

동종의 중첩 무선 네트워크에서 비협력적 게임을 이용한 호수락 제어기법의 연구

(A Study of Call Admission Control Scheme using Noncooperative Game under Homogeneous Overlay Wireless Networks)

김 남 선^{1)*}

(Nam Sun Kim)

요 약 본 연구에서는 다속성 의사결정(MADM)과 게임 이론을 결합하여 무선 자원의 이용효율을 향상시키는 호 수락제어 방법을 제시한다. 다속성 의사결정 방법으로 그레이 관계분석(GRA), 단순무가 가중치법(SAW), TOPSIS들을 이용하였는데, 이 방법들은 서로 다른 서비스 품질(QoS)을 갖는 서비스들이 선호하는 대상 네트워크들의 선호도를 계산할 것이다. 이 선호도 값들을 이용한 효용함수를 바탕으로, 사용자가 요구하는 서비스 중에서 서비스 제공자들에게 적합한 서비스를 선택할 수 있도록 비협력적 게임이 진행된다. 요청되는 모든 서비스가 선택될 때까지 게임은 반복적으로 진행되며, 각 단계에서 내쉬균형을 이루는 서비스가 선택되도록 하였다. 서로 다른 특성을 갖는 4개의 무선 랜(WLAN) 시스템 중에서 임의의 2개의 네트워크가 중첩하여 존재하는 경우들을 각각 분석한 결과, 모든 다속성 의사결정 방법들은 서비스 제공자가 얻는 최대 보수의 차이는 있었으나 게임의 각 단계에서 동일한 서비스 선택하는 결과를 얻을 수 있었다.

핵심주제어 : 호수락 제어, 다속성 의사결정방법, 게임이론, 네트워크선택

Abstract This paper proposes CAC method that is more efficient for RRM using game theory combined with Multiple Attribute Decision Making(MADM). Because users request services with different Quality of Service(QoS), the network preference values to alternative networks for each service are calculated by MADM methods such as Grey Relational Analysis(GRA), Simple Additive Weighting(SAW) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution(TOPSIS). According to a utility function representing preference value, non-cooperative game is played, and then network provider select the requested service that provide maximum payoff. The appropriate service is selected through Nash Equilibrium that is the solution of game and the game is played repeated. We analyze two overlaid networks among four Wireless LAN(WLAN) systems with different properties. Simulation results show that proposed MADM techniques have same outcomes for every game round.

Key Words : Call Admission Control, MADM, Game Theory, Network Selection

* Corresponding Author : kimns@daejin.ac.kr

Manuscript received March 16, 2015 / revised July 9, 2015 /
accepted July 31, 2015

1) 대진대학교 전기전자통신공학부, 제1저자

1. 서 론

제한된 자원을 갖는 무선통신 시스템에서 효율적인 자원 사용을 위해 해결해야 할 중요한 문제 중의 하나는 호 수락제어(CAC)이다. 호 수락제어는 현재 제공 중인 호의 서비스 품질(QoS)을 유지하기 위해 신규 요청되는 호를 수락 또는 거절하여 네트워크의 혼잡 상황을 방지한다[1]. 각 사용자들의 사용 중인 서비스가 데이터, 음성, 동영상 등으로 다를 수가 있고, 동일한 종류의 서비스를 사용하더라도 QoS 요구 조건이 다를 수 있으므로, 이를 반영하는 호 수락 제어 알고리즘에 대한 연구가 요구된다[2].

본 논문에서는 중첩환경에서 다속성 의사결정(MADM)과 게임이론(game theory)을 결합한 방법을 이용하여, 사용자의 선호도가 반영된 서비스들이 요청되면, 이 서비스들 중에서 서비스 제공자가 최대 보수를 얻을 수 있는 서비스를 선택하는 수락제어 기법을 연구한다. MADM은 여러 기준을 바탕으로 여러 대안 중 하나를 선택하거나 순위를 선정해야 하는 문제들에 광범위하게 적용되는 기법으로, GRA, SAW와 TOPSIS 등이 있다[3]. 또한 게임이론은 불확정적 상황 하에서 대안선택을 위한 지침을 제공해 주는 대표적인 분석 방법으로, 게임을 구성하는 요소는 경기자(player), 전략(strategy), 그리고 게임의 보수(payoff) 등을 들 수 있다. 일반적으로 게임이론은 각 행위 주체(player)들이 효용함수(utility function)를 사용하여 자신들의 보수를 최대화하는 이론이다[4]. 게임은 크게 협력적 게임(cooperative game)과 비협력적 게임(non cooperative game)으로 구분할 수 있는데, 여기서 비협력적 게임은 서로가 사전에 어떤 구속력이 있는 협약 없이 주어진 전략 집합 하에서 자신의 효용을 극대화하기 위해 합리적으로 자신의 최선의 전략을 찾으려는 형태의 게임이다. 내쉬균형(Nash Equilibrium)은 주어진 상대방의 전략에 대해서만 최적인 전략을 가질 것을 요구하는 균형의 개념으로 비협조적인 게임에 관한 해결방식으로 잘 알려져 있다[5-6].

