DBpia

논문 00-25-4A-3 한국통신학회논문지 '00-4 Vol.25 No.4A

플루이드 모델에 따른 다중 보호채널 기반 채널할당기법의 성능 분석

정회원 박 희 철*, 이 도 형*, 박 영 근*

English Channel Allocation Scheme based on Multiple Guard Channels

Hee-chul Park*, Do-hyung Lee*, Young-keun Park* *Regular Members*

요 약

한정된 무선 자원을 사용하는 데 있어서 그 효율을 극대화하기 위하여 마이크로 셀이나 피코 셀 구조에서 다양한 트래픽을 서비스하게 되는데, 급격한 무선 통신 사용자의 증가에 따라 잦은 핸드오프 발생이 문제가 되어왔다. 본 논문에서 제안하는 채널할당기법에서는 서비스별로 각각 보호채널을 두어 핸드오프호를 전담함으로써, 서비스 품질에 관건이 되는 핸드오프 실패 확률을 낮은 값으로 유지시킨다. 또한, 트래픽의 다양한 변화에 따른 성능 저하를 방지하기 위해 호의 밀도에 따라 채널 조정을 수행하여 주어진 한정된 수의 채널을 가변으로 운용함으로써 고정 채널할당기법이 갖는 단점을 보완할 수 있도록 하였다. 이동국의 속도와 트래픽의 변화에 따른 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률을 기존의 방식과 비교·분석함으로써 성능을 평가하였다. 트래픽이 서비스별로 불균일한 경우에도 제안하는 방식은 효과적 채널 조정을 통하여 모든 서비스에서 규정된 호차단 확률을 위반하지 않는다.

ABSTRACT

With the limited wireless resources, various traffic in the cellular system is served based on micro-cell or pico-cell structure. The rapid increase in the number of mobile users results in the frequent handoff which is becoming a critical issue. In this paper, we propose a channel allocation scheme to reduce the probability of handoff failure. In this scheme, we provide a guard channel for each service to handle the handoff processes. It maintains the low probability of failure in handoff calls. To prevent the performance degradation due to the traffic variation, we use a channel arbitration method that adaptively manages the number of channels based on the call density. We evaluated the performance in terms of the initial call blocking probability and the handoff call blocking probability for various traffic and mobility. We found that the proposed scheme keeps the lower probability of call blocking through the efficient channel arbitration than other suggested methods even for the irregular traffic conditions.

I. 서 론

채널할당기법(channel allocation scheme)이란 주어진 한정된 수의 채널을 각 이동국에 할당하는 방식이며 무선통신 시스템에 어떠한 채널할당기법을 사용하여 약속된 QoS (Qua- lity of Service; 서비스 품질)를 만족시킬 것인가가 따라서 중요한 문제가 됨에 따라 여러 가지 채널할당기법이 논의되었으며 지금도 주요 연구과제로 남아 있다. 채널할당기법에서는 각 이동국의 초기호(initial call)에 채널을 할당하는 문제와 더불어 핸드오프(hand-off; 또는 핸드오버 hand-over)도 고려되어야 한다. 본 논문에서는 음성 뿐 아니라 데이터, 영상을 포함한 멀

* 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 컴퓨터통신연구실(ypark@yonsei.ac.kr)
논문번호 : 99295-0723, 접수일자 : 1999년 7월 23일

www.dbpia.co.kr

티미디어 서비스를 제공하면서 트래픽량이 변화하는 상황에 효율적으로 적응하는 채널할당기법을 제안한다. 실제로 이동통신 서비스에서 초기호보다 핸드오프호(hand-off call)의 품질의 유지가 전체적인 QoS에 영향을 미치기 때문에 제안하는 방식에서는 핸드오프호에 대비한 여유분의 채널인 보호 채널(guard channel)을 서비스 종류별로 다중으로 두어 트래픽의 변화에 맞게 가변적으로 조정할 수 있도록 한다. 제안하는 방식과 기존의 방식과의 비교·분석을 통하여 초기호 차단 확률과 핸드오프 실패 확률등의 성능 평가 지수를 나타내었다.

Ⅱ. 다중 보호채널 기반 채널할당기법

제시하는 다중보호채널 기반 채널할당기법은 다양한 트래픽의 지원, 낮은 핸드오프호의 호 차단율, 채널의 가변적 운용에 따른 트래픽 변화에 대한 유연한 대처를 통해 앞서 언급한 요구사항을 만족시킨다.

본 논문에서는 크기가 같은 육각형의 셀로 완전히 덮여있고 각 셀은 동일한 개수의 채널을 가진 무선망 환경을 고려한다. 영상, 데이터, 음성의 세 가지 트래픽이 발생하며 초기호의 발생율은 포아송 과정(poisson process)을 따른다고 가정하면 호의 발생부터 종료까지의 호 지속 시간은 부지수분포(negative exponential distribution)를 갖는다[1],[2]. 본 논문에서 고려하고 있는 데이터, 영상 서비스는 질적 차이라기보다 전송량에 따라 구분지워지는 양적 차이의 개념이다. 채널할당기법의 성능 평가 지수가 되는 초기호 차단확률과 핸드오프호 차단확률(핸드오프 실패 확률)을 결정해야 하는데, 초기호 차단확률은 기존의 전화망과 같은 수준인 2%로 설정한다. 핸드오프호 차단확률은 그보다 훨씬 낮은 값을 가져야 하는데 0.1% 이내의 값이면 이동통신 사용자가 큰 불편을 느끼지 않는다. 이러한 차단 확률의 선택은 다소 임의적인 것이며, 실제의 서비스에서는 시스템의 특성과 사용자의 요구 수준에 따라 가변될 수 있다. 제안하는 채널할당기법은 다중 보호채널을 통해 음성, 데이터, 영상의 세 가지 서비스가 모두 99.9%의 높은 핸드오프호 성공확률을 갖도록 하며, 채널 조정을 통하여 98%의 초기호 성공확률을 이룰 수 있도록 한다[3]. 하나의 셀이 가지고 있는 채널의 스펙트럼을 통해 채널할당기법의 구조를 나타낼 수 있다. 먼저, 음성호는 호당 하나의 채널만을 점유하고, 데이터호는 D개의 채널, 영상호는 I개의 채널을 사용한다고 가정한다. 데이터호는 상황에 따라 요구되는 전송 속도가 다르긴 하지만, 음성호와 같은 하나의 채널로는 충분하지 못하게 될 것으로 예측된다. 점유 채널의 수를 가변적으로 할 수도 있겠지만, 호 지속 시간을 짧게 가져가려는 의도에서 모든 데이터호에 D개의 충분한 수의 채널을 할당한다. 영상호의 경우에도 음성호보다 훨씬 더 많은 대역을 요구하며 I개의 채널로 서비스한다고 가정한다. 핸드오프호를 위한 보호채널은 음성호와 데이터호에 각각 설정한다. 가까운 시일 내에 개발될 이동통신 시스템에서도 많은 영상호를 서비스하기에는 대역의 여유가 없을 뿐 아니라 보호채널을 두는 것도 여의치 않다. 저속의 이용자가 영상호를 서비스 받을 수 있으므로 영상호의 핸드오프 빈도는 많지 않고 보호채널을 두지 않더라도 큰 문제가 생기지 않는다. 대신 많은 음성호, 데이터호를 처리하는 편이 전체적인 시스템 성능의 관점에서 봤을 때 유리하다.

