

이종 무선 네트워크에서 접근 네트워크 선택을 위한 AHP와 그룹 결정 방법

김 남 선*

AHP and Group Decision Making for Access Network Selection in Heterogeneous Wireless Networks

Nam-sun Kim*

요 약

4세대 무선통신 환경에서, 가장 중요한 문제 중의 하나는 사용자들에게 적합한 접근 네트워크를 발견하고 선택하는 것이다. 본 논문에서는 그룹결정기법을 이용한 새로운 네트워크 선택 메커니즘을 제안하고, 이종 네트워크 환경에서 수직 핸드오버를 위한 네트워크 선택 기법에 따른 영향을 분석한다. 비슷한 QoS 요구조건들을 갖는 사용자들의 그룹들이 동시에 이용할 수 있는 네트워크를 탐색하며, 한 서비스 영역은 여러 특성을 갖는 다수의 접근 네트워크들이 존재하는 경우를 고려한다. 비슷한 특성을 갖는 네트워크들을 그룹으로 묶어, 일차적으로 그룹간의 판별을 통해 적합한 그룹을 선택한 후, 그 그룹에서 네트워크 선택 알고리즘에 의한 네트워크 순위를 통해 최적의 네트워크를 선택해 준다. 제안된 시스템을 MADM 기법 중 GRA, SAW 그리고 TOPSIS 방법으로 비교 및 평가하였다. MATLAB 시뮬레이션 결과, 제안된 알고리즘은 네트워크들의 특성과 사용자의 선호도에 따라 더욱 효과적인 선택을 할 수 있음을 알 수 있다.

Key Words : Vertical Handover, Heterogeneous Network, MADM

ABSTRACT

In the 4G wireless environment, one of the important issues is to discover and select an access network suited for users. In this thesis, we propose a new network selection mechanism using group decision making and evaluate the effect of network selection schemes for vertical handover in heterogeneous wireless networks. We consider the group of users with similar QoS requirements search for the available access network simultaneously and a service area consist of multiple access networks with various characteristics. We divide the access networks with similar characteristics split into a group. Between each group, the one group is selected and within that group, the best access networks will be assigned according to priority order by network selection algorithm. We evaluate and compare the performance of three representative MADM schemes: GRA, SAW and TOPSIS. The MATLAB simulation results indicate the proposed algorithm can make a more effective choice according to the networks' characteristics and user's preference.

1. 서 론

다양한 무선 네트워크들이 공존하는 이종 네트워크(heterogeneous network)와 이에 접속할 수 있는

* First Author : 대전대학교 통신공학과, kimns@daejin.ac.kr, 종신회원
 논문번호 : KICS2013-05-234, 접수일자 : 2013년 6월 3일, 최종논문접수일자 : 2013년 10월 14일

인터페이스를 탑재한 멀티 모드(multi-mode) 단말로 인하여 무선통신 서비스는 획기적인 발전을 하고 있다¹⁾.

사용자가 이중 네트워크 망간에 이동할 때 끊김 없는 서비스를 받으려면 수직적(vertical) 핸드오버가 신속하게 이루어져야 한다. 수직적 핸드오버는 서로 다른 네트워크간의 이동을 말하며, 네트워크 탐색(network discovery), 핸드오버 결정(handover decision)과 핸드오버 수행(handover execution)의 3가지 단계를 거쳐 이루어진다¹⁾. 네트워크 탐색단계는 접속 가능한 네트워크를 파악하고 그 네트워크들의 종류, 상태 등의 정보를 획득하는 기능을 수행한다. 또한 핸드오버 결정과정은 앞 단계에서 수집한 네트워크, 단말의 상태정보와 사용자의 선호도 등을 고려하여 최적의 무선 네트워크를 선택한다. 이와 같은 네트워크 선택 시 다수의 파라미터와 각 파라미터의 가중치를 이용하여 접근 네트워크 간의 순위를 결정하는 대표적인 방법으로 다 속성 의사결정(MADM, Multi-Attribute Decision Making) 방법이 있다. MADM 기법으로는 GRC를 이용하는 GRA, weighted sum 을 이용하는 SAW, Euclidean distance를 이용하는 TOPSIS 그리고 AHP 등이 있다²⁾.

