

CDMA 시스템을 위한 가변율 음성 부호화기의 모델설정

正會員 朴 晷 薰*, 洪 大 亨**

Modeling of the Variable Rate Vocoder for the CDMA Systems

Jung Hun Park*, Dae Hyoung Hong** Regular Members

要 約

CDMA 이동통신시스템의 용량을 해석하기 위하여 한국어 적용시 적합한 음성 부호화기의 코딩율 모델을 설정하였다. 시스템 용량 결정 요소들 중의 하나인 QCELP 음성 부호화기의 코딩율을 마코비안(Markovian) 모델로 해석하였다. 세 가지 후보 모델들을 설정하고 이들 중 한국의 이동전화 환경에서 발생하는 프레임 전송 속도를 가장 유사하게 만들 수 있는 모델을 여러 파라메타를 근거로 하여 선택하였다. 이를 위하여 실제 이동 전화 환경에서 수집한 음성 샘플을 이용하였다. 본 논문에서 선정된 모델이 쉐임사에서 사용하는 모델보다 한국어의 voice activity를 더 정확하게 나타내는 것을 확인하였다. 선택된 모델을 시스템 용량 해석 모의실험에 적용하여 한국어의 voice activity를 시스템에 적용할 때 시스템 용량이 증가하는 정도를 확인하였다. 쉐임사의 voice activity 모델을 시스템에 적용한 경우와 도출된 한국어 모델을 사용한 경우의 시스템 용량은 약 10% 정도 차이를 보였다. 또 통화 중 발생하는 배경잡음의 특성을 적용하고 해석하여 시스템 용량에 미치는 영향을 분석하였다. 증가하는 배경잡음은 음성 코딩율을 감소시키고 따라서 시스템에 부과되는 간섭을 줄이는 방향으로 영향을 미치는 것을 확인하였다. 본 논문의 연구 결과는 국내 환경에서 CDMA 시스템의 용량을 보다 정확히 예측하는데 유용하게 적용될 수 있으리라 예상된다.

ABSTRACT

In this paper, we have set a variable coding rate model of Korean language. The model has been applied to analyze the capacity of the CDMA digital cellular system. We modeled the coding rate variation of the QCELP vocoder as Markovian processes. Three candidate Markovian models were selected. The models were investigated utilizing the Korean speech samples collected from working mobile communication systems. We have chosen a model that can represent Korean voice activity most accurately.

*LG정보통신 이동통신단

**西江大學校 電子工學科

Dept. of Electronic Eng., Sogang Univ.

論文番號 : 94375-1229

接受日字 : 1994年 12月 29日

The chosen model was applied to the system capacity simulation in order to analyze the effects of Korean voice activity on the system capacity. The system capacity with the model selected in this paper is different from that with Qualcomm model. The difference is about 10%. Furthermore, we analyzed the effects of background noise in the mobile radio environment on the system capacity. The simulation results show that the increase of the background noise reduces the average voice activity rate and consequently the interference generated by this call to other users. The results presented in this paper can be applied usefully to estimate the capacity of the CDMA systems in Korea.

I. 서론

CDMA (Code Division Multiple Access) 시스템의 용량을 결정짓는 요인으로는 요구되는 수신 Eb/No, voice activity의 통계적인 분포, 셀의 섀터 분할, 전력제어 오류, 소프트 핸드오버 (soft handover)상태의 이동국 분포, 전체적인 이동국의 분포 등이 있다.⁽¹⁻⁴⁾ 본 논문에서는 voice activity의 통계적 분포가 CDMA 시스템의 용량에 미치는 영향을 해석하였다.

지금까지의 연구는 voice activity로 주로 퀄컴 (Qualcomm)사에서 제안한 모델을 적용하였다.⁽⁵⁾ 그러나 영어의 voice activity와 한국어의 voice activity는 서로 다르리라 예상된다. 따라서 한국에서의 CDMA 시스템 용량을 정확히 해석하기 위해서는 한국어의 voice activity가 적용되어야 한다. 즉 한국어를 사용할 때 발생하는 프레임 당 전송 속도를 근거로한 시스템 용량 해석이 이루어져야 한다.

