

**WCDMA 순방향링크에서 AMR 음성 코덱 모드
할당에 대한 성능 비교**
**Analytical Performance Comparisons of AMR Codec Mode
Allocations on the Downlink in a WCDMA system**
정성환¹ 김태현¹ 홍정완² 이창훈¹
¹서울대학교 산업공학과 / ²한성대학교 산업공학과

초 록

WCDMA 방식에서 채택한 AMR(Adaptive Multirate) 음성 코덱은 4.75kbps에서 12.2kbps까지 8개의 가변 출력률을 가진다. 기지국제어시스템(Radio Network Controller)은 무선망 상황에 따라 AMR 출력 모드를 가변적으로 조정해 줌으로써 높은 사용자 QoS와 효율적인 시스템 성능을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 순방향 WCDMA 채널에서 세 가지의 AMR 출력 모드 할당 방식을 제안하고, 음성 사용자가 경험하는 QoS 만족도를 시스템 성능 척도로하여 제안된 방식들을 비교할 수 있는 분석적 방법을 제시한다. 실험 예제를 통해서 시스템 부하에 따른 시스템 성능 척도의 변화를 도시함으로써 최적의 AMR 모드 할당 방식을 결정하는 기준을 제시한다.

1. 도입

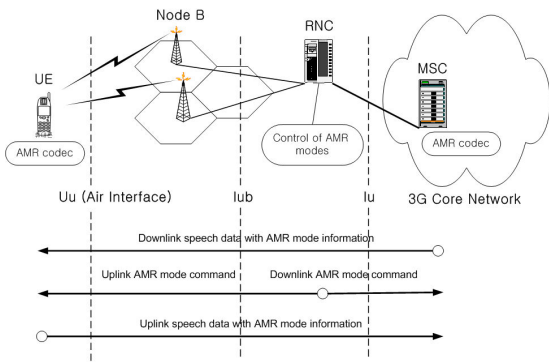
음성 서비스는 2세대 셀룰러 시스템 뿐 아니라 다중 클래스를 지원하는 WCDMA와 같은 3세대 시스템에서도 여전히 가장 중요한 서비스 클래스로 남게 될 것은 재론의 여지가 없다.

가변적인 무선망 상황에 따라서 최적의 음성 서비스 QoS를 보장하면서 동시에 서비스 용량을 극대화하는 것은 WCDMA 시스템에서 중요한 문제가 된다. 사용자의 QoS와 서비스 용량간의 상충(trade-off) 관계를 균형있게 조정하기 위해서 서비스 출력률의 유연성이 필요하며 이것은 AMR(Adaptive Multirate) 음성

코덱이 가지는 중요한 장점중의 하나이다. AMR 음성 코덱은 4.75kbps에서 12.2kbps까지 8개의 가변 출력 모드를 지원하며, 이론적으로 매 20ms 마다 모드 전환이 가능하다.

WCDMA의 링크 차원의 무선망 상황에서는 고속 페루프 전력 제어(fast power control)와 SIR(Signal Interference Ratio)의 목표치를 조정해 주는 외부 루프 전력제어(outer loop power control)를 통해 안정적인 링크 QoS를 보장해 준다. 그러나 이 경우 전력(power) 소모가 커지게 되고 시스템 전력 용량이 제한된 상황에서는 수용할 수 있는 사용자수가 제한될 수밖에 없게 된다. 이 경우 AMR 모드 전환을 통해서 사용자 QoS를 낮추고 대신 수용 가능한 사용자 수(시스템 용량)를 늘릴 것인지를 결정하고, 이 경우 어느 정도까지 기존 사용자의 출력률을 낮출 것인지를 결정하는 것이

무선망 제어부(Radio Resource Controller)의 중요한 역할 중의 하나이다. AMR 모드 할당은 시스템의 부하 수준과 각 사용자의 전력 소모에 근거해서 기지국 제어 시스템 (Radio Network Controller)내의 호 수락제어 (Admission Control)와 출력률 제어(Rate Control) 알고리즘에 의해서 이루어진다.



(그림 1) WCDMA 시스템 구조와 AMR 모드 변환 개관

(그림 1)에서는 WCDMA의 시스템 구조와 AMR 모드 전환에 관한 개관을 보여주고 있다. 순방향(downlink) 채널에서 AMR 코덱은 이동전화교환국(Mobile Switching Center)에 위치한다. 기지국 제어 시스템에서는 Node B나 UE(User Equipment)에서 측정된 리포트를 근거로 AMR 모드의 출력을 제어하며, 이 과정은 Iu 인터페이스의 inband signaling을 통해서 고속으로 이루어 질 수 있다.