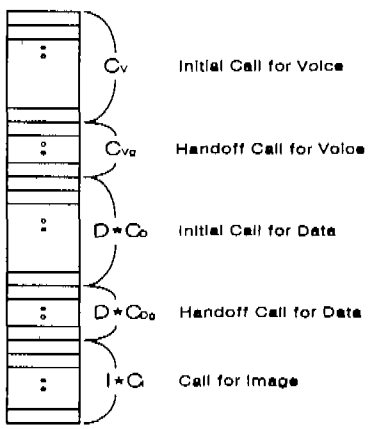


그림 1. 채널 스펙트럼

서비스별로 보호채널을 둘 경우 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다. 첫째, 보호채널이 각 서비스만을 전담하므로 보호채널의 관리가 용이하다. 둘째, 보호채널이 채널 조정 알고리듬을 거쳐 하나의 서비스에 전부 할당될 수도 있지만 일반적으로 한 서비스의 보호채널이 포화되었을 경우 다른 서비스에의 영향이 적으므로 서비스간 형평성을 보장할 수 있다. 마지막으로, 채널 스펙트럼에서 특성이 유사한 채널들이 그룹 지어져 한 서비스의 핸드오프호를 전담하므로 채널간 간섭 효과가 적다.

그림 1에는 제안하는 방식에서 하나의 셀이 가지고 있는 채널의 구조가 나타나 있다. 한 셀에 주어

www.dbpia.co.kr

지는 C개의 채널을 5개의 영역으로 나누어 관리하는데, 데이터와 영상호의 경우에는 호당 D개, I개의 채널이 할당된다[4]. 하지만, 이와 같은 채널의 구조로 모든 서비스를 충분히 만족시킬 수는 없다. 따라서, 효과적인 채널 조정 알고리듬을 통해 가변적으로 각 셀의 채널을 운용하여 보다 많은 호를 수용할 수 있도록 해야 한다.

제안하는 채널할당기법은 전술한 채널 구조를 바탕으로 가변적 채널 조정을 통해 트래픽의 변화에 따른 적합한 채널수의 확보를 보장한다. 다중의 보호 채널을 사용하면서 채널 스펙트럼에 각 영역의 채널의 수를 고정시킬 경우 가용 채널을 충분히 활용하지 못하여 전체 시스템의 성능 저하를 가져올 수 있기 때문이다. 따라서, 각 서비스의 호의 밀도를 수시로 확인하여 그것을 반영하여 채널의 수를 수시로 변화시킨다. 먼저, 각 서비스에서의 초기 상태 채널 수를 결정해야 하는데, 이때는 보호 채널을 따로 고려하지 않고 음성 채널, 데이터 채널, 영상 채널로만 구분한다. 음성 채널을 C_{VA} ($=C_V + C_{Vg}$), 데이터 채널을 C_{DA}($=C_D + C_{Dg}$), 영상 채널은 C_I로 나타낼 수 있으며, 각 서비스의 트래픽 밀도의 비에 의해 한 셀에 주어진 가용 채널을 C_{VA}, C_{DA}, C_I의 세 구간으로 나눈다. 음성, 데이터, 영상호의 밀도를 각각 ρ_V, ρ_D, ρ_I라고 놓고, 계산 과정에서 임시로 결정되는 채널의 수를 C라고 했을 때, 다음 식을 만족해야 한다.

$$\rho_V : \rho_D : \rho_I = \overline{C_{VA}} : \overline{C_{DA}} : \overline{C_I} \tag{1}$$

$$\overline{C_{VA}} + D \cdot \overline{C_{DA}} + I \cdot \overline{C_I} = C \tag{2}$$

$$\frac{\rho_D}{\rho_V} = k_D, \quad \frac{\rho_I}{\rho_V} = k_I \tag{3}$$

이 식을 이용하면 $\overline{C_{DA}}$, $\overline{C_I}$를 찾아낼 수 있다.

$$\overline{C_{DA}} = \frac{k_D \cdot C}{1 + D \cdot k_D + I \cdot k_I} \tag{4}$$

$$\overline{C_I} = \frac{k_I \cdot C}{1 + D \cdot k_D + I \cdot k_I} \tag{5}$$

채널의 수는 정수가 되어야 하며, 채널 점유가 큰 데이터호와 영상호를 정수의 범위에서 최소로 잡아서, 다음과 같이 초기 채널 수를 결정할 수 있다.

$$C_{DA} = \lfloor \overline{C_{DA}} \rfloor, C_I = \lfloor \overline{C_I} \rfloor,$$

$$C_{VA} = C - C_{DA} - C_I \tag{6}$$

초기화된 각 영역의 채널수를 바탕으로 채널 조정 알고리듬을 수행하여 트래픽의 변화에 효과적으로 대처할 수 있는 채널할당을 가능케 한다. 서비스 품질을 만족하는 규정된 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률을 각각 BP_N(2%), BP_H(0.1%)로 놓고, 각 호차단 확률을 표 1과 같이 나타낸다.