본 논문에서는 실제 발생하는 프레임 당 전송 속도를 유사하게 발생시킬 수 있는 모델을 만들기 위해서 세 가지 마코비안 (Markovian) 모델을 설정하였다. 각 모델의 세부 파라메타는 실제 이동통신 시스템에서 수집한 음성을 이용하여 구하였다. 설정된 모델들 중에서 실제 음성신호로부터 발생하는 프레임의 전송 속도와 가장 유사한 특성의 전송 속도를 발생시키는 모델을 여러 파라메타를 근거로 하여 선택하였다. 선택된 모델을 CDMA 시스템 용량 시뮬레이터에 적용하여 이동국과 기지국에서 각각의 전송 속도를 지니는 프레임들을 발생시켜 시스템 용량으로 해석하였다.

Ⅱ장에는 한국어의 voice activity를 나타낼 수 있는 여러 개의 마코비안 모델을 설정하였다. Ⅲ장에서는 설정된 모델 중에서 실제 음성샘플의 프레임 전송 속도를

가장 유사하게 발생시키는 모델을 여러 파라메타를 근거로 선택하였다. 선택된 모델을 시스템 용량 시뮬레이터에 적용하여 수행한 해석 및 결과를 Ⅳ장에 기술하였다. 또 배경잡음의 크기에 따른 시스템 용량 변화를 해석한 결과를 Ⅴ장에 기술하였다. Ⅶ장에서는 전체적으로 결과를 분석하고 결론을 맺었다.

Ⅱ. 모델설정

한국어의 voice activity를 적절하게 나타낼 수 있는 모델을 만들기 위하여 세개의 마코비안 모델을 후보로 설정하였다. 각 후보 모델을 수집한 음성 샘플을 이용하여 해석하였다. 음성 샘플들은 현재 운용중인 이동전화 시스템에서 수집하였다. 수집한 음성 파일을 QCELP (Qualcomm Coded Excited Linear Predictive) 부호화기에 적용하여 코딩율의 변동을 발생시켰다. 그리고 각 모델의 세부 파라메타는 프레임 당 코딩율의 변화로부터 도출하였다. 분석 결과를 퀄컴사에서 제시하고 사용하고있는 모델과 비교하였다. 퀄컴사의 모델은 결과만 제시되어있을 뿐 도출 방법에 대해 알려져 있지 않으므로 결과만을 그대로 이용하였다.

1. 1차 상태의존모델 (1-State Dependent Model)

다음 프레임의 코딩율이 현재 프레임의 코딩율에 의해서만 영향을 받는다고 가정하면 프레임의 코딩율의 변화를 나타낼 수 있는 상태의 수는 4이다. 또한 프레임마다 상태를 천이 하는 경우의 수는 13이다. 이 경우의 상태 천이불력도는 그림 1과 같다.⁽⁶⁾

2. 2차 상태의존모델 (2-State Dependent Model)

2차 상태의존모델은 다음 프레임의 코딩율이 현재와 바로 이전 프레임의 코딩율에 의해 결정된다고 가정한다

모델이다. 이 경우 전송할 수 있는 프레임의 코딩율의 변화를 나타내는 상태의 수는 13개이다. 또 프레임마다 상태를 천이 하는 경우의 수는 40이다.

3. 3차 상태의존모델 (3-State Dependent Model)

3차 상태의존모델은 다음 프레임의 코딩율이 현재와 이전 두 개의 프레임, 즉 모두 세 개의 프레임의 코딩율에 의해 결정된다고 가정한 모델이다. 이 경우 전송할 수 있는 프레임의 코딩율의 변화를 나타내는 상태의 수는 40개이다. 또 프레임마다 상태 천이 경우의 수는 121개이다.

