

논문 2012-50-4-29

# 분산 모바일 멀티미디어 통신망에서 파산이론을 적용한 대역폭 할당기법

( A Bandwidth Allocation Scheme based on Bankruptcy theory in  
Distributed Mobile Multimedia Network )

정 성 순\*

( Seong Soon Jeong )

## 요 약

본 논문에서는 분산 모바일 멀티미디어 통신망에서 유한한 대역폭을 공정하고 효율적으로 사용하기 위해 파산이론을 적용한 파산 대역폭할당 기법을 제안하였다. 제안된 파산 대역폭할당 기법은 협력게임이론에서 파산이론을 활용하여 파산상황에서 각 서비스의 최소 대역폭보장을 통해 각 서비스의 최소 QoS를 제공한다. 성능평가 결과로 제안한 파산 대역폭 할당기법(BBA)은 CEA, CEL, Reverse Talmud에 비해 공정성지수(FI:Fairness Index)를 통해 공정성 있고, Erlang blocking formular를 통해 서비스 차단율에 대해서도 높은 성능을 보임을 나타냈다. 제안된 파산 대역폭할당 기법은 분산 모바일 멀티미디어 통신망에서, 다양한 상황에서 서비스별 우선순위를 통한 대역폭 할당기법이나 동적인 대역폭 할당기법에 최소 대역폭 할당기준으로도 적용할 수 있다.

## Abstract

In this paper, it is proposed a bandwidth allocation Scheme based on Bankruptcy theory in Distributed Mobile Multimedia Network. The proposed scheme is guaranteed a minimum allocation. So, the minimum quality of each service are guaranteed. Therefore efficient and fairness network can be configured. The performance evaluation results indicate that the proposed scheme has good performance than other existing schemes by the fairness index and the Erlang blocking formular calculation. The minimum bandwidth of the proposed scheme can be applied to other techniques of a priority based bandwidth allocation scheme and dynamic bandwidth allocation scheme.

**Keywords** : Resource Allocation, Bankruptcy theory, Channel Allocation, Mobile network,  
Cooperative Game theory

## I. 서 론

최근 유선망보다 설치 과정이 간단하며, 토폴로지의

변경을 용이하게 할 수 있다는 장점을 가진 분산 모바일 네트워크가 널리 보편화되고 사용량이 증대됨에 따라 분산 모바일 통신망의 용량에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 분산 모바일 통신망의 전송 용량에 대한 연구의 필요성이 제기되어 왔으며, 이와 관련된 많은 연구들이 수행되어 왔다<sup>[1]</sup>.

지금까지 분산 모바일 통신망의 전송 용량에 대한 연구는 전송용량의 증대를 목적을 가지고 이루어져 왔으며 이는 무선망 사업자에게는 주된 관심 분야이기도 하

\* 정회원, 동양미래대학교 전기전자통신공학부 정보통신과

(Department of Information & Communications, Dongyang Mirae University)

※ 본 연구는 동양미래대학교에서 2012년 학술연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

접수일자: 2013년1월17일, 수정완료일: 2013년3월18일

다. 하지만 분산 모바일 통신망이 제공할 수 있는 최대 전송 용량에 대한 연구 및 돌발적인 트래픽 폭증에 대비하는 전송 용량 할당방법에 대한 연구는 미진한 편이다. 또한 분산 모바일 통신망은 서비스의 품질(QoS: Quality of Service)과 대역폭의 보장을 요구하는 민감한 특성을 가진다<sup>[1][2]</sup>. 이러한 특징을 가지는 분산 모바일 통신망에서는 서비스의 종류와 데이터의 형태에 따라 서로 다른 서비스 품질을 요구한다. 그러나 단말기의 이동성으로 인한 핸드오프는 서비스를 어렵게 하는 주요 원인이 된다. 특히 이러한 다양한 통신망 환경 중에서 서비스 품질이 중요한 방송 전송의 경우 지연, 지터, 패킷 손실률은 중요한 평가 기준이 되며 사용자의 이동성을 효과적으로 지원하는 방법 그리고 돌발적인 트래픽 폭증에 대비하는 일시적인 전송 용량인 대역폭 할당방법에 대한 연구는 현대 사회에서와 같이 인구의 운집 및 이동이 빈번한 경우에 네트워크 사업자로서 해결해야하는 주요 이슈 중의 하나이다<sup>[3~4]</sup>.

