

멀티미디어 PCS에서 Image/Voice/Data 호에 대한 가변적 보호채널 할당의 분석

나원식, 이용주
원광대학교 컴퓨터공학과

Analysis of Variable Guard Channel Allocation For Image/Voice/Data Calls in Multimedia Personal Communication Services

Won-Shik Na, Yong-Ju Lee
Dept. of Computer Engineering, WonKwang University

요약

멀티미디어 개인 휴대 통신(MPCS)에서 다중 클래스호에 대한 효율적인 채널할당은 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 Image/Voice/Data 호에 대하여 가변적 보호 채널을 할당하는 새로운 방식을 제안하였다. 이러한 방식은 3차원 상태 천이도로 모델링되며 보호 채널의 크기를 가변적으로 조절함으로써 보다 융통성있는 서비스를 제공하게 되며, 또한 수학적 분석과 시뮬레이션을 통해 비교분석을 수행하였다.

제 1 장 서론

최근 들어 무선 이동 통신에 대한 관심이 높아지면서, 특히 디지털 방식의 등장과 함께 얼마 전부터 상용화에 들어간 CDMA 방식에 대한 관심이 증가하고 있으며, 수요도 폭발적으로 증가하고 있다. 그러나 사용자가 증가함에 따라 한정된 자원인 무선 주파수의 부족이 점차 심각한 문제점으로 대두되었다. 무선 이동 통신에서는 각 지역을 셀(cell)이라는 단위로 구분하여 서비스를 제공하고 있으며 각각의 셀은 인접 셀과는 다른 주파수를 할당함으로써 셀간의 간섭을 최소화하고 있다[2]. 하나의 셀 내에서 처리하는 호(call)는 기본적인 음성호의 환경에서 신규 발신 음성 호(new voice call)와 핸드오프 음성 호(handoff voice call)로 나눌 수 있다. 신규 발신 호는 이동 전화 가입자가 셀 내에서 착 발신하는 호로서 새로이 무선 채널을 할당받는 것이며, 핸드오프 음성 호는 어떤 임의의

셀에서 통화를 시작한 후 이동 전화 가입자가 계속 통화하면서 이웃하는 다른 셀로 이동할 때 새로운 무선 채널을 할당받는 경우를 말한다. 만일 서비스해 주는 셀에서 가능한 채널이 없다면 그 호는 통화가 불가능하게 되며 흔히 이것을 '호가 블럭(block)된다'고 말한다. 셀의 크기를 줄이게 되면 그에 따라 주파수 재사용 범위는 증가하게 되고 따라서 더 많은 사용자에게 서비스를 제공할 수 있지만 그에 대한 반대 급부로 잦은 핸드오프 음성 호가 발생하게 되며 이러한 현상을 '핑퐁(ping-pong)'이라고 하는데, 블럭될 가능성도 훨씬 많아지게 된다. 실제 사용자의 입장에서 볼 때 새롭게 통화를 시도할 때 블럭되는 것보다 통화를 하고 있을 때 핸드오프되는 과정에서 이웃 셀에 가용 채널이 없어 블럭되는 것이 훨씬 불쾌감을 느끼게 된다. 이를 위해 대개 고정적 보호 채널을 핸드오프 음성 호에 전용으로 할당하는데 이렇게 함으로써 핸드오프 음성 호의 블럭률

이 줄어들게 된다[1, 4]. 하지만 반면에 상대적으로 신규 발신 음성 호의 블럭률은 핸드오프 음성 호의 블럭률이 줄어드는 것에 비해 훨씬 높아지게 된다. 아울러서 대개 전체 호에서 핸드오프 음성 호에 비해 신규 발신 음성 호가 차지하는 비중이 크기 때문에 전체 채널 활용도가 떨어지게 된다[4].