Ⅲ. 모델들의 특성비교

본 장에서는 앞장의 1, 2, 3 절에서 설정한 모델과 쉼 킵 모델의 특성을 실제 음성의 경우와 비교한다. 이를 위하여 코딩율별 확률, 평균 코딩율, 통화송출(talk spurt)시간의 분포, 간격시간(gap time)의 분포 등을 비교한다.

1. 코딩율별 확률

표 1은 실제로 수집한 음성 파일을 QCELP로 부호화 하였을 때의 프레임 당 코딩율의 분포와 설정된 모델들, 그리고 쉼 킵 모델에서 발생하는 코딩율의 분포를 보인다. 코딩율의 분포를 비교하면 2차 상태의존모델과 3차 상태의존모델의 경우가 실제 음성의 결과에 가장 근사한 것을 알 수 있다.

2. 평균 코딩율

실제 음성 샘플을 QCELP에 적용하였을 때의 평균 코딩율과 각 모델의 평균 코딩율을 표 2에 보였다. 1차 상태의존모델은 실제 음성의 경우와 큰 차이를 보인다. 반면에 2차 상태의존모델과 3차 상태의존모델의 평균 코딩율은 실제 음성의 경우와 매우 유사하다.

평균 코딩율은 시간에 따른 코딩율의 변화를 나타내지는 못한다.⁽⁷⁾ 따라서 추가적으로 시간에 따라 코딩율의 변화를 나타낼 수 있는 파라메타로 통화송출시간과 간격시간의 분포함수(CDF)를 선정하고 결과를 비교하였다.

3. 통화송출시간의 분포

그림 2와 같이 프레임의 전체 시간은 통화송출시간과 간격시간으로 나눌 수 있다. 먼저 통화송출 시간은 음성이 끊기지 않고 전송되는 시간으로서 코딩율이 주로 8kbps이다. 간격시간은 정지시간(pause time)과 침묵시간(silence time)으로 구성된다. 간격시간의 코딩율은 주로 0.8kbps가 된다.

통화송출시간은 연속으로 코딩율이 8kbps인 프레임이 진행되다가 코딩율이 0.8kbps인 프레임이 연속으로 나오기 전까지 프레임의 시간으로 정의하였다. 반대로 연속으로 코딩율이 0.8kbps인 프레임이 진행되다가 연속으로 코딩율이 8kbps인 프레임이 나오기 전까지 프레임의 시간을 간격시간으로 정의하였다.

각 모델과 음성 샘플로부터 도출한 통화송출시간의 분포함수를 그림 3에 보였다. 쉼 킵 모델인 경우 통화송출시간이 다른 모델에 비하여 더 짧다. 다른 모델의 경우

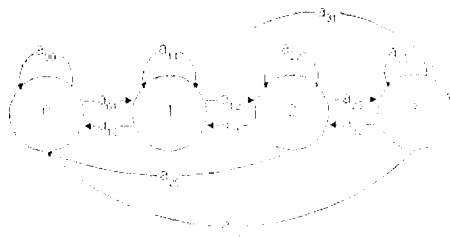


그림 1. 1차 상태의존모델의 상태천이도
Fig. 1. The state transition diagram of the 1-state dependent model

표 1. 코딩율의 분포
Table. 1. Probability of coding rates

코딩율	1차 상태의존모델	2차 상태의존모델	3차 상태의존모델	쉼 킵 모델	실제 음성
8 kbps	0.959289	0.415847	0.419615	0.288032	0.418791
4 kbps	0.015825	0.006966	0.007156	0.038119	0.007334
2 kbps	0.013131	0.006128	0.006275	0.072261	0.006425
0.8 kbps	0.011756	0.571060	0.566953	0.601588	0.567450