본 논문에서는 현재의 통합된 통신망에서 한정된 대역폭으로 음성 트래픽과 멀티미디어 트래픽, 그리고 서비스의 종류에 따라 실시간, 비실시간으로 구분되는 여러 서비스가 동시에 서비스될 때 동일한 조건으로 최소한의 QoS를 보장할 수 있는 공정하고 효율적인 최소 대역폭 할당기법을 파산이론을 기반으로 하여 제안하였다.

제안한 기법에서 활용한 게임이론은 경쟁 상황에서의 의사결정에 관한 것으로 한 쪽의 의사결정이 다른 쪽의 결정에 영향을 미치는 경쟁상황을 수학적 모델을 통해 분석하여 경제, 정치 등의 다양한 분야에 접목되고 있는 이론이다<sup>[4]</sup>. 이러한 게임이론을 이용한 대역폭 할당 기법에는 비협력(non-cooperative) 게임이론이나 협력(cooperative) 게임이론을 이용한다. 협력 게임이론은 다수의 사용자가 한정된 대역폭을 효율적이고 공평하게 공유하기 위한 이론적인 배경을 제공한다. 점차 네트워크에서의 많은 문제가 게임이론을 이용하여 정형화되어 가고 있다. 분산 시스템인 인터넷망의 다양한 의사결정자를 게임이론의 다수 참여자로 모델링하여 다양한 연구가 진행되고 라우팅이나 혼잡 제어 등의 문제에 활발히 적용되고 있다. 최근에는 무선네트워크의 다양한 문제에 게임이론이 적용되기 시작하였다<sup>[5]</sup>.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 논문의 배경이론인 협력 게임이론의 기본적인 개념과 파산이론

에 관해 설명한다. III장에서는 파산 대역폭할당 기법을 제안하고 알고리즘을 통해 고찰한다. IV장에서는 제안된 기법의 성능을 평가하기 위해 Jain의 FI 지수와 Erlang B를 사용하여 파산 대역폭할당 기법의 결과를 타 기법과 비교분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 협력게임이론

게임이론은 갈등과 협력의 상황을 연구하는 강력한 도구이며, 각각의 상황에서 안정적인 결과를 인식하고 개인의 의사결정권자나 '플레이어'를 위한 최상의 조치를 찾고 고려한다. 게임이론은 일반적으로 비협력과 협력게임으로 분류된다. 비협력 게임이론은 전략적 선택의 분석과 명시적으로 자신을 이익을 위한 플레이어의 의사결정 프로세스 모델과 관계가 있다. 협력게임은 비협력 게임과 달리 구속력 있는 약속을 만들 수 있다<sup>[6]</sup>. 플레이어의 움직임이 동시에 일어나는 경우 또는 동시에 일어나지 않는 경우에 따라 비협력 게임은 각각 정적 게임과 동적 게임의 두 가지 범주로 나눌 수 있다. 정적 게임에서 플레이어는 동시에 전략적인 선택을 하고 어떤 지식 없이 다른 플레이어들도 선택을 한다. 동적 게임에는 엄격한 순서가 있다. 플레이어는 그들의 행동을 만들기 위해 돌아가면서 다른 플레이어들이 사전에 한 행동을 인지한다. 이는 플레이어들이 상대방의 선택조건에 관한 payoff-relevant 특성의 전체 정보를 가지고 있는지에 따라 완전한 정보와 불완전한 정보 게임의 두 종류로 나눌 수 있다. 완전한 정보게임은 각각의 플레이어가 다른 사람들의 특성, 전략 공백, 귀결 기능 등에 대한 모든 지식을 가지고 있지만, 불완전한 정보게임은 그렇지 않다. 또한 각 게임은 대응하는 각자의 평형 전략을 가지고 있다<sup>[6~7]</sup>.

