완료: 2010년 3월 22일

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 요구되어 범용링크계층(GLL)과 통합무선자원관리(CRRM) 방식의 개념이 도입되고 있다.

따라서 본 논문에서는 범용링크계층과 통합무선자원관리 기법에 관련하여 LTE와 WLAN망 사이에서의 수직 핸드오버 지원을 위한 GLL 기능에 대한 정의를 하고 정책기반(단말의 서비스 타입과 속도를 고려)과 다기준 의사결정법(Multiple Criteria Decision Making: MCDM)[1]을 혼합한 수직 핸드오버 알고리즘을 제안한다. 또한 핸드오버 시점의 적응적인 제어를 위해 퍼지 로직 제어기(Fuzzy Logic Control: FLC)을 사용하는 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 관련연구로 기존 수직핸드오버를 위한 네트워크 선택 알고리즘과 범용링크계층에 관한 연구를 살펴보고, 3장에서는 이기종 시스템에서 VHO 지원을 위해 범용링크계층(Generic Link Layer: GLL)의 기능을 정의하고 제안하고자 하는 정책적인 MCDM VHO 알고리즘과 적응적 핸드오버를 위한 FLC에 대해 살펴봄, 4장에서는 3GPP 표준 VHO 방식과 제안한 VHO 방식간 성능 비교와 분석을 하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구로 끝을 맺는다.

2. 관련 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 수직 핸드오버를 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 위치하여 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 범용링크계층(Generic Link Layer: GLL)과 통합무선자원관리(Common Radio Resource Management: CRRM) 방법으로 링크 계층에서 수행되는 무선자원관리 기능의 일부를 서로 다른 액세스 네트워크에서 통합적으로 구현함으로써 수직 핸드오버를 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.

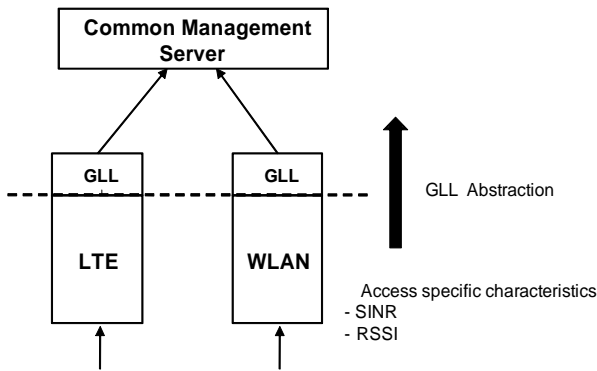
이종망 환경에서의 통합무선자원관리는 또한 유럽의 6th FP(Framework Program)등을 중심으로 다양한 연구가 진행되고 있다. AN(Ambient Network) [2]에서는 CRRM과 같이 다른 무선 접속망 사이의 접근 선택, 로드 재분배를 포함하는 향상된 통합무선자원관리 기능을 제공하는 멀티무선자원관리(Multi Radio Resource Management: MRRM) 구조와 기능을 정의하고, 하부의 RAT(Radio Access Technology)에 단일화된 인터페이스와 적응성을 제공하며, 시스템 내의 핸드오버를 지원하는 GLL 정의하여 시스템 성능 향상과 최적의 QoS 보장을 목표로 하였다.

VHO 지원을 위한 알고리즘들을 살펴보면 TS 23.402[3] 기술보고서에서 신호세기만을 고려한 알고리즘을 기본으로 제시하고 있는데 사용할 네트워크의 선택 문제에 있어서 단말의 신호가 어느 수준 이하로 떨어지게 될 경우 주변의 신호세기에 따른 핸드오버 결정을 하는 알고리즘에서는 중복된 네트워크에서 Ping-pong 현상이 나타나 불필요한 핸드오버가 반복될 수 있는 문제점을 가지고 있다. 이를 해결할 수 있는 논문으로는 일정한 Throughput을 사용하여 Upward와 Downward를 고려해서 핸드오버를 결정하는 방법[4]을 제안하고 있으나 동작하는 응용계층에서의 서비스 타입이나 단말의 이동 속도를 고려하지 않고 있다. 또한 Policy-enabled 핸드오버 방법[5]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 MCDM 방법[6-8]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. 적응적 VHO 지원을 위한 시스템 설계 및 알고리즘

3.1 적응적 VHO를 위한 시스템

본 논문에서는 서로 다른 이종망 환경에서 물리계층에서 올라오는 각각의 다른 특성의 네트워크 신호값을 하나의 단일화된 형태로 재조정하여 네트워크 선택과 적응적 핸드오버 시점 결정을 위한 데이터 값으로 사용하기 위해 GLL을 정의한다. GLL은 물리계층과 데이터링크계층에 위치한 layer로 이종망의 통합적인 자원관리를 위한 통합관리서버(CMS:



(그림 1) GLL의 개념도

Common Management Server)와 각 액세스 망의 기지국 그리고 단말에 위치하여 그 기능을 한다. (그림 1)은 GLL의 개념도를 나타내고 있다.

이를 위해 LTE와 WLAN 시스템에서 시뮬레이션에서의 가정인 1000m와 250m의 셀 반경에서 Path loss와 신호세기를 계산[9, 10]해 보면, <표 1>에서와 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 이용하여 제안하는 네트워크 선택 알고리즘

<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 |

과 적응적 핸드오버시에 사용하는 가중치와 수치 값으로 이용한다.