표 1. 호 차단 확률의 표기

	표기
음성 초기호 차단 확률	$B_N(C_V, C_{Vg})$
음성 핸드오프호 차단 확률	$B_H(C_V, C_{Vg})$
데이터 초기호 차단 확률	$B_N(C_D, C_{Dg})$
데이터 핸드오프호 차단 확률	$B_H(C_D, C_{Dg})$
영상 초기호 차단 확률	$B_N(C_I)$

음성과 데이터의 경우 초기호 차단 확률이 일반 채널 뿐 아니라 보호 채널의 수와도 관련이 있으므로, 각각 두 채널수에 대한 함수로 나타난다. 핸드오프호 차단 확률에서도 마찬가지이다. 제안하는 채널 조정 알고리듬은 그림 2와 같은 수도 코드로 나타낼 수 있다. A, B, C 세 개의 서비스가 고려되는 경우이며 C_A, C_B, C_C는 각 서비스의 일반 채널의 수이며 C_{Ag},C_{Bg}, C_{Cg} 는 각 서비스의 보호채널의 수이다. a, b, c는 각 서비스의 한 호가 차지하는 채널의 수이며 BP_N, BP_H는 규정된 초기호 차단확률, 핸드오프호 실패확률이다. 그림 2의 수도 코드는 서비스 A에 대한 채널 조정을 위한 알고리듬을 나타내며 나머지 서비스에 대해서도 똑같은 방식으로 수행할 수 있다.

어떤 서비스의 트래픽이 증가한 경우, 일반적으로 초기호와 핸드오프호가 동시에 증가한다. 따라서, 채널의 전환은 일단 다른 서비스의 것을 통해 이루어지도록 하는데 그것이 가능하려면 그 서비스를 전담하는 채널을 전환시키더라도 규정된 호 차단 확률을 위반하지 않아야 한다는 조건이 붙는다.

채널 전환에서 모두 실패할 경우 내부의 채널을 조정하게 된다. 다른 서비스의 채널을 전환시킬 때 그 우선 순위에 따라 성능이 달라질 수 있는데, 제안하는 방식에서는 영상호, 데이터호, 음성호의 순을 따른다. 되도록 많은 사용자를 만족시킨다는 관점에서 호당 채널 점유가 큰 서비스의 채널의 전환 여부를 먼저 살펴본다. 그렇게 할 경우, 많은 사용자의 호 차단을 미리 방지할 수 있다. 규정된 호차

www.dbpia.co.kr

단 확률은 핸드오프호가 더 엄격하므로, 핸드오프 채널보다 일반 채널에서 채널을 가져오는 것에 우선 순위를 둔다.

```
10 START
20 If BH(CA, CA0) < BPH,  Goto 90
30 If BN(CB-b, CB0) < BPN & BH(CB-b, CB0) < BPH
        CB=CB-b  CA0=CA0+b,  Goto 20
40 If BN(CC-c, CC0) < BPN & BH(CC-c, CC0) < BPH
        CC=CC-c  CA0=CA0+c,  Goto 20
50 If BN(CB, CB0-b) < BPN & BH(CB, CB0-b) < BPH
        CB0=CB0-b  CA0=CA0+b,  Goto 20
60 If BN(CC, CC0-c) < BPN & BH(CC, CC0-c) < BPH
        CC0=CC0-c  CA0=CA0+c,  Goto 20
70 If BN(CA-a, CA0+a) < BPN
        CA=CA-a  CA0=CA0+a,  Goto 20
80 FAIL
90 If BN(CA, CA0) < BPN,  Goto 160
100 If BN(CB-b, CB0) < BPN & BH(CB-b, CB0) < BPN
        CB=CB-b  CA=CA+b,  Goto 90
110 If BN(CC-c, CC0) < BPN & BH(CC-c, CC0) < BPN
        CC=CC-c  CA=CA+c,  Goto 90
120 If BN(CB, CB0-b) < BPN & BH(CB, CB0-b) < BPN
        CB0=CB0-b  CA=CA+b,  Goto 90
130 If BN(CC, CC0-c) < BPN & BH(CC, CC0-c) < BPN
        CC0=CC0-c  CA=CA+c,  Goto 90
140 If BN(CA+a, CA0-a) < BPH
        CA=CA+a  CA0=CA0-a,  Goto 90
150 FAIL
160 END(Complete)
```

그림 2. 채널 조정 알고리듬

채널 조정에 최종적으로 실패할 경우(FAIL), 일정한 시간 경과 후 다시 채널 조정을 시도한다. 지금까지 제안하는 채널할당기법의 채널 구조, 채널 초기화 과정, 채널 조정 알고리듬을 제시하였다. 근본적으로는 고정 채널할당기법에 기반을 두고 있지만 트래픽이 적거나 서비스별로 불균일 할 때 생기는 고정 채널할당기법의 단점을 극복하기 위해 가변적 채널 조정을 함으로써, 동적 채널할당기법이 가지는 장점을 얻어왔다. 철저하게 서비스별로 채널 영역을 구분 짓고, 다중 보호채널을 둠으로써 다양한 변화를 가질 수 있는 멀티미디어 트래픽을 채널 간 간섭이나 낭비가 없이 최적화된 상태로 서비스 할 수 있다.