WCDMA에서는 트래픽의 비대칭적인(asymmetric) 다운로드 특성과 UE 보다는 Node B의 수신 안테나 성능이 더 우수한 점 등의 차이로 인해서 역방향(uplink)보다는 순방향 링크의 용량이 더 중요할 것으로 예상된다. 이로 인해 WCDMA의 트래픽 성능분석에 대한 연구도 역방향 보다는 순방향에 링크를 중심으로 더 많이 진행되고 있다.

기존 연구에서는 WCDMA에서 다중 클래스를 서비스하는 상황에서의 시스템 성능을 시뮬레이션을 통해 분석한 것이 대부분이었으며[4][6], 음성 사용자의 QoS 만족도와 시스템의 용량의 문제를 동시에 고려하여 AMR 모드 전환을 다룬 연구는 많지 않았다.

[3]에서는 AMR 모드 할당에 따른 사용자 만족도와 시스템의 용량의 상충관계를 동시에 고려한 연구를 수행하였다. 그러나 이것은 시뮬레이션 모델을 중심으로 한 것이며 핸드오프 호에 대한 고려도 이루어지지 못하였다.

본 연구에서는 AMR 모드 할당 방식이 시스템 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션이 아닌 분석적인 방법을 통해 연구하였다. 이것을 통해 특정 시스템 부하에서 어떤 AMR 모드 할당 방식을 선택하는 것이 최적인지를 결정할 수 있게 되어 무선망 제어 차원에서 합리적인 의사결정 기준을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 시스템 설명 및 가정

2.1 시스템 상황

기지국제어시스템이 관할하는 셀들은 동질한(homogeneous)셀 특성을 갖는다고 가정하여 하나의 셀을 분석 대상으로 하는 독립셀 방법(isolated cell approach)을 사용하였다. 또한 AMR 모드 할당방식의 성능 비교에 초점을 두어 계산상의 복잡도를 낮추기 위해 음성 서비스 클래스만을 분석대상으로 한다.

본 연구에서는 CDMA soft 용량 분석에서 사용하는 일반적인 가정들을 동일하게 사용하였다. 즉, 고속 폐루프 전력제어(fast closed loop power control)통해 정확한 평균 E_b/N_o 를 획득할 수 있으며 트래픽 분포가 셀내에서 균일(uniform)하다고 가정한다. 또한 전송 조건(propagation condition)이 연구기간(study period) 동안 변하지 않는다는 것이다. 이러한 가정하에서 기지국에서 송출되는 총 출력은 동일한 이력을 갖는 사용자들을 그룹으로 묶어서 다음과 같이 나타낼 수 있다.[2]

$$Power = \frac{P_{CCH} + P_N \sum_{i=1}^I \frac{\beta^{(i)} R^{(i)} v}{W} n_i \bar{L}}{1 - \sum_{i=1}^I \frac{\beta^{(i)} R^{(i)} v}{W} n_i (1 - \alpha + f_{DL})} \quad (1)$$

Power : 기지국에서 요구되는 총 출력

P_{CCH} : 공통 채널 출력

P_N : 잡음(noise)

W : 칩 출력률(chip rate)

$R^{(i)}$: AMR mode i 의 데이터 전송 속도

α : 사용자의 직교화 요인(orthogonality factor)

f_{DL} : 음성 사용자 그룹에 미치는 평균 간섭률

\bar{L} : 기지국에서 임의의 사용자까지의 평균경로감쇄

$\beta^{(i)}$: AMR 모드 i 의 E_b/N_o 요구값

v : 음성 사용자의 채널 활용 계수

n_i : AMR 모드 i 로 서비스받는 사용자 수

식 (1)에서 전송출력에 중요한 영향을 미치는 인자들 중에서 호 수락제어를 통해 제어가 가능한 요인은 사용자 수이다. 다른 인자들의 변동은 추정된 평균값으로 고정할 때 기지국에서의 전송출력은 각 AMR 모드를 사용하는 사용자 수와 각 AMR 모드에 의존하는 변수값 들의 함수로 정의될 수 있다.

호 수락제어 정책은 현재 사용 중인 출력(P_{now})에 새로운 사용자를 받아들였을 때의 예상 추가 출력(ΔP)을 더한 값이 시스템의 가능 총 출력(P^S)을 넘지 않을 때 새로운 호를 받아들이는 단순한 정책을 가정하였으며 이 경우 신규호와 핸드오프호에 대한 구분은 하지 않았다.