3.2 중첩된 이기종 환경에서 네트워크 선택 메커니즘

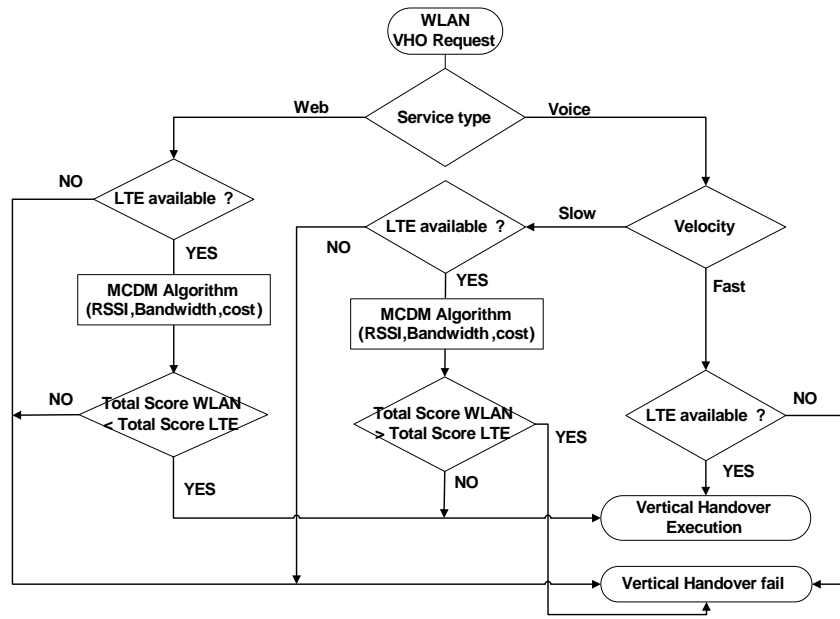
3GPP 표준방식[3]에서의 신호세기만 고려한 VHO 알고리즘과 달리 본 논문에서 고려하는 네트워크(LTE, WLAN)는 특성 차이가 크고, 핸드오버 결정 요소가 많아 정책과 다기준 의사결정법을 병행한 알고리즘을 제안한다. 즉, 요소에 따른 네트워크 선택이 명확할 때(서비스 타입과 속도에 따른 비교 가능시)는 정책에 의해 결정하게 되고, 네트워크의 선택이 모호한 경우에는 다기준 의사결정법(MCDM)을 사용하여 결정하게 된다.

첫 번째로 (그림 2)에서와 같이 WLAN에서 서비스 받는 도중에 VHO 요청이 통합관리서버로 들어왔을 때 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 타입이 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.

두 번째로 (그림 3)에서와 같이 LTE에서 서비스 받는 도중에 VHO 요청이 통합관리서버로 들어왔을 때 우선 단말의 속도를 확인한다. 단말의 속도가 고속일 경우 핸드오버(L→W, W→L)가 자주 발생하게 되기 때문에 정책적으로 LTE에서 계속 서비스 받게 한다.

또한 단말의 속도가 저속일 경우는 서비스 타입을 고려하여, 그 종류가 Web이고 WLAN의 가용용량이 있을 경우 비실시간 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)[7, 8]을 사용하여 미리 정해 놓은 각 요소별 Score로 계층화 분석법(Analytic Hierarchy Process: AHP)[11]인 AHP 방법을 통해 가중치를 계산한다. 가중치 계산을 위해 본 논문에서는 네트워크의 특징과 서비스 타입에 따라 Cost, Bandwidth, RSSI 의 Score를 Voice의 경우 각 '1', '4', '7', Web data의 경우 '4', '7', '1'로 Scoring 해 주었다[6]. 이는 Voice는 RSSI와 Bandwidth에 우선순위 가중치를 두어 LTE에서 좀 더 많은 서비스를 받게 하였으며, Web data의 경우 Bandwidth와 Cost에 우선순위 가중치를



(그림 2) WLAN에서 LTE로 이동시 VHO 요청이 들어왔을 경우의 알고리즘

두어 WLAN에서 좀 더 많은 서비스를 받도록 하는 네트워크 특성과 사용자 측면을 고려한 Scoring을 해 주었다.

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 제약식을 만족하는 무한개의 대안들 중에서 고려중인 목적들을 가장 만족하는 대안을 찾는 것으로 최적 대안을 설계하는 접근 방법인 다목적 의사결정(Multiple-Objective Decision Making: MODM) 문제

로 구분할 수 있다.

수직적 핸드오버시 네트워크를 선택함에 있어서 단말의 속도와 서비스 타입에 따른 정책적 결정이 모호한 상황에서 여러 가지 요소를 기반으로 한 MADM 방법을 사용하여 보다 최적의 네트워크를 선택할 수 있다[7, 8].