Ⅳ. Fluid 모델에 따른 분석

제안하는 채널할당기법의 성능평가를 위해서 먼저, 호의 평균 채널 점유 시간, 평균 핸드오프 회수 등을 유도해 내어야 한다. 이러한 값들은 이동국의 속도, 셀면적, 초기호 발생률, 핸드오프호 발생률등으로부터 유도할 수 있다[5]. 분석을 위하여 플루이드 모델(fluid model)을 사용한다. 모든 셀 내에서 트래픽이 균일하게 분포하고 있고, 이동국이 한 셀 내에서 일정한 방향과 속도를 가지며, 이동 단말이 플루이드 모델을 따른다고 가정한다. 한편, 모든 호의 발생률은 포아송 과정(poison process)을 따르고, 이동국이 셀에 머무는 시간은 부지수 분포(negative exponential distribution)를 따른다고 가정한다[6],[7].

1. 평균 채널 점유시간 및 평균핸드오프 회수

음성호, 메이터호, 영상호의 지속 시간도 부지수 분포를 따른다고 가정하는데 지속 시간의 평균을 각각 $\overline{T_V}$, $\overline{T_D}$, $\overline{T_I}$로 놓는다. 그 밖에, 이동국의 속도를 V, 셀의 반지름을 R, 셀의 면적을 A로 나타내며, 셀당 호 발생률에 대한 표기는 표 2를 따른다.

표 2. 호 발생률의 표기

	음성호	메이터호	영상호
셀당 초기호 발생률	λ_{VN}	λ_{DN}	λ_{IN}
셀당 핸드오프호 발생률	λ_{VH}	λ_{DH}	λ_{IH}

셀당 초기호의 발생률은 단위 면적당 호 발생률에 셀 면적을 곱하여 나타낼 수 있고, 셀당 핸드 오프호의 발생률은 플루이드 모델의 이동 특성을 이용하여 계산할 수 있다[8],[9]. 플루이드 모델을 가지고 단위 시간에 한 셀에서 다른 셀로 경계를 넘어가는 호의 수 N과 셀의 면적 A를 계산해 보면, 호의 밀도를 ρ, 이동국의 속도를 V, 셀의 둘레를 L, 가입자 통화 확률을 c [erlang]이라고 했을 때 다음과 같다.

$$N = \frac{c\rho VL}{\pi}, \quad A = \frac{3\sqrt{3}}{2}R^2 \tag{7}$$

식(7)을 이용하여 음성, 메이터, 영상호의 핸드오

www.dbpia.co.kr

프 발생률(λ_{VH}, λ_{DH}, λ_{IH})을 호의 밀도를 이용하여 계산할 수 있다. μ_V, μ_D, μ_I는 각각 음성호, 데이터호, 영상호 지속 시간의 역수이다.

$$\rho_V = \frac{\lambda_{VN}}{\mu_V \cdot A},$$

$$\lambda_{VH} = \frac{6eR\rho_V \cdot V}{\pi} = \frac{6e\lambda_{VN} \cdot V \cdot R}{\pi \mu_V \cdot A} \quad (8)$$

$$\rho_D = \frac{\lambda_{DN}}{\mu_D \cdot A},$$

$$\lambda_{DH} = \frac{6eR\rho_D \cdot V}{\pi} = \frac{6e\lambda_{DN} \cdot V \cdot R}{\pi \mu_D \cdot A} \quad (9)$$

$$\rho_I = \frac{\lambda_{IN}}{\mu_I \cdot A},$$

$$\lambda_{IH} = \frac{6eR\rho_I \cdot V}{\pi} = \frac{6e\lambda_{IN} \cdot V \cdot R}{\pi \mu_I \cdot A} \quad (10)$$

이동국이 한 셀에서 머무는 시간(dwell time)의 경우에도 부지수분포를 따른다고 가정하며, 그 평균은 아래와 같이 계산된다.

$$\overline{T_W} = \frac{\pi \cdot A}{V \cdot 6R} = \frac{\pi\sqrt{3}R}{4V} \quad (11)$$

$$\mu_W = \frac{1}{\overline{T_W}} = \frac{4V}{\pi\sqrt{3}R} = k \cdot V \quad (12)$$

따라서, 이동국이 한 셀에 머무는 시간은 이동국의 속도에 반비례하고 셀의 반지름에 비례한다는 사실을 알 수 있다.

1) 음성호

채널 점유 시간은 채널 해제율 μ_{VR}의 역수가 된다. 통화 시간과 dwell time이 모두 지수 분포일경우 채널 점유 시간 Min(음성호 시간, dwell time)은 아래와 같이 계산 할 수 있다.

$$\mu_{VR} = \mu_V + \mu_W \quad (13)$$

$$\overline{T_{VR}} = \frac{1}{\mu_{VR}} = \frac{1}{\mu_V + \mu_W} = \frac{1}{\mu_V + k \cdot V} \quad (14)$$

핸드오프호는 음성호의 지속 시간이 채널 점유 시간보다 클 때 발생한다. 핸드오프 요청확률 P_H는 다음과 같이 연산될 수 있다.

$$P_H(T_V > T_W) = \frac{\mu_W}{\mu_V + \mu_W} \quad (15)$$

핸드오프를 i 번 요청할 확률을 $P_H(H=i)$라 하면, 평균 핸드오프 회수는 다음과 같이 연산된다.

$$\overline{H_D} = \sum_{i=0}^{\infty} P_H(H=i) = \frac{P_H(1-B_{HV})}{1-P_H(1-B_{HV})}$$

$$\cong \frac{P_H}{1-P_H} = \frac{\mu_W}{\mu_V} = \frac{k \cdot V}{\mu_V} \quad (16)$$

($0 < B_{HV} \ll 1$ 이므로)

2) 데이터호

음성호와 마찬가지 방법으로 계산되며, 채널 해제율을 μ_{DR}이라 하면 채널 점유 시간과 핸드오프 요청 확률은 다음과 같다.

$$\mu_{DR} = \mu_D + \mu_W \quad (17)$$

$$\overline{T_{DR}} = \frac{1}{\mu_{DR}} = \frac{1}{\mu_D + \mu_W} = \frac{1}{\mu_D + k \cdot V} \quad (18)$$

$$P_H = \frac{\mu_W}{\mu_D + \mu_W} \quad (19)$$

핸드오프를 i 번 이상 요청할 확률 $P_H(H=i)$도 같은 방법으로 계산된다.

