

가상 셀룰라 망(VCN)에서의 음성 패킷 지연 특성

정회원 정 명 순*, 김 화 중**

Delay Characteristics of Speech Packets in Virtual Cellular Network(VCN)

Myeng-Soon Jung*, Hwa-Jong Kim* *Regular Members*

*본 논문은 1994년도 통신학술단체육성지원단의 통신학술 연구과제 지원에 의하여 수행한 연구임.

요 약

본 논문에서는 Virtual Cellular Network(VCN)을 사용하는 무선 통신망에서 음성 패킷의 지연 특성을 분석하였다. 주기적으로 발생하는 음성 패킷이 슬롯-알로하 프로토콜로 전송될 때의 전송 특성을 Markov Chain으로 모델링하여 정상 상태(steady state)에서의 지연 확률 분포를 구하였고, 무선 채널의 평균 수신확률(probability of capture), 재전송 방식 등이 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위하여 무선 단말기의 수신 확률의 변화에 따른 음성 패킷의 전송 지연 누적 확률 함수를 구하였다. 재전송 방식의 평균 backoff 시간이 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 음성 패킷 발생 주기(N 슬롯 시간)당 평균 재전송 횟수, NPr을 파라미터로 정의하였으며 여러 가지의 프레임 크기 N에 대하여 1% outage delay를 비교하였다. 성능 실험 결과 NPr의 최적의 범위는 4~7임을 알 수 있었다. 따라서 프레임 크기 N이 주어졌을 때의 재전송 시도 확률 Pr을 구할 수 있다. 또한 전송큐의 크기가 유한함으로써 발생하는 blocking 확률과 전송큐의 적절한 크기를 구하였다.

ABSTRACT

This paper analyzed the delay characteristics of speech packets in Virtual Cellular Network(VCN). The probability distribution of packet delay is obtained using the Markov Chain model when periodic speech packets are transmitted by slotted-ALOHA protocol. The effects of probability of capture and retransmission policy on the performance were also analyzed. At first, the probability cumulative function of packet delay is calculated from the probability of capture as a function of location of mobile terminal. In order to investigate the effects of backoff delay, we defined a parameter NPr, where N is the period (frame size) of the speech packets and Pr is the retransmission probability for each speech packet. We also obtained the 1% outage delay for various frame size N.

* 강원대학교 전자공학과
 論文番號 : 96359-1118
 接受日字 : 1996年 11月 18日

As a result, it is shown that the optimum value of NPr is given by $4 \leq NPr \leq 7$. Thereby, we can find the optimal retransmission probability(Pr) for a given frame size N . We also derived the blocking probability resulting from the finite size of the transmission queue.

I. 서 론

무선 채널의 전송 특성은 시간에 따라 변동이 심하고 패킷 단위의 전송 오류율이 유선 채널에 비하여 상당히 높다는 단점을 가지고 있다[1]. 따라서 음성 등의 등시성(isochronous) 트래픽을 무선 채널에서 안정적으로 전송하기 위해서는, 랜덤 액세스 프로토콜 보다는 Frequency Division Multiple Access(FDMA), Time Division Multiple Access(TDMA) 혹은 Code Division Multiple Access(CDMA)와 같은 다원 접속 프로토콜을 사용하는 것이 주로 고려되고 있다[2]-[5]. 즉 각 음성 채널에 일정한 전송 대역을 보장함으로써 음성 패킷 전송시의 지연 문제와 오류 발생 문제를 최소화하고 있다. 한편 음성의 주기적인 트래픽 특성을 이용하여 랜덤 액세스 프로토콜의 단점을 보완한 Packet Reservation Multiple Access(PRMA)와 같은 방식이 제안되었다[6]. 그러나 일반적으로 랜덤 데이터 통신을 위해서는 슬롯-알로하나 Carrier Sense Multiple Access-Collision Avoidance(CSMA-CA)[7]와 같은 랜덤 액세스 프로토콜을 사용하는 것이 단순하고 호환성이 높기 때문에 무선 LAN이나 무선 패킷 데이터 시스템에서 도입하고 있다[8]. 이와 같이 지금까지는 무선 음성 서비스와 무선 데이터 서비스가 각기 다른 다원 접속 프로토콜을 사용하는 것으로 연구되어 왔으며 이들을 하나의 무선 다원 접속 프로토콜, 특히 랜덤 액세스 프로토콜로 제공하는 것은 활발하게 논의되지 않았었다.