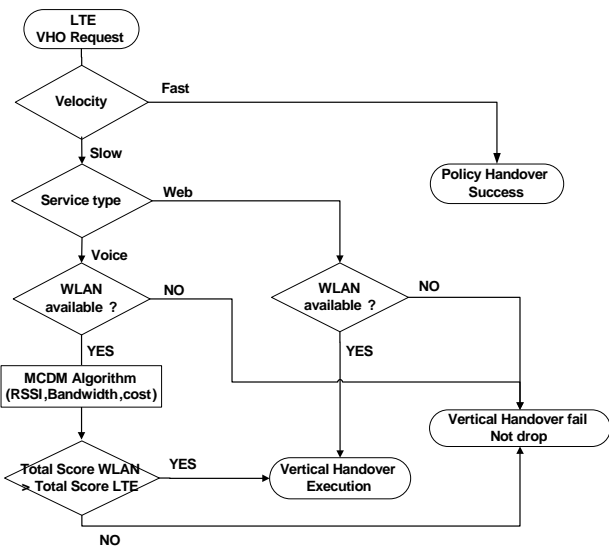
예를 들어 현재 VHO를 위한 후보 셀에는 A1, A2, A3, A4가 있고 현재 연결되어 있는 셀은 A1으로 LTE를 사용하고 있고, 나머지 A2, A3, A4는 WLAN 1~3 영역의 후보셀이라 가정하면 각 요소들에는 Cost, Bandwidth, RSSI로 매핑된다. 매핑된 판단행렬을 정규화하기 위한 방법으로 SAW 방법을 사용하여 요소 중 그 값이 커짐에 따라 비례 관계에 있는 요소(Bandwidth, RSSI)들은 식 1로 정규화 되고, 요소 중 그 값이 커짐에 따라 반비례관계가 있는 요소(cost)는 식 2로 정규화되어 판단행렬(D')로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

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

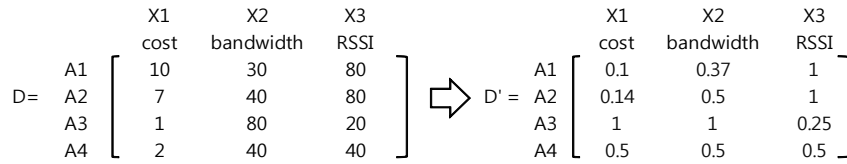
$$r_{ij} = x_j^{\min} / x_{ij} \quad i=1, \dots, 4 \quad j=1, \dots, 3 \quad (\text{식 3-2})$$

(그림 4)는 여러 요소와 네트워크 종류에 따른 값들을 판단행렬(D)로 나타낸 것이고, SAW를 이용하여 정규화된 판단행렬(D')

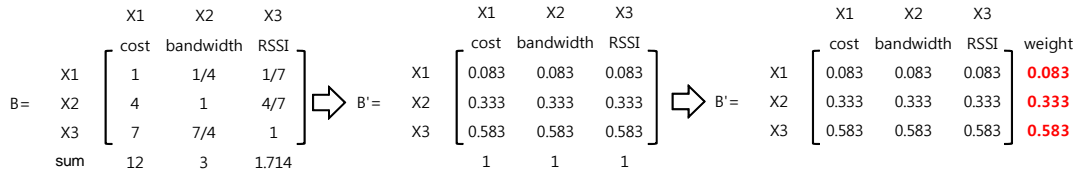
를 보여주고 있다. 네트워크를 선택하기 위해서는 위와 같은 정규화된 판단행렬과 요소 별 가중치 값이 필요한데 이 요소별 가중치는 AHP 방법을 통해 얻어내게 된다. 다기준 의사결정 기법에서의 AHP 방법은 의사결정 문제가 다수의 평가기준으로 이루어져 있는 경우 평가기준들을 계층화하고 계층에 따라 중요도(weight)를 정하는 방법이다. 따라서 계층화된 문제를 상위 계층에 있는 한 요소의 관점에서 직계 하위계층에 있



(그림 3) LTE에서 WLAN으로 이동시 VHO 요청이 들어왔을 경우의 알고리즘



(그림 4) 여러 요소와 네트워크들로 구성된 판단행렬(D)와 정규화된 판단행렬(D')



(그림 5) Voice에 대한 상대적 중요도의 쌍별 행렬(B)을 통한 근사계산법의 예

는 요소들의 쌍별 비교를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구하여 최하위 계층에 있는 대안의 우선순위를 구하게 된다.

예를 들어 Voice에 대한 요소별(Cost, Bandwidth, RSSI) 상대적 중요도를 각 '1', '4', '7' 하였다고 가정한다면, 근사계산법에 의한 단계별 과정을 거친다. 가장먼저 쌍별 판단을 근거로 행렬(B)을 만들고, 행렬의 열별 합계를 구하게 된다. 두 번째 과정으로 열의 합계로 나누어 각 원소의 열별 합계가 1이 되게 한다. 마지막으로 행별로 합하여 평균 값을 구하게 되는데 이 평균값들이 가중치의 우선순위 벡터가 된다.

앞선 과정을 통해 (그림 4)와 (그림 5)에서와 같이 정규화된 판단행렬의 값과 요소 별 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(A1-0.717, A2-0.762, A3-0.563, A4-0.500)해 보면, A2 액세스 망인 WLAN1를 선택하게 된다.

3.3 적응적 핸드오버 시점 결정 메커니즘

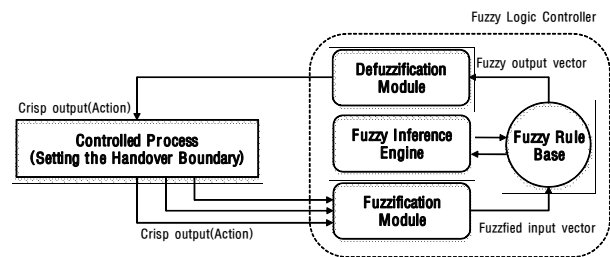
본 논문에서는 (그림 6)에서와 같이 trigger와 threshold line을 두어 trigger line에 단말이 닿았을 경우에 핸드오버를 요청하게 되고, 네트워크 알고리즘으로 선택된 네트워크를 단말이 알고 있어 threshold line에서 효율적인 핸드오버를 실행 할 수 있게 하였다. 또한 적응적 핸드오버 시점을 결정하기 위해 (그림 7)에서와 같은 퍼지 로직 제어기를 이용

하여 trigger line과 threshold line을 상태정보(Cost, Available Bandwidth, RSSI)의 값에 따라 핸드오버 시점을 결정해 주었다.