### 1. 파산이론

각각의 플레이어  $i$ 가  $i \in N$ ( $N$ :플레이어 전체)이고  $N$ 은 유한집합일 때, 총 요구량의 합( $\sum_{i \in N} c_i$ )이 양수인 총 대역폭  $E$ 보다 작으면( $\sum_{i \in N} c_i \geq E, E \geq 0$ ) 이를 파산상황이라 한다. 이러한 파산상황을 도식화하면 세 가지 변수 ( $N, E, c$ )로 나타낼 수 있다.

전체 플레이어의 집합은  $N$ , 특정 플레이어  $i$ 의 요구량은  $c_i$ , 총 요구량의 합은  $C(C = (c_i)_{i \in N})$  그리고  $E$ 는 총 대역폭을 의미한다. 또한, 주어진 집합  $N$ 에 대

한 모든 파산 합(N, E, c)은  $B^N$ 으로 나타내고  $(c_s)_{i \in N}$ 는 S가 집합 N의 부분집합일 경우,  $c_s$ 는 집합 S로 제한된 요구량들의 집합모음을 의미하며  $c(S)$ 는 집합 N의 부분집합인 S에 해당하는 요구량의 합( $c(S) = \sum_{i \in S} c_i$ )을 나타낸다.

집합 N의 총 요구량의 합( $C = \sum_{i \in N} c_i$ )와 총 대역폭 E를 활용하여 아래의 식(1)을 통해 집합 손실을 다음과 같이 구할 수 있다<sup>[7]</sup>.

$$L = C - E \tag{1}$$

위와 같이 요구되는 대역폭의 양이 총 대역폭의 양보다 많은 경우를 파산상황이라 하며 이러한 환경에서 대역폭할당을 하는 기법으로는 대표적으로 4가지 종류가 있다. (N, E, c)를 사용한 파산이론을 기반으로 한 기법은 다음과 같다<sup>[7~8]</sup>.

- $CEA(Constrained Equal Awards rule) : .$   
 $\sum_{i \in N} Min [c_i, \lambda] = E$

$$CEA_i(N, E, c) = Min [c_i, \lambda^*], i \in N \tag{2}$$

- $CEL(Constrained Equal Losses rule) : .$   
 $\sum_{i \in N} Max [0, c_i - \lambda] = E$

$$CEL_i(N, E, c) = Max [0, c_i - \lambda^*], i \in N \tag{3}$$

- $RT(Reverse Talmud rule) : i \in N.$  \tag{4}

$$T_i(N, E, c) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2}c_i - CEA_i(N, \frac{1}{2}C - E, \frac{1}{2}c) \\ \quad \text{if } E \leq \frac{1}{2}C \\ \frac{1}{2}c_i + CEA_i(N, E - \frac{1}{2}C, \frac{1}{2}c) \\ \quad \text{if } E \geq \frac{1}{2}C \end{array} \right\}$$

### III. 제안한 파산 대역폭할당 기법

분산 모바일 멀티미디어 통신망에서는 실제 가용할 전체 대역폭의 양 E가 총 요구량 C에 비해 적은 경우를 파산 상황이라 한다.

```

1. Define (N,E,c) for according to (1)
2. Define  $A_i, i \in N$  // 요구 대역폭의 총 합
3. if( $\sum_{i=0}^n A_i \leq \sum_{i=0}^n c_i$ )
4.   if  $E \leq \frac{1}{2}C$ 
5.     begin
6.       find  $CEA_i(N, E, \frac{1}{2}c)$  with (2)
7.       allocated  $CEA_i(N, E, \frac{1}{2}c)$ 
8.     end
9.   else
10.    find L with (1)(2)
11.    find  $CEA_i(N, L, \frac{1}{2}c)$  with (2)
12.    allocated  $c_i - CEA_i(N, L, \frac{1}{2}c)$ 
13.  end
    
```

그림 1. 파산상황에서 대역폭할당 알고리즘  
 Fig. 1. Bandwidth Algorithm in Bankruptcy.