게임이론의 개념을 적용하여 무선 네트워크에서 자원 할당과 서비스 품질 등을 향상시키고자

하는 연구가 진행되어 왔다. 문헌 [7]에서 제안한 게임에서는, 서비스 제공자를 경기자로 하여 할당된 대역폭을 효율적으로 사용하기 위한 게임을 진행하였으며, 서비스 제공자의 보수가 최대가 되도록 내쉬균형을 사용하였다. Pervaiz과 Bigham은 계층적 분석과정(Analytic Hierarchy Process, AHP)과 비협력적 게임이론을 결합하여 무선 자원관리방법을 제안하였다[6]. 여기서 AHP는 사용자의 선호도와 네트워크 조건에 따른 평가요소들의 가중치를 구하는데 사용하였으며, 사용자와 서비스 제공자 사이에서 사용자들의 보수를 최대로 하기 위해 비협력적 게임을 적용하였다. 또한 H. Pervaiz[8]는 이중환경에서 AHP와 진화게임(evolutionary game)을 결합하여 네트워크 선택 문제를 다루었으며 D. Charilas는 문헌 [9]에서 2개의 WLAN이 존재하는 환경에서 GRA와 게임이론을 결합하여 서비스 제공자가 최대보수를 얻는 서비스를 선택하는 방법을 제안했다. 대부분의 연구는 AHP 또는 GRA의 기법과 게임이론을 결합시키는 방법을 이용하였다. 그러나 SAW와 TOPSIS와 같은 기법을 게임이론과 연계하는 연구는 진행되어 있지 않다. 그러므로 본 연구에서는 AHP와 더불어 다른 MADM 방법들을 사용하여 분석한 결과들을 비교할 것이다. 본 연구는 문헌 [9]을 기초로 하였다. 그러나 본 연구에서는 문헌 [9]에서는 제시되지 않은 사용자 선호도와 네트워크 조건에 따라, 효용함수를 정의하는데 필요한 네트워크 선호도를 도출하는 과정을 제시하고, GRA 뿐만 아니라 SAW와 TOPSIS를 비협력적 게임이론과 결합시켜 요청되는 서비스 중에서 서비스 제공자의 보수가 최대가 되는 서비스를 선택하는 수락제어 방법들을 제시한다. 반복적인 게임을 진행하여 각 단계에서 내쉬균형을 이루는 서비스가 선택되도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구를 위한 배경이론들을 간단히 설명하며, 3장에서는 호 수락제어를 위한 시스템모델을 제시한다. 4장에서는 실험과정과 결과를 나타내고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 배경 이론

2.1 다속성 의사결정 방법 (MADM)

의사결정이란 달성하기를 바라는 목표를 설정하고, 이를 선택 가능한 여러 가지 대안들(alternatives) 중에서 미리 정한 기준(criteria)에 가장 잘 일치하는 대안을 선택하는 것을 말한다. 의사결정 방법인 MADM에는 그레이 관계계수(Grey Relational Coefficient, GRC)를 이용하는 GRA, 가중치(weight)의 합을 이용하는 SAW, Euclidean distance를 이용하는 TOPSIS 그리고 AHP 등이 있다[4]. 이러한 기법들은 서로 정규화 하는 방법과 결과를 도출하는 방법들이 다르므로, 사용할 수 있는 자료 등을 고려하여 어떤 기법들을 사용할지를 선정하여야 한다.

① 그레이 관계분석(GRA)

그레이 관계분석은 목표치에 근거한 실험 결과의 경향을 예측하기 위한 새로운 분석법이다. 이 분석법은 통계상의 두 개 이상의 연속물에 대한 수치상의 상관관계를 파악하는 것이다. 측정된 결과(original sequence)의 경향을 정량화시키기 위해 0과 1 사이의 값을 갖는 그레이 관계계수를 계산하고 그레이 관계등급(Grey Relational Grade, GRG)을 결정하여 최적의 공정조건을 획득할 수 있는 효과적인 분석법이다[10]. GRA를 적용하는 절차는 다음과 같다.

