

## 부호분할 다중화 기법을 이용한 음성 회선 확대 방안 연구

권기형\* 신용조\*\*

### A Study for the Voice channel extension method using Code Division Multiplexing

Kwon Kihyung\* Shin Yongjo\*\*

#### 요 약

국내 전화 전송망은 E1을 많이 사용하며, 음성 한 회선에 64Kbps를 할당하여 총 30회선 2.048Mbps로 구성되어 있다. E1 방식에서는 TDM을 이용하므로 고정된 회선만을 이용한다. 본 연구에서는 CDM기법을 이용하면 음성 회선을 증가시키고 가입자수를 늘릴 수 있음을 보였다.

#### Abstract

Domestic telephony transmission networks mainly using E1 in 2.048Mbps is composed to 30 channels and each channel is assigned to 64Kbps voice coding rate. E1 method always uses TDM, so it is fixed channels. In this paper, it shows that using CDM enlarge the subscribers and voice channels

---

\* 상지대학교 병설전문대학 사무자동화과 조교수

\*\* 상지대학교 병설전문대학 전자과 조교수

논문접수: 98.11.9. 심사완료: 98.12.8.

### 1. 서론

전화의 국간 전송망은 TDM(Time Domain Multiplexing) 방식인 24회선인 T1과 30회선인 E1을 기준으로 설치되어 사용 중에 있다. 이 두 방식은 음성을 64Kbps로 전송하고 있으며 고정전화나 이동전화에서 모두 사용 중에 있다. 이 방식은 국내의 전화 회선이 고정전화에서 이동 전화로 바뀌는 추세에서 몇 가지 문제를 가지고 있다. 먼저 무선구간과 유선구간에서 사용하는 음

무선구간에서 8Kbps와 13Kbps를 사용하고 있으며 따라서 유선구간이나 고정전화와의 연동 시는 변환을 해야한다. 예를 들어 PCS(이동) 전화 가입자가 일반 전화 가입자에게 전화를 하는 경우 13(8)Kbps 13Kbps에서 64Kbps로의 변환을 해야 한다. 또한 이동전화 가입자기리 통화를 하는 경우는 13-64-13Kbps로 두 번의 변환을 해야한다. 둘째로 유선구간에서는 현재 크게 발달해 있는 음성 압축 기술을 이용할 수 없다. 즉 음성 압축 기술을 이용한다면 유선구간에서 현재보다 더 많은 사용자를 수용할 수 있지만 고정되어 있는 전송속도에 대해서는 이용할 수 없다. 셋째로 통신망은 최번시를 기준으로 설계하기 때문에 평상시에는 사용률이 매우 낮으며 이 때문에 투자비가 많이 들고 비용이 커지게 된다. 국내에서는 고정 전화망의 경우 10시에서 11시 사이에 트래픽이 매우 크고 이동 통신의 경우 출근시간 및 퇴근시간에 트래

