

IMT-2000 시스템의 셀 용량 및 트래픽 처리용량

정회원 김 석 호*, 국 광 호**

Cell Capacity and Traffic Carrying Capacity of IMT-2000 System

Suk Ho Kim*, Kwang Ho Kook** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 제공하게 될 IMT-2000 시스템이 새로운 호의 수락제어를 할 수 있도록 각 셀의 호 수락영역을 산출하는 방법을 제안하였다. 그리고 산출된 호 수락영역을 토대로 망 설계시에 필요한 각 셀의 트래픽 처리용량을 산출하는 방법을 연구하였다. 이때 IMT-2000 시스템의 상태가 너무 많아서 트래픽 처리용량을 정확하게 산출하는 것이 거의 불가능하므로 근사적으로 산출하는 방법을 제안하였다. 계산에 의한 비교 결과 제안된 근사적인 방법이 상당히 정확함을 볼 수 있었고 이 방법을 이용하여 각 셀의 역방향 트래픽 처리용량을 산출하였다.

ABSTRACT

The methodology to construct a call admission region is proposed, which can be used for call admission control in the multimedia IMT-2000 system. We have also studied how to determine the traffic carrying capacity of each cell under multimedia service environment. The exact calculation is infeasible due to the enormous number of system state in IMT-2000 system. An approximation method is suggested, which turns out to be very accurate. Based on this method, the reverse link traffic carrying capacity can be determined.

I. 서 론

IMT-2000 시스템의 운영자는 새로운 호가 서비스를 요구할 때 이를 수락할 수 있는 지 아니면 이를 기각해야 하는 지를 결정해야 한다. 이는 새로운 호의 수락이 기존에 서비스 중인 호들의 서비스 품질을 목표치 이하로 저하시키는 경우에는 새로운 호를 기각하고 그렇지 않은 경우에는 수락하면 될 것이다. 이를 위해서는 여러 종류의 서비스들을 동시에 수용하게 될 IMT-2000 시스템이, 각 종류의 서비스들을 요구하는 서비스 품질 이상으로 만족시켜 주면서 동시에 수용할 수 있는 가입자들의 조합으로 표현될 수 있는 호 수락영역을 산출하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 IMT-2000 시스템의 역방향 링크의 용량을 산출하는 방법에 대해서 다루고자 한다.

기존에 셀의 용량을 산출하는 방법에 대해서 많은 연구가 되어 왔으며^{1), 2)}, multimedia 환경에서 새로운 호의 수락제어를 수행하는 기법에 대해서도 연구가 되어왔다^{3), 4), 5)}. 기존의 연구에서는 외부 셀로부터의 간섭을 단순히 용량을 산출하고자 하는 목표 셀의 내부에서 발생하는 내부간섭의 상수 배로 가정하는 경우가 많은 데⁶⁾, 이는 다른 셀들에 있는 이동 가입자들의 분포가 목표 셀에 있는 이동 가입자들의 분포와 같은 경우에는 타당성이 있다. 그러나 각 셀에 있는 이동 가입자의 분포는 서로 다른 것이 보통이므로 본 논문에서는 외부 셀로부터의 간섭을 목표 셀내의 내부간섭과는 독립적으로 분석하기 위하여, J Evans⁴⁾ 등이 사용한 Gaussian 근사방법을 확장하여 IMT-2000 시스템의 역방향 링크의 호 수락영역을 산출하고 이를 토대로 용량을 산출하고자 한다.

* 한국통신 IMT사업추진본부 통신망팀 무선망설계부

** 서울산업대학교 부교수

논문번호: 00366-0920, 접수일자: 2000년 9월 20일

또한 IMT-2000 시스템의 셀 계획 등과 같은 망 설계를 하기 위해서는 각 셀이 수용할 수 있는 트래픽 처리용량을 산출하는 것이 필요하다. 트래픽 처리용량은 이동 가입자들이 각 종류의 서비스들을 요구할 때 서비스해주지 못할 확률인 호 차단확률(call blocking probability)이 요구되는 값 이하가 되도록 하면서 처리할 수 있는 최대 트래픽으로 표현될 수 있다. 기존에 트래픽 처리용량을 산출하는 방법에 대해서도 많은 연구가 되어 왔는데,^{6, 7, 8, 9} 본 논문에서는 호 수락영역을 토대로 IMT-2000 시스템의 각 셀의 역방향 트래픽 처리용량을 산출하는 방법에 대해 살펴본다.

2절에서는 IMT-2000 시스템의 각 셀의 역방향 링크의 용량을 산출하는 방법에 대해 살펴보고 3절에서는 IMT-2000 시스템의 각 셀의 역방향 트래픽 처리용량을 산출하는 방법에 대해 살펴본다. 4절에서는 결론 및 추후연구방향에 대해 다룬다.

II. Gaussian 근사방법에 의한 역방향 링크의 용량 분석

J Evans^[4] 등은 CDMA 셀룰러 네트워크에서의 호 수락제어를 위해 Gaussian 근사방법을 사용하여 호 수락영역을 유도한 후, 새로운 호를 수락하게 되면 호 수락영역을 벗어나는 경우에는 새로운 호를 기각하고 그렇지 않은 경우에는 수락하는 방법을 제안하였는데, 이를 응용하면 IMT-2000 시스템의 역방향 링크의 용량을 산출할 수 있다.

우선 무선망에 대한 가정은 다음과 같다.

- 대역 W 를 갖는 multiple cell 시스템을 고려한다.
- j 형태의 서비스가 존재한다.
- 무선망은 모두 M 개의 셀로 구성되어 있으며 각 셀 $p(p=1, 2, \dots, M)$ 에는 $j(j=1, 2, \dots, J)$ 형태 서비스 이용자가 N_{pj} 개 있다.
- 셀 p 에 있는 j 형태 서비스 사용자 $i(i=1, 2, \dots, N_{pj})$ 는 R_{pji} 의 전송속도를 요구하고 바람직한 서비스 품질을 위해 $(E_b/N_o)_{pji}$ 를 요구한다.
- 요구되어지는 $(E_b/N_o)_{pji}$ 를 보장할 수 있도록 power control은 완벽하다고 가정한다.
- ν_{pki} 는 셀 p 내의 j 형태 서비스 사용자 i 의 activity factor를 나타내고 P_{mji} 는 셀 m 내의 j 형태 서비스 사용자 i 의 셀 m 의 기지국에서의 수신전력을 나타낸다.

• $X_{pji}^{(m)}$ 은 셀 p 내의 j 형태 서비스 사용자 i 가 셀 p 내에 있는 기지국에 한 단위의 power로 수신될 때 셀 m 의 기지국에 발생하는 간섭을 나타낸다.