㉠ 시퀀스(sequence) 데이터 수집 및 생성

- 참조 시퀀스: $x_i = (x_i(1), \dots, x_i(m))$
- 비교 시퀀스: $x_j = (x_j(1), \dots, x_j(m))$

㉡ 데이터의 정규화

모든 시퀀스 값들의 평균을 구하고, 각 값을 평균으로 나누며, 각 시퀀스의 초기값으로 나눈다.

㉢ j 번째 특성치에 대한 i 번째 시퀀스에 대한 GRC(ξ_{ij})를 계산한다.

$$\xi_{ij} = \frac{\Delta_j \min + \zeta \Delta_j \max}{\Delta_{ij} \min + \zeta \Delta_{ij} \max} \quad (1)$$

여기서 시퀀스간의 차이 Δ_{ij} 는 참조시퀀스와 j 번째 특성치에 대한 i 번째 시퀀스(실험점)의 차이의 절대값을 의미한다.

㉣ i 번째 실험점에 대한 그레이 관계등급은 식(2)와 같다.

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^m w_j \xi_{ij} \quad (2)$$

여기서 w_j 는 j 번째 GRC의 가중치이다.

② 단순 부가 가중치(SAW)

SAW 방법은 다속성 의사결정 방법의 고전적 방법으로 널리 사용되고 있는 기법이다. SAW 방법에서는 의사 결정자가 각 요소의 상대적 중요도를 나타내는 가중치를 주어야 하며, 또한 요소치들이 비교 가능하도록 정규화 해야 한다. 각 대안에 대한 총 점수는 각 요소의 정규화된 요소치에 요소들의 가중치를 곱해 모든 요소에 대한 합을 구함으로써 산정 된다. 각 대안에 대한 총 점수가 구해지면 의사 결정자는 큰 점수를 갖는 대안을 선택함으로써 우선순위 문제가 해결되게 된다. 의사결정자가 각 요소의 가중치를 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 로 주어졌을 때, 가장 선호도가 높은 대안, A^* 은 다음 식으로 구해진다.

$$A^* = A_i / \max_i \left(\sum_{j=1}^n w_j x_{ij} / \sum_{j=1}^n w_j \right) \quad (3)$$

여기서 x_j 는 대안 i 에 대한 정규화된 평가치이며, x_{ij} 평가치 함수에 의해 측정된 j 번째 속성에 대한 i 번째 대안의 평가치이다. 또한 가중치의 총합은 1이 되도록 한다.

③ TOPSIS

TOPSIS는 최적해는 이상해(ideal solution)로부터는 가장 가깝고 반이상해(negative-ideal solution)로부터는 가장 멀어야 한다는 논리로 부터 정의된 것이다. 각 속성별로 이상해와 반이상해는 선택 가능한 설계 대안들 중에서 가장 좋은 평가치를 갖는 설계 대안과 가장 나쁜 평가치

를 갖는 설계 대안으로 각각 정의한다. 기하학적으로 보았을 경우 한 속성에 대한 이상해에 가장 가까운 설계대안 이라도 다른 속성의 반이상해에 가까울 수가 있다. 따라서 TOPSIS는 이상해와 반이상해를 동시에 고려하여 상대적 근접도를 산출한다. 대안의 TOPSIS 값이 클수록 그 대안이 이상해에 가깝고 동시에 반이상해에서 먼 것을 의미한다. TOPSIS는 식 (4)을 통해서 파라미터 행렬을 정규화하고, 가중치 부여하며, 이상해와 비이상해를 결정한다. 마지막으로 식 (5)을 계산하여 가장 높은 등급을 보이는 대안들의 순위를 정한다.

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^M x_{ij}^2} \quad (4)$$

$$S_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ + D_i^-} \quad (5)$$

여기서 x_{ij} 는 j 번째 기준에 대한 i 번째 대안값을 나타내며, M 은 전체 대안의 수를 나타낸다. 또한 D_i^+ , D_i^- 는 각 대안에 대한 이상해로부터의 간격과 비 이상해로부터의 간격이다.

2.2 게임이론(Game Theory)

게임이론은 경쟁하는 상황에서 의사결정에 관한 학문이다. 게임이론은 자신의 효용을 최대화하려고 할 때 어떤 균형을 찾아가 하는 혼잡제어 문제와 사용자가 다양한 경로가 존재할 때 어떤 경로를 사용하는가 하는 라우팅문제에 적용되었으며, 또한 무선자원관리, 과금 및 보안 등에 활발하게 적용되고 있다[6,8].