무선 통신망의 대역폭은 한정되어 있으므로 트래픽의 양이 순간 폭발적으로 증가한다면 쉽게 파산상황으로 변하고 전체 서비스를 수용할 수 없게 된다. 그리하여 본 논문에서는 이러한 파산상황에서 전체 서비스의 서비스 품질에 핵심이 되는 최소 대역폭할당을 제안하는 파산 대역폭 할당기법(Bankruptcy Bandwidth Allocation)을 제안한다.

본 논문의 분산 모바일 통신망은 링크 공유모델로 구성되어 파산상황과 같이 전체 대역폭의 양은 요구 대역폭의 합보다 적으며 결과적으로 요구 대역폭보다 적게 할당된 대역폭( $A_i, i \in N$ )을 배당받는다.

그림 1의 1행과 2행은 파산이론에 근거하여 (N,E,c)와  $A_i$ 를 정의한다. 또한 전체 대역폭 E는 총 요구량 C보다 작으므로 이를 아래와 같이 식(5)로 정의할 수 있다. 즉, 총 대역폭과 총 할당량 모두 총 요구량보다 적으므로 각 서비스에는 항상 요구량 보다 적은 양이 할당된다.

$$E \leq \sum_{i=0}^n c_i, \sum_{i=0}^n A_i \leq \sum_{i=0}^n c_i \tag{5}$$

위의 조건에 부합하면 4행과 같이 총 대역폭 E를 총 요구량의 1/2과 비교한다. 이를 비교하여 총 대역폭 E

가 총 요구량에 1/2에 미치지 못한다면 6행과 같이  $(N, E, c/2)$ 를 구해서 CEA 기법을 활용하여 각 서비스에 할당되는 할당량  $A_i$ 에게 최소 할당량을 보장해준다. 즉,  $c_i^{CEA} = \text{Min}[c_i, \lambda^*], i \in N$ 에서 총 대역폭  $E$ 가 만족하는 최소할당량  $\lambda^*$ 를  $E = \sum_{i \in N} \text{Min}[c_i, \lambda^*]$ 에 부합하도록 할당한다. 이 경우 각 서비스는 최소할당량  $\lambda^*$ 를 보장받는다. 총 대역폭  $E$ 가 총 요구량의 1/2을 넘는다면 10행과 같이 집합 손실  $L = C - E$ 를 구하여  $L$ 과  $(N, E, c/2)$ 를 정의한다. 이를 활용하여 12행과 같이  $c_i - \text{CEA}_i(N, L, \frac{1}{2}c)$ 를 구하여 각 서비스에 대역폭을 할당한다. 즉, 총 대역폭  $E$ 는  $\sum c_i - \min(c_i, x) = E$ 를 만족해야 한다. 이 경우에는 총 대역폭의 양과 요구량의 비율을 따져 대역폭의 최소 할당량을 보장할 수 있다.

#### IV. 성능평가

본 절에서는 제안한 파산 대역폭 할당기법을 Jain의 공정성 값과 Erlang Blocking formula에 의해 평가한다. Jain의 공정성지수(FI)는 경쟁하는 노드사이에 공유된 공정한 대역폭이나 불공정한 대역폭을 측정하는 지수이다. 공정성지수(FI)는 식(6)과 같다<sup>[9]</sup>.

$$FI = \frac{\left( \sum_{i=0}^n A_i / c_i \right)}{n \sum_{i=0}^n (A_i / c_i)^2} \quad (6)$$

제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위해서 기존의 제안된 파산이론들을 비교대상으로 선정하였다. 할당 대역폭(채널 할당량)  $A_i$ 는 요구 대역폭(채널 요구량)  $c_i$ 에 따라 공정성지수(FI)를 계산한다.

그림 2는 총 대역폭  $E$ 를 가용할 채널의 수로 나타내어 CEL, Reverse Talmud, CEA와 제안한 기법인 BBA(Bankruptcy Bandwidth Allocation)의 공정성 지수를 보여준다.