또한, 단지 음성 호(voice call)환경에서 더욱이 멀티미디어 개인 휴대 통신(MPCS) 환경으로 발전하고 있는데 음성 호 뿐만 아니라 데이터 호(Data call), 영상 호(Image call)까지 효율적으로 채널을 사용하는 문제를 해결하는 것이 전체적인 서비스 품질(QoS)을 향상시킬 수 있다. 이러한 환경에서도 음성 호에 우선 순위를 가지고 고정적 보호 채널을 주어 음성 호(voice call)의 블럭률을 줄이게 된다. 상대적으로 데이터 호의 블럭률은 그 만큼 증가하기 때문에 전체 채널 사용도가 떨어지게 된다[9].

본 논문에서는 멀티미디어 개인 휴대 통신 환경에서 영상 호에만 할당되는 고정 보호 채널을 좀 더 융통성 있게 가변적으로 조절함으로써 전체 채널의 활용도를 높이고자 한다. 본 논문의 구성을 살펴보면 우선 2장에서는 기존의 고정적 보호채널 할당 기법을 설명하였고 3장에서는 제안된 가변적 보호 채널 설정 기법의 알고리즘 등을 설명하였다. 4장에서는 수학적 분석을 하였고 시뮬레이션을 통해 수학적 분석의 타당성을 보였다. 또한 이를 토대로 고정적 보호 채널 방식과 가변적 보호 채널 방식을 비교 분석하였고, 마지막으로 5장에서는 결론을 제시하였다.

제 2 장 고정적 보호 채널의 모델링 및 분석

2.1 일반적인 채널 설정

일반적인 개인 휴대 통신(PCS)에서 핸드오프 호 기준에 따라 핸드오프 호 상황이 발생하게 되면 기지국은 사용자에게 새로운 채널을 할당해야 한다. 그 때 기지국에 사용 가능한 채널이 없다면 이 사용자의 통화는 통화할 수 없게 된다. 따라서 이러한 상황을 해결하고 서비스 품질(QoS)을 높이기 위해 대개 핸드오프 호가 신규발신음 호보다 높은 우선 순위를 부여하는 다음과 같은 기법을 이용한다. 첫번째, 보호 채널이란 예약 채널(reserved channel)이라고도 하는데 전체 채널

중에서 핸드오프 호가 전용으로 할당하는 채널을 말한다. 예를 들어 안 기지국에 C 개의 무선 채널이 할당되었고 이 중에서 g 개의 채널을 보호 채널로 설정했다고 가정하자. 이 때 통화를 시도하는 신규발생음 호는 C - g 개의 채널만 이용할 수 있지만 핸드오프 호는 C 개의 채널을 이용할 수 있다. 즉, 만일 현재 C - g 개의 무선 채널을 사용 중일 때 신규발생음 호가 발생한다면 이 신규발생음 호는 블럭되지만, 핸드오프 호가 발생한다면 이 호는 C 개의 채널이 다 차기 전까지는 채널을 할당받을 수 있다[1, 2, 4]. 두 번째 기법은 음성 호에 큐를 도입하는 것으로서 이것은 무선 채널을 모두 점유한 상태일 때 핸드오프 호가 발생한다면 이 호를 바로 블럭시키는 것이 아니라 일정 시간(T_Q) 동안 큐에 대기하고 있는 호에 이 채널을 할당함으로써 계속 통화를 할 수 있게 하는 것이다[1, 2]. 마지막으로, N회 재시도라는 것은 사용 가능한 무선 채널이 없는 상황에서 핸드오프 호가 발생했을 때 일정 시간동안 N회 만큼 채널 요청 시도를 하는 것이다. 이것은 위에서 말한 큐잉 기법과 비슷한 기법이지만 앞의 방법에서는 따로 큐가 필요한 반면 여기서는 큐가 필요없다.

2.2 고정적 보호 채널의 설정 기법

일반적으로 멀티미디어 개인 휴대 통신에서 Image/Voice/Data 호에서 보호 채널(g)을 많이 설정하면 할수록 영상 호가 블럭되는 확률(P_{BV})은 현저하게 줄어든다. 하지만 반면에 음성 호의 블럭 호(P_{BV})나 데이터 호의 블럭률(P_{BD})은 그보다 더 많은 비율로 증가하게 된다. 현재 사용 중인 채널의 개수를 판단하여 단순히 공통 채널의 크기를 넘었는지의 여부에 따라 통화 요청이 들어온 호를 받아들이거나 또는 거절한다[3]. 따라서 보호 채널로 설정한 부분이 현재 사용 중이 아니더라도 음성 호나 데이터 호의 요청이 들어왔을 경우 거절할 가능성이 있게 된다.