게임의 구성요소를 살펴보면, 게임에 참여하고 의사를 결정하는 경기자(P), 각 경기자가 선택할 수 있는 전략(S), 게임에서 이용할 수 있는 자원을 나타내는 정보(I) 그리고 각각의 전략에 따른 보수(π)로 구성된다. 게임은 크게 협력적 게임과 비협력적 게임으로 구분할 수 있다. 여기서 비협력적 게임은 사전에 어떤 구속력 있는 협약이 없이 선수들이 주어진 전략집합 하에서 자신의 효용을 극대화하기 위해 합리적으로 자신의 최선의

전략을 찾으려는 형태의 게임이다. 게임의 목적은 각각의 경기 참여자가 어떠한 선택을 할 것인가, 즉 균형점이 어떠한 것인가를 찾는 것이다. 비협력 게임에서는 자신만의 이득을 최우선하기 때문에 자신과 다른 참여자들은 전략을 수정하여 보수(이득)를 최대로 하려 할 것이고 궁극적으로 모든 참여자가 보수가 최대라고 생각하는 전략을 유지하게 될 것이다. 이와 같은 방법으로 얻어진 해를 내쉬균형이라 한다.

3. 시스템 모델

본 논문에서는 사용자가 서비스를 요청하면, 서비스 제공자는 요청되는 서비스 중에서 최대 보수를 제공하는 서비스를 선택하는 수락제어 기법을 연구하며, 이러한 결정을 위해 GRA, SAW 및 TOPSIS와 같은 MADM 방법과 비협력적 게임을 사용하였다. Fig. 1은 수락제어를 위해 제안된 시스템의 흐름도를 나타내었다.



Fig. 1 Flowchart of proposed system

사용자들이 요구하는 서비스가 데이터, 음성, 동영상 등으로 다를 수가 있고, 동일한 종류의 서비스라 하더라도 QoS 요구 조건이 다를 수 있다. 본 연구에서는 사용자가 요구하는 여러 종류의 서비스를 살펴보기 위해, 우리는 3GPP에서 정의된 다음 4 종류의 서비스 클래스(class)를 고려한다[11].

- ① Conversational : 지연에 민감한 실시간 서비스, 음성 전화나 비디오 대화 등
- ② Streaming : 지연에 덜 민감한 서비스, listening 오디오/비디오 등
- ③ Interactive : 바로 응답을 요구하는 서비스, Web browsing이나 database retrieval 등
- ④ Background : 가장 낮은 비트 오류율을 요

구하는 서비스, 전자우편의 background download, SMS 등

사용자들이 요구하는 서비스에 적합한 네트워크들의 성능을 정형화하여 비교하기 위하여 GRA, SAW, TOPSIS 기법들을 사용한다. 예를 들어 GRA 방법을 사용하는 경우에는, 식 (1)의 GRC 값을 계산한 후, 이 GRC 값을 이용하여 대상 네트워크들의 우선순위를 결정한다. 여기에서 각 서비스가 어떤 네트워크를 선호하는가를 나타내는 GRC를 구하기 위해서는 가중치가 필요한데, QoS 파라미터들의 가중치를 부여하는 방법으로 AHP를 사용한다. 사용자의 선호도 및 서비스 종류에 따라 각 파라미터에 가중치를 주면 QoS를 보장하는 알고리즘이 될 것이다. Fig. 2는 두 레벨을 갖는 AHP 계층 구조를 나타내었다 [12-13]. 여기서 QoS 보장을 위해 고려한 평가요소로 Delay, Jitter, PER, Bandwidth (BW)와 Cost를 사용하였다. 이와 같은 계층모형을 이용하여 각 요소들 사이의 쌍대비교 수행과 상대적인 가중치 계산을 하여 각 결정요소에 대한 전체적인 가중치를 결정할 수 있다[14].

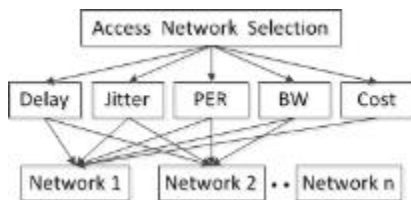


Fig. 2 AHP model

우리는 서로 다른 특성들을 갖는 4개의 WLAN 시스템들이 중첩하여 존재하는 경쟁적인 네트워크 모델을 고려한다. 이것은 동일한 WLAN 시스템이라도 Delay, Bandwidth, Cost 등의 특성들이 조금씩 다를 수 있다는 것을 의미한다. 다수의 무선 네트워크가 있는 곳에서 사용자들의 서비스 요구가 있을 때, 각 서비스 운용자들에게 적합한 서비스를 선택하는 결정이 필요하다. 이것을 게임을 통해서 결정하고자 하며, 게임에서 경기자가 최대 보수를 가질 수 있도록 효용함수를 정의하고자 한다. 이것은 네트워크 선