그림 2의 공정성 지수를 계산하기위한 조건은 다음과 같다. 총 자원(채널 수)의 값을 100, 200, 300으로 하고 각 자원 당 채널 요구량이 100, 200, 300인 3개의 채널로 자원을 할당한다. 제안된 BBA기법은 총 자원의 양과 채널 요구량에 대한 비율에 따른 채널 할당량을 산출하여 최소할당량을 제안한다. 같은 조건에서 기존

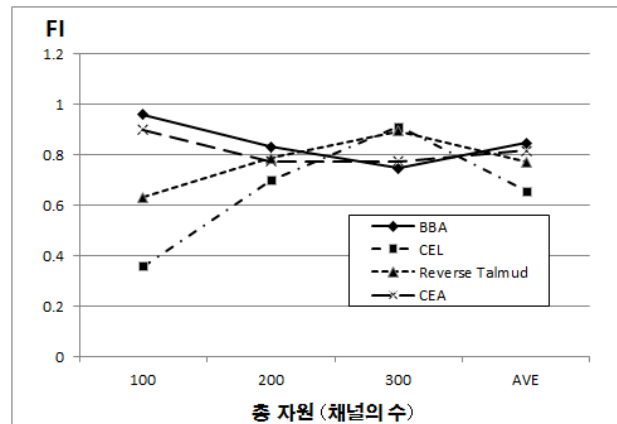


그림 2. 공정성 지수 비교  
Fig. 2. FI (Fairness Index).

의 기법인 CEL, Reverse Talmud, CEA를 통해 채널 할당량을 구한다. 계산된 채널 할당량과 채널 요구량을 이용하여 공정성지수(FI)를 구하였다.

그림 2에 보인 것처럼 공정성지수의 평균값은 BBA 0.84, CEA 0.81, Reverse Talmud 0.77, CEL 0.65로 BBA가 평균적으로 가장 높은 공정성 지수를 나타냄을 알 수 있다. 이는 제안된 BBA기법이 동일한 자원환경에서 가변적인 채널 요구량에 대한 할당자원의 비율이 다른 기존의 기법인 CEA, Reverse Talmud, CEL에 비해 가장 높은 공정성을 가지며 특히, 총 자원의 양이 작을수록 공정성지수가 매우 높게 나타남을 알 수 있다. 평균 공정성지수가 BBA 다음으로 높게 나타난 CEA의 경우, 총 자원(채널의 수)이 100일 때 CEA는 0.89(BBA 0.95)이며 총 자원이 100, 200, 300으로 증가함에 따라 채널 요구량과 무관하게 할당량은 고정적으로 33, 66, 100으로 하였다. 즉, CEA는 채널 요구량을 무시하고 총 자원의 양을 채널 요구 수로 나누어 이를 기준으로 할당량을 산정한다. 그러나 제안된 BBA는 같은 환경에서 총 자원이 100, 200, 300으로 증가할 경우, 각 채널의 요구량이 100, 200, 300이면 총 자원의 양에 따라 33, 50, 50이나 33, 75, 100 또는 33, 75, 150으로 비율에 따라 가변적인 값을 나타낸다. 이는 BBA기법이 CEA기법과 달리 총 대역폭  $E$ 가 총 요구량의 1/2을 넘는다면 집합 손실  $L = C - E$ 를 구하여 이를 사용하여 총 자원의 양과 요구량의 비율을 따져 대역폭의 최소 할당량을 보장하기 때문에 나타나는 결과이다. 또한 CEL과 Reverse Talmud는 총 자원의 값에 따라 공정성 지수는 매우 급변하는 것으로 나타났다.

그림 3의 Blocking rate  $B_c$ 는 입력 호의 도착 시 시스템의 모든 채널이 점유되어 발생하는 lost call의 발생 확률로 다양한 트래픽 상황에서의 서비스 실패율 ( $B_c$ )을 보여준다. 입력 호의 도착분포가 poisson분포이고 호 점유시간이 평균값을 갖는 분포임을 가정하면, 각 구성요소별 파라미터 및  $B_c$ 는 식(7)과 같이 Erlang에 의해 표시된다<sup>[8]</sup>. 시스템 용량인  $n$ 은 셀의 채널 수이며 트래픽 로드  $a$ 는 트래픽 밀도인 Erlang을 나타낸다. 전체 시스템의 QoS는  $B_c$ 로 서비스 차단율 (blocking rate(%))을 나타내며 식(7)과 같다<sup>[10]</sup>.

$$B_c = Erl(n, a) = \frac{a^n/n!}{\sum_{i=0}^n a^i/i!} \tag{7}$$

제안 기법(BBA)은 표 1의 변수를 사용하여 할당 받은 대역폭을 바탕으로 Erlang을 계산하였다.