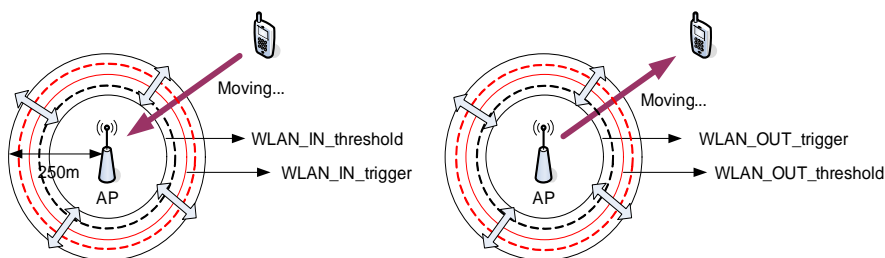
퍼지 집합에서의 원소는 소속함수(membership function) μ 에 의해 이 집합의 소속 정도(membership degree)를 나타낸다. 예를 들어 $\mu_A(x)$ 는 퍼지 집합 A에 대한 원소 x의 관계를 나타낸다. 소속 함수는 일반적으로 0과 1사이의 값을 취하며, 다음 (그림 8)~(그림 11)에서는 본 연구에서 사용되어진 소속 함수들이며, 사용률 퍼센트로 표현하였다. Fuzzification Module에서는 단말과 네트워크 상태정보를 위의 소속함수를 통하여 membership value로 변환하게 된다.

다음으로는 퍼지 규칙(Fuzzy Rule Base)으로 총 27개의 규칙이 적용되었으며, 규칙은 다음과 같다.

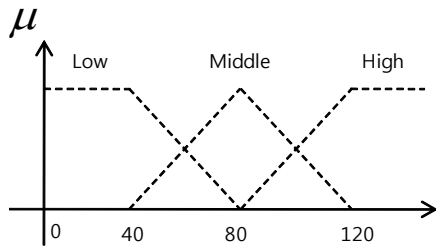
예를 들어 규칙 27에서 WLAN에서 LTE로 핸드오버 될



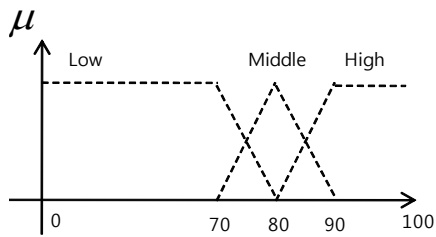
(그림 7) 제안한 적응적 핸드오버 퍼지 제어기 블록도



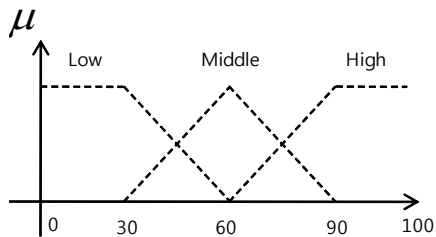
(그림 6) WLAN의 trigger와 threshold line 개념도



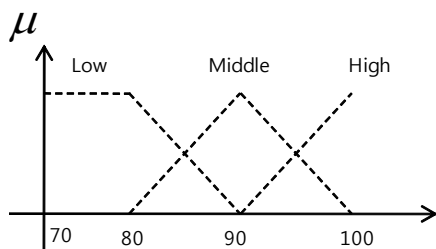
(그림 8) Cost에 대한 소속함수



(그림 9) Bandwidth(L to W) 사용률에 대한 소속함수



(그림 10) Bandwidth(W to L) 사용률에 대한 소속함수



(그림 11) RSSI에 대한 소속함수

때 단말의 서비스 이용 비용(Cost), WLAN의 이용 가능한 대역폭(Available Bandwidth), WLAN의 신호세기가 모두 High이면 WLAN_IN_threshold line을 Positive High만큼 늘려주도록 되어있다.

퍼지룰에 의해 나온 VHO Decision Range의 제어량을 결정해야 하는데 이것은 (그림 12)와 같은 퍼지 추론 엔진(Fuzzy Inference Engine)의 퍼지 출력 소속함수에 의하여 결정된다.

퍼지 조건 명제의 조건부 조건이 주어지면 결론이 유추되는데 일반적으로 다음 식과 같이 n-퍼지 변수들에 대한 소속 함수들의 ANDing(intersect)으로 표현이 된다[12, 13].