호도(Network Preference, NP)를 통해서 구할 수 있으며 식 (6)으로 표시된다[9].

$$NP = NE \times NC \tag{6}$$

여기서 NE(Network Efficiency)는 네트워크 선호도를 유추할 수 있는 정보이다. GRA 방법을 이용하는 경우, NE는 식 (1)로 계산되는 GRC 값으로 볼 수 있으며, SAW 방법은 식 (3), TOPSIS 방법은 식 (5)로 각각 NE를 계산할 수 있다. 또한 NC(Network Capacity)는 서비스의 요구조건들을 수행할 수 있는 네트워크들의 능력을 나타낸다. 만약 GRA 방법을 이용한다면, 식 (6)은 식 (7)로 표현된다.

$$NP = GRC \times \frac{\text{Available Bandwidth}}{\text{Required Babbdwidth}} \tag{7}$$

사용자들은 서로 다른 특성을 갖는 서비스를 요구할 수 있으므로, 본 연구에서는 6개의 서로 다른 서비스를 가정하여 이를 $R_i (i=1, \dots, 6)$ 으로 표시한다. 이러한 서비스들은 동일한 우선권을 가지는 것으로 가정하며, 각 서비스는 4 종류의 서비스 클래스 중 하나의 응용서비스를 요청한다고 가정한다. 이것은 Conversational class(CO), Streaming class(ST), Interactive class(IN) 그리고 Background class(BA)이다. 본 연구의 게임에서, 경기자는 서비스 제공자들이며, 정보는 사용자가 요구하는 서비스이다. 이것을 게임의 구성요소로 설명하면, $P = \{1, 2\}$, $I = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6\}$, $S_{1,2} = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6\}$ 이며 식 (7)으로 계산되는 π_i 이다. 여기서 경기자(P)가 2명인 이유는, 연구의 분석을 위해 특성들이 다른 전체 4개의 WLAN 시스템을 가정하지만, 이 중에서 임의의 2개의 시스템이 중첩되는 환경을 고려하므로 2명의 경기자가 게임을 하는 상황으로 모델화했기 때문이다.

4. 성능분석 및 결과

본 절에서는 사용자들의 서비스 요구가 있을 때, 서비스 제공자의 보수를 최대화 하는 수락제

어 방법을 예를 들어 설명하고자 한다. 동종의 WLAN 시스템들이 존재하는 경우를 가정하였으며, 사용자들은 서로 다른 QoS 요구조건을 갖는 4개의 클래스 중 하나의 서비스를 요구할 수 있다고 가정하였다. 여기서 시뮬레이션은 MATLAB로 수행하였다.

사용자는 서로 다른 QoS 요구조건을 갖는 4개의 클래스 중 하나의 서비스를 요구할 수 있다고 가정하였다. 예를 들어 Conversational class의 AHP 행렬은 Table 1에 제시 하였으며[15], 각 평가 요소들에 따라 계산된 모든 클래스의 가중치는 Table 2에 표시하였다. 모든 WLAN 시스템이 이용할 수 있는 대역폭은 100MHz로 동일하게 주어지지만, 요청된 서비스가 접근할 수 있는 네트워크는 서로 다른 특성을 갖는 4개의 WLAN 시스템을 가정하였다. 이것은 시스템마다 Delay, Bandwidth, Cost 등의 특성들이 조금씩 다를 수 있다는 것으로, 이러한 접근할 수 있는 네트워크들이 갖는 속성값을 Table 3에 표시하였다[15].

Table 1 AHP matrix for streaming class

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

Table 2 The weights for each classes

Class	BW	Delay	Jitter	PER	Cost
CO	0.0435	0.3043	0.3043	0.0435	0.3043
ST	0.2877	0.0959	0.2877	0.0411	0.2877
IN	0.1117	0.1117	0.0336	0.4871	0.2559
BA	0.1375	0.0393	0.0393	0.5137	0.2703

Table 3 Attribute values for access networks

	BW (Mbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	PER	Cost (price)
WLAN 1	5	100	11	0.008	0.1
WLAN 2	7	120	14	0.009	0.2
WLAN 3	9	140	17	0.0008	0.3
WLAN 4	11	160	20	0.0009	0.4

Table 2와 Table 3를 이용하여, GRA, SAW 및 TOPSIS 방법들의 NE를 계산한 결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4 NE values for game

