

부호분할 다중화 기법을 이용한 음성 회선 확대 방안 연구

정회원 권기형*, 진용욱**

The Study of The Voice Channel Expansion Using Code Division Multiplexing

Kihyung Kwon*, Youngokh Chin** *Regular Members*

요 약

국내 유선 전화망은 가입자 구간은 한 회선씩을 사용하며 전송망 구간은 TDM을 사용하며, 음성 한 채널에 64Kbps를 할당하고 있으며 특히 E1의 경우 회선 당 음성 30채널에 2.048Mbps로 구성되어 있다. 반면에 이동 전화망은 가입자 구간은 수용 용량을 늘리고 효율화시키기 위해 CDMA방식을 이용하고 있지만, 전송망 구간은 유선 망과 마찬가지로 TDM 방식을 이용하고 있다. 본 논문에서는 유선의 가입자 구간에 대해서도 CDM 기법을 이용하여 채널을 증가시켜 회선의 효율성을 증가시키고 비용을 저렴하게 할 수 있음을 보이고 있다.

ABSTRACT

The subscriber loop subnet at domestic wired telephony networks uses one circuit per one subscriber and the transmission network subnet uses TDM that is composed to 30 voice channels and is assigned to 64Kbps per one voice channel of 2.048Mbps in E1. On the contrary, the subscriber networks for cellular networks is extent to channel capacity and make it efficiency use CDMA method but the transmission network is used to the same as telephony. In this paper, The subscriber loop at wired network also is shown to increasing effective and lower expensive using CDM.

1. 서 론

전화의 가입자망은 가입자 별로 2선으로 설치되어 있으며 음성만을 이용하기 위해 4KHz의 대역의 아날로그 음성을 사용 중에 있다. 이와 같은 가입자망은 그 설치와 사용자의 편리성 때문에 전화의 탄생 이래 계속 사용되어 왔다.

그러나, 가입자마다 설치해야 하기 때문에 발생하는 비용과 최근 데이터 통신 등 다양한 서비스에 대한 요구를 수용하기 위해 ADSL이나 케이블 TV 망을 이용하거나 광케이블을 새로이 포설하는 등

여건의 변화를 따라 가지 못하고 있는 것이 현실이다. 더욱이 몇 분의 통화 시간에만 이용되고 하루의 대부분은 사용되지 않음을 감안하면 비용 투자에 비해 상당히 낭비되고 있다고 볼 수 있다. 특히 새로운 시내 전화 사업자가 경쟁할 수 있도록 되어 있지만 각 가구마다 가입자 선을 연결해야 하는 막대한 망 구축비용 때문에 제한적인 경쟁을 할 수밖에 없다.

이러한 방식에 대해 그림 2에서와 같이 가입자단에 단국 장치를 넣어 가입자 회선의 효율을 높이는 방식을 채용한다면 훨씬 비용이 절약 될 것이다.

* 상지영서대학 사무자동화과(khkwon@youngseo.ac.kr),

** 경희대학교 전자공학과

논문번호 : 99374-0913, 접수일자 : 1999년 9월 13일

* 본 연구는 상지영서대학의 지원으로 이루어 졌습니다.

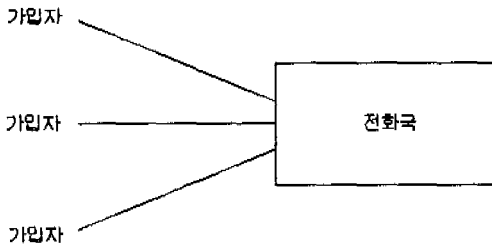


그림 1. 현재의 가입자방

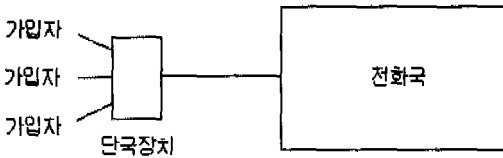


그림 2. 제안 방식

그러나, 가입자들의 전화 사용 특성이 특정 시간에 집중되기 때문에 단국 장치가 커져야 하며 따라서 회선의 효율성에 있어서 상당히 떨어지게 된다.