셀 m 내의 j 형태 서비스 사용자 i 가 요구하는 $(E_b/N_o)_{mji}$ 를 보장하기 위해서는 다음 식을 만족해야 한다.

$$\frac{P_{mji}}{\sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^J \nu_{mkl} \cdot P_{mkl} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{l=1}^J \nu_{plk} \cdot P_{plk} \cdot X_{pki}^{(m)}} \geq \frac{(E_b/N_o)_{mji} \cdot R_{mji}}{W} \quad (1)$$

식 (1)의 왼편의 분모는 셀 m 의 총간섭을 나타낸다. 한편 각 서비스들이 요구하는 $(E_b/N_o)_{mji}$ 를 만족시켜 주기 위해서는, 각 서비스들이 셀 m 내의 기지국에서 수신되는 전력(P_{mji})이 각 서비스들이 요구하는 $(E_b/N_o)_{mji}$ 와 전송속도에 비례하도록, $P_{mji} = K(E_b/N_o)_{mji} \cdot R_{mji}$ 이 되도록 해 주는 것이 바람직하다. 그러면 식 (1)은 다음과 같이 변형될 수 있다.

$$\sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^J \nu_{mkl} \cdot (E_b/N_o)_{mkl} R_{mkl} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{l=1}^J \nu_{plk} \cdot (E_b/N_o)_{plk} R_{plk} X_{pki}^{(m)} \leq W \quad (2)$$

즉 서비스중인 호들이 식 (2)를 만족하면 $(E_b/N_o)_{mji}$ 를 만족시킬 수 있음을 알 수 있다. 그런데 식 (2)에서 ν_{mkl} 과 ν_{plk} , $X_{pki}^{(m)}$ 이 확률변수이기 때문에 $(E_b/N_o)_{mji}$ 의 만족여부는 확률적인 형태로 표시되게 된다. 즉 $(E_b/N_o)_{mji}$ 가 만족되지 못할 확률을 α 이하로 하기 위해서는 식 (2)의 좌변이 W 를 초과할 확률을 α 이하가 되도록 해야만 한다.

$$P\left[\sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^J \nu_{mkl} \cdot (E_b/N_o)_{mkl} R_{mkl} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{l=1}^J \nu_{plk} \cdot (E_b/N_o)_{plk} R_{plk} X_{pki}^{(m)} \geq W\right] \leq \alpha \quad (3)$$

즉 호 수락영역은 식 (3)을 만족시키는 N_{pk} 의 조합으로 표현될 수 있는데 이를 구하기 위해 먼저 Gaussian 근사방법을 살펴보면 다음과 같다.

Gaussian 근사방법

중심극한정리에 의하면 서로 독립이고 동일한 분포를 따르는 많은 확률변수들의 합은 정규분포에

의해 근사화될 수 있음을 알 수 있다. $\mu = E[X_i]$, $\sigma^2 = Var[X_i]$ 라 하고 $\mu < \infty$, $0 < \sigma^2 < \infty$ 라 하자. 그러면

$$P\left(\sum_{i=1}^N X_i > C\right) \leq \alpha \quad (4)$$

을 만족하는 N 값을 찾는 문제는 다음과 같은 문제로 근사화될 수 있다.

$$P(N(0,1) > \frac{C-N\mu}{\sigma\sqrt{N}}) \leq \alpha \quad (5)$$

위 식에서 $N(0,1)$ 은 평균이 0이고 분산이 1인 표준정규분포를 따르는 확률변수를 나타낸다. 위 제약식은 β 가 다음 식을 만족시킬 때 $(C-N\mu)/\sigma\sqrt{N} \geq \beta$ 이면 만족이 된다.

$$\int_{\beta}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \alpha \quad (6)$$

한편 위 제약식은 $xN \leq C$ 의 형태로 표현될 수 있는데, 이때 x 는 $z = 4\mu C/\beta^2 \sigma^2$ 이라 할 때 다음과 같이 표현될 수 있다^[4].

$$x = \mu / (1 + 2/z \times (1 - \sqrt{1+z})) \quad (7)$$

위에서 C 가 bandwidth를 나타낸다고 하면 x 는 X_i 의 effective bandwidth가 된다.

식 (3)은 식 (4)와 유사하므로 Gaussian 근사방법을 이용하여 셀 p 내의 k 형태 서비스 이용자 l 의 셀 m 에서의 간섭의 effective bandwidth $\varepsilon_{pkl}^{(m)}$ 을 산출할 수 있다. 셀 p 에서의 k 형태 서비스 사용자들의 트래픽 특성과 요구하는 $(E_b/N_0)_{pkl}$ 이 모두 동일하다면 ($R_{pkl} = R_{pk}$, $\nu_{pkl} = \nu_{pk}$, $(E_b/N_0)_{pkl} = (E_b/N_0)_{pk}$, $l=1, \dots, N_{pk}$), 셀 p 내의 k 형태 서비스 이용자의 셀 m 에서의 간섭의 effective bandwidth를 $\varepsilon_{pk}^{(m)}$ ($\varepsilon_{pkl}^{(m)} = \varepsilon_{pk}^{(m)}$, $l=1, \dots, N_{pk}$)로 나타낼 수 있고 식 (3)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\sum_{k=1}^L \varepsilon_{mk}^{(m)} N_{mk} + \sum_{p=1}^M \sum_{k=1}^L \varepsilon_{pk}^{(m)} N_{pk} \leq W \quad (8)$$

이때 $\varepsilon_{pk}^{(m)}$ 은 $E[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]$ 과 $Var[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]$ 이 주어지면 식 (7)로부터 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\varepsilon_{pk}^{(m)} = \frac{E[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]}{1 + \frac{2}{z}(1 - \sqrt{1+z})} \quad (9)$$

위 식에서 z 는 β 가 식 (6)을 만족시킬 때 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$z = \frac{4 \times E[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}] \times W}{\beta^2 \times Var[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]} \quad (10)$$

따라서 식 (9)에 의해서 $\varepsilon_{pk}^{(m)}$ 을 구하고자 하면 $E[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]$ 와 $Var[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]$ 을 구해야 하는데, 이는 ν_{pk} 와 $X_{pkl}^{(m)}$ 가 서로 독립이므로 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\begin{aligned} E[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}] &= R_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot E[\nu_{pk} X_{pkl}^{(m)}] \\ &= R_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot E[\nu_{pk}] E[X_{pkl}^{(m)}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Var[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}] &= R_{pk}^2 (E_b/N_0)_{pk}^2 Var[\nu_{pk} X_{pkl}^{(m)}] \\ &= R_{pk}^2 (E_b/N_0)_{pk}^2 \{E[\nu_{pk}^2 X_{pkl}^{(m)2}] - E[\nu_{pk} X_{pkl}^{(m)}]^2\} \\ &= R_{pk}^2 (E_b/N_0)_{pk}^2 \{E[\nu_{pk}^2] E[X_{pkl}^{(m)2}] - E[\nu_{pk}]^2 E[X_{pkl}^{(m)2}]\} \end{aligned} \quad (11)$$

식 (11)에서 셀 p 에 있는 k 형태 서비스 사용자 activity factor가 ν_{pk} 인 on-off 트래픽 특성을 갖는다면 $Var[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}]$ 는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} Var[\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pkl}^{(m)}] &= R_{pk}^2 (E_b/N_0)_{pk}^2 \{E[\nu_{pk}] E[X_{pkl}^{(m)2}] - E[\nu_{pk}]^2 E[X_{pkl}^{(m)2}]\} \end{aligned} \quad (12)$$

따라서 $E[X_{pkl}^{(m)}]$ 과 $E[X_{pkl}^{(m)2}]$ 을 구하면 effective bandwidth $\varepsilon_{pk}^{(m)}$ 을 구할 수 있음을 알 수 있다.