		CO	ST	IN	BA
Required Data Rate(bps)		614K	5M	1 M	1 M
GRC	WLAN 1	0.9245	0.7554	0.6496	0.6295
	WLAN 2	0.7263	0.6865	0.5899	0.5808
	WLAN 3	0.6161	0.6479	0.7665	0.7822
	WLAN 4	0.5226	0.5982	0.7107	0.7379
SAW	WLAN 1	0.9370	0.8062	0.5007	0.4628
	WLAN 2	0.6764	0.6366	0.3618	0.3319
	WLAN 3	0.5948	0.6270	0.7653	0.7698
	WLAN 4	0.5158	0.6143	0.6969	0.7079
TOPSIS	WLAN 1	0.8686	0.6262	0.3364	0.3331
	WLAN 2	0.6444	0.5651	0.2232	0.2216
	WLAN 3	0.3556	0.4349	0.7768	0.7784
	WLAN 4	0.1419	0.3754	0.6970	0.7001
Service Requests		R_1, R_4	R_3, R_6	R_2	R_5

Table 4에는 각 MADM 기법들의 NE 결과와 함께, 각 응용 서비스를 수행하기 위해 필요한 전송률, 즉 요구되는 전송률(Requires Data Rate)과 요청되는 서비스(R_i)를 함께 표시하고 있다. VoIP, Video, Web Browsing(W.B.)과 FTP를 각 서비스 클래스의 대표적인 응용서비스로 가정하였으며, 각 요청되는 서비스는 단지 하나의 서비스 제공자에 의해 선택될 수 있다고 가정하였다. 즉, R_1 은 Conversational class에 속하는 614kbps의 전송률을 요하는 VoIP 응용 서비스를 요구하고 있으므로, 우리는 이것이 어느 서비스 제공자에 의해 선택될 지를 결정한다.

본 논문에서는 여러 형태의 분석을 위해 4개의 네트워크를 제시하였지만, 시뮬레이션은 이들 중

2개의 네트워크를 대상으로 각각 실시하였다. 즉, GRA 방법을 통해 얻은 GRC 값들을 가지고 비협력적 게임이론을 적용하기 위해서, WLAN1과 WLAN2, 즉 WLAN1:WLAN2 과 WLAN1:WLAN3, WLAN1:WLAN4 등 총 6가지 경우에 대해 비교하였다. SAW와 TOPSIS를 이용한 방법도 마찬가지로 수행하였다. 예를 들어 SAW값들을 가지고 WLAN2와 WLAN4의 게임을 수행하기 위한 데이터가 Table 5에 표시되어 있으며 이것은 Table 4의 일부이다. 이 데이터를 가지고 수행하는 게임의 각 라운드(round)에서 서비스 제공자들은 식 (6)으로 보수를 계산하고 최대 보수를 제공하는 서비스를 선택한다. 다음 라운드에서는 이미 선택된 서비스는 제거되며, 요청되는 서비스가 모두 선택될 때까지 게임이 반복적으로 수행된다. 이런 과정에서, 만약 동일한 최대 보수를 갖는 서비스가 발생한다면 서비스 제공자들은 첫 번째 것을 선택(chronological priority) 하는 것으로 할 것이다[9].

Table 5 SAW values for a game

	CO	ST	IN	BA
Required DataRate	614K	5M	1 M	1 M
SAW for WLAN2	0.6764	0.6366	0.3618	0.3319
SAW for WLAN4	0.5158	0.6143	0.6969	0.7079
Requested Service	R_1, R_4	R_3, R_6	R_2	R_5

Fig. 3은 WLAN2 : WLAN4 게임의 첫 번째 라운드 결과를 보이고 있다. 보수들을 계산한 결과, Player 1(WLAN2)은 요청된 서비스 R_1 과 R_4 를 선택하여 최대 보수를 얻을 수 있지만, “chronological priority”에 의해 player 1은 R_1 을 선택한다. 마찬가지로 Player 2(WLAN_4)는 R_5 를 선택하여 최대 보수를 얻는다. 첫 번째 라운드 게임의 결과로 볼 때, Player 1이 R_1 , Player 2가 R_5 를 선택함으로써 내쉬평형에 도달할 수 있음을 알 수 있으며, 이때 얻는 보수는 각각 $\pi_1 = 67.64$ 와 $\pi_2 = 70.79$ 이다. Fig. 4는 게임의 두 번째 라운드를 설명하고 있다. 첫 번째 라운

드에서 서비스 제공자들에 의해 선택된 서비스들은 제거되고 나머지 서비스만을 가지고 게임이 진행된다. 마찬가지로 과정을 통해서 Player 1은 R_4 , Player 2는 R_2 를 선택하며, 이때의 보수는 각각 $\pi_1 = 66.96$ 와 $\pi_2 = 69.46$ 이다. 또한 마지막 라운드의 과정은 Fig. 5에서 보여주고 있는데, 여기서 Player 1은 R_3 , Player 2는 R_6 를 선택하며, 이때의 보수는 각각 $\pi_1 = 12.9$ 와 $\pi_2 = 12.1$ 이다. 경기 참여자가 2이며, 요청되는 서비스가 6개 이므로 3-round로서 모든 서비스가 선택되었으므로 게임이 종료된다. 이 게임의 결과 각 경기자들이 얻는 전체 보수는 각각 $\sum \pi_1 = 147.5$ 와 $\sum \pi_2 = 152.35$ 임을 알 수 있다.