대부분의 연구에서는 한 서비스 영역에서 특성이 다른 네트워크가 존재하는 경우 단일 이동 사용자가 최적의 네트워크를 선택하기 위하여 MADM 기법을 사용하는 형태이다²⁾. 문헌 [3]에서는 이중 무선 네트워크들을 Ubiquitous Network(UMTS, WiMAX)와 Hotspot network(WLAN, Bluetooth)의 두 그룹으로 나누어 두 그룹사이의 문턱값을 유도하여 네트워크 선택을 하였다. 문헌 [4]에서는 다수의 이동 노드가 동시에 핸드오버를 시도하는 것을 그룹 핸드오버로 정의하고, 네트워크 선택을 위해 게임이론에서 소개된 사회적 비용(social cost)의 개념을 사용하여 해석하였다. 또한 문헌 [5]에서는 오디오, 비디오와 멀티미디어 트래픽의 서비스품질(QoS)에 따라 네트워크를 선택하기 위해 AHP 와 그룹결정기법을 사용하였다. 여기에서 멀티미디어를 오디오와 비디오 트래픽이 결합된 형태로 생각하여 그룹이라는 표현 사용했지만 본 연구에서는 유사한 QoS를 갖는 사용자들을 그룹으로 나타내는 것이기 때문에 제안 방법이 다르다고 볼 수 있다.

상기와 같이 대부분의 연구에서는 사용자측과 네트워크 측면을 모두 그룹으로 고려하는 경우는 거의 없다. 본 연구에서는 네트워크 선택을 동시에 요

구하는 사용자들 중 유사한 QoS 요구조건들을 갖는 사용자들을 그룹으로 생각하며, 또한 접근 가능한 후보 네트워크들도 유사한 특성을 갖는 네트워크들을 그룹으로 볼 것이다. 같은 서비스를 동시에 요구하는 사용자들이 있는 경우, 동일 그룹에 포함 된 모든 사용자가 독립적으로 중복된 많은 네트워크에 대해 동시에 탐색 및 선택 작업을 하는 것이 아니라 동일 그룹 내 임의의 사용자가 각 그룹의 임의의 한 개의 네트워크를 통해 적합한 네트워크 그룹을 우선 선택하고, 선택된 그룹에 대하여 순위결정을 통해 동일 서비스를 요구하는 사용자들에게 순서적으로 네트워크를 선택할 수 있게 한다. 여기서 AHP는 QoS 파라미터들의 가중치를 구하는데 사용되며, 그룹 간, 그룹 내 네트워크들의 우선순위결정은 GRA, TOPSIS와 SAW 방법들을 이용하여 기존 연구와 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MADM 기법을 간단히 설명하며, 3장에서는 제안하고자 하는 시스템을 제시하고 분석한다. 4장에서는 실험과정과 결과를 나타내고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 다속성 의사결정(Multi Attribute Decision Making) 알고리즘

MADM은 여러 기준을 바탕으로 여러 대안 중 하나를 선택하거나 순위를 선정해야 하는 문제들에 광범위하게 적용되며, AHP, GRA, SAW와 TOPSIS 등과 같은 기법들이 있다^{2,6)}.

2.1. 계층적 분석과정(Analytic Hierarchy Process)

AHP는 의사 결정 문제를 계층 구조화하고, 각 단계 요소들의 이원비교를 기초로 평가기준들의 가중치(상대적 중요도)와 각 평가기준하에서의 대안들의 상대적 선호도를 도출한 후, 이를 계층구조에 따라 종합화하여 비교 대안들의 평가순위와 종합적 선호도를 구하는 방법이다. AHP 계층적 의사결정 문제를 해결하기 위해서는 다음의 5단계의 과정을 따른다.