2.2 트래픽 모델

분석 대상 셀에서 음성클래스 하나만을 대상으로 했을 때, 시스템 상태벡터는 $N=(n_1, \dots, n_p, \dots, n_I)$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서 n_i 는 AMR 모드 i 로 서비스 받는 음성서비스 사용자의 수를 의미한다. i 모드의 전송률은 $i+1$ 의 전송률보다 크다. 즉 모드 1은 최대, 모든 I 는 최소 전송비트를 갖는 모드에 대응된다. 또한 I 는 시스템이 적용 가능한 AMR 모드의 개수를 의미한다. 신규호와 핸드오프호는 λ^{NC} 와 λ^{HC} 를 도착률로 하는 포아송 분포를 따른다. 음성 사용자가 통화가 끝나거나 핸드오프가 일어나기 전까지 분석셀에 머무르는 시간은 평균이 $1/\mu$ 인 지수분포를 따른다.

시스템의 상태벡터가 주어졌을 때 $\Omega = \{N | Power(N) \leq P^S\}$ 는 시스템에 존재할 수 있는 시스템 상태벡터의 집합을 의미한다. 또한 시스템의 상태벡터가 주어졌을 때, 식 (1)의 각 항에서 사용자 수를 제외한 값을 다음과 식 (2)를 이용하여 나타낸다면

$$P_f(N) = \frac{P_N \frac{\beta^{(i)} R^{(i)} V}{W} \bar{L}}{1 - \sum_{j=1}^I \frac{\beta^{(j)} R^{(j)} V}{W} n_j (1 - \alpha + f_{DL})} \quad (2)$$

시스템의 총 출력은 식 (3)과 같이 각 AMR 모드를 서비스 받는 사용자 수의 일차 선형결합으로 표현되어 질 수 있다.

$$Power(N) = P_1(N) \cdot n_1 + P_2(N) \cdot n_2 + \dots + P_I(N) \cdot n_I \quad (3)$$

2.3 시스템 성능 평가 척도

본 연구에서는 AMR 모드 할당 방식에 따른 시스템 성능을 비교하기 위해서 분석적인 방법으로 도출될 수 있는 새로운 척도(US: User Satisfaction)를 제시하였으며 이것은 다음 식 (4)과 같이 표현될 수 있다.

$$US = [(1 - NBP) \cdot usr - c_B \cdot NBP - c_D \cdot HDP] \quad (4)$$

식 (4)에서 NBP (New call Blocking Probability)와 HDP (Handoff Dropping Probability)는 각각 신규호와 핸드오프호의 차단 확률을 나타낸다. 또한 c_B 와 c_D 는 각각 신규호와 핸드오프호가 차단되었을 때의 비용으로 $c_B < c_D$ 의 관계를 갖는다. usr (relative user satisfaction)은 주어진 AMR 모드 할당 방식에서의 평균 사용자 만족도이다. 이것은 사용자가 최대 전송률(12.2 kbps) 모드로 서비스 받을 때를 기준값 1로 하여 각 모드의 상대적인 QoS($Qrel(i)$)를 얻을 수 있다고 가정함으로 계산될 수 있다.

3. AMR 모드 할당 방식

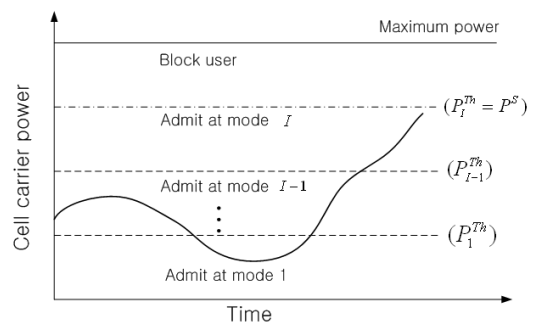
AMR의 적응성을 활용할 수 있는 여러 가지 방법들이 존재할 수 있다. 본 논문에서는 [3]에서 제시한 기본적인 AMR 모드 할당 방법들을 채택하였다.

1) 정적 모드 할당(SMA: Static Mode Allocation)

네트워크의 QoS와 사용자 수용 가능 용량(capacity) 간의 상충 효과를 고려하여 최선의 AMR 모드 하나를 선정하고 이를 네트워크 모든 사용자에게 동일하게 적용하는 방식이다. 가장 단순하게 구현될 수 있는 방법이지만 유연성이 없는 방식이다. 예를 들어 처음에 높은 사용자 부하에서 수용 가능 용량을 키우기 위해서 낮은 출력률의 모드가 선택된 경우에 사용자가 적어진 상황에서는 시스템의 효율이 떨어지게 된다.