본 논문에서는 무선 채널에서 Virtual Cellular Network(VCN)을 사용하여 비음성 데이터 패킷과 음성 패킷을 같이 처리하였을 때의 음성 패킷의 지연 특성을 분석하고자 한다. 이를 위해 주로 랜덤 데이터 통신을 위해 사용되는 슬롯-알로하를 통하여 음성 패킷을 처리하였을 때의 지연 특성을 분석하고자 한다.

먼저 VCN에서 슬롯-알로하 프로토콜을 채택하였을 때의 수신 위치에 따른 평균 수신 확률 (probability of capture, P_c), 즉 "패킷이 성공적으로 전송될 확률"을 구하였으며[9] 본 논문에서는 이를 이용하여 음성

패킷의 지연 특성을 구하였다. 음성 통신의 경우 통화 품질을 보장하기 위하여 허용하는 최대 패킷 손실률을 정의할 수 있으며 (예를 들면 1%), 이 허용된 확률(deadline failure probability)로부터 음성 패킷의 평균 허용 지연을 구할 수 있다. 본 논문에서는 음성 신호가 연속적으로 발생할 때의 음성 패킷의 지연 특성을 Markov Chain 모델을 이용하여 구하였다.

서론에 이어 2장에서는 VCN의 정의와 특징을 살펴보고 3장에서는 음성 패킷의 발생과 전송 모델을 정의하였다. 4장에서는 음성 패킷의 전송 지연을 수치적으로 구하였으며 5장에서는 유한한 버퍼 크기로 인해 패킷이 버려지는 blocking 확률을 구하였다.

II. VCN의 정의 및 특성

VCN의 가장 중요한 특징은 기존의 셀룰라 통신망에서 4 혹은 7 등의 주파수 재사용을 사용하는 것과 달리, 상방향 채널에 배정된 전체 주파수 대역을 모든 단말기가 같이 사용한다는 것이다. 이와 같이 각 단말기가 전체 시스템의 대역을 사용함으로써 주파수 재사용 방식을 사용하는 방법에 비하여 패킷 전송 시간이 감소하여 단위 면적당 트래픽 부하를 줄일 수 있다. 그러나 이러한 방법에서는 신호간의 간섭에 의하여 패킷 전송이 충돌할 확률이 커지게 되므로 수신 포트에서 동시에 두 개 이상의 패킷 신호를 수신한 경우에 가장 강한 신호가 다른 간섭 신호들의 합보다 일정한 배수(k) 이상으로 강하면 그 신호를 오류 없이 수신(capture)할 수 있다는 가정이 필요하다 (예를 들어 $k = 6dB$ 라고 할 수 있으며 이에 관한 분석은 [9]에 기술되어 있다).

그림 1에 VCN의 구조를 나타내었으며 3개의 단말기(1, 2, 3)가 동시에 패킷을 전송하는 경우의 가상셀(원)을 보였다. A, B, ..., J는 위의 3개의 단말기로부터 전송된 패킷을 받을 수 있는 포트들이다. 가상셀은 단말기가 하나의 패킷을 전송하는 시간 동안 일시적으로 생기는 것이라고 정의할 수 있다. 셀룰라 통신 방식에서 셀이 기지국을 중심으로 형성되는 것과