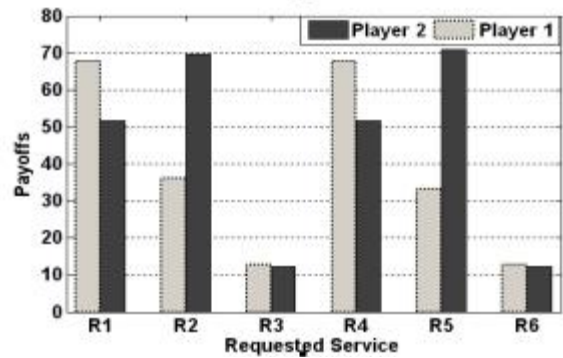


Fig. 3 Game using SAW (Round 1)

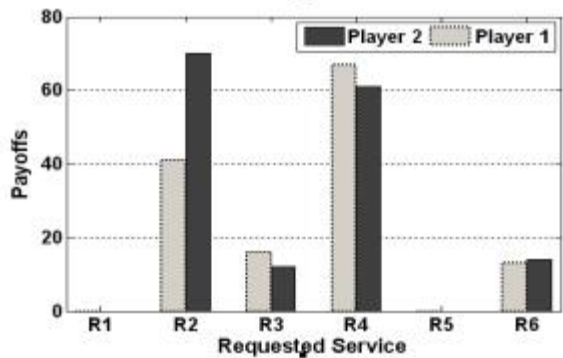


Fig. 4 Game using SAW (Round 2)

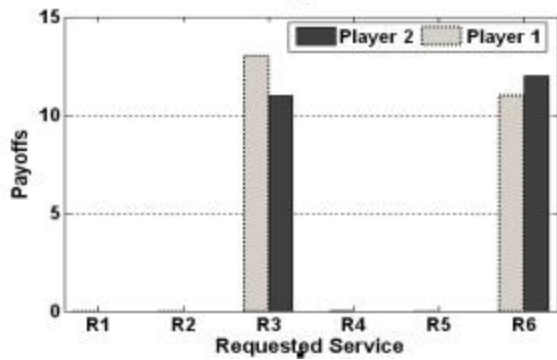


Fig. 5 Game using SAW (Round 3)

상기의 예는 SAW기법과 비협력적 게임을 결합한 방법으로 서비스 제공자의 보수가 최대가 되는 서비스가 선택되는 과정을 보였다. Table 6은 WLAN2:WLAN4의 게임에 대하여 GRA 또는 TOPSIS 방법을 적용해서 얻은 결과를 SAW 방법의 결과와 같이 표시하고 있다. Table 6에서 보듯이 모든 방법에서 각 경기자가 얻는 최대 보수는 다르지만, 각 라운드에서 선택되는 서비스는 같다는 것을 확인할 수 있었다.

지금까지는 WLAN2와 WLAN4 시스템이 중첩한 경우를 예를 들어 설명하였다. 마찬가지로 방법으로 다른 모든 경우의 2개의 시스템이 중첩되는 환경을 분석해 보아도, 각 경우에서 서비스 제공자가 얻는 최대 보수의 차이는 있었으나, 사용자가 요청하는 서비스가 선택되는 결과는 각각 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

Table 6 Game using GRA and TOPSIS

		Round			Payoff _{max}
		1	2	3	
SAW	Player 1	R1	R4	R3	147
	Player 2	R5	R2	R6	152
GRA	Player 1	R1	R4	R3	146
	Player 2	R5	R2	R6	145
TOP SIS	Player 1	R1	R4	R3	139
	Player 2	R5	R2	R6	146

5. 결론

본 연구에서는 중첩된 동종의 네트워크 환경에서 MADM 기법인 GRA, SAW와 TOPSIS 방법들과 비협력적 게임이론을 결합하여 서비스 제공자들의 보수를 최대로 하는 호 수락 제어 방법들을 연구하였다. 사용자들이 원하는 서비스 품질(QoS)을 보장하며 서비스 제공자들이 최대 보수를 얻는 서비스를 선택함으로써 한정된 자원을 효율적으로 관리할 수 있는 방안을 제시하였다.