영상 호, 음성 호, 그리고 데이터 호의 발생은 각각 $\lambda_V, \lambda_V, \lambda_D$ 라고 하고 채널의 평균통화시간은 모두 다 $T_H (= 1/\mu)$ 라고 하자. 셀에 할당된 전체 채널의 개수가 C이고 이 중에서 영상 호, 음성 호, 그리고 데이터 호가 공동으로 쓸 수 있는 채널의 개수가 g_1 라고 한다면 음성 호가 전용으로 사용 가능한 채널의 개수가 C - g_1 가 되며, 영상 호가 전

```

/*****/
/*   고정적인 보호 채널 설정 알고리즘   */
/*   C   : 전체 채널의 개수           */
/*   gi : 보호 채널의 개수           */
/*****/

if (Data Call) then
    if (#OccupiedChannel < C - g1)
        accept call;
    else
        reject call;

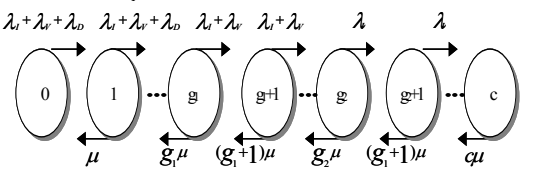
if (Voice Call) then
    if (#OccupiedChannel < C-g2)
        else
            reject call;

if(Image Call)then
    if (#OccupiedChannel < C)
        else
            reject call;

```

[그림 2] 고정적 보호 채널의 설정 기법에 대한 알고리즘

용으로 사용 가능한 채널의 개수는 C-g₂가 된다. 즉, 데이터 호는 현재 사용 가능한 채널이 g₁이하로 떨어지면 블럭되며 음성 호는 사용 가능한 채널이 없을 때 g₂ 만 블럭된다. [그림 3]의 상태 천이도에서 상태 i를 셀의 기지국에서 현재 i개의 호를 서비스하고 있는 상태라고 하자. P_i를 기지국이 상태 i에 있을 정상 상태 확률(Steady-State Probability)이라고 했을 때 생성-소멸 과정(Birth-Death Process)과 3가지 유형의 상태에 따라 채널에 대한 상태천이도를 기반으로 하여 P_i의 값을 구해질 수 있다[1].



[그림 3] 고정적 보호 채널을 점유하는 세 가지 유형의 호수에 대한 상태 천이도

$$P_i = \begin{cases} \frac{(\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)}{\mu^i} P_{i-1}, & 1 \leq i \leq g_1 \\ \frac{\lambda_V + \lambda_D}{\mu^i} P_{i-1}, & g_1 + 1 \leq i \leq g_2 \\ \frac{\lambda_I}{\mu^i} P_{i-1}, & g_2 + 1 \leq i \leq C \end{cases} \quad (1)$$

$$P_i = \begin{cases} \frac{(\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)^i}{i! \mu^i} P_0, & 1 \leq i \leq g_1 \\ \frac{(\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)^{g_1} \cdot (\lambda_I + \lambda_V)^{i-g_1}}{g_1! \mu^{g_1} \cdot (i-g_1)! (\mu)^{i-g_1}} P_0, & g_1 + 1 \leq i \leq g_2 \\ \frac{(\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)^{g_1} \cdot (\lambda_I + \lambda_V)^{g_2-g_1} \cdot (\lambda_I)^{i-g_2}}{g_1! \mu^{g_1} \cdot (g_2-g_1)! (\mu)^{g_2-g_1} \cdot (i-g_2)! (\mu)^{i-g_2}} P_0, & g_2 + 1 \leq i \leq C \end{cases}$$