2) 호기준 모드 할당(PMA: Per call Mode Allocation)

새로운 호에 적용되는 AMR 모드는 현재 무선망의 사용자 부하를 기준으로하여 선택된다. 그리고 한번 적용된 모드는 그 호의 사용이 종료될 때까지 변하지 않고 유지된다. 시스템 전체적으로는 적응성이 있지만 사용자 개개인으로는 적응성이 없는 한계를 가지



(그림 2) 호 기준 모드 할당 방식

게 된다.

3) 동적 모드 할당 방식(DMA: Dynamic Mode Allocation)

각 호가 서비스 받는 동안 망상황과 사용부하에 따라서 동적으로 적용되는 모드가 변하는 방식이다. 본래 AMR이 채택된 취지에 맞는 방식이다. 그러나 이 경우는 실제 사용부하를 정확히 추정해야하고 이 경우 추정 에러로 인한 손실이 있을 수 있다. 또한 추정된 망 상황에 따라 몇 개의 호를 얼마만큼 변화시킬 것인가 하는 것을 다루는 모드 변환 알고리즘이 포함되어야 한다. 따라서 특정 목적함수를 만족하는 모드 변환 알고리즘을 구현하는 것이 새로운 문제가 될 수 있다. 이 방식은 제어 복잡도가 큰 만큼 가장 좋은 성능을 낼 것으로 기대되는 방식이다. 본 연구에서는 사용자의 형평성을 보장할 수 있는 모드 변환 알고리즘을 채택하여 분석을 수행하였다.

4. 성능 분석

각 모드 할당 방식의 성능을 계산하기 위해서는 식 (4)에서 usr , NBP 그리고 HDP 값을 구하는 것이 필요하다. 새로운 호의 차단확률 BP (Blocking Probability)가 계산되면 신규호와 핸드오프호의 차단확률은 시스템의 본 연구에서 가정한 CAC 정책에 의해 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$NBP = \frac{\lambda^{NC}}{\lambda^{NC} + \lambda^{HC}} \cdot BP \quad (5)$$

$$NBP = \frac{\lambda^{HC}}{\lambda^{NC} + \lambda^{HC}} \cdot BP \quad (6)$$

각 모드 할당 방식에 따라 위의 usr 과 BP 값을 구하는 절차를 본 장에서 소개한다.

4.1 정적 모드 할당(SMA)

이 경우 하나의 AMR 모드 i 만이 모든 사용자에게 적용됨으로 시스템 상태변수는 $N=(n)$ 의 1차원변수로 정의된다. 이 때 n 은 음성 사용자의 수로써 i 의 모드로 서비스 받는 사용자 수와 동일하다.

정적 모드인 경우 $usr = Qrel(i)$ 로 주어진다.

차단확률을 구하기 위해서 먼저 가능 상태 벡터 집합 $\Omega = \{n | Power(n) \leq P^S\}$ 를 찾는다. 이 때 $M \in \Omega$ 그리고 $(M+1) \in \Omega$ 을 만족하는 정수 M 이 최대 사용자 수로서 시스템 용량이 된다. 따라서 차단확률은 시스템은

단순한 $M/M/m/m$ Loss 시스템으로 Erlang B formula에 의해서 식(7)과 (8) 과 같이 쉽게 얻어진다.

$$p_n = \frac{(\lambda/\mu)^n/n!}{\sum_{n=0}^M (\lambda/\mu)^n/n!} \quad (7)$$

$$BP = p_M = \frac{(\lambda/\mu)^M/M!}{\sum_{n=0}^M (\lambda/\mu)^n/n!} \quad (8)$$

4.2 호기준 모드 할당(PMA)

시스템 상태 벡터는 $N=(n_1, \dots, n_i, \dots, n_I)$ 로 나타낼 수 있다. 시스템이 N 으로 주어졌을 때 새로 들어오는 호에 AMR 전송 모드 i 를 적용하여 받아들일 경우의 시스템 벡터를 $N_i^+ = (n_1, \dots, n_i+1, \dots, n_I)$ 로 나타낼 수 있다. 식 (4)에서의 usr 의 값은 각 호가 시스템에 들어왔을 때의 초기 시스템 상태에 의존한다. 따라서 모든 가능한 시스템 초기 상태의 확률을 구하여 이를 통해 평균 기대값을 구해야 한다. $mode(N)$ 은 시스템 벡터가 N 으로 주어졌을 때, 새롭게 들어오는 호에 적용되는 모드를 나타낸다. 이것은 (9)와 같이 나타내진다.

$$mode(N) = i, \quad P_{i-1}^{Th} \leq Power(N_i^+) < P_i^{Th} \quad \text{for } i \in \{1, \dots, I\}, \\ P_0^{Th} = 0, \quad P_I^{Th} = P^S \quad (9)$$

그러면 usr 은 다음과 같이 기대값 형태로 주어진다.