<표 2> 27개의 퍼지 규칙(Fuzzy Rules)

| Rule Number | IF Cost | AND Bandwidth | AND RSSI | THEN VHO Decision Range(W to L) | THEN VHO Decision Range(L to W) |
|-------------|---------|---------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| R 1 | Low | Low | Low | Negative High | Positive Very Low |
| R 2 | Middle | Low | Low | Negative High | Positive Very Low |
| R 3 | High | Low | Low | Negative High | Positive Very Low |
| R 4 | Low | Low | Middle | Negative Low | Negative Low |
| R 5 | Middle | Low | Middle | Negative Low | Negative Low |
| R 6 | High | Low | Middle | Negative Low | Negative Low |
| R 7 | Low | Low | High | Positive Very Low | Negative High |
| R 8 | Middle | Low | High | Positive Very Low | Negative High |
| R 9 | High | Low | High | Positive Very Low | Negative High |
| R 10 | Low | Middle | Low | Negative Middle | Positive Middle |
| R 11 | Middle | Middle | Low | Negative Middle | Positive Middle |
| R 12 | High | Middle | Low | Negative Middle | Positive Middle |
| R 13 | Low | Middle | Middle | Zero | Zero |
| R 14 | Middle | Middle | Middle | Zero | Zero |
| R 15 | High | Middle | Middle | Zero | Zero |
| R 16 | Low | Middle | High | Positive Middle | Negative Middle |
| R 17 | Middle | Middle | High | Positive Middle | Negative Middle |
| R 18 | High | Middle | High | Positive Middle | Negative Middle |
| R 19 | Low | High | Low | Negative Very Low | Positive High |
| R 20 | Middle | High | Low | Negative Very Low | Positive High |
| R 21 | High | High | Low | Negative Very Low | Positive High |
| R 22 | Low | High | Middle | Positive Low | Positive Low |
| R 23 | Middle | High | Middle | Positive Low | Positive Low |
| R 24 | High | High | Middle | Positive Low | Positive Low |
| R 25 | Low | High | High | Positive High | Negative Very Low |
| R 26 | Middle | High | High | Positive High | Negative Very Low |
| R 27 | High | High | High | Positive High | Negative Very Low |

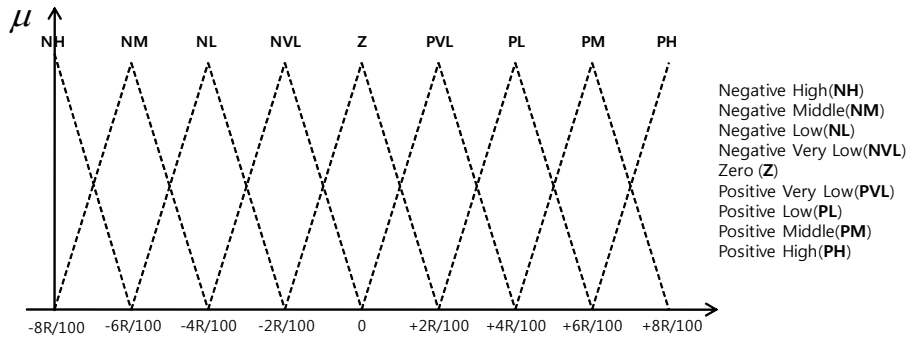
$$\mu_o^i = \bigcap_{i=1}^n \mu_{o_i}^i(x_i) = \min[\mu_{o_1}^i(x_1), \dots, \mu_{o_n}^i(x_n)] \quad (\text{식 3-3})$$

퍼지제어기 한번 동작에 의해 적응적 핸드오버 line의 움직임 범위는 R의 8%정도이다.

마지막으로 퍼지 추론 엔진(inference engine)에 의해 얻어진 퍼지 추론 제어량은 다시 명확한 실수 값(crisp value)으로 변환하여 실제 제어 가능한 양으로 만들어야 하는데 이러한 절차를 비퍼지화(defuzzification)라고 한다. 본 연구에서는 비퍼지화 방법으로 다음과 같은 무게 중심법(centroid method)을 사용한다.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^M \mu_o^i \frac{i}{y}}{\sum_{i=1}^M \mu_o^i} \quad (\text{식 3-4})$$

여기서 $\frac{i}{y}$ 는 퍼지 추론 제어량의 중심이다.