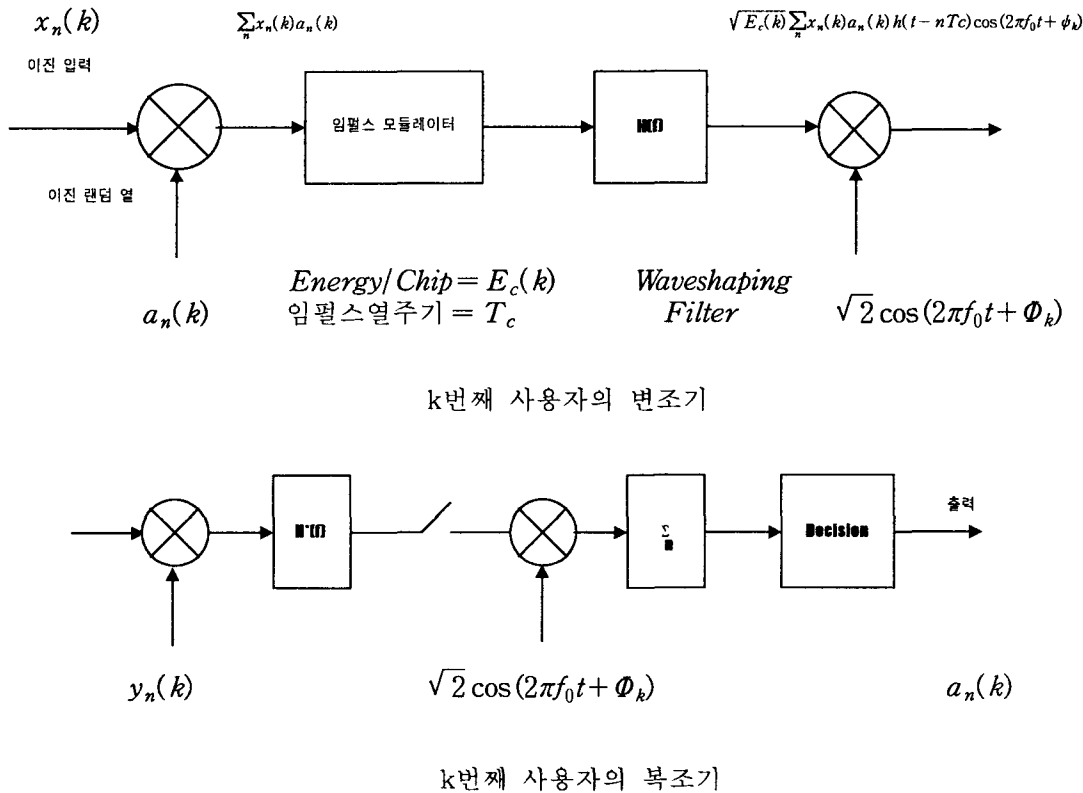


그림 1. 간단한 CDM 시스템 변복조기  
 Fig. 1. Simplified CDM system modulator and demodulator

성의 전송속도가 서로 다른 점이다. 국내의 이동전화는 픽이 많은 것으로 알려져 있다. 넷째로 유선구간에서는

가입자의 증가나 사용량의 증가에 따라 갑작스러운 트래픽의 폭주에 능동적으로 대처하기가 어렵고 따라서 회선을 무조건 증설해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 현재 사용중인 회선이 고정되어 있는 시분할 다중화 방식보다는 이의 변화가 가능한 부호 분할 다중화 (CDM : Code Division Multiplexing) 방식에 대해 연구하였다. 즉 본 논문에서는 통신망 설계 시 회선 수를 기존의 방식에 비해 줄일 수 있고 낮은 음성 전송률을 이용한다면 더욱 낮출 수 있으며 갑작스러운 트래픽의 증가에 유연하게 대처할 수 있음을 보였다. 이를 위해 현재 이동 통신에서 사용중인 1.2288Mbps와 IMT-2000에서 사용이 예상되는 4.5Mbps 및 E1에 실을 수 있도록 2.048Mbps에 대해 음성 전송률 13Kbps, 32Kbps를 기준으로 계산 및 실험을 실시하였다. 이에 대한 결과로 2장에서는 몇가지 비트오류율에 대해 채널 수를 계산하기 위해 이론적으로 고찰을 하였으며 3장에서는 이를 토대로 한 가입자수를 산출하였다. 4장에서는 이러한 결과가 나타내는 의미를 설명하였으며 5장에서는 이에 대한 결론을 도출하였다.

## II. BER과 사용자와의 관계[4]

BER은 변복조 시스템에 따라 달라질 수 있으나 [그림 1]과 같은 단순한 변복조 시스템을 가정하자. 출력은  $y_n(k)$ 의 적분 기대치이고 잡음은 크게 자기 신호원에 의한 간섭, 배경잡음, 다른 사용자에 의한 간섭 3가지이다. 이러한 잡음 중에서 다른 사용자에 의한 간섭이 가장 큰 영향을 미치며 본 논문에서는 가능하면 많은 사용자를 수용할 수 있는 방법에 대한 연구이므로 다른 사용자에 의한 간섭만을 취급하겠다.