- ① 의사 결정 계층 구조화
- ② 쌍대비교 수행
- ③ 상대적인 가중치 계산
- ④ 평가결과의 신뢰성 확인
- ⑤ 대안들의 최종 종합순위 도출

2.2. 그레이 관계분석(Grey Relational Analysis)

GRA는 서로간의 유사성이나 변화를 알아보기 위한 것으로, 측정된 결과에 대한 경향을 정량화시키기 위해 0과 1사이의 값을 갖는 계수(GRC, Grey Relational Coefficient)를 계산하고 최적의 경우와 비교하여 양적으로 표현하는 기법이다. GRA 수행 순서는 다음의 3단계로 나뉜다.

① 수열의 정규화

ⓐ Larger-the-better: $x_i^*(j) = \frac{x_i(j) - L_j}{U_j - L_j}$ (1)

ⓑ Smaller-the-better: $x_i^*(j) = \frac{U_j - x_i(j)}{U_j - L_j}$ (2)

여기서 U 는 최대값, L 은 최소값을 나타낸다.

② GRC 계산

$$GRC_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^k w_j |x_j^*(j) - 1| + 1}$$
 (3)

③ GRC 값이 가장 큰 것을 선택

2.3. 단순부가가중치법(Simple Additive Weighting)

SAW 방법은 각각의 대안들에 대하여 일정한 척도로 계산된 속성값에 중요도인 가중치를 곱하여 더한 총점을 비교하여 가장 큰 값을 선택하는 방법이다. SAW 방법을 이용하여 네트워크 선택 및 등급을 정하는 방법은, 첫 번째로 단말은 주변 네트워크들의 정보를 수집한 후, 각 파라미터를 Larger-the-better과 Smaller-the-better로 분리하여 식 (4), (5)와 같이 각각 정규화 한다.

$r_{ij} = x_{ij} / x_j^{\max}$ (4)

$r_{ij} = x_j^{\min} / x_{ij}$ (5)

여기서 x_{ij} 는 i 번째 네트워크의 j 번째 파라미터이며, x_j^{\max} 와 x_j^{\min} 는 각각 j 번째 파라미터의 최대값과 최소값을 나타낸다. 다음으로 정규화한 파라미터들에 각각의 가중치를 곱하여 더한다.

$$S_i = \sum_{j=1}^J w_j x_{ij}$$
 (6)

여기서 S_i 는 i 번째 네트워크의 등급, J 는 SAW의 입력 파라미터의 수, w_j 는 j 번째 파라미터의 가

중치를 의미한다. 단말은 각 네트워크에 대해 식 (6)을 계산한 후 가장 높은 등급을 보이는 네트워크부터 차례로 순위를 정한다.

2.4. TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution)

TOPSIS 기법은 각 네트워크의 파라미터 값과 최적/최악의 네트워크 파라미터 값 사이의 Euclidean distance를 계산하여 접근 네트워크간의 순위를 결정한다. 식 (7)을 통해서 파라미터 행렬을 정규화하고, 가중치 부여하며, 이상해와 비 이상해를 결정한다. 마지막으로 식 (8)을 계산하여 가장 높은 등급을 보이는 네트워크부터 순위를 정한다.

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^I x_{ij}^2}$$
 (7)

$$S_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ + D_i^-}$$
 (8)

여기서 D_i^+ , D_i^- 는 각 대안에 대한 이상해로 부터의 간격과 비 이상해로 부터의 간격이다.