표 2. 평균 코딩율 비교
Table 2. Average coding rate

파 일	평균 코딩율(bps)
실제 음성 파일	3846.48
1차 상태의존모델	7773.27
2차 상태의존모델	3823.74
3차 상태의존모델	3851.66
퀵검 모델	3802.53

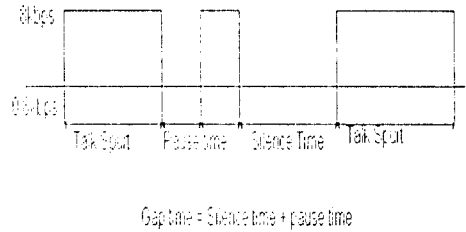


그림 2. 통화송출시간과 간격시간
Fig. 2. Talk spurt ime and gap time

The CDF of the Talk Spurt

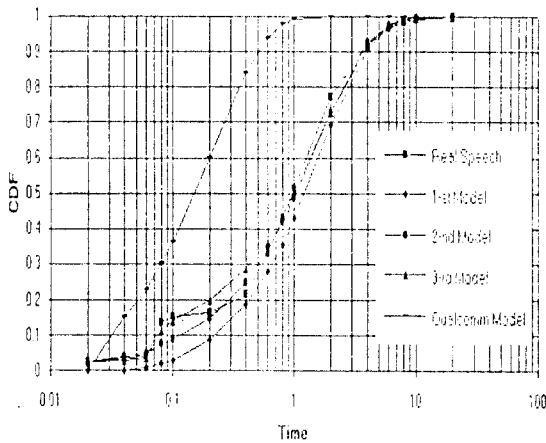


그림 3. 통화송출시간의 분포함수
Fig. 3. CDF of the talk spurt time

The CDF of the Gap Time

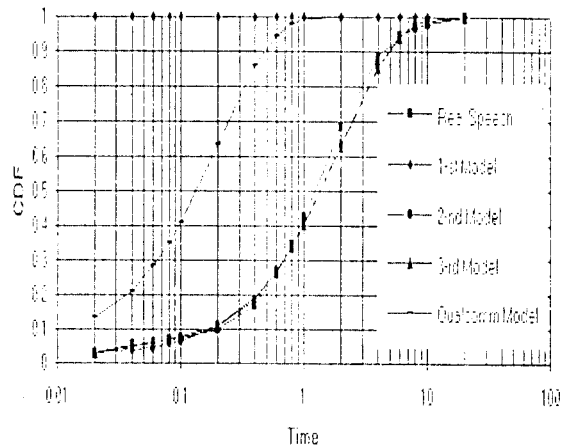


그림 4. 간격시간의 분포함수
Fig. 4. CDF of the gap time

표 3. 통화송출시간의 특성 비교
Table 3. Statistics of the talk spurt time

	통화송출 시간의 평균	통화송출 시간의 표준 편차
실제 음성	1.457	1.882
1차 상태의존모델	1.798	1.719
2차 상태의존모델	1.547	1.679
3차 상태의존모델	1.339	1.488
퀵검 모델	0.228	0.209

표 4. 격차시간의 특성 비교
Table 4. Statistics of the gap time

	격차 시간의 평균	격차 시간의 표준 편차
실제 음성	1.616	2.440
1차 상태의존모델	0.02	0.02
2차 상태의존모델	1.787	2.684
3차 상태의존모델	2.158	3.073
퀵검 모델	0.202	0.290

는 실제 음성의 경우와 비슷하다.

표 3은 실제 음성과 각 모델의 통화송출 시간의 평균과 표준 편차를 보인다. 평균은 2차 상태의존모델과 3차 상태의존모델 모두 실제 음성의 경우와 비슷하다. 표준 편차를 비교하면 2차 상태의존모델이 실제 음성과 더 가까운 것을 알 수 있다.