1. 외부 셀 내의 이용자에 의한 간섭량 산출
외부 셀내의 이용자에 의한 간섭량 계산에서 고려하고자 하는 무선망은 (그림 1)과 같은 구조를 가지며 최대 5 tier내에 있는 셀까지 고려한다.
 $X_{pkl}^{(m)}$ 은 셀 p 내의 k 형태 서비스 이용자 l 이 셀 p 내에 있는 기지국에 한 단위의 power로 수신될

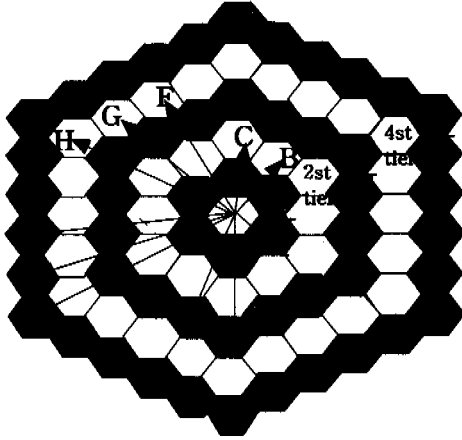


그림 1. 외부 셀 간섭 계산을 위한 무선망 구조

때 셀 m 의 기지국에 발생하는 상대적인 간섭을 나타내므로 셀 p 내의 모든 서비스 종류에 대해 동일함을 알 수 있다. 즉

$$X_{pk}^{(m)} = X_{pl}^{(m)}, \quad k=1, \dots, J \quad (13)$$

서비스 이용자와 기지국간의 경로 손실이 r 을 서비스 이용자와 기지국 사이의 거리라 하고 ξ 를 평균이 0이고 표준편차가 $\sigma=8$ 인 Gaussian 확률변수라 할 때 $10^{(\xi/10)}r^{-4}$ 에 비례한다고 하자. r_m 을 셀 p 내에 있는 서비스 이용자로부터 셀 m 내의 기지국까지의 거리를 나타내고 r_p 를 셀 p 내에 있는 서비스 이용자로부터 셀 p 내의 기지국까지의 거리를 나타낸다고 하자. 그러면 $E[X_{pl}^{(m)}]$ 은 다음과 같이 구해질 수 있다^[10].

$$E[X_p^{(m)}] = \int \int_{A_p} \left(\frac{r_p}{r_m}\right)^4 E[10^{z/10} \cdot \phi(x, r_m/r_p)] dA \quad (14)$$

위 식에서 적분은 셀 p 에 대해 행해지며 x 는 평균이 0이고 분산이 $2\sigma^2$ 인 정규확률변수를 나타내고 $\phi(x, r_m/r_p)$ 는 다음을 나타낸다.

$$\phi(x, r_m/r_p) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 40 \log(r_m/r_p) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

외부 셀내의 이용자에 의한 간섭량을 계산하기 위해서는 (그림 1)과 같은 정육각형 셀 면적에 대한 적분이 필요한데 정육각형 셀 면적에 대한 적분이 복잡하기 때문에 계산의 편의를 위하여 본 논문에서는 한변의 길이가 a 인 정육각형을 면적이 동일한 원(반경 $R=0.9094a$)으로 근사화하였다. 이때

(그림 2)에서 보는 바와 같이 D 를 셀 m 내의 기지국과 셀 p 내의 기지국 사이의 거리라 할 때 셀 p 내의 기지국에서 s 만큼의 거리에 있고 셀 m 의 기지국과 셀 p 의 기지국과의 연장선과 θ 의 각에 있는 사용자는 셀 m 으로부터 $\sqrt{D^2 + s^2 + 2Ds \cos \theta}$ 의 거리에 있음을 알 수 있다.

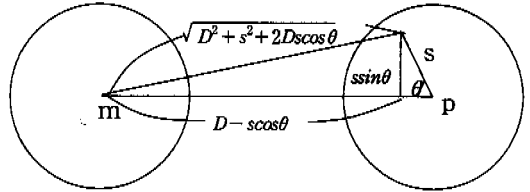


그림 2. 셀 p 내의 가입자와 셀 m 의 기지국 사이의 거리

따라서 $E[X_{pl}^{(m)}]$ 은 식 (14)와 (15) 그리고 적분 영역을 극좌표로 변환함에 의해 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$\begin{aligned} E[X_{pl}^{(m)}] &= \int \int_{A_p} \left(\frac{r_p}{r_m}\right)^4 E[10^{z/10} \cdot \phi(x, r_m/r_p)] dA \\ &= e^{(\beta\sigma)^2} \int_0^R \int_0^{2\pi} s \left(\frac{s}{\sqrt{D^2 + s^2 - 2Ds \cos \theta}}\right)^4 \\ &\quad \times [1 - Q\left[\frac{40 \log_{10}(\sqrt{D^2 + s^2 - 2Ds \cos \theta} / s)}{\sqrt{2\sigma^2}} - \sqrt{2\sigma^2} \beta\right]] d\theta ds \end{aligned} \quad (16)$$

유사한 방법으로 $E[X_{pl}^{(m)2}]$ 도 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} E[X_{pl}^{(m)2}] &= \int \int_{A_p} \left(\frac{r_p}{r_m}\right)^8 E[10^{2z/10} \cdot \phi(x, r_m/r_p)^2] dA \\ &= e^{(2\beta\sigma)^2} \int_0^R \int_0^{2\pi} s \left(\frac{s}{\sqrt{D^2 + s^2 - 2Ds \cos \theta}}\right)^8 \\ &\quad \times [1 - Q\left[\frac{40 \log_{10}(\sqrt{D^2 + s^2 - 2Ds \cos \theta} / s)}{\sqrt{2\sigma^2}} - \sqrt{2\sigma^2} \beta\right]] d\theta ds \end{aligned} \quad (17)$$

식 (16)과 (17)을 이용하여 경로손실이 $10^{(\xi/10)}r^{-4}$ 를 따르고 $\sigma=8$ dB 일 때 (그림 1)과 같은 무선망 구조에서 각 외부 셀내의 이용자에 의한 상대적인 간섭량을 나타내는 $X_{pl}^{(m)}$ 의 평균과 이차 모멘트를 산출하면 다음 <표 1>과 같이 된다.