$$usr = \sum_{N \in \Omega} Qrel(mode(N)) \cdot \pi(N) \quad (10)$$

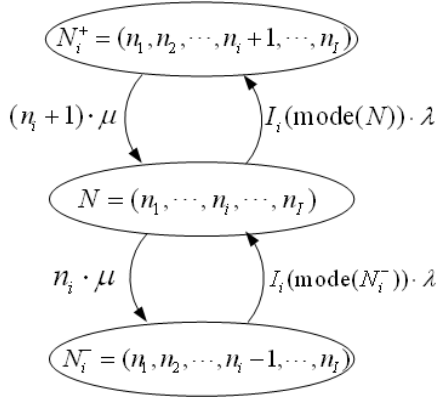
차단확률을 구하기 위해서 $\theta = \{M | N \in \Omega, N_i^+ \notin \Omega\}$ 라 하면 θ 는 새롭게 호를 받아들였을 경우 시스템 용량을 초과하는 상태벡터들, 즉 호의 차단이 일어나는 상태벡터들의 집합이 된다. 따라서 호의 차단확률은 다음과 같이 주어진다.

$$BP = \sum_{N \in \theta} \pi(N) \quad (11)$$

식 (10)과 (11)에서 usr 과 BP 를 구하기 위해서는 시스템 안정상태 확률 $\pi(N)$ 을 구해야 한다. 먼저 PMA에서 시스템의 상태 전이도는 (그림 3)과 같이 주어지고 이에 따라 상태전이 행렬이 Q 가 구성된다. 여기서 $I_i(mode(N))$ 은 다음 식(12)와 같은 indicator 함수이

다.

$$I_i(\text{mode}(N)) = \begin{cases} 1, & \text{mode}(N) = i \\ 0, & \text{o/w} \end{cases} \quad (12)$$



(그림 3) PMA의 시스템 상태전이

4.3 동적 모드 할당(DMA)

음성 사용자의 수가 정해지면, 동적 모드 할당 알고리즘은 특정한 목적함수를 만족하도록 각 모드에 해당하는 사용자 수를 할당해 주게 된다. 따라서 실제 음성 사용자수 (n)와 모드 사용자분포 (n_1, \dots, n_I)는 모드 할당 알고리즘에 의해서 일대응 대응된다고 가정할 수 있다.

실제 시스템에서는 여러 가지 목적함수를 갖는 할당 알고리즘을 사용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 각 사용자들에게 형평하게 대역폭을 할당해 주는 알고리즘과 이에 대한 분석 모델을 제안한다.

1) 형평성 보장을 위한 모드 할당 알고리즘

각 사용자의 형평성을 보장하기 위해서는 시스템 부하에 따라 모든 사용자가 동일한 AMR 모드를 사용하도록 하는 것이 이상적이다. 그러나 실제로는 시스템 용량의 제한과 효율성 문제로 인해 이것은 불가능하고 가능한 모든 사용자가 동일하거나 또는 모드 차이가 1단계 이상을 넘지 않도록 해 주어야 한다. 따라서 시스템이 특정한 시간에 사용자에게 서비스해주는 AMR 모드의 종류는 1개 또는 2개가를 넘지 않는다. 이 때 사용되는 AMR 모드를 i^* , $i^* + 1$, $i^* \in \{i, \dots, I\}$ 라 하면 이것은 다음의 식 (13) 을 만족하는 i^* 를 찾음으로서 구해질 수 있다.

$$Power(N) = P_i(N) \cdot (n - x) + P_{i+1}(N) \cdot x + P_\delta, \quad 0 \leq P_\delta < P_i$$

$$i \in \{i, \dots, I-1\}, \exists x \geq 0 \quad (13)$$

일단 모드 i^* 가 정해지면 다음 식 (14)을 만족하는 최대 정수 x^* 를 찾음으로써 각 모드에 해당하는 사용자 수를 결정할 수 있게 된다.

$$Power(N) = P_{i^*}(N) \cdot x + P_{i^*+1}(N) \cdot (n - x) + P_\delta, \quad x \in \{0, \dots, n_{i^*}\} \quad (14)$$

이것을 통해 음성 사용자수가 n 으로 정해졌을 때, 각 모드에 해당하는 사용자 분포, 즉 시스템 상태벡터 $N = (n_1, \dots, n_I)$ 이 식 (15)와 같이 얻어지게 된다.

$$n_i = \begin{cases} n - x^* & , i = i^* + 1 \\ x^* & , i = i^* \\ 0 & , i \neq i^*, i^* + 1 \end{cases} \quad (15)$$