III. 네트워크 선택 알고리즘

네트워크 선택 알고리즘은 사용자가 요구하는 QoS 등을 가장 잘 만족시킬 수 있는 무선 네트워크를 선택하거나 무선 네트워크들의 순위를 결정하게 된다. 기존의 방법에서는 사용자별로 네트워크의 상태와 서비스에 대한 QoS 요구 사항을 고려하여 접근 네트워크를 탐색 및 선택하는 방법이었다. 그러나 그림 1의 네트워크 선택 알고리즘의 동작 흐름도에서 보듯이, 본 논문에서 제안하는 그룹결정에 기반을 둔 네트워크 선택 알고리즘은 사용자들이 이중 네트워크에 진입할 때 동일 서비스를 요구하는 사용자들을 그룹화 하고, 또한 유사한 특성을 갖는 접근 네트워크들을 그룹으로 분류하여 최적의 접근 네트워크를 탐색 및 선택하는 방법이다.

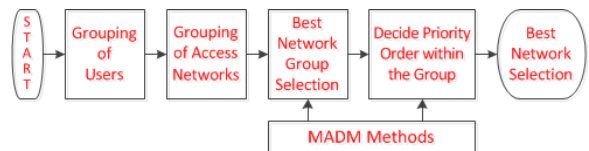


그림 1. 네트워크 선택 알고리즘의 흐름도
Fig. 1. Flowchart of network selection algorithm

3.1. 사용자들의 그룹화

우리는 3GPP에서 정의된 4 종류의 서비스 클래스(class)를 고려하는데, 각각 서비스 클래스들은 서로 다른 요구조건들을 가진다^[7]. 즉, Conversational class는 Delay, Jitter와 Price에 민감한 특성을 가지며, Streaming class는 Jitter와 BW 그리고 Interactive 와 Background class는 Error rate와 Price 파라미터를 중요하게 생각한다. 그래서 이러한 서비스들의 요구조건에 따라 각 파라미터에 상대적인 가중치를 주면 QoS를 보장하는 적합한 네트워크를 선택할 수 있다. 서비스에 적합한 네트워크를 선택하기 위해 QoS 파라미터들의 가중치를 부여하는 방법으로 AHP를 사용한다. 그림 2는 본 연구에서 사용한 AHP의 계층적 구조를 나타내며, 네트워크를 선택하기 위한 요소로 Delay, Jitter, PER(Packet Error Rate), BW(Bandwidth)와 Cost를 고려했다.

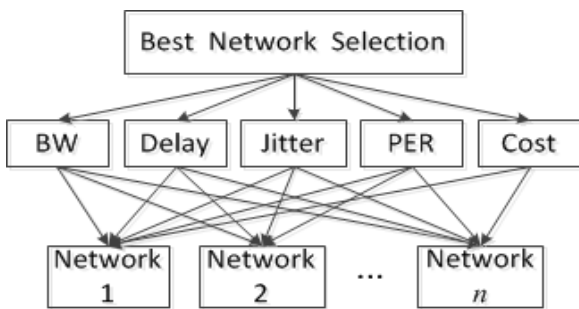


그림 2. 접근네트워크 선택을 위한 AHP 모델
Fig. 2. AHP model for access network selection

비슷한 QoS 요구조건들을 갖는 사용자들이 동시에 서비스를 요구한다면 이들을 그룹으로 생각할 것이다. 한 예로 streaming class의 AHP 행렬은 표 1과 같으며 이 클래스의 가중치는 $Weight_1$ 이다^[8]. 만약 동일한 서비스를 요구하는 사용자가 한 명 더 있는 경우의 AHP 행렬 가중치는 $Weight_2$ 로 표시했다^[9]. 표 1에서 보듯이 $Weight_1$, $Weight_2$ 는 각 파라미터들이 비슷한 가중치를 가지므로, 이 가중치를 갖는 사용자들을 한 그룹에 포함시킬 수 있다. 이것은 동일한 서비스를 요구하는 사용자들은 유사한 가중치를 갖기 때문이다.