<표 1>에서 거리 D 는 (그림 1)의 정육각형 한변의 길이를 a 라 할 때 각 type 셀의 기지국으로부터 중심 셀의 기지국까지의 거리를 나타낸다.

표 1. $X_{pk}^{(m)}$ 의 평균과 이차 모멘트

tier	type	거리 D	동일거리 셀의 개수	평균	이차모멘트
1	A	$\sqrt{3}a$	6	0.06679	0.026952
	B	$3a$	6	0.01859	0.004951
2	C	$2\sqrt{3}a$	6	0.01165	0.002607
	D	$\sqrt{21}a$	12	0.00425	0.000614
3	E	$3\sqrt{3}a$	6	0.00263	0.000297
	F	$6a$	6	0.00149	0.000122
4	G	$\sqrt{39}a$	12	0.00127	0.000095
	H	$4\sqrt{3}a$	6	0.00084	0.000048
5	I	$\sqrt{57}a$	12	0.00059	0.000026
	J	$3\sqrt{7}a$	12	0.00048	0.000019
	K	$5\sqrt{3}a$	6	0.00034	0.000010

2. IMT-2000 시스템의 호 수락영역 산출

ITU-R에서 2010년 경에 Urban Vehicular 환경에서 각 셀의 역방향링크 쪽에 발생하리라 예측하고 있는 <표 2>와 같은 트래픽 특성을 갖는 서비스들이 IMT-2000 시스템에 부가된다고 가정하자^[11].

표 2. 각 셀의 역방향링크에 부가되는 서비스별 트래픽 특성

서비스	S	SM	SD	MMM	HMM	HIMM
BHCA/가입자	0.4	0.2	0.02	0.008	0.008	0.011
통화지속시간(초)	120	3	156	3000	3000	120
activity factor	0.5	1	1	0.00285	0.00285	1
전송속도	16	14	64	64	128	128
가입자/셀	684	374	122	140	140	234
셀당 트래픽	9.11	0.062	0.11	0.93	0.93	0.0858

<표 2>에서 S는 Speech, SM은 Simple Message, SD는 Switched Data, MMM은 Medium Multimedia, HMM은 High Multimedia, HIMM은 Highly Interactive Multimedia 서비스를 각각 나타내는 데 본 논문에서는 이들 서비스들이 on-off 트래픽 특성을 갖는다고 가정한다. 보통 전송속도가 9Kbps, 144Kbps, 384Kbps, 2,000Kbps일 때 요구되는 E_b/N_0 로 현장에서 적용하고 있는 값들이 각각 4.6dB, 3.1dB, 1.7dB, 1.2dB 정도가 되므로 본 논문에서는 S, SM, SD, MMM, HMM, HIMM 서비스들이 요구하는 E_b/N_0 를 각각 4.4dB, 4.4dB, 4.0dB, 4.0dB, 3.3dB, 3.3dB정도가 된다고 가정한다.

위의 자료를 토대로 IMT-2000 시스템의 확산대역폭이 $W=3.6484\text{Mbps}$ 라 할 때 (그림 1)의 각 셀

에 있는 여러 서비스들의 effective bandwidth $\epsilon_{pk}^{(m)}$ 을 식 (9)에 의해 산출하면 <표 3>과 같이 된다.

표 3. 각 셀내의 서비스들의 effective bandwidth

tier	type	S	SM	SD	MMM	HMM	HIMM
0		26.3762	140.0000	640.0000	0.7413	1.4553	640.0000
1	A	1.7181	2.9569	14.2269	0.0416	0.0777	26.3641
	B	0.4660	0.8070	3.8052	0.0109	0.0201	6.9685
2	C	0.2890	0.5012	2.3415	0.0067	0.0122	4.2647
	D	0.1031	0.1791	0.8191	0.0023	0.0042	1.4732
3	E	0.0631	0.1097	0.4961	0.0014	0.0025	0.8864
	F	0.0353	0.0614	0.2746	0.0008	0.0014	0.4873
4	G	0.0299	0.0521	0.2321	0.0007	0.0012	0.4108
	H	0.0196	0.0341	0.1500	0.0004	0.0008	0.2637
5	I	0.0136	0.0238	0.1037	0.0003	0.0005	0.1813
	J	0.0110	0.0191	0.0827	0.0002	0.0004	0.1438
	K	0.0078	0.0137	0.0594	0.0002	0.0003	0.1037

예로서 type B 셀내의 HMM 서비스의 effective bandwidth는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$E [\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pk}^{(m)}] = 128 \cdot 2.137 \cdot 0.00285 \cdot 0.01859 = 0.014492$$

$$Var [\nu_{pk} \cdot (E_b/N_0)_{pk} \cdot R_{pk} \cdot X_{pk}^{(m)}] = 128^2 \cdot 2.137^2 \cdot [0.00285 \cdot 0.00495 - 0.00285^2 \cdot 0.01859^2] = 1.0553$$

$$z = \frac{4 \cdot 0.0145 \cdot 3686.4}{2.33^2 \cdot 1.0553} = 37.2990$$

$$\epsilon_{pk}^{(m)} = \frac{0.0145}{1 + \frac{2}{37.2990} \cdot (1 - \sqrt{1 + 37.2990})} = 0.0201 \quad (18)$$

두 번째 tier 이내의 셀로부터의 간섭이 대부분의 간섭을 나타내므로 본 논문에서는 호 수락영역을 (그림 3)과 같이 두 번째 tier까지의 셀만을 고려하여 산출한다.

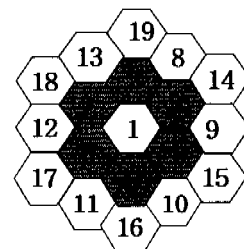


그림 3. 호 수락영역 산출을 위한 무선망 구조

그러면 셀 1의 호 수락영역은 식 (8)을 이용하여 산출될 수 있다. 즉, 식 (8)에서 m 은 1이 되며 p 는 2부터 19까지, j 는 1부터 6까지 변화된다. 그리고 $e_{ik}^{(m)}$ 은 <표 3>의 tier 0의 값들이 사용되며 $e_{pk}^{(m)}(p=2, \dots, 7)$ 은 <표 3>의 tier 1의 값들이 사용된다. 또한 $e_{pk}^{(m)}(p=8, \dots, 13)$ 은 <표 3>의 tier 2의 type B 값들이 $e_{pk}^{(m)}(p=14, \dots, 19)$ 은 <표 3>의 tier 2의 type C 값들이 사용된다. 따라서 다음과 같은 호 수락영역을 얻을 수 있다.