달리 가상셀은 패킷을 전송하는 단말기를 중심으로 만들어 지는 것이며, 가상셀의 크기는 송신 신호의 전력, 전파 감쇠 형태, 잡음의 크기에 따라 정해진다. 기존의 셀룰라 통신망과 달리, VCN에서는 기지국보다 기능이 단순한 수신용 포트의 배열을 사용하며 가상셀 내에 들어 있는 포트는 그 가상셀의 중심이 되는 단말기가 전송한 패킷을 수신한다. 포트는 특정 단말기가 송신한 패킷이 아니라 VCN내의 임의의 단말기가 전송하는 신호를 수신할 수 있도록 허용되어 있으며 오류 없이 혹은 오류가 적게 수신한 모든 패킷을 유선망을 통하여 포트 서버로 보낸다. 이와 같이 여러 포트가 패킷을 수신하게 함으로써 VCN은 기본적으로 위치(site) 다이버시티를 제공하게 되어 다중 경로 페이딩에도 강한 장점을 제공한다.

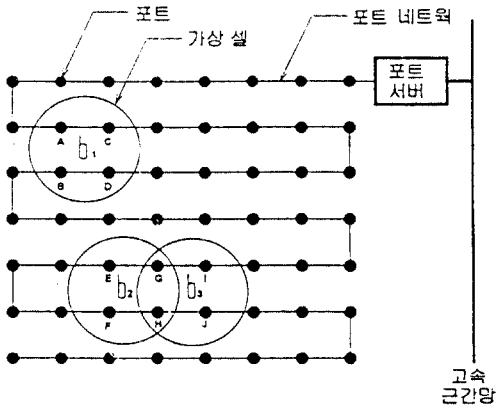


그림 1. VCN에서 한 슬롯 시간 동안 3개의 단말기(1, 2, 3)가 패킷을 전송하는 경우의 가상셀(원)과 패킷을 수신하고 있는 포트(A, B ..., J)

Fig. 1 Virtual Cellular Network: virtual cells(circle) for three transmitting mobiles(1, 2, 3) and active ports(A, B, ..., J) during a slot time

하나의 포트 서버와 이것이 관리하는 모든 포트들은 유선망인 포트 네트워크로 연결되어 있다. 포트 네트워크는 버스 구조 또는 성형 구조를 가질 수 있으며 네트워크 영역 내에서 발생된 트래픽을 수용할 수 있는 충분한 대역폭을 갖고 있어야 한다.

VCN은 무선 채널의 통신 프로토콜을 가능한 단순화하여 대역 이용률을 향상시키고 이로 인하여 발생하는 트래픽 증가를, 포트들을 연결하는 유선망에서

수용하려는 것이다. 이는 수백 Mbps 정도의 전송 속도를 제공하는 고속 Local Area Network(LAN) 혹은 Metropolitan Area Network(MAN)을 무선 통신망의 근간망으로 사용하여 비교적 여유 있는 유선망의 대역을 활용하여 무선망의 프로토콜을 단순화시키려는 것이다.

VCN의 상방향(단말기에서 포트방향) 채널에서 사용할 수 있는 다원 접속 프로토콜로서 슬롯-알로하를 사용하였을 때의 성능이 [9]에 제시되었다. 각 단말기는 패킷을 슬롯-알로하 프로토콜에 따라 랜덤하게 전송한다. 단말기 주변에 있던 임의의 포트에 성공적으로 수신된 패킷은 모두 포트 서버로 즉시 전달되고 포트 서버는 Ack를 하향 채널을 통하여 단말기로 전송한다. 이와 같이 VCN에서 상방향 프로토콜로 슬롯-알로하를 사용할 때, 성공적으로 패킷을 전송하는 확률(probability of capture, P_c)은 capture 효과로 인해 단말기의 위치에 따라 다르게 된다. 위치에 따른 P_c 를 수치적으로 구하였으며 그 결과를 그림 2에 나타내었다[9]. 여기에서 단말기는 지역적으로 균일하게 분포한다고 가정하였고 패킷의 발생은 Poisson 분포를 따른다고 가정하였으며 Ack을 위한 하향 채널에서는 오류가 발생하지 않는다고 가정하였다. 포트는 바둑판형으로 배열되어 있으며 포트 사이의 거리는 1이라 하였다. 그림에서 수신확률은 포트 부근에서는 1에 가깝게 매우 높고 포트에서 멀리 떨어진 곳일수록 낮아짐을 알 수 있다.