(그림 12) 적응적 핸드오버 시점을 위한 Range(R) 튜닝에 대한 소속함수

4. 제안한 VHO 방식의 성능 비교

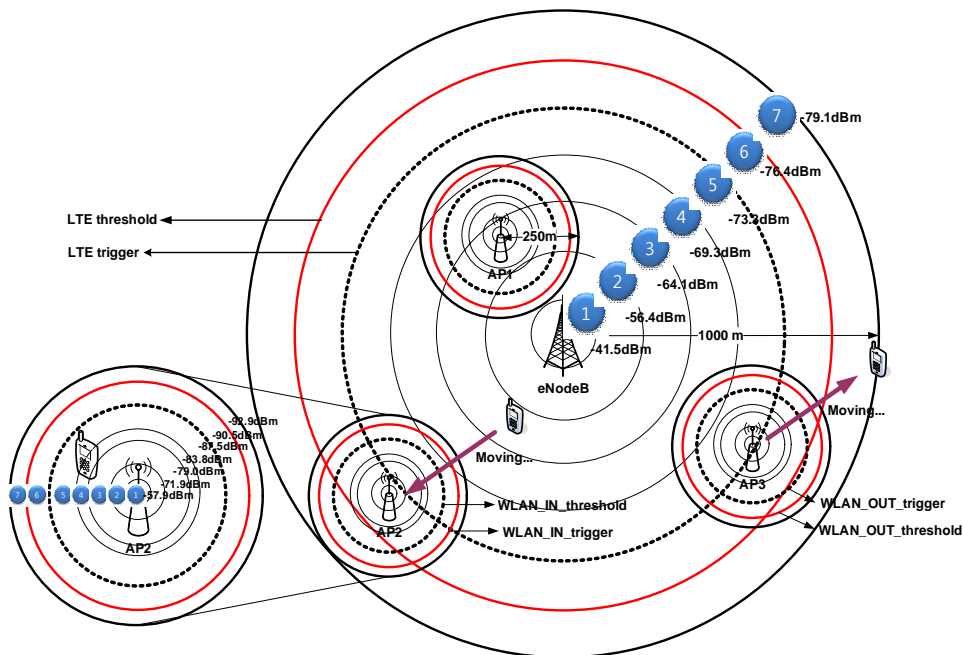
4.1 시뮬레이션 모델 및 파라미터 정의

개념적인 시스템 모델을 살펴보면, 이동성 모델에는 Gauss Markov model[14]을 사용하였으며, 트래픽 모델에는 Voice와 Web트래픽을 모델링 하였다. Voice 서비스의 경우 On/Off모델링[15]를 사용하였으며, 추가적으로 Off time, 즉 Silence 동안 SID(Silence Insertion Descriptor)[16]을 전송하게끔 하였다. Web 서비스의 경우는 다중 패킷들이나 데이터그램들을 포함하는 몇 개의 웹 페이지로 구성되어 있는 세션으로 이루어져 있음을 제안한 논문[17, 18]을 참고하여 사용하였다. 또한 Voice 서비스의 경우 Persistent scheduling, Web 서비스의 경우 Greedy scheduling을 사용하였다.

시스템 모델에서는 (그림 13)에서와 같이 LTE는 반경이 1000m이고 100Mbps[19]인 셀 1개와 WLAN은 반경이 250m이고 1Gbps(차세대 WLAN으로 가정[20])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 180° 반대 방향으로 계속 이동하는 상황에서 동시사용자수(25~250명)를 증가시키면서 성능을 측정하였다.

LTE시스템에서는 다중 액세스 방식으로 하향링크는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), 상향링크는 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access)를 기반으로 하며 본 연구에서는 상향링크를 고려한다[21]. LTE와 차세대 WLAN의 시뮬레이션 파라미터는 <표 3>에서와 같이 LTE 표준에 근거하여 구성하였으며, WLAN 에서는 차세대 WLAN을 고려하지만 <표 4>와 같이 시뮬레이션의 효율성을 위해 1/100배 축소하여 수행하였다.



(그림 13) LTE내에 WLAN 시스템 모델과 신호세기 레벨

〈표 3〉 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 |

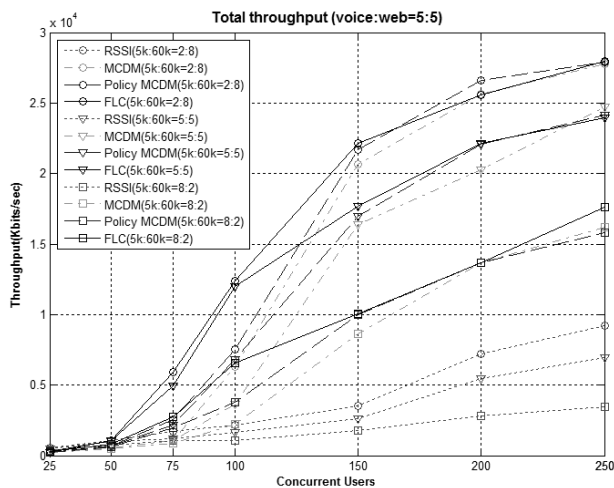
〈표 4〉 LTE와 WLAN 시뮬레이션 파라미터 조정값

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

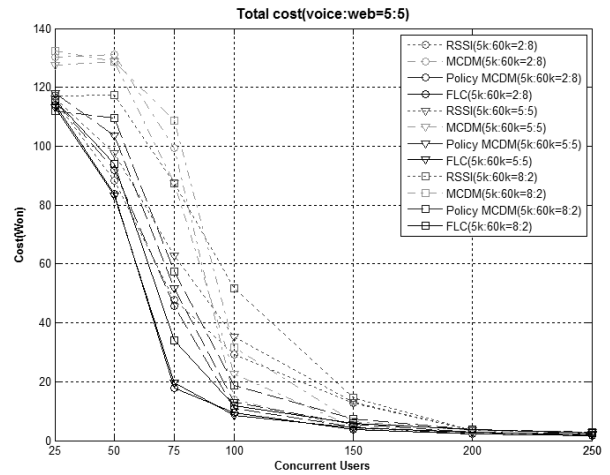
4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

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

(그림 14)와 (그림 15)에서는 Voice와 Web사용자의 비율을 동일하게 고정시키고, 속도의 비율에 따라 제안한 알고리즘(Policy MCDM, FLC)과 기존 알고리즘(신호세기만을 고려한 알고리즘, MCDM 만을 사용한 알고리즘)에 대한 평



(그림 14) 저속과 고속 비율에 따른 Total throughput(kbits/sec)