다육이 단국 장치를 시분할이나 주파수 분할에 의해 사용한다면 채널의 수가 고정되기 때문에 가입자 수만큼의 채널을 만들어야 하는데 결국 효율이 크게 떨어지게 될 것이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 단국 장치를 이동 전화에서 사용중인 부호 분할 다중 접속 방식을 응용하여 부호 분할 다중화 방식을 이용하였다. 부호 분할 다중화 방식을 이용하면 가입자들의 갑작스러운 사용량의 증가에 쉽게 대처할 수 있다. 즉 채널의 수가 간섭에 의해 결정되는 부호 분할 다중화 방식의 특징을 이용하여 쉽게 채널 수를 증가시킬 수 있다. 다만 채널 수가 증가하면 비트 오류율이 증가하는데 음성의 경우 그 특성이 비트 오류를 허용하지만 지연에는 민감하므로 이를 이용할 수 있다.

또한 현재의 전화망에서 64Kbps라는 고정된 음성 부호화율을 이용하는데 이 역시 이동전화에서 사용중인 13Kbps나 8Kbps를 이용하거나 최근의 높은 부호화율의 압축 방식도 이용할 수 있을 것이다.

이러한 가정 하에 부호 분할 다중화 방식^{[1][2][3][4]}을 이용하면 기존의 방식에 비해 회선 수를 줄일 수 있고 트래픽의 빠른 변화에 유연하게 대처할 수 있음을 보였다.

다만 부호분할 다중화는 트래픽의 증가 시 상호 간섭에 의해 비트 오류율이 증가되는 데 사람이 듣기에 어느 정도 허용하는 지를 아는 것은 쉽지 않으므로 사람이 듣는 데 불편함이 없는 비트 오류율을 가정하여 이 범위에서의 회선 수와 시분할 방식에서의 회선 수와 비교하였다. 또한 갑작스러운 트래픽의 증가에 대처할 수 있는 정도에 대해 비교하였다.

이를 위해 2장에서는 비트 오류율과 사용자와의 관계를 이론적으로 고찰을 하였으며 E1에서의 블러킹 확률에 의한 가입자수를 산출하였고, 모의 실험을 실시할 트래픽 발생 모델을 제시하였다.

3장에서는 음성 트래픽을 CDM에 적용하여 트래픽 모델과 비트 오류율과의 관계를 도출하였고 또한 비트 오류율과 채널 수의 관계 보였다. 4장에서는 이에 대한 결론을 도출하였다.

II. 이론적 고찰⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽¹⁰⁾

1. 비트 오류율과 사용자와의 관계

BER은 변복조 시스템에 따라 달라질 수 있으나 본 논문에서는 N명의 사용자중 k번째 사용자의 변복조 시스템을 [그림 2]로 가정한다. 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 다른 사용자에 의한 간섭만 있다고 가정하였다.

다른 사용자 j는 k사용자와 독립이고 비동기되며 이진 변수 $a_n(j)x_n(j)$ 로 변조되고 일정한 칩에너지 $E_c(j)$ 를 가지고 있다. j번째 사용자 신호에 의한 k번째 복조기 출력의 분산을 구하는 것이므로 따라서 위상차만을 고려한다면 다음 식과 같다.

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

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

여기에서 cos 항은 2배수의 주파수를 가지며 이 부분은 필터 된다고 보면 전체 간섭에 의한 잡음은 다음 식과 같다.

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

모든 신호는 수신시 일정한 전력을 가지고 있고

칩 주기 T_c , 비트율 R 에서 비트당 칩 율은 $1/(RT_c)$ 일 때 하나의 비트를 0이나 1로 판정하기 위해 데이터 값은 다음 식이다.

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

이에 대한 기대치를 구한다면 다음 식과 같다.

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

각각 칩 출력의 잡음은 기본적으로 무상관 하므로 다음 식이 된다.

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

비트당 칩 율이 매우 크다면 중심극한 정리에 의해 Γ 는 가우시안에 가깝다. 따라서, 비트 오류율은 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} P_b &= Q\left(\sqrt{\frac{|E(\Gamma)|^2}{\text{Var}(\Gamma)}}\right) \\ &= Q\left(\sqrt{\frac{E_c(k)/(RT_c)}{V_0}}\right) \end{aligned} \quad (7)$$

여기에서

$$Q(z) = \int_z^{\infty} e^{-x^2/2} dx / 2\pi \quad (8)$$

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

여기에서 대역 W 가 $W=1/T_c$ 이고 배경잡음은 무시할 수 있으며 적분 구간은 단위 값으로 고려한다면 다음 식과 같이 된다.^{[9][10]}

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_c(k)/(RT_c)}{\sum_{j \neq k} E_c(j) \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^4 df(T_c)}}\right) \quad (10)$$

$$= Q\left(\sqrt{\frac{2E_c(k)/(RT_c)}{\sum_{j \neq k} E_c(j)}}\right) \quad (11)$$

$$= Q\left(\sqrt{\frac{2A_p W/R}{(N-1)}}\right) \quad (12)$$

2. E1에서의 블러킹 확률에 의한 가입자 수 산출⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾

음성 호에 대한 가입자의 계산은 국내에서는 일랑 B식을 이용한다. 이식은 N 개의 회선을 가진 통신로에 평균 트래픽 A 로 서비스가 제공되고 있다고 할 때 블러킹 확률이 다음 식으로 주어진다.