표 1. Streaming 클래스의 AHP 행렬과 가중치
Table 1. AHP matrix and weights for streaming class

Streaming	BW	Delay	Jitter	PER	Cost
BW	1	3	1	7	1
Delay	1/3	1	1/3	3	1/3
Jitter	1	3	1	7	1
PER	1/7	1/3	1/7	1	1/7
Cost	1	3	1	7	1

Streaming	$Weight_1$	$Weight_2$
BW	0.2877	0.2983
Delay	0.0959	0.0804
Jitter	0.2877	0.2983
PER	0.0411	0.0246
Cost	0.2877	0.2983

3.2. 접근 네트워크들의 그룹화

중첩된 이중 무선 네트워크 환경에 존재하는 네트워크들(예, UMTS, WiMAX, WLAN, Bluetooth 등)은 Bandwidth, Delay, Jitter 등과 같은 많은 평가요소들(criteria)에 대해 각각 고유한 특성들을 가지고 있다. 예를 들면, UMTS는 Bandwidth, Delay, Jitter, Cost가 각각 [0.1~2Mbps, 25~50ms, 5~10ms, 0.6~0.8] 범위의 값을 갖는다^[10]. 이와 같이, 본 연구에서는 각 평가요소들이 유사한 범위를 갖는 네트워크들을 그룹으로 묶어서 그룹별로 접근 네트워크를 선택하는 방법을 제안하려고 한다. 3개의 접근 네트워크(Net)들이 동시에 존재하는 경우, 이 네트워크들이 갖는 속성 값들이 표 2와 같다고 하자^[11,12].

표 2. 네트워크들의 속성값
Table 2. Attribute values for networks

	BW (Mbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	PER (%)	Cost (level)
Net 1	1.9	19	6	10^{-1}	0.9
Net 2	25	45	10	10^{-4}	0.4
Net 3	20	35	10	10^{-5}	0.2

이러한 네트워크들을 2개의 그룹으로 나눈다면 Net 1과 Net 2/3 가 될 것이다. 그 이유는 Bandwidth, Error Rate, Cost 등 모든 속성값들을 서로 비교해 보았을 때 Net 1은 Net 2와 Net3 보다 작은 대역폭, 높은 오류율, 큰 비용을 요구하는 시스템이기 때문이다.

IV. 시뮬레이션 분석

본 절에서는 사용자별로 네트워크를 탐색 및 선택하는 기존의 방법에 비해 제안한 방법이 효과적이라는 것을 보이교자 한다. AHP에 의해 구해진 가중치를 이용하여, 접근 네트워크들의 최종 순위를 정하기 위해 GRA, TOPSIS 및 SAW 방법들을 이용한다. 이를 위한 시뮬레이션 환경은 다음과 같으며 시뮬레이션은 MATLAB으로 수행했다.

우선 사용자가 요구할 수 있는 모든 서비스에 대한 영향을 고려하기 위해 Conversational, Streaming, Interactive와 Background 트래픽 클래스들을 고려하였으며 각 클래스 마다 2명(A, B)의 사용자들을 가정하였다. AHP를 통해 얻은 각 클래스들에 대한 QoS 파라미터들의 가중치들은 표 3과 같다^{8,9}.

표 3. 각 클래스들의 가중치
Table 3. The importance weights for each classes

Class		BW	Delay	Jitter	PER	Cost
Conversational	A	0.0435	0.3043	0.3043	0.0435	0.3043
	B	0.0276	0.3149	0.3149	0.0276	0.3149
Streaming	A	0.2877	0.0959	0.2877	0.0411	0.2877
	B	0.2983	0.0804	0.2983	0.0246	0.2983
Interactive	A	0.1117	0.1117	0.0336	0.4871	0.2559
	B	0.0881	0.0881	0.0196	0.5555	0.2484
Background	A	0.1375	0.0393	0.0393	0.5137	0.2703
	B	0.1118	0.0233	0.0233	0.5809	0.2604

다음으로 이중 네트워크 환경에서 6개의 접근 네트워크들이 한 서비스 영역에 중복해서 존재한다고 가정하며, 이들의 네트워크 파라미터는 표 4와 같다^{8,9,12}. 표 4에서 네트워크들을 2개의 그룹으로 분류한다면 Net 1/2 와 Net 3/4/5/6 으로 분류될 수 있을 것이다.