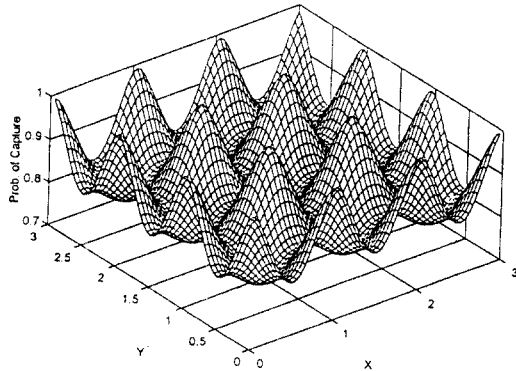


그림 2. 수치적으로 구한 VCN의 수신확률($k = 6dB$, 입력 트래픽 밀도 $S_0 = 0.12$ [패킷/슬롯/단위면적])
Fig. 2 Calculated probability of capture of a VCN($k = 6dB$, $S_0 = 0.12$ [packets/slot/unit area])

III. 음성 패킷 발생 모델

음성 패킷이 계속 발생하는 동안의 지연 특성을 분석하기 위하여 매 N 슬롯 시간(T_s)마다 하나의 음성 패킷이 단말기의 전송큐에 도착한다고 가정하였다. 그림 3에서 전송큐에 도착하는 음성 패킷의 타이밍 다이어그램을 보였다. 이러한 패킷 전송 시스템을 Markov Chain으로 모델하기 위하여 다음과 같이 정의하였다 [10]. 먼저 전송 시스템의 상태(state)를 “하나의 음성 패킷이 전송 큐에 도착하기 직전의 큐의 길이”로 정의하였고 상태 천이(transition)는 음성 패킷이 도착하는 순간에 일어난다고 하였다. 그리고 안정된 동작 상태에서 큐 길이(state)를 나타내는 확률 밀도 함수가 $N[T_s]$ 단위의 시간 변위(time shift)에 독립적이라고 가정하였다.

전송큐의 상태 천이도를 그림 4에 보였으며 상태 천이 확률 행렬 P 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

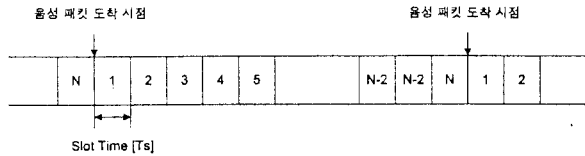


그림 3. 음성 패킷 발생 모델
Fig. 3 Timing diagram for speech packet transmission

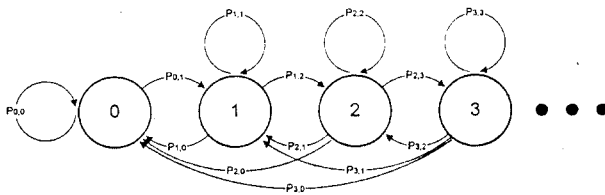


그림 4. 음성 패킷 전송큐의 상태 천이도
Fig. 4 State diagram of speech packet transmission queue

$$P = \begin{bmatrix} P_{0,0} & P_{0,1} & 0 & \dots & 0 \\ P_{1,0} & P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{B,0} & P_{B,1} & \dots & P_{B,B-1} & P_{B,B} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 $P_{i,j}$ 는 상태 i 에서 j 로 상태 천이할 확률이고 B 는 전송큐의 크기를 나타낸다. 전송큐의 크기 B 는 오버플로우를 피하기에 충분한 크기로 선택되며 이에

관하여는 뒤에 다시 설명한다. 음성 패킷이 하나 도착할 때마다 상태 변화가 일어나므로 상태가 2이상 동시에 증가하지는 않는다(즉, $P_{0,2} = P_{0,3} = \dots = P_{1,3} = \dots = 0$).