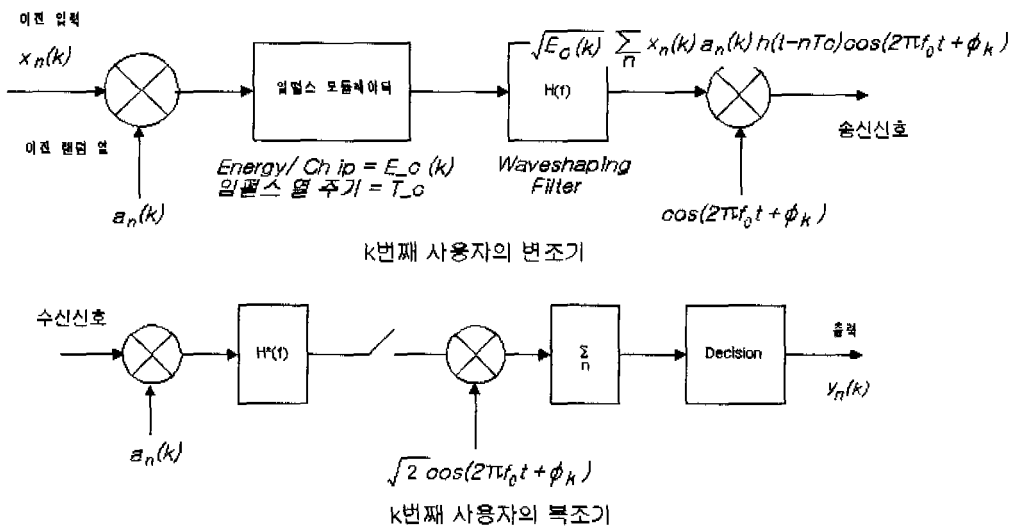


그림 3. 간단한 CDMA 시스템 변복조기

$$E(A, N) = p_N = \frac{A^N/N!}{\sum_{i=1}^N A^i/i!} \quad (13)$$

그림 2의 제안 방식에 대해 TDM을 이용하는 경우와 비교해 보기 위해 E1을 기반으로 하는 시스템을 먼저 (13)식을 이용하여 계산한 결과를 그림 4에 도시하였다. 그림 4는 사용자수의 변화에 따라 주어진 트래픽에 대해 차단 확률을 보여주고 있다.

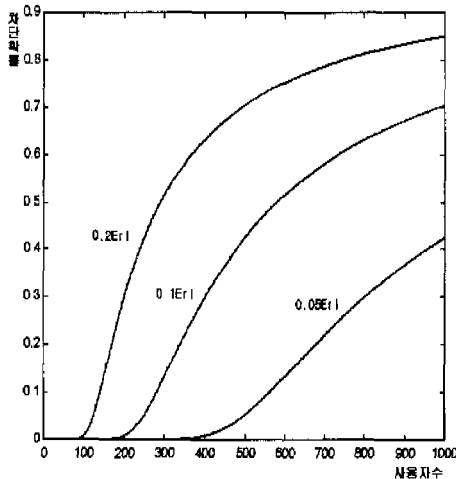


그림 4. E1 채널에서의 사용자수에 대한 차단확률

그림 4에서 먼저 제공 트래픽을 계산한다면 최면시 2회 통화와 회당 3분의 통화시간을 갖는 경우 0.1 얼랑의 평균 통화량을 가지며 이는 한 채널에서 1시간 동안 6분의 회선 점유를 의미한다.

(13)식에서 N을 적용해야 하는데 E1은 30채널을 가지고 있고 그 이상의 호 요구는 차단이 되므로 따라서 N=30을 대입하면 이로부터 E1에 대한 가입자를 계산할 수 있다. 이와 같이 N=30, A =0.05 얼랑, 0.1 얼랑, 0.2 얼랑에 대해 계산하여 결과를 그림 4에 도시하였다.