셀의 총 채널 수가 100, 200, 300일 경우 시간당 요청 호를 200, 300으로 하였을 때, 그림 3과 같이 각 기법에 의해 할당된 채널의 수를 바탕으로 Erlang을 계산하면 10, 20, 30이며 이 경우  $Erl(n, a), (a = 10, 20, 30)$ 에 총

표 1. 실험에 사용된 매개변수

Table 1. Parameters.

number of channels in a cell	100/200/300
request call during an hour	200/300
Simulation Time	3600 seconds
Average holding Time	360 seconds

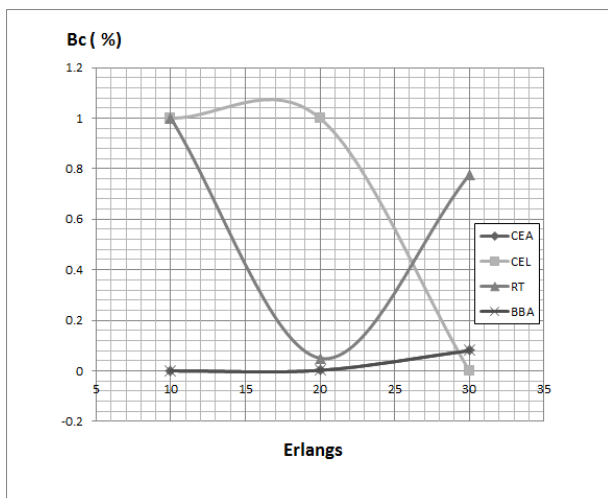


그림 3. 서비스 차단율 (%)

Fig. 3.  $B_c$  (Blocking rate (%)).

채널  $n$ 을 넣어 서비스 차단율을 구하면 Erlang의 값이 10일 때, CEL과 Reverse Talmud는 서비스 차단율이 가장 높은 1%의 값을 보이며 CEA는 식(7)을 이용해서 값을 구하면 0.000000052%인 결과를 나타낸다.

Erlang의 값이 20일 경우, CEL과 Reverse Talmud는 각각 1%과 0.05%를 나타내며 BBA과 CEA의 경우 0.002%를 나타낸다. Erlang의 값이 30일 경우, BBA와 CEA는 0.08%을 나타낸다. 서비스 차단율은 BBA가 기존 기법인 CEA와 동일한 결과를 보인 것을 알 수 있다. 그러나 CEA의 경우 앞서 공정성 지수분석을 위해 살펴본 것과 같이 총 자원을 채널 요구량에 따른 할당이 아닌 총 자원을 채널 요구 수에 따른 할당으로 할당 요구량에 따른 비율적인 할당량을 산출하지 못한다. 이는 총 자원이 총 채널 요구량보다 적은 경우와 같은 과산상황에서 요구 채널량의 비율에 따른 할당량 통한 최소 할당량을 제안에는 적합하지 않다. 그러므로 제안된 BBA는 CEL과 Reverse Talmud 기법에 비해 안정적인 서비스 실패율을 보이며 CEA, CEL, Reverse Talmud 기법에 비해 높은 공정성을 가짐을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 분산 모바일 멀티미디어 통신망에서 서비스 간에 공정성 있고 효율적인 대역폭할당 기법을 제안하였다. 제안된 파산할당기법을 기존 파산대역폭기법과 공정성 지수와 서비스 차단율을 통해 효율성을 비교, 검증 하였다.

멀티미디어 통신망에서는 일시적인 과부하가 일어나면 한정된 대역폭이 고갈되면서 각 서비스에 효율적인 대역폭 할당이 어렵게 된다. 그러나 이러한 상황에서도 각 서비스에 최소 대역폭할당이 이루어져 사용자의 최소 QoS를 보장하는 품질 좋은 서비스 환경을 구성해야만 한다. 그리하여 본 논문에서는 이러한 유한한 대역폭의 특성을 고려하여 최소 서비스의 품질을 보장하기 위해 자원의 양과 요구량의 비율에 따라 다른 할당량을 제안하는 알고리즘을 통해 최소 할당량을 분배하는 파산 대역폭할당 기법을 제안하였다.