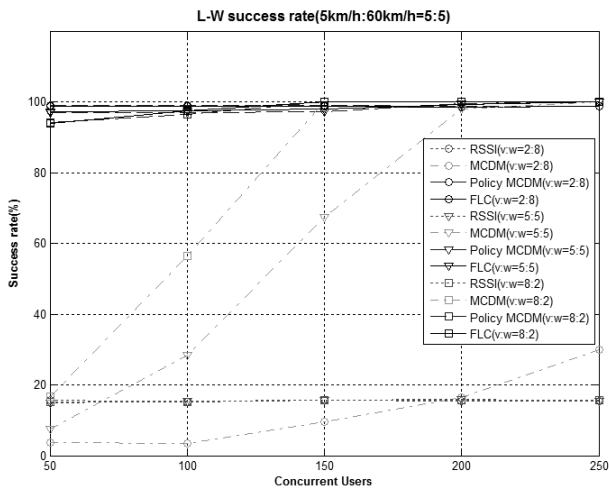
(그림 15) 저속과 고속 비율에 따른 Web cost (won)

균 데이터 처리량과 서비스 사용비용을 비교하고 있다. 제안한 알고리즘과 기존 알고리즘 모두에서 고속의 동시사용자가 많아질수록 더 높은 데이터 처리량과 낮은 사용비용을 보였다.

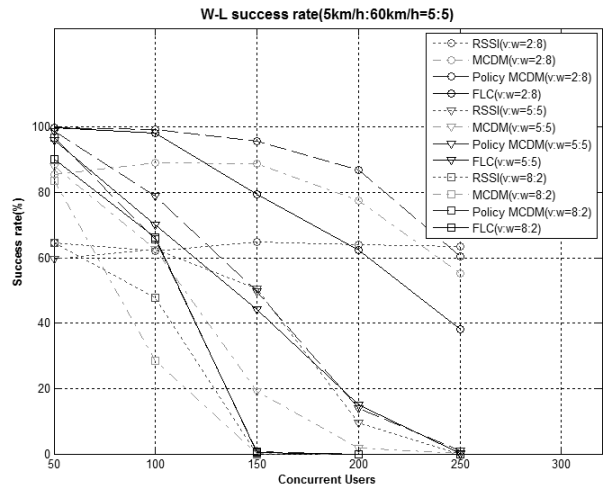
신호세기에 의한 알고리즘은 그 특성(API의 경우 핸드오버 요청 시 신호세기가 LTE보다 WLAN이 작기 때문에 API에서는 핸드오버가 일어나지 않음)으로 인해 제안한 알고리즘보다 데이터 처리량은 더 낮게 사용비용은 더 높게 나온다. 또한 제안한 알고리즘들의 경우 기존 알고리즘들보다 Cost가 전체적으로 더 낮게 나옴을 알 수 있다. 이는 AHP 알고리즘에서 웹 데이터의 경우 Cost 값의 가중치를 더 높게 주었기 때문에 보다 가격이 낮은 WLAN으로 서비스를 받게 되기 때문이다.

제안한 알고리즘인 FLC 방식에서는 정책적 MCDM 방식과 비교하여 보았을 때 데이터 처리량과 사용비용 측면에서 더 좋은 성능이 나타남을 볼 수 있다. 이는 FLC 방식에서는 핸드오버 시점을 적응적으로 변화시켜 네트워크 상태에 따라 WLAN의 더 많은 공간에서 서비스를 받을 수 있거나 더 적은 시간에 WLAN을 빠져나가 LTE에서 서비스를 받을 수 있기 때문이다. 이것은 (그림 18)과 (그림 19)에서와 같이 핸드오버 시도횟수에서도 적은 수의 핸드오버 수로 확인 가능하며, 중복된 네트워크에서 발생할 수 있는 Ping-pong 현상을 해결하여 불필요한 핸드오버가 반복되지 않도록 하고 있다.

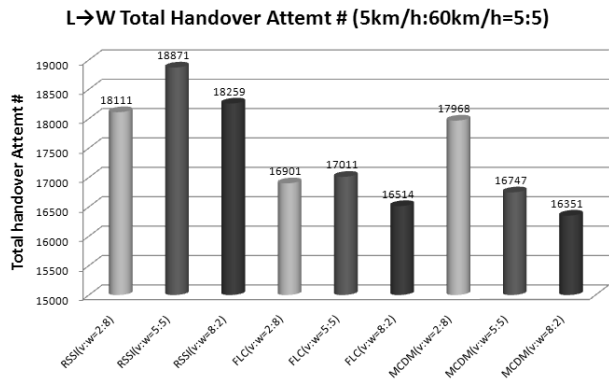
(그림 16)과 (그림 17)에서는 저속과 고속 사용자의 비율을 동일하게 고정시키고, 서비스 타입의 비율에 따라 제안한 알고리즘들과 기존 알고리즘들에 대한 핸드오버 성공 확률을 비교하고 있다. 제안한 알고리즘들과 신호세기만을 고려한 알고리즘을 비교하여 봤을 때, 제안한 알고리즘의 성공확률은 신호세기에 의한 알고리즘의 특성(API의 경우 핸드오버 요청 시 신호세기가 LTE보다 WLAN이 작기 때문에 API에서는 핸드오버가 일어나지 않음)으로 인해 성공확률이 서비스 타입에 상관없이 높게 나타남을 볼 수 있다. 또한 (그림 17)에서 볼 수 있듯이 다기준 의사결정법에 의