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{g_1} \frac{(\lambda_D + \lambda_V + \lambda_I)^k}{k! \mu^k} + \sum_{k=g_1+1}^{g_2} \frac{(\lambda_D + \lambda_V + \lambda_I)^{g_1} \cdot (\lambda_V + \lambda_I)^{k-g_1}}{k! \mu^k} + \sum_{k=g_2+1}^C \frac{(\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)^{g_1} \cdot (\lambda_I + \lambda_V)^{g_2-g_1} \cdot (\lambda_I)^{k-g_2}}{g_1! \cdot (g_2-g_1)! \cdot (k-g_2)! (\mu)^{k-g_2}} P_0 \right]^{-1} \quad (2)$$

$$P_{BD} = \sum_{i=g_1}^C P_i \quad (3)$$

데이터 호가 블럭될 확률은 기지국이 상태 g₁에서 C까지 있을 확률이다. 또한 음성 호는 기지국이 상태 C-g₂개에 있을 때 블럭된다. 따라서 데이터 호의 블럭률(P_{BD})과 음성 호 블럭률(P_{BV}), 그리고 영상 호의 블럭률(P_{BI})은 각각 다음과 같이 구해진다[1].

$$P_{BD} = \sum_{i=g_1}^C P_i$$

$$P_{BV} = \sum_{i=g_2}^C P_i$$

$$P_{BI} = P_C \quad (4)$$

또한, 전체 호 발생률을 λ라고 했을 때 영상 호, 음성 호, 그리고 데이터 호의 호발생률은 다음과 같은 관계를 가진다.

$$\lambda = \lambda_D + \lambda_V + \lambda_I$$

$$\lambda_I = \tau \times \lambda_V + (1-\tau) \lambda_D \quad (5)$$

(τ : 음성호와 데이터호에 대한 영상호의 비율)

제 3 장 제안된 가변적 보호 채널 모델링 및 분석

3.1 가변적 보호 채널 설정 알고리즘

제안된 방식에서는 데이터 호(λ_D)와 음성 호(λ_V)의 거절 비율을 정해진 시간마다 점검한다. 이러한 방법을 통해 호의 거절 정도가 일정 수준을 넘어서게 되면 보호 채널의 크기를 줄이거나 증가시키게 된다. 이렇게 함으로써 통화량이 급격히 변화하는 등의 상황에 대해 좀 더 유연적으로 대처할 수 있게 해 준다. [그림 4]에서는 본 논문이 제안한 가변적인 보호 채널의 설정에 대한 알고리즘을 제시하였다.

3.2 가변적 보호 채널의 모델링 및 분석

고정적 보호 채널을 가변적으로 설정하는 방식에서 호 발생률과 평균 통화 시간이 의미하는 바는 앞의 고정적 보호 채널 설정 방식과 동일하다. 가변적 보호 채널 설정 방식의 상태 천이도에서는 고정적 보호 채널 설정 방식의 상태도를 보다 확장시킨 개념이 필요

하다([그림 5] 참조). 가정된 파라미터를 이용하여, 마코프체인(Markov-chain) 모델을 만들고, 생성소멸과정과 3가지 유형의 호의 상태에 따라 채널에 대한 천이도를 보인다. 흐름보존의 법칙을 이용하여 그에 따른 정상 상태 확률($P(i,j,k)$)을 구한다. 그림 5는 제안된 큐잉 모델을 3차원 상태 천이도로 표시하는데 상태 (i,j,k) 에서 상태 i 는 채널에 영상호(λ_I)가 i 개 있는 상태이며, c 개까지 점유할 수 있으며, 상태 j 는 채널에 음성호(λ_V)가 j 개 있는 상태이며(g_2-g_1)개까지 점유할 수 있으며 또한 상태 k 는 채널에 데이터호(λ_D)가 채널에 k 개 있는 상태를 의미하며, $(c-g_2)$ 개까지 점유할 수 있다.

```

/*****/
/*   가변적인 보호 채널 설정 알고리즘   */
/*       C   : 전체 채널의 개수           */
/*       g1 : 보호 채널의 개수           */
/*****/
if (Data Call) then
  if (#OccupiedChannel < C - g1)
    accept call;
  else
    eject call;
    Data Reject++;
  if (OverThreshold(Data Reject))
    reset Data Reject;
  decrease g1;
  if (Voice Call) then
    if (#OccupiedChannel < C-g2)
      accept call;
    else
      reject call;
      VoiceReject++;
  if (OverThreshold(Voice Reject))
    reset Voice Reject;
  decrease g2;
  if(Image Call) then
    if(#OccupiedChannel < C)
      else
        reject call;
        Image Reject++;
    if(over Threshold(Image Reject))
      reset Image Reject;
    Increase g2;