2) 시스템 성능 계산

DMA에서 usr 은 시스템에 새로운 사용자가 들어왔을 때의 초기 시스템의 상태 (사용자 수)에 영향을 받게 되고 다음의 식 (16)에 의해서 구해질 수 있다.

$$usr = \sum_{n=1}^M usr(n) \cdot Pr(n) \quad (16)$$

식 (16)에서 $Pr(n)$ 은 새로운 호가 임의의 시점에 시스템에 들어왔을 때의 사용자가 수가 자신을 포함해서 n 명이 될 확률을 나타낸다. $Pr(n)$ 은 새로운 호가 차단되지 않은 조건하에서 도착호를 포함해서 시스템 내에 있는 사용자 수가 n 이 되는 경우이므로 식 (17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Pr(n) = \frac{p_{n-1}}{(1-BP)} \quad (17)$$

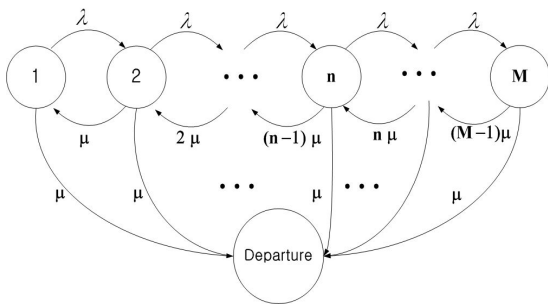
식 (17)에서 p_n 과 BP 는 4.1의 정적모드 할당방식의 경우와 동일한 방법으로 구해질 수 있다. 식 (16)에서 $usr(n)$ 은 초기 조건이 n 인 경우에 새로 들어온 호가 떠날 때까지 경험하게 되는 평균 사용자 만족도로서 식 (18)과 같이 주어진다.

$$usr(n) = \sum_{i=1}^I \left(QreK(i) \cdot \frac{\tau_{i,n}}{1/\mu} \right) \quad (18)$$

식 (18)에서 $\tau_{i,n}$ 는 초기상태가 n 으로 주어졌을 때 새로운 호가 떠날 때 까지 관측호가 각 AMR 모드에 머무르게 되는 평균시간을 나타내며 식 (19)와 같이 얻어진다.

$$\tau_{i,n} = \sum_{n=1}^M P_i(n^*) \cdot y_{n^*|n} \quad (19)$$

식 (19)에서 $y_{n^*|n}$ 은 초기사용자 수가 n 으로 주어졌을 때 새로운 호가 떠날 때까지 시스템의 사용자가 n^* 에 머물러 있게 되는 평균 시간 길이를 나타낸다.



(그림 4) DMA에서 관측호가 시스템에 무르는 동안의 시스템 사용수의 상태전이도

$y_{n^*|n}$ 을 구하기 위해서 관측호가 시스템에 들어와서 떠나는 것을 흡수상태(absorbing state)로 하는 상태전이도를 (그림 4)에 나타내었다. Q 를 (그림 4)를 만족시키는 상태전이행렬이라고 하자. 여기서 흡수상태로의 전이결과 행을 $\hat{\pi}$ 행렬을 Q 라 한다면 다음과 같은 Kolmogorov's 방정식을 구성할 수 있다.

$$\frac{d\hat{\pi}(t)}{dt} = \hat{\pi}(t) \cdot Q \quad (20)$$

(20)에서 $\hat{\pi}(t)$ 는 흡수상태를 제외하고 각 시스템 상태에 머무르게 되는 확률을 나타내는 벡터가 된다. 식 (20)을 0에서 ∞ 까지 적분을 하고 t 를 무한대로 보내는 극한을 취하면 식 (21)를 얻을 수 있다.

$$Y \cdot Q = -\hat{\pi}(0) \quad (21)$$

식 (21)에서 Y 는 관측호가 떠날 때가 각 시스템 상태에 머무르게 되는 기대 시간을 나타낸다. 이것은 시스템의 초기 상태확률벡터 $\hat{\pi}(0)$ 에 영향을 받는 벡터가 된다. 따라서 초기 시스템에 있는 사용자 수를 n

으로 가정했을 때, Y 의 각 원소가 $y_{n^*|n}$ 를 나타내게 된다.

식 (19)에서 $P_i(n^*)$ 은 시스템 사용자수가 n^* 일 때, 관측중인 사용자가 AMR 모드 i 에 있게 될 확률로서 본 연구에서 제시한 형평성을 보장하는 알고리즘을 사용했을 경우 단순히 $P_i(n^*) = \frac{n_i}{n^*}$ 로 주어지게 된다.