GRA, SAW 및 TOPSIS 값들을 가지고 반복적인 게임을 수행하였으며, 각 라운드에서는 서비스 제공자들이 내쉬평형을 만족하는 가장 큰 보수를 얻을 수 있는 서비스를 선택함을 알 수 있었다. 서비스 제공자들이 얻는 보수의 차이는 있었으나 GRA, SAW 및 TOPSIS 기법들은 각 라운드에서 동일한 서비스를 선택하는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 GRA와 비협력적 게임을 결합한 기존의 연구를 확장하여 다른 MADM 기법을 사용하여 분석함으로써 다양한 형태로 수락 제어를 수행할 수 있는 방법을 제시한 것이 의의라 할 수 있다. 그러나 추후 연구에서는 사용자들이 요구하는 다양한 서비스를 만족할 수 있는 효과적인 형태의 연구와 더 많은 서비스가 중첩하는 경우와 다양한 이기종 네트워크를 이용하여 분석하는 연구가 필요하다고 본다.

References

- [1] V. S. Kolate, G. I. Patil and A. S. Bhide, "Call Admission Control Schemes and Handoff Prioritization in 3G Wireless Mobile Networks," International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Vol. 1, Issue 3, pp. 92-97, March 2012.
- [2] Hyoeun Kim, Wontae Kim and Yongjin Park, "A Efficient Distributed Connection Admission Control Framework in Next Generation Mobile Networks," in Proc. of the KIISE Fall Conference, Vol. 33, pp. 671-676, 2006.
- [3] K.Savitha and C. Chandrasekar, "Trusted Network Selection using SAW and TOPSIS Algorithms for Heterogeneous Wireless

- Networks,” International Journal of Computer Applications, Vol. 26, No.8, pp. 22-29, July 2011.
- [4] M. I. Cesana and N. Gatti, “Network Selection and Resource Allocation Games for Wireless Access Networks”, IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 12, pp. 2427-2440, 2013.
- [5] P. Frihauf, M. Krstic and T. Basar, “Nash Equilibrium Seeking in Noncooperative Games,” IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 57, No. 5, pp. 1192-1207, May 2012.
- [6] H. Pervaiz and J. Bigham, “Game Theoretical Formulation of Network Selection in Competing Wireless Networks: An Analytic Hierarchy Process Model,” NGMAST '09, pp.292-297, 2009.
- [7] J. Antoniou and A. Pitsillides, “4G Converged Environment: Modeling Network Selection as a Game,” in Proc. of 16th IST Mobile and Wireless Communications. pp. 1-5, 2007.
- [8] H. Pervaiz, H. Mei, J. Bigham and P. Jiang, “Enhanced Cooperation in Heterogeneous Wireless Networks using Coverage Adjustment,” in Proc. of the 6th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, pp.241-245. June 2010.
- [9] D. Charilas, O. Markaki and E. Tragos, “A Theoretical Scheme for Applying Game Theory and Network Selection Mechanisms in Access Admission Control,” in Proc. of Wireless Pervasive Computing (ISWPC), pp.202-307, May 2008.
- [10] J. L. Deng, “Introduction to Grey System Theory,” The Journal of Grey System, Volume 1, Issue 1, pp. 1-24, 1989.
- [11] 3GPP Technical Specification Group Service and System Aspects QoS Concept (3G TR 23.907 version 1.1.0)
- [12] Hyunseok Hwang, Sanghoon Lee and Suyeon Kim, “A Study of Factors for Evaluating Smartphone Selection and Use using Fuzzy AHP,” Journal of the Korea Industrial Information System Society, Vol. 16 No. 4, pp. 107-117, 2011.
- [13] Nam-Sun Kim, “AHP and Group Decision Making for Access Network Selection in Heterogeneous Wireless Networks,” The Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 38A, No. 10, pp. 858-864, 2013.
- [14] Q. Song and A. Jamalipour, “A network selection mechanism for Next Generation Networks,” IEEE International Conference of Communication, Vol. 2, pp.1418 - 1422, 2005.
- [15] Rodrigo-Alberto, “Handing Multiple Communications Sessions in an Heterogeneous Network Environment,” Chalmers university of technology master thesis, Sep. 2009.



김 남 선 (Nam Sun Kim)

- 정회원
- 한양대학교 전자통신공학과 공학 박사
- 대진대학교 전기전자통신공학부 교수
- Univ. of Texas 방문교수
- 관심분야 : 멀티미디어 이동통신, 무선 통신 시스템, 인지 통신