표 4. 접근 네트워크들의 속성값
Table 4. Attribute value for Access networks

	BW	Delay	Jitter	PER	Cost
Net 1	1.8	30	5	0.01	0.6
Net 2	2	50	9	0.02	0.8
Net 3	5	100	11	0.008	0.1
Net 4	7	120	14	0.009	0.2
Net 5	9	140	17	0.0008	0.3
Net 6	11	160	20	0.0009	0.4

다음은 기존의 방법¹⁶을 이용하여 실험한 네트워크 선택 결과를 보여준다. 여기서 기존의 방법은 그룹방법을 사용하지 않고 각 사용자들이 독립적으로 많은 접근 네트워크를 탐색하여 각 클래스마다 최적의 QoS를 제공할 수 있는 네트워크를 선택한다. 표 3에서와 같이 각 클래스별로 2명의 사용자를 가정하였고 이것이 GRA, TOPSIS와 SAW로 각각 실험을 한 것 중 Conversational class에 대한 결과 값을 표 5에 보였으며 이것을 등급으로 변환한 전체 결과를 그림 3에 나타내었다. 실험결과에서는 Conversational class를 제외하고는 모두 동일한 결과를 얻었다. 즉, Streaming class는 Net 3, Interactive/Background class는 모두 Net 5를 선택하였다. 그러나 Conversational class에서는 GRA와 SAW 방법을 통해서 Net 1이 선택되었지만 TOPSIS 방법으로는 Net 3가 선택되는 결과를 얻었다.

표 5. Conversational class의 실험결과
Table 5. Simulation results for conversational class

MADM		Net 1	Net 2	Net 3	Net 4	Net 5	Net 6
GRA	A	0.7802	0.6586	0.7517	0.6783	0.6260	0.5750
	B	0.7900	0.6658	0.7554	0.6776	0.6194	0.5666
TOPSIS	A	0.6040	0.4488	0.6880	0.5681	0.4516	0.3459
	B	0.6068	0.4521	0.6901	0.5681	0.4462	0.3368
SAW	A	0.6699	0.3993	0.5580	0.3685	0.3352	0.2914
	B	0.6890	0.4094	0.5678	0.3687	0.3152	0.2686

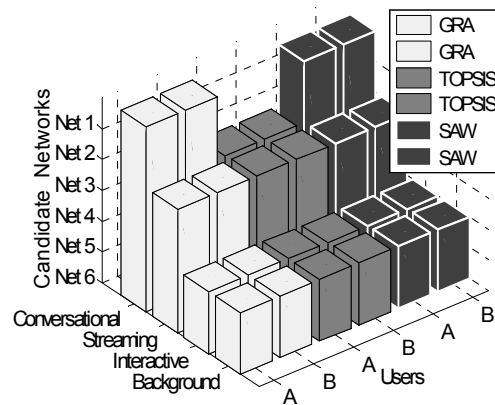


그림 3. 기존 방법들의 네트워크 선택결과
Fig. 3. Network selection results for conventional methods

다음은 제안된 방법을 통해서 분석한다. 각 서비스 클래스 그룹들은 각각 2명의 사용자로 구성되어 있고, Group 1과 2는 각각 2개 및 4개의 네트워크

로 구성 되어 있다. 각 그룹의 대표 사용자가 각 그룹의 임의의 대표 네트워크를 탐색하여 적합한 그룹을 선택하고, 다음으로 선택된 그룹 내 전체 네트워크를 대상으로 네트워크들의 순위를 정한다. 그림 4는 Conversational class와 Interactive class에 대한 실험결과를 나타내었으며 모든 수치적 결과들 표 6~표 9에 표시하였다. 실험은 사용자 A 또는 B를 대표 사용자로 하여 모두 수행하였으며 결과값들은 모두 비슷하게 얻을 수 있었다. 그림 4에서 Interactive class는 그룹 간 선택에서는 Group 2가 선택되었으며 그룹 내의 선택에서는 Net 5가 가장 높은 등급을 가지며 차례로 Net 6/3/4로 선택될 수 있음을 알 수 있다.