```

[그림 4] 가변적 보호 채널의 설정기법에 대한 알고리즘

$$P(i, j, k) = \begin{cases} \frac{(\lambda_V)^j}{i! \mu^i} P(0,0,0) & 0 \leq i < c, j=0, k=0 \\ \frac{(\lambda_I)^i (\lambda_I + \lambda_V)^{j-i}}{i! \mu^i (i-j)! \mu^{i-j}} P(0,0,0) & 0 \leq i < c, 0 \leq j \leq c-g_1, k=0 \\ \frac{(\lambda_I)^i (\lambda_I + \lambda_V)^{j-i} (\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)^{c-i-j}}{i! \mu^i (i-j)! \mu^{i-j} (j-k)! \mu^{j-k}} P(0,0,0) & 0 \leq i < c, 0 \leq j \leq c-g_2, 0 \leq k \leq c-g_1 \end{cases} \quad (6)$$

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{g_1} \frac{(\lambda_D + \lambda_V + \lambda_I)^k}{k! \mu^k} + \sum_{k=g_1+1}^{g_2} \frac{(\lambda_D + \lambda_V + \lambda_I)^{g_1} (\lambda_V + \lambda_I)^{k-g_1}}{k! \mu^k} + \sum_{k=g_2+1}^c \frac{(\lambda_I + \lambda_V + \lambda_D)^{g_2} (\lambda_I + \lambda_V)^{k-g_2}}{(k-g_2)! (\mu)^{k-g_2}} P_0 \right]^{-1} \quad (7)$$

앞에서와 마찬가지로 $P(i, j, k)$ 를 상태 (i, j, k) 에 있을 정상 상태 확률이라고 했을 때 $P(i, j, k)$ 와 초기 확률 $P(0, 0, 0)$ 은 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

위 식에 따라서 영상 호의 블럭률(P_{BI}), 음성 호의 블럭률(P_{BV})은 다음과 같다.