식 (19)에서 $N_{1i}, N_{2i}, N_{3i}, N_{4i}, N_{5i}, N_{6i}$ 는 각각 셀 $i(i=1, \dots, 19)$ 에 있는 S, SM, SD, MMM, HMM, HIMM 서비스 이용자 수를 나타내는 데, 식 (19)를 이용하여 호 수락제어를 행할 수 있다. 즉 새로운 호가 도착하였을 때 새로운 호와 기존에 서비스 중인 호들이 식 (19)를 만족시킬 수 있으면 새로운 호를 수락하고 그렇지 않은 경우에는 기각하게 된다.

한편 셀 1의 용량은 식 (19)의 호 수락영역으로부터 다음과 같이 평가될 수 있다. 주변 셀들에 존재하는 각 서비스 이용자들의 수(N_{21}, \dots, N_{196})가 주어졌을 때, 셀 1의 용량은 식 (19)를 만족하면서 셀 1에서 수용할 수 있는 각 서비스 이용자들의 최대 값으로서 산출된다. 예를 들어 S 서비스만 존재할 때의 셀 1의 용량은 식 (19)를 만족시키는 N_{11} 의 최대 값이 된다. 여러 서비스들이 같이 존재하는 경우에는 이들 서비스 사용자들이 원하는 비율로 유지될 때 식 (19)를 만족시키는 $N_{1j}(j=1, \dots, 6)$ 의 최대값들이 된다.

각 셀의 트래픽이 균일하고 서비스 이용자들의 비가 <표 2>의 트래픽 비율을 유지한다면 ($N_{1i}:N_{2i}:N_{3i}:N_{4i}:N_{5i}:N_{6i}=9.11:0.062:0.11:0.93:0.93:0.0858$) 셀 1의 용량은, 각 셀에 존재하는 서비스 이용자들의 수가 동일할 때($N_{ij}=N_j, i=1, \dots, 19$) 식(19)를 만족

하는 N_j 값들의 최대값들이 된다. 즉, 셀 1의 용량은 S, SM, SD, MMM, HMM, HIMM 서비스 이용자들이 각각 58.218, 0.3962, 0.7030, 5.9432, 5.9432, 0.5485가 됨을 볼 수 있다.

III. IMT-2000 시스템의 트래픽 처리용량

본 절에서는 IMT-2000 시스템에 ITU-R에 의해 예측되고 있는 <표 2>와 같은 트래픽 특성을 갖는 서비스들이 도착한다고 가정한다. 그리고 용량 산출을 위한 간섭량 계산시 (그림 3)과 같이 2번째 tier까지의 셀만을 고려한다고 가정한다. 그러면 IMT-2000 시스템의 호 수락영역(S)은 Gaussian 근사방법에 의해 식 (19)와 같이 산출될 수 있다.

IMT-2000 시스템의 각 셀의 트래픽 처리용량은 각 서비스들의 호 차단확률이 정해진 값 이하가 되도록 하면서 각 셀이 수용할 수 있는 최대 트래픽이 된다고 볼 수 있다. 호 차단확률을 구하기 위해서 먼저 다음과 같은 네트워크 상태를 고려하자.

$$N=(N_{11}, \dots, N_{1j}, \dots, N_{M1}, \dots, N_{Mj}) \quad (20)$$

위 식에서 N_{ij} 는 셀 $i(i=1, \dots, M)$ 에 있는 형태 $j(j=i, \dots, J)$ 서비스의 이용자 수를 나타낸다. 셀 i 에 j 형태 서비스가 도착률이 λ_{ij} 인 포아송 분포에 따라 도착한다고 가정하자. 그리고 셀 i 에 j 형태 서비스가 수락되면 평균이 $1/\mu_{ij}$ 인 일반적인 분포를 따르는 시간동안 서비스가 지속된다고 가정하자. 그러면 임의의 순간에 상태 N 에 있을 확률은 S가 호 수락영역을 나타낸다고 할 때 다음과 같이 product form으로 구해진다^[4].

$$p(N)=p_0 \prod_{i=1}^M \prod_{j=1}^J \frac{(\lambda_{ij}/\mu_{ij})^{N_{ij}}}{N_{ij}!}, \quad N \in S \quad (21)$$

이때 셀 m 에서의 j 형태 서비스의 블러킹 확률은

$$\begin{aligned} & 26.3762N_{11} + 140N_{12} + 640N_{13} + 0.741342N_{14} + 1.4553N_{15} + 640N_{16} \\ & + 1.71805N_{21} + 2.95692N_{22} + 14.2269N_{23} + 0.0416303N_{24} + 0.0777486N_{25} + 26.3641N_{26} \\ & \dots \\ & + 1.71805N_{71} + 2.95692N_{72} + 14.2269N_{73} + 0.0416303N_{74} + 0.0777486N_{75} + 26.3641N_{76} \\ & \dots \\ & + 0.289042N_{191} + 0.501214N_{192} + 2.3145N_{193} + 0.0067136N_{194} + 0.01225N_{195} + 4.26473N_{196} \leq 3686.4 \end{aligned} \quad (19)$$

다음과 같이 구해진다.

$$B_{mj} = p_0 \sum_{N \in S_w} f(N) \quad (22)$$

위 식에서 S_{mj} 는 S내의 상태 중 셀 m 에서 j 형태 서비스 하나가 더 수락되었을 때 S 밖으로 벗어나게 되는 상태들의 집합을 나타낸다.

이때 고려해야 하는 셀의 수가 많아지고(두 번째 tier까지 고려하면 19개의 셀이 됨) 서비스 종류가 많아지면 S내의 상태 수가 너무 많아져서 식 (21)를 직접 이용하여 상태확률을 구하는 것은 거의 불가능해진다. 이는 Monte-Carlo acceptance-rejection 기법^[12]을 이용하여 풀 수도 있으나 본 연구에서는 다음과 같이 근사적으로 산출하는 방법을 고려하였다.

1. 호 차단확률의 근사적인 산출 방법

네트워크가 각 상태에 있을 확률들을 식 (21)에 의해 모두 계산한 후 식 (22)에 의해 호 차단확률을 산출하는 것은 거의 불가능하므로 본 논문에서는 중심 셀 이외의 셀에는 항상 평균 트래픽이 존재한다고 가정하고 중심 셀의 상태만 변화되는 경우를 고려하여 호 차단확률을 구하는 근사적인 방법을 고려한다.

즉 중심 셀 이외의 셀 i 에는 j 형태 서비스의 이용자가 항상 $\rho_{ij}(=\lambda_{ij}/\mu_{ij})$ 만큼 존재한다고 가정한다. 그러면 호 수락영역은 식 (19)로부터 다음과 같이 된다.