$$\overline{H_D} = \sum_{i=0}^{\infty} P_H(H=i) = \frac{P_H(1-B_{HD})}{1-P_H(1-B_{HD})}$$

$$\cong \frac{P_H}{1-P_H} = \frac{k \cdot V}{\mu_D} \quad (20)$$

3) 영상호

채널 해제율을 μ_{IR}이라 하면, 채널 점유 시간은 다음과 같다.

$$\mu_{IR} = \mu_I + \mu_W \quad (21)$$

$$\overline{T_{IR}} = \frac{1}{\mu_{IR}} = \frac{1}{\mu_I + \mu_W} = \frac{1}{\mu_I + k \cdot V} \quad (22)$$

2. 성능 평가 지수

제안하는 채널할당기법의 성능 평가를 위해 음성호, 데이터호, 영상호의 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률을 얻어낼 수 있는 모델을 설정한다. 앞서 유도한 평균 채널 점유 시간과 평균 핸드오프 회수를 이용한다. 여기서 얻어내는 성능평가지수는 채널 조정을 고려하지 않은 것으로써, 제안하는 기법에의 적용에 다소 무리가 있을 수 있으나, 대용량 시스템에서 많은 호를 다루게 될 경우 서비스별 호

www.dbpia.co.kr

량의 비의 변화는 전체 호량의 변화에 비해 덜 민감하므로, 일정 수준 이상의 정확도를 보장 할 수 있다.

1) 음성호의 성능 평가 지수

초기호, 핸드오프호의 생성과 채널의 할당, 호차단과의 관계를 나타내기 위해 상태호름도(state-transition diagram)를 사용한다. D_j는 음성 채널의 j개가 호에 할당되어 있는 상태를 나타내며, λ_{VN}, λ_{VH}는 셀당 초기호와 핸드오프호의 발생률이고, μ_{VR}은 채널 해제율이다. 간단한 Birth and Death process를 통해 초기호와 핸드오프의 차단 확률을 구할 수 있다[10],[11].

그림 3의 상태 호름도에서 다음의 상태 방정식을 유도할 수 있다.

$$P_V(j)=\frac{\lambda_{VN}+\lambda_{VH}}{\mu_{VR}}P_V(j-1)\ (j=1,2,\cdots C_V) \tag{23}$$

$$P_V(j)=\frac{\lambda_{VH}}{\mu_{VR}}P_V(j-1)\ (j=C_V+1,\cdots C_{VA}) \tag{24}$$

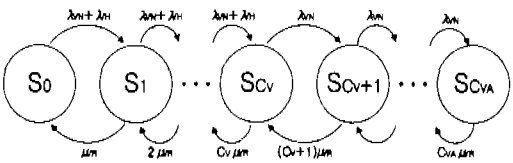


그림 3. 음성호의 상태 호름도

식(23), (24)를 풀면,

$$P_V(j)=\frac{(\lambda_{VN}+\lambda_{VH})^j}{j!\,\mu_{VR}^j}P_V(0)\ (j=1,2,\cdots C_V) \tag{25}$$

$$P_V(j)=\frac{(\lambda_{VN}+\lambda_{VH})^{C_V}\,\lambda_{VH}^{j-C_V}}{j!\,\mu_{VR}^j}P_V(0)$$
$$(j=C_V+1,\cdots C_{VA}) \tag{26}$$

$$P_V(0)=\frac{1}{\sum_{k=0}^{C_V}\frac{(\lambda_{VN}+\lambda_{VH})^k}{k!\,\mu_{VR}^k}+\sum_{k=C_V+1}^{C_{VA}}\frac{(\lambda_{VN}+\lambda_{VH})^{C_V}\,\lambda_{VH}^{k-C_V}}{k!\,\mu_{VR}^k}} \tag{27}$$

따라서, 음성 트래픽의 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$B_{VN}=\sum_{j=C_V}^{C_{VA}}P_V(j) \tag{28}$$

$$B_{VH}=P_V(C_{VA}) \tag{29}$$

2) 데이터호의 성능 평가 지수

음성호와 마찬가지로 Birth and Death process를 이용하는데, 데이터호는 호당 D개의 채널을 점유하므로, S_j를 j개의 채널이 아닌 j개의 호가 할당된 상태로 놓는다.

상태 방정식을 유도하여 풀면,

$$P_D(j)=\frac{\lambda_{DN}+\lambda_{DH}}{\mu_{DR}}P_D(j-1)\ (j=1,2,\cdots C_D) \tag{30}$$

$$P_D(j)=\frac{\lambda_{DH}}{\mu_{DR}}P_D(j-1)\ (j=C_D+1,\cdots C_{DA}) \tag{31}$$

$$P_D(j)=\frac{(\lambda_{DN}+\lambda_{DH})^j}{j!\,\mu_{DR}^j}P_D(0)\ (j=1,2,\cdots C_V) \tag{32}$$

$$P_D(j)=\frac{(\lambda_{DN}+\lambda_{DH})^{C_D}\,\lambda_{DH}^{j-C_D}}{j!\,\mu_{DR}^j}P_D(0)$$
$$(j=C_V+1,\cdots C_{VA}) \tag{33}$$

$$P_D(0)=\frac{1}{\sum_{k=0}^{C_D}\frac{(\lambda_{DN}+\lambda_{DH})^k}{k!\,\mu_{DR}^k}+\sum_{k=C_D+1}^{C_{DA}}\frac{(\lambda_{DN}+\lambda_{DH})^{C_D}\,\lambda_{DH}^{k-C_D}}{k!\,\mu_{DR}^k}} \tag{34}$$

데이터 트래픽의 초기호와 핸드오프호 차단 확률은 아래와 같게 된다.

$$B_{DN}=\sum_{j=C_D}^{C_{DA}}P_D(j) \tag{35}$$

$$B_{DH}=P_D(C_{DA}) \tag{36}$$

3) 영상호의 성능 평가 지수

영상호는 호당 I개의 채널을 사용하므로 S_j를 j개의 영상호가 할당된 상태로 설정하며 보호 채널이 없다는 것이 음성호, 데이터호와 다르다.