4. 간격시간의 분포

간격시간은 말하다가 부분적으로 음성이 끊기는 정지 시간과 대화중 상대방의 말을 경청하는 시간을 모두 포함한다.^[8] 그림 4는 간격시간의 분포함수를 보인다. 1차 상태의존모델은 실제 음성 샘플과 큰 차이를 보인다. 또 퓌껌 모델도 간격시간이 실제 음성 샘플의 경우보다 더 작은 값에서 분포하는 것을 알 수 있다. 2차 상태의존모델과 3차 상태의존모델이 실제 음성 샘플과 비슷한 분포를 보인다.

표 4에 간격시간의 평균과 표준 편차를 보였다. 역시 2차 상태의존모델과 3차 상태의존모델의 결과가 실제 음성의 결과와 비슷하나 2차 상태의존모델이 더 가까운 것을 알 수 있다.

5. 각 모델의 비교 검토

이제까지 설정된 모델들의 코딩율별 확률, 평균 코딩율, 통화송출 시간, 간격시간의 통계적 특성 등을 비교했다. 먼저 1차 상태의존모델은 코딩율별 확률, 간격시간의 평균 등 여러 특성이 실제 음성과 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 퓌껌 모델도 여러 특성이 실제 음성 샘플의 경우와 많은 차이를 보였다. 2차 상태의존모델과 3차 상태의존모델은 실제 음성의 특성을 매우 가깝게 나타내는 것을 알 수 있었다. 통화송출 시간과 간격시간의 분포함수 분포 등 여러 특성을 종합적으로 비교하여 2차 상태의존모델이 실제 음성의 voice activity를 가장 정확하게 나타냄을 확인하였다.

IV. Voice Activity의 영향 해석

본 장에서는 III장의 결과를 적용하여 2차 상태의존모델로 한국어의 voice activity를 나타내고 이를 CDMA 시스템 용량 시뮬레이터에 적용하여 voice activity가 CDMA 시스템 용량에 미치는 영향을 분석

한다. 또한 퓌껌에서 제시한 모델을 함께 적용하고 결과를 비교한다.

1. 모의 실험 환경 구성

모의 실험은 다음과 같이 구성하였다. 반경이 2km인 셀 들을 등 간격으로 배치하고 이동국들의 위치를 유니폼(uniform)분포로 랜덤하게 발생시켰다. 이동국들은 기지국들로부터의 신호의 세기를 측정하고 가장 세게 수신되는 신호를 전송하는 기지국으로부터 서비스를 받는 것으로 하였다. 수신 신호의 세기는 거리의 4 제곱에 반비례하고 또 그림자 효과(shadowing effect)를 표준 편차 8 dB의 대수정규(lognormal) 분포로 AAD(Angle of Arrival Difference)를 이용하여 발생시켰다.^[9] 기지국이 결정되면 각 이동국에 대하여 원하는 신호 성분의 세기 S와 간섭 신호의 성분의 세기 I를 측정하여 신호대 간섭비를 구하였다. 이 때 이동국에서 매 1 초마다 50 프레임의 전송 속도를 2차 상태의존모델로 발생시켰다. 그리고 각 신호 성분의 세기를 발생시킨 voice activity에 의하여 감소 시켰다.^[10]

1초마다 모든 이동국에서 신호대 간섭비를 구하여 식 (1)과 같이 요구되는 E_b/N_0 값과 비교한다. 이동국 중에서 식 (1)을 만족하지 못하는 수를 일정한 시간 동안 구하여 결손확률(outage probability)을 구하였다.^[10]

$$SIR \frac{W}{R} \geq \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req} \quad (1)$$

여기서 SIR은 자기 신호(S)와 간섭 신호(I)의 비율 $\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req}$ 은 요구되는 E_b/N_0 를 나타낸다. 모든 이동국을 연속적으로 1초 단위로 이동시키며 연속적으로 데이터를 수집하였다. 통화 중인 가입자의 수를 셀당 20명부터 90명까지 10명씩 증가시켜가며 시뮬레이션을 반복 수행하여 결과를 도출하였다.