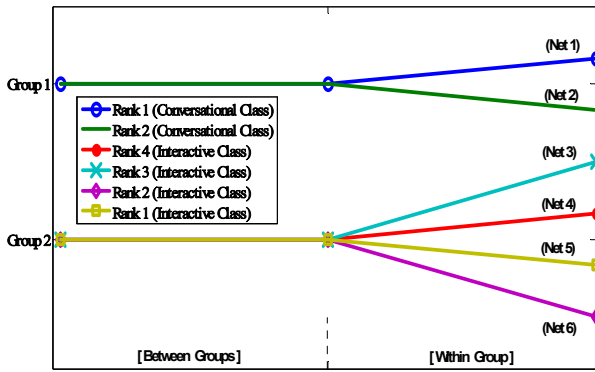


그림 4. Conversational, Interactive 클래스의 실험결과
Fig. 4. Simulation results for Conversational, Interactive class

표 6. Conversational class의 선택 결과
Table 6. Selection results for conversational class

MADM	Between Groups		Within Group	
	Group 1	Group 2	Net 1	Net 2
GRA	0.7188	0.6217	0.9583	0.5111
TOPSIS	0.5963	0.4037	0.9814	0.0186
SAW	0.7706	0.6233	0.9956	0.6451

표 7. Streaming class의 선택 결과
Table 7. Selection results for streaming class

MADM	Between Groups	
	Group 1	Group 2
GRA	0.6186	0.7228
TOPSIS	0.3482	0.6518
SAW	0.5816	0.7759

MADM	Within Group			
	Net 3	Net 4	Net 5	Net 6
GRA	0.7554	0.6865	0.6479	0.5982
TOPSIS	0.6262	0.5651	0.4349	0.3754
SAW	0.8062	0.6366	0.6270	0.6143

표 8. Interactive class의 선택 결과
Table 8. Selection results for interactive class

MADM	Between Groups	
	Group 1	Group 2
GRA	0.5392	0.8731
TOPSIS	0.2473	0.7527
SAW	0.3155	0.9047

MADM	Within Group			
	Net 3	Net 4	Net 5	Net 6
GRA	0.6496	0.5899	0.7665	0.7107
TOPSIS	0.3364	0.2232	0.7768	0.6970
SAW	0.5007	0.3618	0.7653	0.6969

표 9. Background class의 선택 결과
Table 9. Selection results for background class

MADM	Between Groups	
	Group 1	Group 2
GRA	0.5204	0.9271
TOPSIS	0.1561	0.8439
SAW	0.2619	0.9515

MADM	Within Group			
	Net 3	Net 4	Net 5	Net 6
GRA	0.6295	0.5808	0.7822	0.7379
TOPSIS	0.3331	0.2216	0.7784	0.7001
SAW	0.4628	0.3319	0.7698	0.7079

표 6~표 9의 결과에서 보듯이, GRA, TOPSIS 및 SAW 방법을 통한 실험에서 그룹선택과 그룹 내 네트워크 순위에 모두 동일한 결과를 얻었으며, 기존 방법의 실험에서는 Conversational class에서 일치하지 않은 결과를 얻었지만 제안된 방법을 통해서서는 모두 같은 결과를 얻었음을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 유사한 QoS 요구조건들을 갖는 사용자들을 그룹으로 생각하며 또한 비슷한 특성을 갖는 접근 네트워크들을 그룹으로 분류하여 사용자들의 요구에 적합한 네트워크를 선택 또는 순위를 결정하는 알고리즘을 제안했다. 네트워크 선택 알고리즘은 일차적으로 그룹간의 판별을 통해 적합한 그룹을 선택한 후, 선택 그룹 내에서 네트워크 순위

를 통해 사용자들에게 적합한 네트워크를 선정해주는 방법이다.