5. 실험예제

회선 교환 방식의 AMR 음성 트래픽만을 분석대상으로 하였다. AMR 모드는 가능한 8개 모드중 대표적인 3개를 취하였으며 각 모드에 따른 Qrel 값은 [9]에서 No Error 환경일 때의 MOS 값의 상대값으로 계산하였다.

| | mode 1 | mode 2 | mode 3 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| bitrate : $R^{(i)}$ | 12.2 kbps | 7.95 kbps | 4.75 kbps |
| E_b/N_0 : $\beta^{(i)}$ | 7.0 dB | 7.5 dB | 8.0 dB |
| MOS | 4.01 | 3.91 | 3.50 |
| Qrel | 1 | 0.975 | 0.873 |

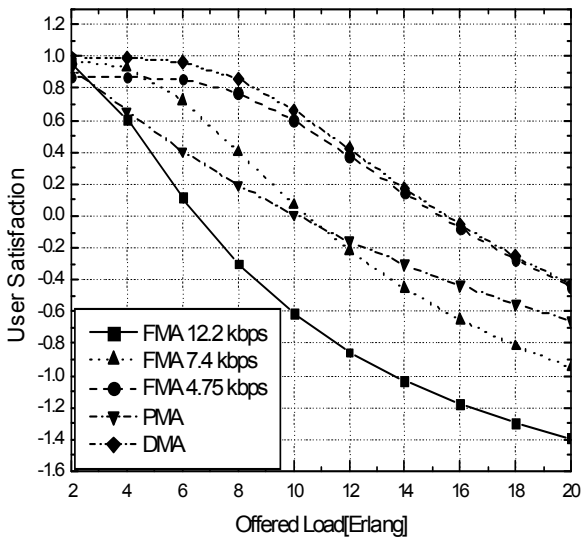
(표 1) AMR 모드에 따른 모수값

그 외 실험에서 가정한 시스템 모수값을 [2]에서 사용한 값들을 사용하였으며 (표 2)에 정리하였다.

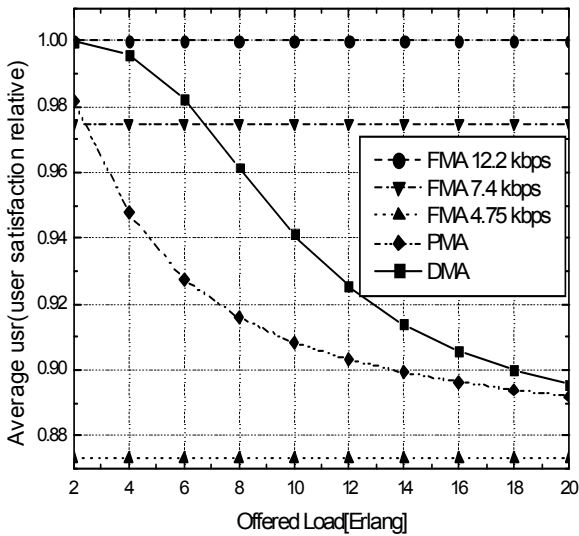
| 모수 | 값 |
|--|------------|
| $\bar{\alpha}$ (average orthogonal factor) | 0.5 |
| \bar{L} (average path loss) | 120 dB |
| P^S (total transmission power) | 4.5 W |
| P_{CCH} (common channel power) | 3.2 W |
| P_N (noise power) | -100 dBm |
| W (chip rate) | 3840 Kcps |
| I_{DL} (average interference ratio) | 0.9 |
| v (channel activity factor) | 0.67 |
| code rate | 1/3 |
| $\lambda^{HC}/(\lambda^{NC} + \lambda^{HC})$ | 1/3 |
| C_B (penalty of new call blocking) | 1 |
| C_D (penalty of handoff dropping) | 5 |
| Threshold of PMA (P_1^{Th}, P_2^{Th}) | (4.2, 4.7) |

(표 2) 시스템 실험 모수값

(그림 5)는 시스템 부하가 증가함에 따라서 각 모드의 US값의 변화를 도시하고 있다. 모든 부하에 대해서 가장 좋은 성능을 보이는 것은 동적모드할당 방식