다른 사용자  $j$ 는  $k$  사용자와 독립이고 비동기되며 이진 변수  $a_n(j)x_n(j)$ 로 변조되고 일정한 칩에너지  $E_c(j)$ 를 가지고 있다.  $j$ 번째 사용자 신호에 의한  $k$ 번째 복조기 출력의 분산을 구하는 것이므로 따라서 위상차 만을 고려한다면 다음 식과 같다.

$$V_j = \text{Var}_j[y_n(k)|x_n(k), \psi_j, \psi_k] \dots\dots\dots(1)$$

$$V_j = E_c(j) / T_c \cos^2(\psi_j - \psi_k) \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^4 df \dots\dots\dots(2)$$

여기에서  $\cos$  항은 2배수의 주파수를 가지며 이 부분은 필터 된다고 보면 전체 간섭에 의한 잡음은 다음 식 [2]과 같다.

$$V_0 = \sum_{j \neq k} E_{\psi_j}(V_j) = \sum_{j \neq k} E_c(j) \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^4 df / (2T_c) \dots\dots\dots(3)$$

모든 신호는 수신시 일정한 전력을 가지고 있고, 칩주기  $T_c$ , 비트율  $R$ 에서 비트당 칩수는  $1/(RT_c)$ 일 때 하나의 비트를 0이나 1로 판정하기 위해 데이터 값은 다음 식이다.

$$\Gamma = \sum_{n=0}^{1/RT_c} (RT_c) y_n(k) \dots\dots\dots(4)$$

이에 대한 기대치를 구한다면 다음 식[2]과 같다.

$$E(\Gamma) = \sum_{n=1}^{1/(RT_c)} E[y_n(k)|x_n(k)] = \sqrt{E_c(k)} \sum_{n=1}^{1/(RT_c)} x_n(k) \dots\dots\dots(5) = \pm [1/RT_c] \sqrt{E_c(k)}$$

각각 칩 출력의 잡음은 기본적으로 무상관하므로 다음 식이 된다.

$$\text{Var}(\Gamma) = \sum_{n=1}^{1/(RT_c)} \text{Var}[y_n(k)|x_n(k)] = 1 / (RT_c) V_0 \dots\dots\dots(6)$$

비트당 칩률이 매우 크다면 중심극한 정리에 의해  $\Gamma$ 는 가우시안에 가깝다.

따라서 비트 오류율은 다음 식[2][10]으로 주어진다.

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{[E(\Gamma)]^2}{\text{Var}(\Gamma)}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{E_c(k) / (RT_c)}{V_0}}\right) \dots\dots\dots(7)$$

여기에서  $Q(z) = \int_z^{\infty} e^{-x^2/2} dx / 2\pi$

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_c(k) / (RT_c)}{\sum_{j \neq k} E_c(j) \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^4 df / (T_c)}}\right) \dots\dots\dots(8)$$

여기에서 대역 W가  $W=1/T_c$  이고 배경잡음은 무시할 수 있으며 적분 구간은 단위 값으로 고려한다면 다음 식과 같이 된다.

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_c(k) / (RT_c)}{\sum_{j \neq k} E_c(j) \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^4 df / (T_c)}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_c(k) / (RT_c)}{\sum_{j \neq k} E_c(j)}}\right) \dots\dots\dots(9)$$

$$= Q\left(\sqrt{\frac{2A_v W/R}{(N-1)}}\right) \dots\dots\dots(10)$$

수식 10)에서 회선수와 비트 오류율에 대해 여러 가지 경우를 계산하여 결과를 [그림 2], [그림 3] 및 [그림 4]에 도시하였다. 이는 현재의 PCS 시스템에서 사용중인 13kbps, 아날로그 셀룰러에서 사용하며ADPCM으로 쉽게 구현이 가능한 32kbps, 현 유선 전화에서 사용하는 64kbps의 3가지의 음성 부호화율과 PCS의 1.23Mbps, E1의 2.048Mbps, W-CDMA에서 사용이 예상되는 4.8Mbps의 3가지의 칩률로 하여 계산하였다. [그림 2]는 13Kbps의 [그림 3]은 32Kbps

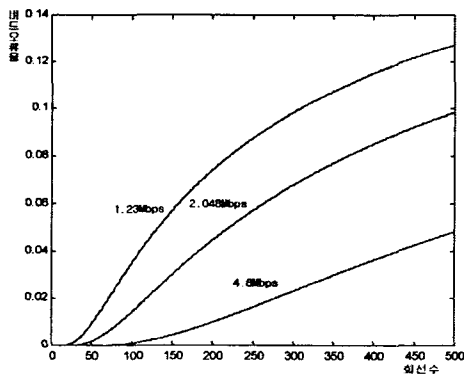


그림 2. 회선수와 비트 오류율과의 관계 (R : 13Kbps)  
Fig 2. The relation of the number of channel with BER (R : 13Kbps)