MADM 기법 중 GRA, TOPSIS 및 SAW 방법을 통해 모든 시뮬레이션에서 동일한 결과를 얻음으로써, 제안된 알고리즘이 기존의 방법보다 정확한 네트워크 선택 및 순위를 결정함을 알 수 있었다. 표 5와 표 6~표 9를 비교해 보면 판정 값들의 차이가 제안된 시스템이 더 크므로, 제안된 시스템이 기존의 시스템보다 더 정확하게 네트워크를 판별하는 시스템이 되는 것을 알 수 있었다. 또한 그룹의 대표 사용자가 적합한 네트워크 그룹을 선택하고 선택 그룹 내에 네트워크들의 순위를 결정해 줌으로써 효과적인 시스템으로 구성될 수 있을 것이다.

향후, 네트워크들의 분포 및 사용자와 네트워크들의 수에 따른 성능분석 등 실제적인 환경에서의 알고리즘 개발 및 성능분석이 필요하다.

References

[1] C. W. Nam, J. U. Lee, and S. U. Park, "Introduction of heterogeneous network and main issue analysis," *Inform. Commun. Mag.*, vol. 29, no. 2, pp. 68-76, Feb. 2012.

[2] D. E. Charilas and A. D. Panagopoulos, "Network selection problem; multiaccess radio network environments," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 5, no. 4, pp. 40-49, Dec. 2010.

[3] W. Lusheng and B. David, "Mobility-based network selection scheme in heterogeneous wireless network," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC)*, pp. 1-5, Barcelona, Spain, Apr. 2009.

[4] C. Xuejun and L. Fang, "Network selection for group handover in multi-access networks," in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. (ICC '08)*, pp. 2164-2168, Beijing, China, May 2008.

[5] K. Radhika and D. A. Venugopal Reddy, "AHP and group decision making for access network selection in multi-homed mobile terminal," *Int. J. Comput. Sci. Eng. (IJCSE)*, vol. 3, no. 10, pp. 3412-3421, Oct. 2011.

[6] W. Lusheng and B. David, "MADM-based network selection in heterogeneous wireless networks: a simulation study," in *Proc. IEEE VITAE*, pp. 559-564, Aalborg, Denmark, May

2009.

[7] 3GPP, *Quality of Service (QoS) Concepts and Architecture*, TS 23.107 (v11.0), June 2012.

[8] R. A. V. Ramirez, "Handling multiple communications sessions in an heterogeneous network environment," M.S. thesis, Dept. Signal Syst., Chalmers Univ. Technol., Göteborg, Sweden, Sep. 2009.

[9] S. F. Yang and J. S. Wu, "A IEEE 802.21 handover design with QoS provision across WLAN and WMAN," in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun., Circuits, Syst. (ICCCAS)*, pp. 548-552, Fujian, China, May 2008.

[10] E. Stevens-Navarro, J. D. Martinez-Morales, and U. Pineda-Rico, "Evaluation of vertical handoff decision algorithms based on MADM methods for heterogeneous wireless networks," *J. Applied Research Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 534-548, Aug. 2012.

[11] C. Gu, M. Song, Y. Zhang, and J. Song, "Access network selection strategy using position prediction in heterogeneous wireless networks," *Frontiers Elect. Electron. Eng. China*, vol. 5, no. 1, pp. 23-28, Mar. 2010.

[12] L. Yang, "Access network selection in a 4G networking environment," M.S. thesis, Dept. Elect. Comput. Eng., Univ. Waterloo, Waterloo, Canada, Jan. 2007.

김 남 선 (Nam-sun Kim)



1991년 8월 한양대학교 전자통신공학과 공학석사
 1995년 8월 한양대학교 전자통신공학과 공학박사
 1996년 3월~현재 대전대학교 통신공학과 교수
 <관심분야> WCDMA, Cognitive

Radio