이때 중심 셀 1에 가해지는 j 형태 트래픽이 ρ_{1j} 일 때 임의의 순간에 중심 셀 1이 상태 $N(N=N_{11}, N_{12}, \dots, N_{16})$ 에 있을 확률은 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$f(N) = p_0 \prod_{j=1}^6 \frac{\rho_{1j}^{N_{1j}}}{N_{1j}!}, \quad N \in S \quad (24)$$

$$\begin{aligned} & 26.3762N_{11} + 140N_{12} + 640N_{13} + 0.741342N_{14} + 1.4553N_{15} + 640N_{16} \\ & + 1.71805\rho_{21} + 2.95692\rho_{22} + 14.2269\rho_{23} + 0.0416303\rho_{24} + 0.0777486\rho_{25} + 26.3641\rho_{26} \\ & \dots \\ & + 1.71805\rho_{71} + 2.95692\rho_{72} + 14.2269\rho_{73} + 0.0416303\rho_{74} + 0.0777486\rho_{75} + 26.3641\rho_{76} \\ & \dots \\ & + 0.289042\rho_{191} + 0.501214\rho_{192} + 2.3415\rho_{193} + 0.0067136\rho_{194} + 0.01225\rho_{195} + 4.26473\rho_{196} \leq 3686.4 \end{aligned} \quad (25)$$

그러면 식 (22), (23), (24)에 의해서 셀 1에서의 각 서비스 형태의 호 차단확률을 산출할 수 있다.

2. 근사적인 산출방법의 정확성 평가 결과

본 절에서는 호 차단확률을 근사적으로 구하기 위한 위 방법의 정확성을 검토하기 위해서, 시스템에 음성서비스만 존재한다고 가정하고 확산대역폭을 변화시켜 가면서 식 (21)과 같이 모든 셀의 상태를 고려하는 정확한 방법과 식 (24)와 같이 중심 셀의 상태만 변화되는 근사적인 방법에 의해 호 차단확률을 각각 구하고 이를 비교하였다.

이때 계산의 편의를 위하여 다음 (그림 4)와 같이 첫번째 tier까지의 셀만을 고려한다. 그리고 각 셀의 트래픽이 균일한 경우를 고려하여 모든 셀에는 트래픽이 $\rho(=\lambda/\mu)$ 만큼 가해진다고 가정한다. 이때 중심 셀에 있는 음성 서비스의 effective bandwidth는 1, 첫번째 tier의 각 셀에 있는 음성 서비스의 effective bandwidth는 0.10905라고 가정하고 확산대역폭을 각각 10, 15, 20, 25, 30으로 변화시켜 가면서 호 차단확률을 산출하였다.

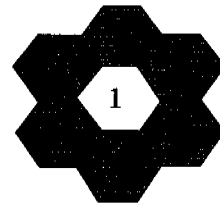


그림 4. 호 차단확률 산출방법의 평가를 위한 무선망 구조

1) 정확한 방법에 의한 호 차단확률

중심 셀 뿐만 아니라 모든 셀에 있는 음성 서비스 이용자의 수가 변화하는 것을 고려하면서 식 (21)에 의해 호 차단확률을 구하는 경우이다. 예로서 N_i 를 i 번째 셀에 있는 음성 서비스 이용자의 수라 하고 확산대역폭을 10이라 하면 호 수락영역

은 다음과 같이 된다.

$$N_1 + 0.10905(N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7) \leq 10 \quad (25)$$

이때 임의의 순간에 시스템이 상태 $N = (N_1, N_2, \dots, N_7)$ 에 있을 확률은 다음과 같이 구해진다.

$$P(N) = P_0 \prod_{m=1}^7 \frac{\rho^m}{N_m!}, \quad N \in S \quad (26)$$

위 식에서 S는 식 (25)를 만족시키는 상태들의 집합을 나타낸다. 확산대역폭과 각 셀에 부가되는 트래픽이 변화할 때의 호 차단확률을 식 (25), (26)을 이용하여 산출하면 다음 <표 4>와 같다. 예를 들어 <표 4>에서 erlang이 12.5인 경우는 식 (26)에서 $\rho = 12.5$ 에 의해 구해진다. 이때 한 종류의 서비스와 7개의 셀만을 고려하더라도 식 (25)를 만족시키는 상태의 수는 약 $10^{13} (= 10 \times 100^5)$ 개 정도가 되므로 서비스의 종류와 고려되는 셀의 수가 많아지면 정확하게 호 차단확률을 산출하는 것은 거의 불가능함을 알 수 있다.

2) 근사적인 방법에 의한 호 차단확률

중심 셀 이외의 셀에는 음성 서비스의 이용자가 항상 ρ 만큼 주어진다 가정한다. 확산대역폭이 10이라 하면 중심 셀의 호 수락영역은 다음과 같이 된다.

$$N_1 + 0.10905(\rho + \rho + \rho + \rho + \rho + \rho) \leq 10 \quad (27)$$

이때 임의의 순간에 셀 1이 상태 N_1 에 있을 확률은 다음과 같이 구해진다.

$$P(N_1) = P_0 \frac{\rho^{N_1}}{N_1!}, \quad N \in S \quad (28)$$

위 식에서 S는 식 (27)을 만족시키는 상태들의 집합을 나타낸다. 확산대역폭과 각 셀에 부가되는 트래픽이 변화할 때의 호 차단확률을 식 (27), (28)을 이용하여 산출하면 위 <표 4>에서 보는 바와 같다. <표 4>로부터 호 차단확률의 목표치가 1%로 주어질 때에 하나의 셀이 수용할 수 있는 트래픽을 보간법을 이용하여 산출하면 다음 <표 5>와 같이 된다.

표 5. 각 셀의 트래픽 처리용량

호 차단확률	10	15	20	25	30
정확한 방법	2.84	5.23	7.89	10.34	13.08
근사 방법	3.01	5.16	7.69	10.43	12.84
상대오차(%)	6.05	-1.39	-2.54	0.90	-1.85

<표 5>로 부터 근사적인 방법에 의해서 산출된 트래픽 처리용량이 정확한 방법에 의해서 산출한 트래픽 처리용량과 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

3. IMT-2000 시스템의 트래픽 처리용량

IMT-2000 시스템에 <표 2>와 같은 트래픽이 부가된다고 가정하자. 확산대역폭이 3.6864 Mbps일 때 IMT-2000 시스템의 각 셀의 역방향 트래픽 처리용량은 근사적인 방법으로 다음과 같이 산출될 수 있다.