2. 순방향 링크

순방향 링크에서의 시뮬레이션 결과를 그림 5에 보였다. 여기서 x축은 셀 당 평균 통화 중인 사용자 수를, y축은 전체 사용자 중에서 만족할 만한 서비스를 제공받지 못하는 사용자의 비율(결손확률)을 나타낸다. 결손확률 1%를 기준으로 할 경우 voice activity를 적용하지 않은 시스템에서 한 셀에 수용할 수 있는 통화 중인 사용자 수는 25명이다. 본 논문에서 도출한 한국어

모델을 시스템 용량 해석에 적용한 경우 셀 당 수용 가능한 통화자의 수는 약 55명으로 된다. 따라서 voice activity의 적용으로 시스템의 용량은 2배 이상 증가함을 확인할 수 있다. 퀄컴의 voice activity 모델을 적용한 경우 시스템의 용량은 60 명이다. 한국어모델을 적용한 경우와 시스템 용량에서 5명 정도 차이를 보인다.

3. 역방향 링크

역방향 링크에서 voice activity의 영향을 해석한 결과를 그림 6에 보였다. 결손확률 1%를 기준으로 할 때 voice activity를 적용하지 않은 경우 시스템의 용량은 27명이다. 본 논문에서 제시한 모델을 적용한 경우 시스템의 용량은 56명이다. 순방향의 경우와 마찬가지로 voice activity를 적용함으로써 용량이 2배 이상 증가함을 알 수 있다. 퀄컴의 모델을 적용한 경우는 용량이 65명이 된다. 본 논문에서 제시한 한국어 모델을 시스템 용량 해석에 적용한 경우와는 약 10 명 정도의 차이가 난다.

V. 배경잡음의 영향 해석

본 장에서는 이동통신 환경에서의 배경잡음이 가변을

음성 부호화기의 코딩을 결정에 미치는 영향을 해석하였다. 배경잡음은 voice activity 특성을 바꾸고 결과적으로 시스템의 용량에 영향을 미치게 되리라 예상된다. 본 장에서는 배경잡음을 가우시안 잡음으로 가정하고 크기를 변화시켜가며 이의 영향을 시스템 용량으로 해석하였다. 이동통신 환경에서 배경잡음은 특정 형태의 유색 잡음일 수도 있다. 그러나 본 논문에서는 일반적으로 잡음의 크기 즉 입력 음성신호의 S/N가 부호화 과정에서 voice activity 특성에 미치는 영향을 해석하였다. 따라서 가장 일반적인 백색 가우시안 잡음을 가정하였다.

배경잡음을 적용하였을 때의 순방향 링크의 결과를 그림 7에 보였다. S/N이 20dB 이상일 때는 배경잡음의 영향을 거의 받지 않았다. 그러나 S/N이 10dB인 경우 부터는 voice activity가 감소하였다. 따라서 발생시키는 간섭 신호의 양을 감소시켜 전체적으로 시스템의 용량을 증가시키는 방향으로 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이 경우 음성을 전달해야 할 프레임 구간에서 음성을 제대로 전달하지 못하므로 통화의 품질은 떨어지리라 예상된다.

역방향 링크에서 배경잡음이 voice activity에 미치는 영향과 시스템의 용량으로 해석한 결과를 그림 8에 보였다. 전체적으로 순방향 링크의 경우와 마찬가지로 결