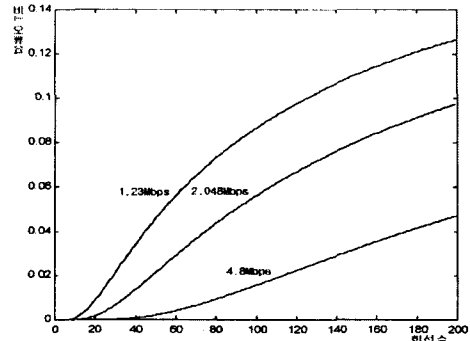


그림 3. 회선수와 비트 오류율과의 관계(R : 32Kbps)  
Fig 3. The relation of the number of channel with BER (R : 32Kbps)

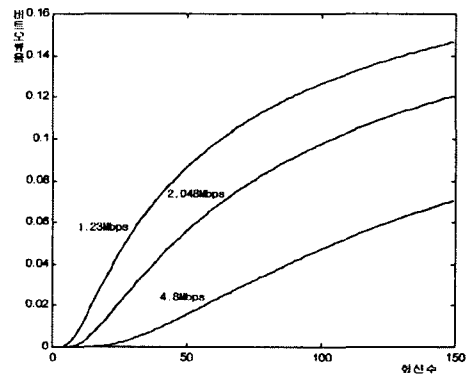


그림 4. 회선수와 비트 오류율과의 관계(R : 64Kbps)  
Fig 4. The relation of the number of channel with BER (R : 64Kbps)

에 대해 [그림 4]는 64Kbps에 대해 3가지의 칩률로 그 결과를 도시하였다. 허용 오류에 따라 회선수가 달라지므로 이 결과로부터 회선수를 계산한 결과를 <표 2>, <표 3>, <표 4>에 나타내었다. 이 결과를 보면 E1에서 32Kbps를 기준으로 통신망이 구축된다면 회선수가 50개로 E1에 할당되어 있는 30개보다 20개가 많으며 5%의 오류율을 보았을 때는 무려 90개의 회선을 갖게 되며 그만큼의 가입자를 증가시킬 수 있다.

표 1. 비트 오류율과 회선수와의 관계 (13Kbps)  
Table 1. The relation of the number of channel with BER (13Kbps)

	1%	2%	5%
1.23Mbps	53	73	134
2.048Mbps	87	120	222
4.8Mbps	203	279	519

표 2. 비트 오류율과 회선수와의 관계 (32Kbps)  
Table 2. The relation of the number of channel with BER (32Kbps)

	1%	2%	5%
1.23Mbps	22	30	55
2.048Mbps	36	50	91
4.8Mbps	83	114	212

표 3. 비트 오류율과 회선수와의 관계 (64Kbps)  
Table 3. The relation of the number of channel with BER (64Kbps)

	1%	2%	5%
1.23Mbps	12	16	28
2.048Mbps	19	26	46
4.8Mbps	42	58	107

### III. 각 회선에 대한 가입자수 산출

회선을 가진 통신로에 평균 트래픽 A로 서비스가 제공되고 있다고 할 때 블러킹 확률이 다음 식으로 주어진다.