이 결과에 대해 유선 전화에서 주로 사용하는 차단확률 1% 또는 2%를 적용하면 가입자수를 산출해 낼 수 있다. 여기에 현재 이동 통신에서 사용중인 차단 확률 5%를 적용한 것을 함께 표 1에 나타내었다. 표에서 보는 것과 같이 0.1 얼랑에 대해 1%의 차단 확률에 대해 대략 200 사용자를 수용할 수 있다.

또한 0.2 얼랑에 대해서는 100 사용자가 수용 가능하다. 이동 전화의 경우 차단확률이 5%가 사용되어 유선전화에 비해 QoS가 좋지 않지만 가입자수는 훨씬 많이 수용할 수 있다. 표 1.에서 보는 바와

같이 0.1얼랑, 1% 차단 확률에 대해 20%정도 가입자를 더 수용하게 된다.

표 1. 차단 확률에 따른 사용자수(E1)

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

3. 트래픽 발생 모델

표 1에 표시된 각각의 차단확률에 대해 포아송 분포를 갖는 트래픽 발생모델을 만들어 이를 그림에 표시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 각각의 차단확률에 대해 E1에서 사용할 수 있는 최대 채널 수 30을 넘어서는 경우가 발생하게 된다. 차단 확률에 따라 5%의 경우는 1%에 비해 훨씬 높게 나타난다. 그림 5를 보면 1%의 차단 확률을 갖는 트래픽 모델로서 99%는 통화가 가능한 상태이기 때문에 가입자로서는 통화에 어려움을 겪는 경우가 많지 않지만 그림 6의 경우는 통화를 원할 때 이루어지지 않는 경우가 증가함을 알 수 있다. 그림 7은 이동전화에 적용되는 경우로서 통화를 원하는 경우에도 통화하지 못하는 경우가 자주 생김을 알 수 있다.