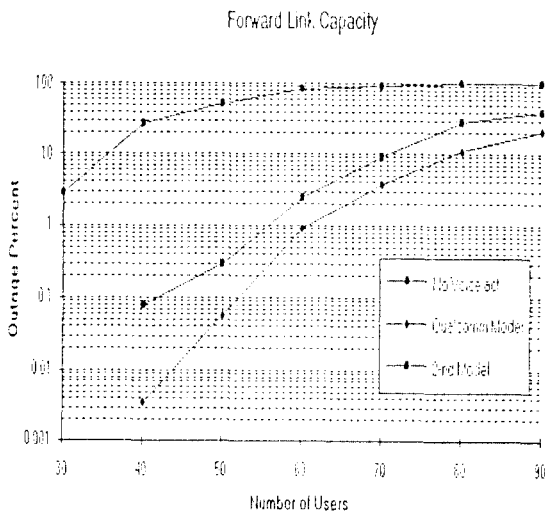


그림 5. 순방향 링크의 용량 해석
Fig. 5. The forward link capacity

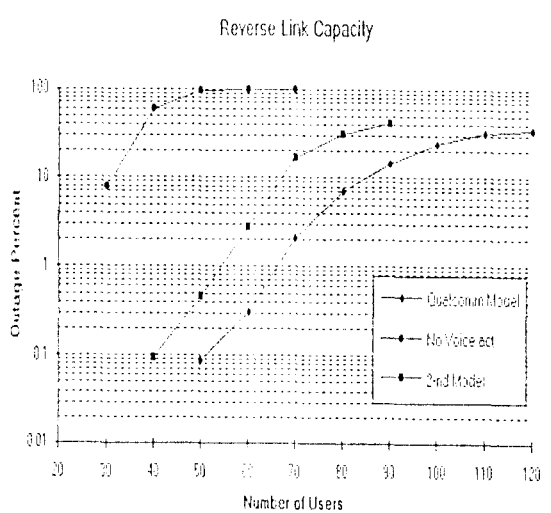


그림 6. 역방향 링크의 용량 해석
Fig. 6. The reverse link capacity

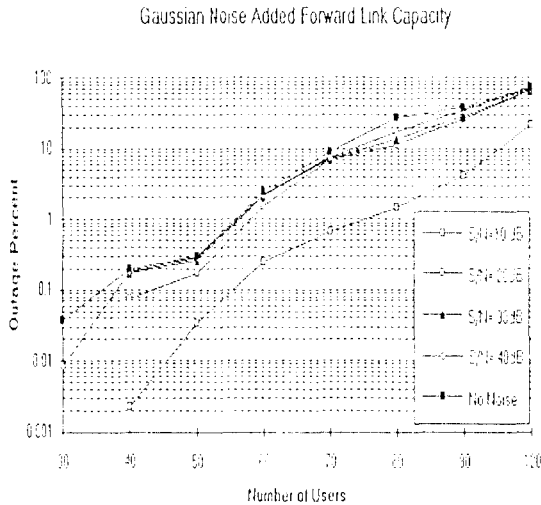


그림 7. 가우시안 잡음이 더해진 순방향 링크의 용량
Fig. 7. The forward link capacity with Gaussian noise

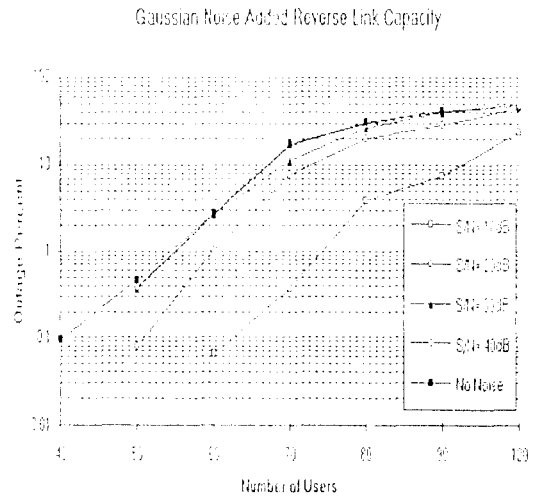


그림 8. 가우시안 잡음이 더해진 역방향 링크의 용량
Fig. 8. The reverse link capacity with Gaussian noise

과를 보인다.