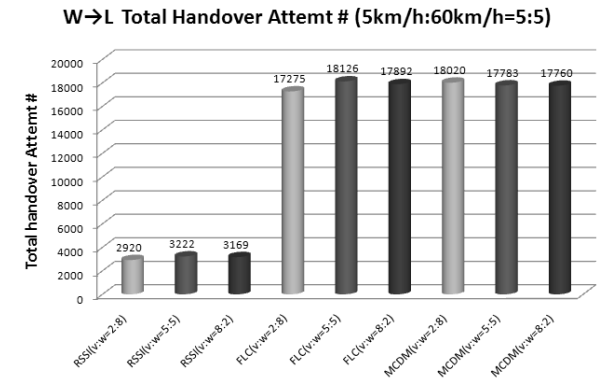
(그림 16) Voice와 Web 비율에 따른 L→W 핸드오버 성공 확률(%)



(그림 17) Voice와 Web 비율에 따른 W→L 핸드오버 성공 확률(%)



(그림 18) Voice와 Web 비율에 따른 L→W 핸드오버 시도횟수



(그림 19) Voice와 Web 비율에 따른 W→L 핸드오버 시도횟수

한 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 퍼지제어와 정책적 MCDM 방법을 이용한 적응적 VHO 방안 연구 대해 연구를 수행하였다. 연구의 결과로 네트워크의 특성 및 다양한 결정 요소를 고려한 제안된 VHO 알고리즘은 단말의 속도 및 서비스 타입 기반의 정책적 VHO 결정과 MCDM으로 효율적인 네트워크 선택을 제공하여, 기존 신호세기 기반 알고리즘과 MCDM 만을 사용하는 알고리즘에 비해 데이터 처리량, 핸드오버 성공확률, 사용자 서비스 사용비용 측면에서 우수한 성능을 제공하였다. 또한 핸드오버 시점을 네트워크 상태에 따라 적응적으로 변화시켜 제어할 수 있는

퍼지 로직 제어를 설계하여, 높은 성능과 중복된 네트워크에서 발생할 수 있는 Ping-pong 현상을 해결하여 불필요한 핸드오버가 반복되지 않도록 하고 있다.

본 논문에서는 GLL의 기본적인 적용 방안에 대해서 언급하였으나, 차후 실제 시스템 적용을 위해서는 더 구체적인 적용 방안에 대한 연구가 수행될 필요가 있으며, 본 논문에서 수행한 Single-Cell LTE 환경의 제한적인 연구에서 Multi-Cell로의 확장된 환경에서의 연구가 필요하다. 또한 제안된 알고리즘의 튜닝과정을 통해 MCDM의 최적의 Score와 가중치와 Fuzzy Rule을 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] IST project 507134 Ambient Networks, <http://www.ambient-networks.org>.
- [3] 3GPP, "Technical Specification Group Services and System

Aspects: Architecture enhancements for non-3GPP accesses,” TS 23.402.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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.

[7] Wenhui Zhang, “Handover decision using fuzzy MADM in heterogeneous networks”, WCNC 2004, pp.653-658, Vol.2, 2004.

[8] 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.

[9] N.Prasad, A.Prasad, WLAN Systems and Wireless IP for Next Generation Communications, Artech House, 2002.

[10] J. Heyman, “Intercell Interference Management in an OFDM-based Downlink”, MSc Thesis, Linkopings Universitet, Department of Electrical Engineering, June, 2006.

[11] 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.

[12] M. Naghshineh and M. Schwartz, “Distributed call admission control in mobile/wireless networks,” IEEE J. Select. Areas Commun., pp.711-716, May, 1996.

[13] Cho C.H., Ko Y.C, Lee-Kwang H, “Fuzzy Adaptive Guard Channel Assignment Strategy for Handoff in PCS System”, 6th IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems, Barcelona, pp.1511-1518, 1997.7.1-4.

[14] Abbas Jamalipour, The wireless mobile Internet-architectures, protocols and services, Wiley, 2003.

[15] Wonkwang Baik, Hyong woo Lee, “A Hybrid CDMA/TDMA Protocol for Integrated Voice/Data Transmission”, JCCI 2000.

[16] R2-070476, “Scheduling of LTE UL VoIP”, Nokia, 3GPP TSG-RAN WG2 Meeting #57,12 - 16 February 2007.

[17] Farooq M. Anjum, and Leandros Tassioulas, “Fair Bandwidth Sharing among Adaptive and Non-Adaptive Flows in the Internet,” IEEE INFOCOM99, Vol.13, 1999.

[18] Alex Brand, Hamid Aghvami, Multiple Access Protocols for Mobile Communications, Wiley, 2002.

[19] 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>

[20] Y. Lee, M. Cheong, S. Yoon, S. Lee, “A new MIMO system for Gbps transmission,” Proc. VTC’07, pp.442-446.

[21] 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.



이 인 환

e-mail : ihlee@etri.re.kr

1988년 한양대학교 전기공학과(학사)

1990년 한양대학교 전기공학과(석사)

2007년~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정

1990년~1993년 (주)동아전기연구소 연구원

1993년~현재 한국전자통신연구원 팀장/책임연구원

관심분야: 무선통신, RFID, WSN Application 등



김 태 섭

e-mail : ree31206@korea.ac.kr

2006년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)

2008년 고려대학교 컴퓨터정보학과(석사)

2008년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정

관심분야: 이동통신, 무선자원관리, 무선보안 등



조 성 호

e-mail : dragon@hangyang.ac.kr

1982년 한양대학교 전자공학과(학사)

1984년 University of Iowa 컴퓨터공학과(석사)

1989년 University of Utah 컴퓨터공학과(박사)

1989년~1992년 한국전자통신연구원 선임연구원

1992년~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 교수

관심분야: 무선통신, RFID, WSN, DSP/FPGA Application