$$E(A, N) = p_N = \frac{A^N / N!}{\sum_{i=1}^N A^i / i!} \dots\dots(11)$$

최번시 2회 통화와 회당 3분의 통화시간을 갖는 경우 0.1 일량의 평균 통화량을 가지며 E1은 30채널을 가지고 있으므로 30채널이상의 호 요구는 차단이 되므로 N=30을 대입하면 이로부터 E1에 대한 가입자를 계산할 수 있다. N=30과 0.05 일량, 0.1 일량, 0.2 일량에 대해 계산한 결과를 그림 6에 도시하였다. 이 결과에 대해 유선에서 주로 사용하는 차단확률 1% 또는 2%를 적용하면 적용 가능한 사용자수를 계산한다. 또한 이동 통신에서의 차단 확률 5%를 적용한 것을 함께 표 4에 도시하였다. 표에서 보는 것과 같이 0.1 일량에 대해 1%의 차단확률에 대해 대략 200 사용자를 수용할 수 있다. 또한 0.2 일량에 대해서는 100 사용자가 수용 가능하다. 물론 이와 같은 결과를 실제로 적용하는 경우 실제로 호의 차단이 발생되는 경우가 많이 발생하므로 회선 사용률을 0.6등으로 낮추어 60사용자만을 수용하여 호의 차단이 거의 발생하지 않도록 하고 있다.

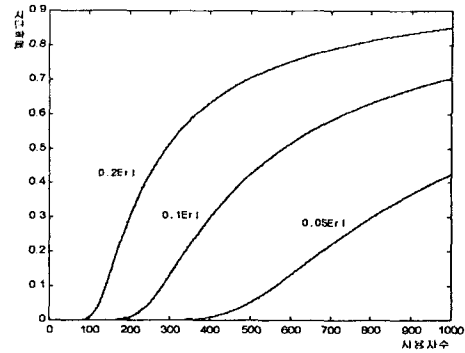


그림 5. E1 채널에서의 사용자수에 대한 차단확률  
Fig 5. Blocking probability for the number of user at E1

표 4. 차단 확률에 따른 사용자수(E1)  
Table 4. The number of user at given blocking probability

	1%	2%	5%
0.05일량	406	438	496
0.1일량	203	219	248
0.2일량	101	109	124

식(11)은 또한 CDM 기법을 이용하는 경우에도 도입될 수 있으며 비트 오류율을 높임에 따라 사용자가 증가하게 된다. 표5에 0.1일량의 사용자당 평균 트래픽에 대해 1%의 차단 확률을 가지는 CDM 기법에 대해 나타내었다. 표4와 표5를 비교해 보면 사용자 수에서 상당한 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

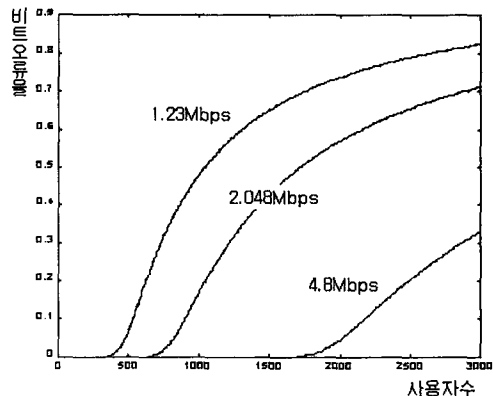


그림 6. 사용자수의 변화에 따르는 차단 확률 (사용자당 0.1일량, 1%의 비트오류율에서)  
Fig 6. Blocking probability at varying the number of user (At 0.1Erl per user and 1% BER)

표 5. CDM에서의 사용자수 (차단 확률 1%, 0.1얼람/사용자)

Table 5. The number of user (blocking probability 1%, 0.1 Erl /user)

	13Kbps	32Kbps	64Kbps
1.23	1160	424	186
2.048	2011	756	343
4.8	4740	1914	897

즉 E1과 같은 64Kbps의 음성 전송에서도 망의 수용자가 거의 100명 이상이 된다. 만일에 전송 속도를 낮추어 전송하는 경우는 이에 따라 수용자가 크게 증가함을 볼 수 있다. 또 다른 이점은 망이 회선의 사용률에 영향을 받지 않으므로 그 숫자를 그대로 망에 적용할 수 있으므로 실질적인 증가는 훨씬 크게 된다.

#### IV. 결과 고찰

E1의 30채널에 대한 결과를 보면 203명의 가입자를 수용할 수 있는 것으로 결과를 나타내고 있다. 그러나 CDM을 사용한다면 같은 64Kbps와 비교했을 때 343명으로 약 1.5배의 가입자를 수용할 수 있다. 더욱이 절반의 전송률 32Kbps에서는 756명의 가입자를 수용할 수 있으며 PCS에서 사용중인 전송속도 13Kbps에서는 무려 2011명의 가입자를 수용할 수 있다. 또한 호의 차단이 다 발생하는 것을 막기 위해 회선의 사용률을 0.6~0.7로 유지하는 것에 의한 가입자 손실이 CDM에서는 없으므로 따라서 최번시의 트래픽을 더 많이 수용할 수 있다. 즉 같은 전송 속도라면 실질적으로 2배 이상의 사용자수의 증가가 예상된다.