$$P_{BI} = P(c, 0, 0) \quad (8)$$

$$P_{BV} = \sum_{i=0}^c \sum_{j=0}^{c-g_1} P(i, g_2, k) \quad (9)$$

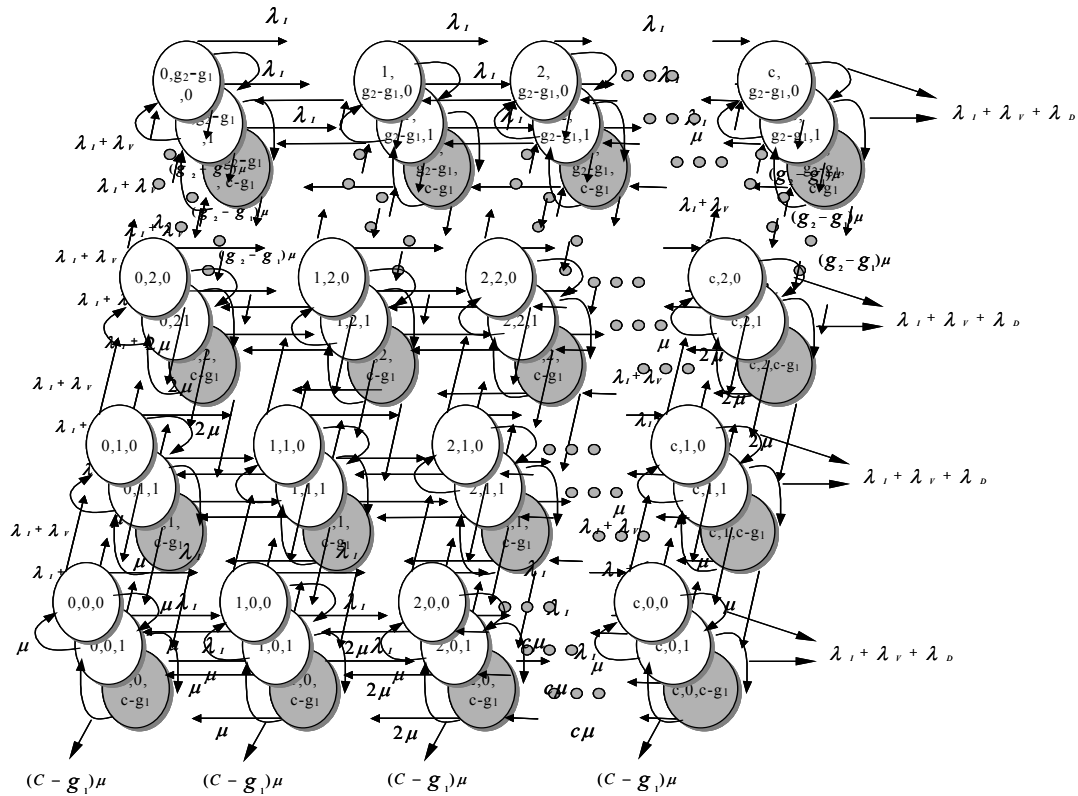
$$P_{BD} = \sum_{i=0}^c \sum_{j=0}^{c-g_2} P(i, j, g_1) \quad (10)$$

4장 결과 분석

4.1 시뮬레이션 모델 설정

이동 전화 가입자가 통화를 시도하는 횟수는 평균이 $\frac{1}{\text{호 요구율}}$ 인 포아송(Poisson) 분포를 따르고, 한 번 통화를 할 때 그 평균 시간은 지수 분포에 따른다고 알려져 있다 [1, 3]. 따라서 본 논문에서는 데이터 호, 음성 호, 그리고 영상호 평균 발생률을 각각 $\lambda_D, \lambda_V, \lambda_I$ 인 포아송 분포를 따른다고 가정하고, 채널의 통화 시간은 평균 서비스율이 각각 μ 인 지수 분포를 따른다고 가정하였다. 이때 평균 통화 시간, 즉 채널 점유 시간은 $T_H (= \frac{1}{\mu})$ 가 된다. 통화량은 대개 어랑(Erlang)이라는 단위로 나타낼 수 있으며 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\text{통화량} = \text{호 발생률(호/시간)} \times \frac{T_H(\text{초})}{3600(\text{초})} \quad (\text{어랑}) \quad (11)$$



[그림 5] 가변적 채널을 점유하는 세가지 유형의 호수에 대한 3차원 상태 천이도

어랑값과 채널 수와의 관계는 보통 Erlang B 값을 참조하는데 이것은 Lost Call Cleared Model이라고도 부르며 블럭된 호는 큐잉되지 않는다는 조건 아래에서의 수학적 통화량 모델이다.

보호 채널이 없는 방식에서 데이터 호와 음성 호가 평균적으로 블럭되는 확률이다. 예를 들어 통화량이 26.4 어랑일 때 통화 채널 35 채널을 사용한다면 이 때의 블럭률은 2% 정도이며, 통화량이 25.8 어랑일 때 통화 채널을 31개 사용한다면 5% 정도의 블럭률을 나타내게 된다.

본 논문에서는 통화 채널의 크기(C)를 35로 설정하고 통화량을 다르게 바꿔가면서 각 보호 채널 방식의 데이터 호와 음성 호 등의 블럭률을 산출하였다. 또한 시뮬레이션 모델의 성능을 알아보기 위한 지표로서는 두 가지 값을 설정하였다. 첫째는 전체 호의 블럭률(P_{BT})이다. 전체 호의 블럭률은 전체 통화량과 관련된 지표이다. 이 값은 데이터 호와 음성 호를 동일하게 취급하여 호의 블럭률을 구한 것이므로 여기에는 음성 호를 중