상태방정식은 다음과 같이 유도된다.

$$P_I(j)=\frac{\lambda_{IN}+\lambda_{IH}}{\mu_{IR}}P_I(j-1)\ (j=1,2,\cdots,C_I) \tag{37}$$

$$P_I(j)=\frac{(\lambda_{IN}+\lambda_{IH})^j}{j!\,\mu_{IR}^j}P_I(0) \tag{38}$$

$$P_I(0)=\frac{1}{\sum_{k=0}^{N}\frac{(\lambda_{IN}+\lambda_{IH})^k}{k!\,\mu_{IR}^k}} \tag{39}$$

이로부터 영상 트래픽의 초기호 차단 확률을 계산할 수 있다.

$$B_{IN}=P_I(C_I) \tag{40}$$

www.dbpia.co.kr

4) 연산 횟수 평가 지수

채널할당이나 핸드오프에서는 처리되는 시그널링 메시지의 수가 증가하면, 신호 체계의 복잡성이 증가하고 처리 시간이 지연된다. 제안하는 채널 할당 기법에서는 이러한 시간 지연이 타 서비스의 채널의 차용 여부를 타진해 보는 일련의 과정의 수와 근사하게 비례한다[8]. 채널 할당에 성공하는 경우 그 과정이 일어나는 횟수를 통계냄으로써 할당시 시간 지연의 효과를 파악할 수 있다. 다음 장에서 모의 실험에 의해 연산 횟수의 평균을 구하고, 실제의 응용에서 어느 정도의 영향을 미치는지 고찰한다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

퍼지이드 모델을 바탕으로 제안된 알고리듬에 따라 동작하는 채널할당기법의 성능을 평가하였다. 셀의 반경은 0.5km, 한 셀당 채널의 수는 30개, 모든 호의 평균 지속 시간은 2분으로 하며, 한 셀 안의 음성, 데이터, 영상 채널의 수는 가변적인 값을 가지는 것으로 한다. 또한, 데이터호는 호당 2개의 채널을, 영상호는 호당 4개의 채널을 점유한다고 가정한다. 단위 시간당 필요한 개수의 호를 발생시켜 필요한 데이터를 얻는데 단속적으로 20회씩 실시하여 평균을 내었으며 채널 조정에 실패할 경우 즉각 초기 상태에서 채널 조정을 다시 시작하는 것을 원칙으로 하였고, 채널조정 알고리듬 수행은 주기적으로 이루어진다. 시뮬레이션 프로그램은 주어진 발생률로 임의 시간, 셀에서 발생하는 호를 생성하고 그것을 인지하는 입력 부분과 제안하는 알고리듬으로 채널 조정을 수행하는 연산 부분, 결과를 계산하고 저장하는 출력 부분으로 구성된다.

1. 평균 채널 점유 시간과 평균 핸드오프 회수

제안하는 채널할당기법의 이동국의 속도에 따른 평균 채널 점유 시간과 평균 핸드오프 회수를 고정 채널할당기법, 고정적 보호채널을 사용한 기법과 비교해 보았다.

호의 평균 지속 시간 2분을 실제의 경우 항상 달성할 수 없고 그에 가까울수록 호차단이 적다. 그림 4를 보면, 속도가 느릴 때는 고정 채널할당기법의 평균 채널 점유 시간이 가장 길고 고정 보호채널을 사용한 채널할당기법이 다음이며 제안하는 방식이 가장 짧지만 속도가 빨라질수록 대부분의 경우 제안하는 방식의 값이 크다. 이동국의 속도가 빠를수록 평균 핸드오프 회수가 증가하는데 핸드오프 회수가 클 경우 서비스 품질이 떨어지게 된다. 그림 5를 보면, 속도가 아주 느릴때는 평균 핸드오프 회수가 큰 차이가 없지만, 어느 정도의 속도 이상에서는 제안하는 방식의 평균 핸드오프 회수가 가장 적으며 고정채널할당기법의 평균 핸드오프 회수가 가장 많다.

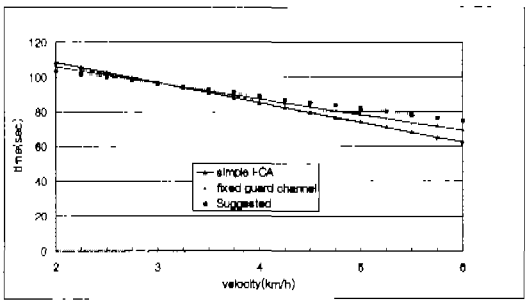


그림 4. 평균 채널 점유 시간

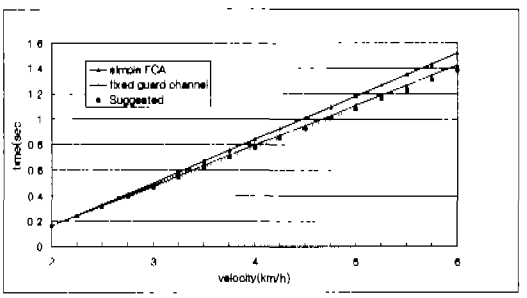


그림 5. 평균 핸드오프 회수

2. 초기호 차단확률과 핸드오프호 차단확률

제안하는 방식의 성능을 평가하기 위해 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률을 기존의 방식과 비교하여 본다. 전체적으로 트래픽이 많지 않아서 규정된 B_{PN}, B_{PH} 값을 만족시키는 초기 상태에서 트래픽이 증가할 때, 어떻게 채널 조정이 이루어지며 어떠한 성능 평가 지수를 갖는지를 살펴본다.