외부 셀로부터의 간섭은 두 번째 tier내의 셀까지

표 4. 정확한 방법과 근사 방법에 의한 호 차단확률 계산 결과

확산대역폭	erlang	12.5	12.7	12.9	13.1	13.3	13.5	1.37
		정확한 방법	0.005129	0.00661	0.00822	0.010227	0.012572	-
	근사 방법	0.007983	0.009138	0.010407	0.011796	0.01331	0.014951	0.016722
25	erlang	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9
	정확한 방법	0.004337	0.005737	0.007499	0.009485	0.011941	0.009404	0.012091
	근사 방법	0.005562	0.006583	0.007736	0.00903	0.010471	0.020549	0.02315
20	erlang	7	7.2	7.4	7.6	7.8	8	8.2
	정확한 방법	0.003763	0.005185	0.006977	0.009221	0.008718	0.011616	0.01512
	근사 방법	0.003319	0.004149	0.005128	0.006271	0.014709	0.017221	0.019996
15	erlang	4.6	4.8	5	5.2	5.4	5.6	5.8
	정확한 방법	0.002698	0.004289	0.006495	0.009443	0.013191	0.017837	0.023446
	근사 방법	0.004928	0.006451	0.008287	0.010465	0.013007	0.015934	0.019259
10	erlang	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.3
	정확한 방법	0.007088	0.009075	0.011431	0.014197	0.011748	0.014913	0.018571
	근사 방법	0.004717	0.005712	0.006848	0.008132	0.024946	0.028265	0.031818

만 고려한다고 하자. 그리고 형태 1, 2, 3, 4, 5, 6 서비스가 각각 S, SM, SD, MMM, HMM, HMM 서비스를 나타낸다고 하자. 각 셀에 부가되는 트래픽이 균일하다고 하면 각 셀에 부가되는 각 서비스의 트래픽은 $\rho_j(j=1, \dots, 6)$ 로 나타낼 수 있고 ($\rho_{ij} = \rho_j, i=2, \dots, 19$) 중심 셀 이외의 셀에는 항상 평균 트래픽이 존재한다고 하면 호 수락영역은 식 (19)로부터 다음과 같이 된다.

이때 임의의 순간에 셀 1이 상태 $N(N=N_{11}, N_{12}, \dots, N_{16})$ 에 있을 확률은 다음과 같이 구해진다.

$$P(N) = P_0 \prod_{j=1}^6 \frac{\rho_j^{N_j}}{N_j!}, \quad N \in S \quad (30)$$

각 서비스들이 <표2>의 트래픽 비율을 유지할 때 ($\rho_1: \rho_2: \rho_3: \rho_4: \rho_5: \rho_6 = 9.11:0.062:0.11:0.93:0.93:0.0858$) 식 (29)를 만족시키는 최대 트래픽과 ($N_j = \rho_j, j=1, \dots, 6$ 일 때 식 (29)를 만족시키는 최대 ρ_j 값들) 이 만큼의 트래픽이 각 셀에 부가될 때 식 (29), (30)에 의해 각 서비스별 호 차단 확률을 산출하면 다음 <표 6>과 같이 된다.

표 6. 각 서비스별 호 차단확률

구분	S	SM	SD	MMM	HMM	HMM
Erlang	58.218	0.3962	0.7030	5.9432	5.9432	0.5485
호 차단 확률	0.0241	0.1461	0.6011	0.0006	0.0012	0.6011

<표 6>으로부터 각 서비스별 호 차단확률이 매우 높고 또 서로 상이함을 볼 수 있다. IMT-2000 시스템이 각 서비스들의 호 차단확률을 모두 1% 이하가 되도록 해 주어야 한다면, 호 차단확률을 낮추기 위해서 각 셀에 부가되는 트래픽을 줄여야 하는데 각 셀에 부가되는 트래픽이 <표 2>의 비율을 유

지하면서 변화한다고 하자 ($\rho_1: \rho_2: \rho_3: \rho_4: \rho_5: \rho_6 = 9.11:0.062:0.11:0.93:0.93:0.0858$) 각 서비스들의 호 차단확률이 모두 1% 이하가 되는 트래픽을 구하고 이때의 각 서비스별 호 차단확률을 산출하면 다음 <표 7>과 같이 된다.

표 7. 총 bandwidth를 사용할 때의 각 서비스별 트래픽 처리용량 및 호 차단 확률

구분	S	SM	SD	MMM	HMM	HMM
Erlang	25.6467	0.1745	0.3097	2.6182	2.6182	0.2416
호 차단 확률	0	0	0.0097	0	0	0.0097

즉 IMT-2000 시스템이 <표 2>와 같은 트래픽 환경에서 각 서비스의 호 차단확률을 1% 이내가 되도록 하고자 할 때 각 셀이 처리할 수 있는 역방향 트래픽 처리용량은 S, SM, SD, HMM, HMM 서비스들이 각각 25.6467, 0.1745, 0.3097, 2.6182, 2.6182, 0.2416 Erlang이 됨을 알 수 있다.

한편 <표 6>에서 볼 수 있듯이 각 형태의 서비스들을 동시에 서비스하게 되면 S, MMM, HMM 서비스들의 호 차단확률은 매우 적으나 SM, SD, HMM 서비스들의 호 차단확률은 상대적으로 매우 크게 됨을 알 수 있다. 그리고 <표 7>에서 볼 수 있듯이 SD, HMM 서비스들에 의해 각 셀의 트래픽 처리용량이 제한됨을 알 수 있다. 따라서 이들 다양한 서비스들을 보다 효율적으로 제공할 수 있는 방법으로 서비스들의 트래픽 특성에 따라 총 bandwidth를 나누어 할당하는 방법을 생각할 수 있다. 예를 들어 호 차단확률이 적은 서비스들과 호 차단확률이 큰 서비스들에게 각각 bandwidth를 따로 할당하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 본 논문에서는 호 차단확률이 적은 S, MMM, HMM 서비스들에게 일정량의 bandwidth를, 호 차단확률이 큰 SM, SD, HMM 서비스들에게 일정량의 bandwidth

$$\begin{aligned}
 & 26.3762N_{11} + 140N_{12} + 640N_{13} + 0.741342N_{14} + 1.4553N_{15} + 640N_{16} \\
 & + 1.71805\rho_1 + 2.95692\rho_2 + 14.2269\rho_3 + 0.0416303\rho_4 + 0.0777486\rho_5 + 26.3641\rho_6 \\
 & \dots \\
 & + 1.71805\rho_1 + 2.95692\rho_2 + 14.2269\rho_3 + 0.0416303\rho_4 + 0.0777486\rho_5 + 26.3641\rho_6 \\
 & \dots \\
 & + 0.289042\rho_1 + 0.501214\rho_2 + 2.3415\rho_3 + 0.0067136\rho_4 + 0.01225\rho_5 + 4.26473\rho_6 \leq 3686.4
 \end{aligned} \quad (29)$$

를 할당하는 방법을 고려하였다. 각 서비스들의 호 차단확률이 1% 이내가 되도록 하고자 할 때 <표 2>의 비율로 각 서비스들의 트래픽이 부가된다면, 총 3.6864Mbps 중 1.1934Mbps를 S, MMM, HMM 서비스들에게 나머지 2.493Mbps를 SM, SD, HIMM 서비스들에게 할당할 때 각 셀의 트래픽 처리용량이 최대가 됨을 알 수 있다. 그리고 이때 각 서비스들의 호 차단확률을 모두 1% 이하가 되도록 할 수 있는 트래픽을 구하고 이때의 각 서비스별 호 차단확률을 산출하면 다음 <표 8>과 같다.