요시하는 가중치가 계산되어 있지 않다. 두 번째 성능 지표로 '비용값(cost)'이라는 항목을 설정하였으며 이것은 다음과 같은 식으로 나타낼수 있다[1].

$$Cost = (P_{BD} + P_{BV}) \times (1 - \alpha) + P_{BI} \times \alpha \quad (12)$$

여기서 P_{BD} , P_{BV} , P_{BI} 는 각각 데이터 호, 음성 호, 그리고 영상 호 블럭률을 나타내며 α 는 영상 호에 할당되는 가중치이다. 이 값은 0에서부터 1사이의 값으로 가변 시킬 수 있으며 값이 클수록 영상 호에 가중치를 많이 두게 된다.

4.2 비교 분석

이제까지의 식으로 $C = 35$, $T = 33$ 이라고 가정하고 고정적 보호 채널 설정 방식과 가변적 보호 채널 설정 방식에서의 데이터 호, 음성 호, 그리고 영상 호의 블럭률과 비용값을 각각의 통화량에 따라 구해보도록 하겠다. 또한 앞에서 설정한 수치를 이용하여 직접 시뮬레이션을 수행하여 통화량에 따른 각 호의 블럭률은 구해보고 이 값들을 수학적

분석과 비교하였다.

5 장 결론

본 논문에서 제안된 방식은 다중 클래스호의 환경에서 가변 보호 채널의 할당을 이용하여 통화량 상태에 따라서 가변적으로 조절함으로써 데이터 호나 음성호의 블럭률은 많이 낮출 수 있다. 과거의 기록들을 바탕으로 데이터 호와 음성 호의 발생률을 어느 정도 적절하게 예측할 수만 있다면 보호 채널을 더 정확하게 설정할 수 있으므로 보다 향상된 결과를 가져올 수 있다.

본 논문에서는 단지 보호 채널을 어떻게 설정하느냐의 문제만 다루었다. 하지만 일반적으로 이동 통신 시스템을 구현할 때에는 서비스 품질(QOS)을 높이기 위해서 여러 가지 기법들을 연결하여 사용하게 된다. 즉 보호 채널이나 큐잉 시스템만을 단독적으로 사용하는 것이 아니라 보호 채널을 사용하면서 데이터 호와 음성 호 각각에 대하여 큐잉 시스템을 적용시키는 방법 등이 사용된다. 이렇게 함으로써 시스템 성능을 좀 더 향상시킬 수가 있게 된다.

[참고 문헌]

- [1] D.H Hong and S.S Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Model Radio Tel. Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures", IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 35, Aug., 1986.
- [2] Victor O.K.LI and etc, "Personal Communication Systems(PCS)", Proceedings of the IEEE, Vol. 83. No. 9, Sep., 1995.
- [3] R. Ramjee and etc, "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks", IEEE Infocom, 1996, pp. 43-50.
- [4] Sirin Tekinay and Bijan Jabbari, "Handover and Channel Assignment in Mobile Cellular Networks", IEEE Comm. Mag., Vol. 29, No. 11, Nov., 1991, pp. 42-46
- [5] D.C. Cox and D.O. Reudnik, "Increasing Channel Occupancy in Large-Scale Mobile Radio Systems : Dynamic Channel Assignments", IEEE Trans. on Vehicular Tech, Vol. 22, Apr. 1978
- [6] G. N. Senarath D. Everitt, "Comparison

of Alternative Handoff Strategies for Microcellular Mobile Communication Networks", IEEE VTC '92, 1992, pp. 694-697.

- [7] R. B. Cooper, "Introduction to Queueing Theory", 2nd Ed., New York : Elsevier North Holland, 1981.
- [8] M. Zhang and T.P. Yum, "Comparisons of Channel-Assignment Strategies in Cellular Mobile Telephone Sys.", IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 38, Nov. 1989.
- [9] T.J Kahwa N.D. Geoganas, "A Hybrid Channel Assignment Scheme in Large-Scale Cellular Structured Mobile Comm. Systems", IEEE Trans. on Commun., Vol. 26, Apr. 1978.