제안한 기법은 기존의 협력 게임이론에 바탕을 둔 파산이론을 근거로 하여 제안하였다. 그리하여 기존의 파산 기법인 CEL, CEA, Reverse Talmud기법과 제안한 기법인 BBA를 대상으로 같은 상황에서 대역폭할당에

대해 비교 분석하였다. 그 결과 최소 할당량을 보장하는 BBA가 평균 공정성이 가장 높고 같은 트래픽 부하일 경우 서비스 차단율에서도 효율성 있음을 보여줬다. 이러한 최소할당량 제안을 통한 파산 대역폭할당기법은 다양한 서비스 환경에서 자원의 최소 할당량의 기준으로도 활용 할 수 있을 것이다. 그러나 전체 네트워크의 상황에 맞는 가변적인 자원의 양과 서비스 품질을 기준하여 대역폭 할당을 하기 위해서는 보다 다양한 기법의 혼합을 통해 최소 할당량 뿐 아니라 최대 할당량의 산정할 수 있는 혼합기법에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] 이용, 이구연, “무선 애드 혹 네트워크의 최대 전송 용량 확장,” 대한전자공학회논문지, 제49권, 제9호, 11-17쪽, 2012년 9월

[2] 김진환, “분산 모바일 멀티미디어 시스템에서 재성버퍼 수준에 기반한 동적 대역폭 할당 기법,” 정보처리학회논문지, 제17권 B권, 제6호, 413-420쪽, 2010년 12월

[3] 용기택, 신현철, 이동열, 유용식, 최동준, 이채우. “채널 결합 기반 대용량 방송서비스를 위한 유효 대역폭 추정 알고리즘에 대한 연구,” 대한전자공학회논문지, 제49권 TC편, 제3호, 47-61쪽, 2012년 3월

[4] 최윤호, 김승욱, “멀티미디어 셀룰러 네트워크상에서 내쉬 협상해법을 이용한 대역폭 관리기법,” 정보과학회논문지, 제37권, 제6호, 415-419쪽, 2012년 10월

[5] 모정훈, 박광우, 김태현, “게임이론과 네트워크의 만남,” 한국통신학회지(정보와 통신) 26(7), 17-23쪽, 2009년 6월

[6] Liqiang Zhao, Jie Zhang, Hailin Zhang, “Using Incompletely Cooperative Game Theory in Wireless Mesh Networks,” IEEE Network, vol. 22, pp.39 - 44, 2008.

[7] Rene van den brink, Yukihiko Funaki, Gerard van der Laan, “Weak Exemption, Weak exclusion, and a characterization of the Reverse Talmud rule for bankruptcy problems,” Technical Report JEL code: D63,D70, March 19, 2008.

[8] 박재성, 임유진, “협력게임이론을 이용한 대역폭 할당기법의 성능비교,” 정보처리학회논문지, 제18-C권, 제2호, 97-102쪽, 2011년 4월

[9] R. K. Jain, D. M. W. Chiu, and W. R. Hawe, “A quantitative measure of fairness and

discrimination for resource allocation and shared computer system,” Technical Report DEC-TR-301, Digital Equipment Corporation, 1984.

[10] 정현규, “음성 및 데이터를 포함하는 이동통신 혼합 트래픽의 Erlang 용량 산출방법,” 전자통신동향분석, 제17권, 제5호, 37-46쪽, 2002년 10월

### 저 자 소 개



정 성 순(정회원)

1985년 연세대학교 전자공학과  
학사 졸업.

1987년 연세대학교 전자공학과  
석사 졸업.

2004년 연세대학교 전기전자  
공학과 박사 졸업.

1987년~1995년 삼성전자 정보통신연구소  
선임연구원

1995년~현재 동양미래대학교 전기전자통신  
공학부 정보통신과 교수

<주관심분야 : 이동통신, 통신공학, 정보통신>