III. 음성 트래픽을 CDM에 적용

1. CDM에서의 트래픽 모델과 비트 오류율과의 관계

음성 트래픽 모델을 사용하여 얻어진 사용자의

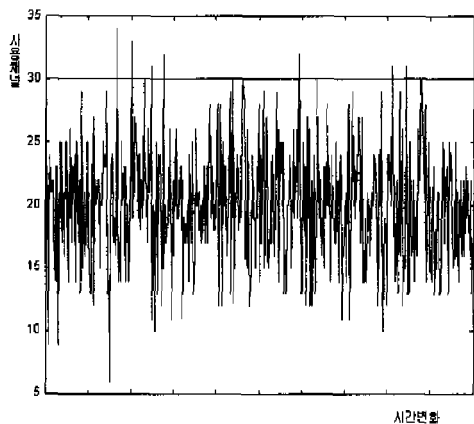


그림 5. 차단확률 1%에 대한 트래픽 모델

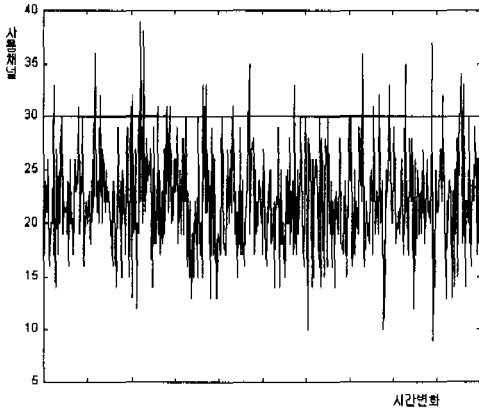


그림 6. 2%의 차단확률에 대한 트래픽 모델

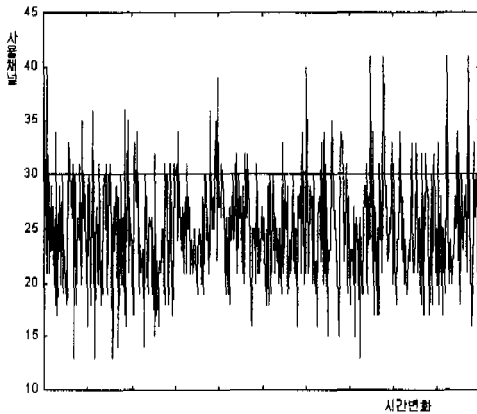


그림 7. 5%의 차단확률에 대한 트래픽 모델

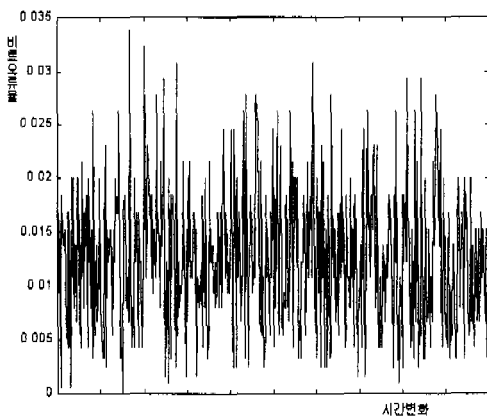


그림 8. 64Kbps에서의 비트 오류율(1% 차단확률)

호 요구를 CDM에 적용한다면 CDM의 특성상 호 차단 효과는 적으며 오히려 비트 오류율에 의해 표시해야 할 것이다.

그림 2와 같이 구성하는 경우 가장 쉬운 방법으로 64Kbps TDM 방식을 일반적으로 사용할 수 있겠지만 최근의 다양한 음성 부호화 방식을 이용하고 또 트래픽의 변화에 그리 탄력적이지 못한 측면이 있다.

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 CDM방식의 도입을 가정하였고, 64Kbps, 32Kbps 및 PCS에서 사용중인 13Kbps의 3종류의 방식의 음성부호화를 사용한다고 가정하여 모의실험을 실시하였다.

1% 차단확률을 가지는 그림 5의 트래픽 모델을 64Kbps의 전송속도로 전송하는 경우(그림 8)를 보면 최대 오류가 3.5%정도의 비트 오류율로서 평균적으로 1%이하의 오류를 갖는다.

32Kbps(그림 9)에서는 평균적으로 10^{-3} 정도의 오류를 갖게 되며 이는 채널의 수를 늘릴 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

또한 13Kbps(그림 10)에서는 10^{-4} 이하의 훨씬 양호한 결과를 얻는다. 따라서 이 경우는 채널수를 상

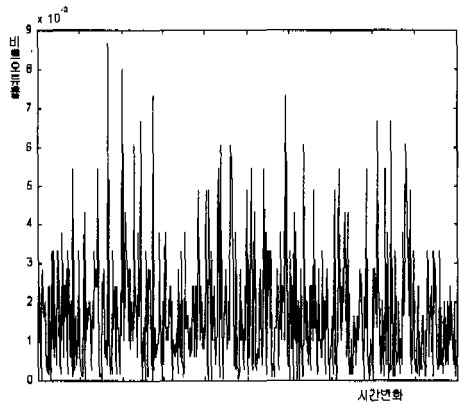


그림 9. 32Kbps에서의 비트 오류율(1% 차단확률)

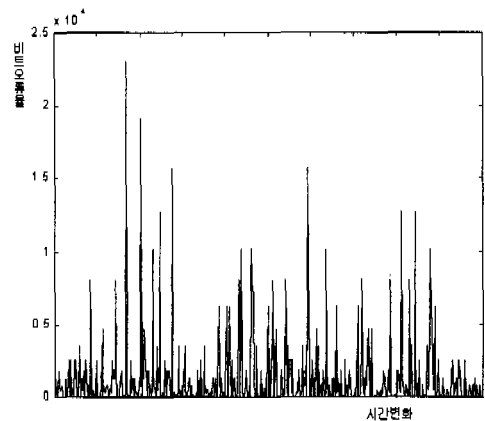


그림 10. 13Kbps에서의 비트 오류율(1% 차단확률)

당히 늘릴 수 있음을 모의 실험 결과에서 보여주고 있다.

많은 사용자가 있는 5% 비트 오류율의 경우에 대해(그림 11)에 대해서도 0.45%이하로 비교적 양호하게 오류가 나타나므로 회선의 용량을 크게 늘릴 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 E1에 제시된 것보다 훨씬 많은 채널을 사용할 수 있음을 알 수 있으며 정확한 채널의 수를 알기 위해 비트 오류율에 의한 채널수의 계산이 필요하다.