VI. 결 론

본 논문에서는 CDMA 이동통신 시스템의 용량에 영향을 미치는 요인들 중 하나인 가변을 부호화기의 전송 속도를 마코비안 모델로 해석하였다. 보다 정확하게 시스템의 용량을 해석하기 위하여 실제 이동통신 시스템으로부터 음성 샘플을 수집하여 마코비안 모델의 세부 파라미터를 구하였다. 이 모델들 중에서 한국어 사용 환경에서 실제 이동국이 발생시키는 프레임 당 전송 속도를 가장 유사하게 발생시킬 수 있는 모델은 여러 특성을 고려하여 2차 상태의존모델임을 확인하였다.

2차 상태의존모델을 CDMA 시스템 용량 해석에 적용하였다. 결손확률 1%를 기준으로 할 때 voice activity를 고려하지 않은 경우에 비해 용량이 2배 이상으로 증가하는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제시한 모델을 시스템 용량 해석에 적용한 경우 킬بك 모델을 적용한 경우와 결과에서 차이를 보인다. 이것은 영어와 한국어 특성의 차이 때문이며 따라서 정확한 해석을 위해서는 한국어 모델을 적용하는 것이 필요함을 확인하였다.

또한 배경잡음이 있는 경우의 voice activity의 영

향을 시스템 용량으로 해석하였다. QCELP 부호화기는 S/N이 20dB 이하로 되는 경우 전체적으로 voice activity를 감소시키는 방향으로 작동하는 것을 확인하였다. 즉 평균 코딩율이 작아지므로 voice activity가 감소되고 간섭을 감소시켜 시스템의 용량을 증가시키는 방향으로 영향을 미친다. 그러나 이 경우에는 음성 품질이 나빠지게 된다.

본 연구 결과는 국내 환경에서 CDMA 시스템의 용량을 정확히 해석하는데 유용하게 적용될 수 있으리라 기대된다. 또한 실제 환경에서 데이터가 수집되는 경우 비교를 위한 참고 데이터로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Mark Wallace and Rod Walton, "CDMA Radio Network Planning". Third Annual International Conference On Universal Personal Communications, pp.62-67, San Diego, September, 1994.
2. Raymond L. Pickholtz and Donald Schilling, "Spread Spectrum for Mobile Communications". IEEE Trans. VT, vol. 40, No. 2, pp.985-988.

- May. 1991.
3. 서강대학교 공과대학 부설 산업기술연구소, "CDMA 시스템 용량 해석을 위한 RTS 실 측 데이터 활용 연구", 한국 전자 통신 연구소, 1994년. 2월.
 4. K. S. Gilhousen, "Increased Capacity Using CDMA for Mobile Satellite Communication", IEEE J. Select. Areas Comm., vol. 8. No.4, pp.503-513, May 1990.
 5. TIA/EIA Interim Standard, "Speech Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Digital Cellular System", April. 1994.
 6. J. Jaffe, L. Cassota, and S. Feldstein, "Markovian Model of Time Patterns of Speech", Science, vol. 144, pp.884-886, May. 1964.
 7. W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications Systems*, p.17, McGraw Hill, 1989.
 8. David J. Goodman, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", IEEE Trans. VT, vol. 40, No. 8, pp.170-176, February. 1991.
 9. Victor Granziano, "Propagation Correlations at 900 Mhz", IEEE Trans. VT, vol. 27, No. 4, pp.182-189, November. 1978.
 10. 정 재욱, "CDMA 이동통신 시스템의 용량 개선을 위한 전력제어 적용 기법 연구", 서강 대학교 대학원 전자공학과 석사학위논문, 1993.
 11. TIA/EIA, "Interim Standard Mobile Station-Base Station Compatability Standard for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System", July. 1993.



朴 景 薰(Jung Hun Park) 정희원

1993년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1995년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 2월~현재 : LG정보통신 이동통신단
 ※주관심 분야 : 이동통신 시스템, 음성 신호 부호화

洪 大 亨(Dae Hyoung Hong)

정희원

한국통신학회 논문지 1995년 제20권 제3호 참조