#### V. 결론

통신망은 가입자에 가까울수록 비용이 커진다고 한다. 예를 들어 전화나 가입자 회선이 비싸며 상대적으로 교환기는 가입자당 비용이 이보다 저렴하다. 이러한 것은 이

동전화에서도 마찬가지로 되어 있다. 이러한 통신망은 음성과 데이터로 구분할 수 있으며 현재 통신망에서는 압도적으로 음성 전화 서비스가 가장 많이 이용되고 있다. 음성 전화망은 64Kbps를 기준으로 설치되어 있으며 이는 이동전화에서도 교환국간은 그대로 적용되고 있다. 그러나, 이동전화에 있어서 가입자가 사용하는 부분은 국내 PCS에서는 13Kbps이고 디지털 이동전화에서는 8Kbps, 아날로그에서는 32Kbps를 사용하고 있는 바 앞에서 전송속도의 변환과 역변환에 의한 손실은 크게 증가하게 된다. 또한 가입자가 증가하거나 사용량이 증가하면 회선을 무조건 증가시켜야 한다. 특히 사용자가 특정 시간에 몰리기 때문에 회선의 증가는 상대적으로 낭비되는 회선을 증가시키는 단점을 가지게 된다. 본 논문에서는 비트오류율 1%에 대한 가입자 회선을 계산하여본 결과 개선됨을 보였다. 또한 64Kbps의 고정된 음성 속도를 가지고 있는 현재의 전송망에 이동전화에서 사용하고 있는 저속의 음성속도를 이용한다면 훨씬 유리해 질 수 있음을 보였다. 더욱이 갑작스러운 트래픽의 증가에 대해 통화호의 차단이 문제가 적게 발생한다는 점을 보였다. 다만 본 논문에서는 사람이 알아들을 수 없는 범위의 오류가 어느 정도인지와 관련된 1%의 타당성에 대한 연구를 하지는 않았다. 또한 데이터와 동시에 사용되는 경우에 대한 것도 앞으로 연구해야 할 과제라고 생각한다.

#### 참고문헌

- [1] 권기형, CDMA 및 비트 오류율 가변에 의한 음성 채널 확대방안 연구, 대한 전자공학회 논문지-T 권 제1호 p105~p110, 1998.6
- [2] Andrew J. viterbi, CDMA Principles of Spread Spectrum Communication, Addison Wesley, p1-p38, p199-p207, 1995
- [3] William C.Y.Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Mcgraw-Hill, p503-p530, 1995
- [4] Andrew J. viterbi, On the Capacity of a Cellular CDMA System, IEEE trans. on Vehicular Technology, Vol 40, No. 2, pp 303-311, May, 1991

- [5] 포항 종합 제철, CDMA 이동전화 기술, 1994.
- [6] Dimitri Bertsekas, Robert Gallager, Data Networks, prentice Hall, p317-320 p152-173, 1992
- [7] Michel Daoud Yacoub, Foundations of Mobile Radio Engineering, CRC press, p437-445, 1993
- [8] 김종상 편저, 데이터 통신 및 컴퓨터망, 회중당, p334-344, 2월, 1994
- [9] 김종상 역, 데이터 통신 및 컴퓨터 통신, 회중당, p401-409, 8월, 1995
- [10] 진년강, 랜덤 변수와 랜덤과정, 연학사, p271-278, 8월, 1994

### 저자 소개

#### 권기형



한국 OA학회 논문지 제3권 제1호  
참조

#### 신용조



1990. 2 경희대학교 전자공학과  
공학사  
1992. 2 경희대학교 대학원 전자  
공학과 공학석사  
1995. 2. 경희대학교 대학원 전자  
공학과 박사과정 수료  
1992. 9~상지대학교병설전문대학  
전자과  
현재 상지대학교 병설 전문대학 전  
자 공학과 조교수