음성호의 발생률이 증가하여 규정된 서비스 품질을 만족하기 어려운 경우 각 트래픽의 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률을 단순한 고정 채널 할당방식, 고정된 보호채널을 사용하는 방식, 제안하는 방식에서 비교해 본다. 표 3에는 초기의 채널 수와 조정된 후의 채널수를 나타내었다.

일반적으로 이동국의 속도가 클수록 호차단 확률이 커지지만 그것이 허용되는 호차단율 이하의 값을 가져야 한다. 여기서는 전술한 바와 같이 BP_N, BP_H의 값을 각각 0.02, 0.001로 놓았다. 그림 6, 7, 8, 9, 10,를 보면 단순 고정 채널할당방식과 고정 보호채널을 사용하는 방식에서는 음성 초기호 차단

www.dbpia.co.kr

확률이 규정된 BP_N값인 0.02를 넘지만, 제안하는 방식에서는 채널 조정을 통하여 0.02이하를 유지할 수 있다. 음성 핸드오프호 차단 확률에서도 단순 고정 채널할당방식에서는 규정된 BP_H값인 0.001을 넘지만, 제안하는 방식에서는 그 이하를 유지하였다. 반면, 상대적으로 메이터나 영상호의 경우에는 제안하는 방식의 호 차단 확률이 기존의 방식들보다 크지만 BP_N을 넘지는 않는다.

표 3. 음성호의 발생률이 큰 경우의 채널 조정

		음성호	메이터호	영상호
호발생률(/km²/h)		200	100	100
초기 상태	일반채널	10	8	8
	보호채널	2	2	-
채널 조정후	일반채널	12	6	8
	보호채널	2	2	-

음성호와 메이터호의 발생률이 잘이 증가하여 규정된 서비스 품질을 얻기 어려운 경우에도 기존의 방식과 달리 음성호와 데이터호의 차단확률이 BP_N, BP_H값을 넘지 않았다. 영상호의 경우에는 차단 확률이 크긴 하지만 제안 범위 아래의 값을 보였다. 표 4에는 초기의 채널수와 조정된 후의 채널수를 나타내었다.

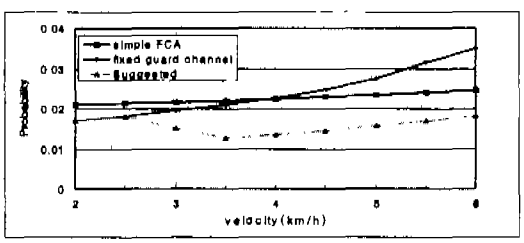


그림 6. 음성호의 발생률이 큰 경우의 음성 초기호 차단확률

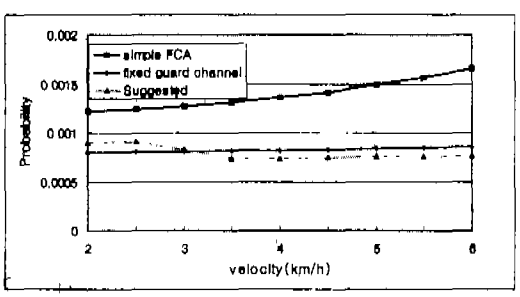


그림 7. 음성호의 발생률이 큰 경우의 음성 핸드오프호 차단확률

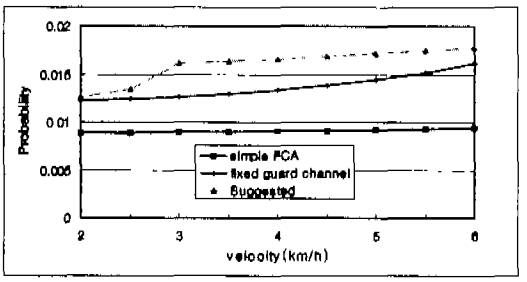


그림 8. 음성호의 발생률이 큰 경우의 메이터 초기호 차단확률

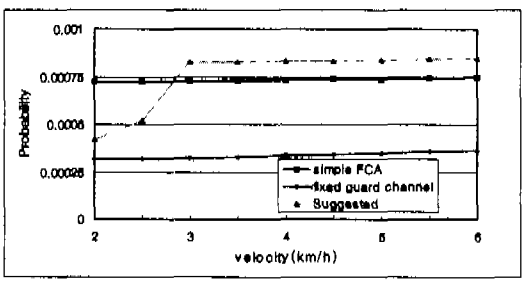


그림 9.음성호의 발생률이 큰 경우의 메이터 핸드오프호 차단확률

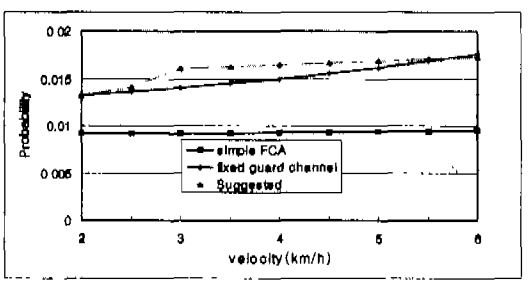


그림 10. 음성호의 발생률이 큰 경우의 영상 초기호 차단확률

표 4. 음성호, 메이터호의 발생률이 큰 경우의 채널 조정

		음성호	메이터호	영상호
호발생률(/km²/h)		150	150	100
초기 상태	일반채널	10	8	8
	보호채널	2	2	-
채널 조정후	일반채널	12	12	4
	보호채널	2	2	-