표 8. 총 bandwidth를 나누어 사용할 때의 각 서비스 별 트래픽 처리용량 및 호 차단확률

구분	S	SM	SD	MMM	HMM	HIMM
ErLANG	20.9417	0.1425	0.2529	2.1379	2.1379	0.1973
호 차단 확률	0.0096	0	0.0097	0.0007	0.0015	0.0097

<표 7>, <표 8>로부터 본 논문에서 고려한 트래픽 환경하에서는 총 bandwidth를 사용하여 전체 서비스들을 서비스하는 것이 트래픽 특성에 따라 bandwidth를 나누어 서비스하는 것보다 성능이 좋음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 추후 연구 방향

본 논문에서는 IMT-2000 시스템의 운용에 필요한 셀의 용량 및 트래픽 처리용량을 산출하는 방법에 대해 연구하고 이를 토대로 IMT-2000 시스템의 용량을 산출하였다.

IMT-2000 시스템의 역방향 링크 용량 분석에서는 여러 서비스들을 동시에 서비스해야 하는 IMT-2000 시스템의 사용자가 새로운 서비스 요구가 발생할 때 이의 수락 여부를 결정할 수 있도록 Gaussian 근사방법에 의해 호수락영역을 유도하고 이를 토대로 셀의 용량을 산출하였다. 그리고 IMT-2000 시스템의 역방향 트래픽 처리용량 분석에서는 Gaussain 근사방법에 의해 산출된 호 수락영역을 이용하여 호 차단확률이 정해진 값 이하가 되도록 하면서 수용할 수 있는 각 셀의 최대 트래픽 양을 구하였다. 이때 호수락영역의 상태가 너무 많아서 정확하게 호 차단확률을 구하는 것은 거의 불가능하므로 근사적으로 호 차단확률을 구하는 방법을 유도한 후 이를 이용하여 각 셀의 트래픽 처

리용량을 구하였다. 그리고 이 근사방법의 정확성을 간략화된 모형하에서 평가하였다.

한편 추후 연구하여야 할 분야는 다음과 같다. 본 논문에서는 IMT-2000 시스템의 역방향 링크 용량 분석시 Gaussian 근사방법에 의해 호수락영역을 산출하고 이를 이용하여 호수락제어 및 트래픽 처리용량을 산출하는 방법을 제시하였다. 그러나 Gaussian 근사방법은 한 셀에서 진행중인 동일한 서비스 이용자의 수가 많을 때(보통 30개 이상일 때)에는 아주 정확하게 effective bandwidth를 구할 수 있으나 각 셀에서 진행중인 동일한 서비스 이용자의 수가 많지 않을 경우에는 산출된 effective bandwidth의 오차가 다소 클 수 있으므로 이를 보정할 수 있는 방법이 필요하다. 향후 이에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다. 그리고 본 논문에서는 IMT-2000 시스템의 트래픽 처리용량 분석시 각 셀에서 서비스 중인 여러 서비스들의 effective bandwidth의 합이 확산대역폭보다 적을 경우에 호를 수락하는 방법을 적용함으로써 트래픽 처리용량을 구하는 방법을 제시하였다. 그러나 실제 IMT-2000 시스템을 운용할 때에는 이외에도 총간섭량에 기초한 호 수락제어 기법과 같은 다른 호 수락제어 기법이 사용될 수도 있을 것이다. 향후 다른 호 수락제어 기법을 사용하는 경우에 대해서도 본 연구에서 제안한 방법을 확장하여 각 셀의 트래픽 처리용량을 구하는 방법에 대해 연구할 필요가 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani, A. J. Viterbi, L. A. Weaver and C. E. Wheatley, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 40, pp.303-312, May 1991.
- [2] C. C. Chan, "Performance Analysis of a Multi-Class CDMA Network," IEEE Proc. of VTC, pp. 411-415, Oct 1999.
- [3] J. Q.-J. Chak and W. Zhuang, "Capacity Analysis for Connection Admission Control in Indoor Multimedia CDMA Wireless Communications," World Personal Communications 12, pp. 269-282, 2000.
- [4] J. Evans, D. Everitt, "Call Admission Control

in Multiple Service DS-CDMA Cellular Networks," ICC, pp. 227-231, 1996.

[5] A. Sampath N. B. Mandayam and J. M. Holtzman., "Analysis of an Access Control Mechanism for Data Traffic in an Integrated Voice/Data Wireless CDMA System," IEEE Proc. of VTC, pp. 1448-1452, April 1996.

[6] A. M. Viterbi, A. J. Viterbi and E. Zehavi, "Other-Cell Interference in Cellular Power-Controlled CDMA," IEEE Trans. on Commun., Vol. 42, No. 2/3/4, pp. 1501-1504, Feb./ March/April 1993.

[7] A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol 11, pp.892-900, Aug. 1993.

[8] M. A. Landolsi, V. V. Veeravalli and N. Jain, "New Results on the Reverse Link Capacity of CDMA Cellular Networks," IEEE Proc. of VTC, pp. 1462-1466, April 1996.

[9] I. Koo, J. Lee, J. Ahn, and K. Kim, "Analysis of Erlang Capacity for the Multimedia DS-CDMA Systems," IEICE Trans. Fundamentals, Vol.82-A, No.5, May, 1999.

[10] "The CDMA Network Engineering Handbook," Vol.1, Nov, 1992.

[11] ITU-R, Task Group 8/1, Draft New Report M. [IMT-SPEC] Spectrum Requirements for IMT-2000, April, 1999.

[12] D. Everitt and D. Manfield, "Performance Analysis of Cellular Mobile Communication Systems with Dynamic Channel Assignment," IEEE J. on Selected Areas in Comm., Vol.7, No.8, pp. 1177-1180, Oct, 1989.

김 석 호(Suk Ho Kim)

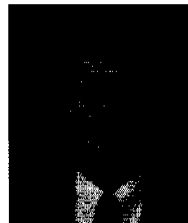
정회원



1989년 2월 : 한양대학교
전자통신과 졸업(공학사)
2000년 8월 : 한양대학(원)
전자통신과 졸업(공학석사)
1989년~1992년 : 금성통신
(현 LG전자) 연구원

1993년~1996년 : 나래이동통신 선임연구원
1996년~2000년 : 한국통신엠닷컴 무선망엔지니어링팀
2000년 8월~현재 : 한국통신IMT사업추진본부 무선망
설계부 재직
<주관심 분야> 이동통신 무선망 설계 및 이동통신 시스
템 트래픽 제어/성능평가

국 광 호(Kwang Ho Kook)



1979년 2월 : 서울대학교
산업공학과 졸업(공학사)
1981년 2월 : 서울대학교
산업공학과 졸업(공학석사)
1989년 8월 : Georgia Institute
of Technology(공학박사)

1989년~1993년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
1993년~현재 : 서울산업대학교 부교수
<주관심 분야> 통신시스템 트래픽 제어 및 성능평가