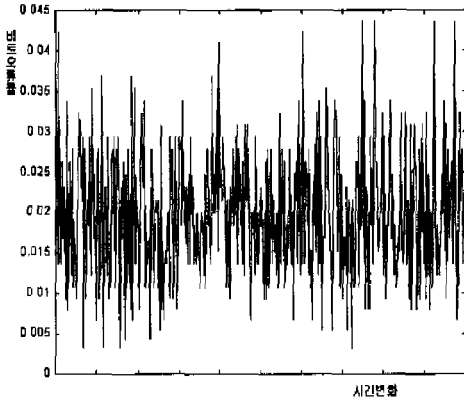


그림 11. 64Kbps에서의 비트 오류율(5% 차단 확률)

2. 비트 오류율과 채널 수의 관계

3.1에서 그린 그림을 토대로 채널 수와 전송속도와의 관계를 얻을 수 있으며 이를 표2에 제시하였다. 이 결과를 보면 64Kbps의 30채널 E1과 비교하면 1% 오류율에서 1% 차단 확률과 유사한 결과를 얻을 수 있다. 그리고 오류율이 높아질수록 회선이 증가하는데 5%에서는 가용 채널 수가 E1에 비해 2배 이상이 됨을 알 수 있다. 예를 든다면 13Kbps에 2%를 적용하면 120채널을 얻을 수 있다. 이는 E1을 적용하는 경우에 비해 무려 3배의 용량을 얻을 수 있음을 나타낸다. 이 결과는 현재의 회선을 1/3으로 줄일 수 있다는 것을 뜻하며 따라서 비용을 크게 낮출 수 있으며 같은 회선을 사용하더라도 사용자의 QoS를 높일 수 있게 됨을 보여주고 있다.

표 2. 비트 오류율과 회선 수와의 관계

	1%	2%	5%
13Kbps	87	120	222
32Kbps	36	50	91
64Kbps	19	26	46

IV. 결론

기존의 가입자망은 대부분 아날로그로 되어 있고 하나의 회선을 가지고 있으며 평소에는 대부분을 사용하고 있지 않다. 따라서 많은 비용이 지출되는 효율이 매우 낮은 상태이다.

특히 최근에 인터넷 서비스가 활성화되면서 가입자마다 여러 회선을 필요로 하는데 이를 효율화하기 위해서는 망 중단 장치를 필요로 할 것이며 이는 어차피 디지털화 하는 것이 필수적이라 하겠다. 이럴 경우 본 논문에서 제시한 방식은 여러 가지 이점을 가질 것이다.

특히 E1에 비해 두 배 이상의 효율을 가질 수 있으며 PCM이 아닌 다른 압축 기술을 이용한다면 예를 들어 국내의 PCS에서 이용중인 압축방식을 적용한다면 무려 200채널까지도 가능하다. 또한 이러한 방식은 국내에서 세계적으로 인정받을 수 있는 기술을 가지고 있으므로 이를 활용하여 세계로 진출할 수 있을 것이다. 특히 우리 나라는 아파트가 많고 인구 밀도가 높아 망 중단 장치의 성공 가능성도 매우 높다.

참고 문헌

- [1] Andrew J. viterbi, CDMA Principles of Spread Spectrum Communication, Addison Wesley, pp. 1-38, pp. 199-207, 1995
- [2] William C.Y.Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Mcgraw-Hill, pp. 503-530, 1995
- [3] 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
- [4] 포항 종합 제철, CDMA 이동전화 기술, 1994.
- [5] Dimitri Bertsekas, Robert Gallager, Data Networks, prentice Hall, pp. 317-320, pp. 152-173, 1992
- [6] Michel Daoud Yacoub, Foundations of Mobile Radio Engineering, CRC press, pp. 437-445, 1993
- [7] 김종상 편저, 데이터 통신 및 컴퓨터망, 회중당, pp. 334-344, 2월, 1994
- [8] 김종상 역, 데이터 통신 및 컴퓨터 통신, 회중당, pp. 401-409, 8월, 1995

- [9] 진년강, 랜덤 변수와 랜덤과정, 연학사, pp. 271-278, 8월, 1994
- [10] 권기형, CDMA 및 비트 오류율 가변에 의한 음성 채널 확대 방안 연구, 대한 전자공학회 논문지, 제35권 T편 제1호, 6월, 1998

권 기 형(Kihyung Kwon)

정회원



1984년 2월: 이주대학교 전자
공학과 졸업
1986년 8월: 경희대학교 전자
공학과 석사
1993년 9월: 경희대학교 전자
공학과 박사과정

1996년 9월~현재: 상지대학교 병설전문대학 사무
자동화과 조교수
<주관심 분야> 디지털 통신, 통신망, 디지털 신호처
리, 이동통신

진 응 옥(Young-ohk Chin)

정회원

92년 17권 3호 참조