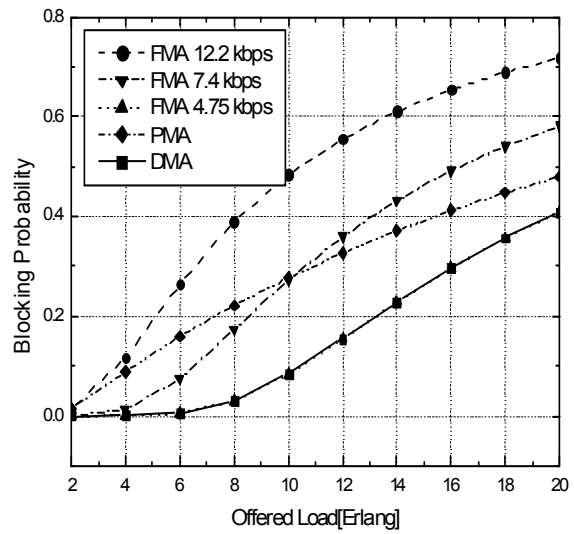
(그림 5) User Satisfaction vs. Load



(그림 6) relative user satisfaction vs. Load

(DMA)임을 확인할 수 있다. 12.2 kbps의 정적할당방식(FMA 12.2 kbps)은 부하 4 이하의 낮은 부하에서는 좋은 성능을 나타내지만 부하가 증가할수록 차단확률값이 증가함으로 US값이 급격히 감소하는 것을 알 수 있다.

(그림 6)은 시스템 부하가 증가함에 따라서 각 모드 할당방식의 usr(relative user satisfaction)값의 변화를 보여주고 있다. 역시 DMA가 PMA 보다는 더 좋은 사용자 만족도를 보임을 확인할 수 있다. 또한 DMA 방식과 FMA 12.2 kbps 방식이 동일한 차단확률을 보이고



(그림 7) Blocking Probability vs. Load 있음을 알 수 있다.

(그림 7)은 시스템 부하 증가에 따른 차단확률값의 변화를 보여주고 있다.

전체적으로 DMA 방식이 다른 방식들보다 좋은 시스템 성능을 내고 있음을 알 수 있고, FMA나 PMA 방식을 사용할 수 있는 시스템 부하가 언제인지를 정량적으로 확인할 수 있었다.

6. 결론

본 연구에서는 순방향 WCDMA 채널에서, 세 가지의 AMR 출력 모드 할당 방식을 제안하고, 음성 사용자가 경험하는 QoS 만족도를 시스템 성능 척도로하여 제안된 방식들을 비교할 수 있는 분석적 방법을 제시하였다. 실험 예제를 통해서 모든 시스템 부하에서 가장 높은 사용자 만족도를 주는 방법이 제어복잡도가 가장 큰 동적 모드 할당(DMA)임을 확인할 수 있었고 시스템 부하에 따라서 최선의 모드할당방식이 달라질 수 있음을 확인하였다.

본 분석적 연구를 통해서 WCDMA 시스템 관리자가 시스템부하와 제어복잡도를 고려하여 최적의 AMR모드 할당 방법을 결정하는 기준을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 연구 과제는 신규호와 핸드오프호의 차별성을 두는 호 수락제어방법을 적용한 분석 모델을 세우는 것이다.

참고문헌

- [1] Holma, H., Melero, J., Vainio, J., Halonen, T., Makinen, J., "Performance of adaptive multirate (AMR) voice in GSM and WCDMA" *Vehicular Technology Conference*, Vol.4, No.22-25(2003), pp.2177-2181.
- [2] Holma,H. and Toskala, A., *WCDMA for UMTS"* 3rd Ed. John Wiley & Sons. 2004.
- [3] Karlsson, M., Almgren, M., Bruhn, S., Larsson, K., Sundelin, M., "Joint Capacity and Quality Evaluation for AMR Telephony Speech in WCDMA Systems", *Vehicular Technology Conference*, Vol.4, No.24-28(2002) pp.2046-2050.
- [4] Knutsson, J. et al., "Downlink Admission Control Strategies for CDMA Systems in a Manhattan Environment," *Vehicular Technology Conference*, Ottawa, Canada, Vol.2(1998), pp. 1453-1457.
- [5] Leonard Kleinrock, *Queueing Systems volume I* , John Wiley & Sons, 1975.
- [6] Malik, S.A.; Zeglache, D., "Downlink Capacity and Performance Issues in Mixed Services UMTS WCDMA Networks", *Vehicular Technology Conference*, Vol.4, No.6-9(2002) pp. 1824 - 1828.
- [7] Sipila, K. Honkasalo, K.-C. Laiho-Steffens, J. Wacker, A., "Estimation of capacity and required transmission power of WCDMA downlink based on a downlink pole equation" *Vehicular Technology Conference Proceedings*, Tokyo. Vol.2, No.15-18(2000), pp.1002-1005.
- [8] Trivedi K. S. , *Probability and Statistics with Reliability, Queuing and Computer Science Applications* 2nd. Ed. John Wiley & Sons, New York, 2002.
- [9] 3GPP TR 26.975 : "Performance Characterization or the AMR Speech Codec"
- [10] 3GPP TR 25.922 V3.1.0 : "Radio Resource Management Strategies"