메이터호나 영상호가 큰 발생률을 갖는 경우는 음성호의 발생률이 큰 경우와 성능 분석 결과에서 큰 차이가 없고, 다른 두 트래픽이 동시에 증가하는

www.dbpia.co.kr

경우에도 증가분이 아주 크지 않은 경우라면 음성호와 데이터호의 발생률이 큰 경우와 유사한 특성을 가졌다. 또한, 음성호보다 데이터호, 데이터호보다 영상호의 발생률 증가가 시스템에 더 큰 영향을 미친다. 데이터 전송량이 많은 서비스일수록 호당 여러 채널을 점유한다고 할 수 있으며, 같은 비율의 호 증가를 가정했을 때, 여러 채널을 점유하고 있는 서비스의 호 증가가 시스템의 부하를 가중시킨다. 한편, 위의 경우에서 전술한 평균 연산 횟수를 모의실험 과정에서 쉽게 구할 수 있다. 음성호의 발생률이 큰 경우 6.24회, 음성호와 데이터호의 발생률이 큰 경우 7.18회로 나타났다. 같은 방식으로 구할 수 있는 기존의 고정 보호 채널할당 방식의 4.48회, 5.60회보다 크게 나타났다. 하지만, 그 차이는 크지 않으며 거의 같은 환경에서 상용화된 중앙 집중 동적할당방식(centralized DCA scheme)에서의 최대 연산 횟수 10-15회 보다 작았다[9]. 따라서, 시간 지연에 대한 서비스 품질 저하는 심각한 수준이 되지 못한다는 결론을 얻을 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 차세대 이동통신이 요구하는 이동성, 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 고정 채널할당기법에 기반을 두면서 트래픽별로 보호 채널을 갖고 채널 조정을 통하여 다양한 트래픽 상황에 대처할 수 있는 채널할당기법을 제안했다. 다중 보호채널을 사용하여 채널간 간섭을 줄이고 서비스간 형평성을 보장할 수 있으며 제안하는 채널 조정 알고리듬을 통해 주어진 채널을 가변적으로 운용함으로써, 고정 채널할당방식이 갖는 단점을 보완했다. 제안하는 방식의 수학적 분석을 통하여 성능 평가 지수인 초기호 차단 확률과 핸드오프호 차단 확률을 유도하였고, 이를 통해 이동국의 속도와 트래픽이 변화하는 상황에서 성능 분석을 하였다. 제안하는 방식은 평균 채널 점유 시간과 평균 핸드오프 회수에서 우수한 특성을 보였으며, 서비스별 트래픽이 일정치 않을 때 제안하는 방식은 초기호 차단 확률, 핸드오프 차단 확률이 기존의 방식보다 대체로 낮아 규정된 서비스 품질을 만족할 수 있었다. 즉, 주어진 자원으로 상황에 알맞은 채널을 찾아 조정함으로써 무선 자원의 낭비를 막고 서비스의 품질을 최대한 유지할 수 있도록 한 것이다.

본 논문에서는 다중 보호채널과 가변적 채널 조정을 고정 채널할당기법에 적용시켰으나, 동적 채널할당기법이나 하이브리드 채널할당기법을 이용한 연구와 중첩셀 구조에서의 활용이나 큐잉을 이용한 기법과의 연계, 그리고 채널조정을 고려한 성능평가 지수의 해석적 분석 등이 향후의 연구과제로 남아 있다.

참 고 문 헌

[1] C. H. Yoon and C. K. Un, "Performance of Personal Portable Radio Telephone Systems with and without guard channels," IEEE JSAC Vol.11, Aug., 1993, pp. 911-917

[2] Y. Lin, S. Mohan, and A. Noerpel, "PCS Channel Assignment Strategies for Hand-off and Initial Access," IEEE Pers. Commun., Third Quarter, 1994, pp. 47-56

[3] I. F. Akyildiz, J. S. Ho, and M. Vlema, "Performance Analysis of the Anchor Radio System Handover Method for Personal Access Communications System," Proceedings of IEEE INFOCOM'96, 1996, pp. 1397-1404

[4] D. Hong, and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Non -prioritized Handoff Procedures." IEEE Trans. on Vehicular Tech., Aug., 1986, pp.77-92

[5] B. Jabbari, and G. Mason, "Teletraffic Aspects of Evolving and Next- Generation Wireless Networks," IEEE Pers. Commun., Dec., 1996, pp. 4-9

[6] V. S. Frost, and B. Melamed, "Traffic Modeling for Telecommunications Networks," IEEE Commun. Mag., Vol. 32, Mar., 1994, pp. 70-81

[7] S. Oh, and D. Tcha, "Prioritized Channel Assignment in a Cellular Radio Networks," IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol 40, July, 1992, pp. 1259-1269

[8] J. Sarnecki, C. Vinodrai, A. Javed, D. Okelly, and K. Kick, "Microcell Design Principles," IEEE Commun. Mag., April., 1993, pp. 62-69

[9] C. Posner, and R. Guerin, "Traffic Policies in Celluar Radio that Minimize Blocking of Handoffs," ITC-II, 1995, pp. 21-27

www.dbpia.co.kr

[10] R. Drasad, "Overview of Wireless Personal Communications: Microwave Perspectives," IEEE Pers. Commun., Feb., 1997, pp. 71-77

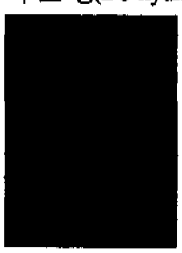
[11] D. Lam, D. C. Cox, and J. Widom, "Teletraffic Modeling for Personal Communications Services," IEEE Commun. Mag., Feb., 1997, pp. 79-87

박 희 철(Hee-chul Park)

1997년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(학사)
1999년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원 공학석사

<주관심 분야> 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 통신망, 이동통신

이 도 형(Do-hyung Lee)



1997년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(학사)
1999년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원 공학석사
1999년 3월~현재 : 연세대학교 전기공학과 박사과정

<주관심 분야> 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 통신망, 신경회로망 응용

박 영 근(Young-keun Park) 정회원

1986년 2월 : 연세대학교 전기공학과(학사)
1990년 8월 : University of Minnesota 전기공학과 (석사)
1993년 12월 : University of Minnesota 전기공학과 (박사)
1994년 1월~1996년 2월 : University of Minnesota 전기공학과(Post Doc.)
1996년 3월~현재 : 연세대학교 기계전자공학부 조교수

<주관심 분야> 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 통신망, ATM 교환기, 신경회로망 응용

www.dbpia.co.kr