단말기의 위치에 따른 평균 수신 확률 P_c 가 충분히 짧은 시간동안 변하지 않는다고 가정하였을 때(즉, 단말기의 이동 속도가 상대적으로 충분히 느리고 통신망의 트래픽 변화가 수십개 정도의 음성 패킷이 전송되는 동안 크게 바뀌지 않는다고 가정할 때) 상태 천이 확률을 구하고자 한다. 여기서 P_c 는 단말기와 기지국간의 거리, 채널 특성 그리고 트래픽 부하로부터 정해지며 본 논문에서는 P_c 를 구하는 데는 초점을 맞추지 않는다. 즉, 임의의 위치에서 P_c 가 주어졌을 때의 음성트래픽 특성을 구하고자 한다.

본 논문에서 사용한 슬롯-알로하 전송 모델은 다음과 같다. 먼저, 전송큐가 비었을 때 도착한 음성 패킷은 다음 슬롯 시간에 확률 1로 전송을 시도하고 이 패킷이 성공적으로 전송될 확률은 P_c 라 할 수 있다. 전송이 실패하면 기하 분포를 따르는 backoff delay 후에 재전송된다. 즉, 재전송되는 패킷은 매 슬롯시간마다 재전송 확률, P_r (probability of retransmission)로 전송을 시도한다고 가정하였다. 전송큐에 하나 또는 그 이상의 패킷이 기다리고 있을 때에 전송큐에 도착한 패킷도, 확률 1로 전송을 시도하지 않고, 앞에서 전송이 실패한 패킷과 함께 재전송의 대상이 된다. 이렇게 가정하는 이유는, 전송큐에 이미 기다리는 패킷이 하나 이상인 경우는 트래픽 밀도가 높은 때라고 볼 수 있어 새로 도착한 패킷을 확률 1로 전송하기 보다는 재전송의 대상으로 처리하는 것이 망의 동작을 안정화시킬 수 있기 때문이다.

예를 들면, 초기의 상태는 '0'이 되며 이는 전송되지 않은 패킷이 하나도 없는 상태를 나타낸다. 첫 음성 패킷이 도착한 후 연속되는 $N[T_s]$ 시간 내에 이 패킷이 성공적으로 전송되면 상태는 다시 '0'으로 되고, 성공적으로 전송되지 못하면 상태는 '1'로 된다. 상태 '1'에서 다음의 연속되는 $N[T_s]$ 시간 내에도 역시 하나의 패킷도 전송되지 못하면 상태는 '2'로, 하나의 패킷이 전송되면 상태는 '1'로, 두개의 패킷이 모두 전송되면 상태는 '0'으로 된다. 이상의 정의로부터 $P_{0,1}$ 즉 초기 상태에서 하나의 패킷이 도착하였으나 이것이 $N[T_s]$ 동안 전송되지 못한 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{0,1} = (1 - P_c)(1 - P_r P_c)^{N-1} \quad (2)$$

여기서 $(1 - P_c)$ 는 첫 번째 전송이 실패할 확률이고 $PrPc$ 는 매 슬롯 시각마다 재전송이 성공할 확률을, $(1 - PrPc)$ 는 재전송이 실패할 확률을 각각 나타내며, 각 슬롯시간 단위의 사건은 서로 독립으로 가정하였다. $P_{0,0}$ 은 (2)를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{0,0} = 1 - P_{0,1} = 1 - (1 - P_c)(1 - P_r P_c)^{N-1} \quad (3)$$

전송큐에 하나 이상의 패킷이 전송을 기다리고 있는 상태에서 전송큐의 길이가 증가하는 확률 즉, $P_{i,i+1}$ 은 연속된 $N[Ts]$ 시간 동안에 성공적인 재전송이 하나도 없는 확률이 되며 다음과 같다.

$$P_{i,i+1} = (1 - P_r P_c)^N \quad (1 \leq i \leq B) \quad (4)$$

N 슬롯 시간 동안에 단 한번의 성공적인 재전송이 있어서 전송큐의 길이가 일정하게 유지되는 확률 $P_{i,i}$ 는 이항분포로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{i,i} = \binom{N}{1} (P_r P_c)(1 - P_r P_c)^{N-1} \quad (1 \leq i \leq B) \quad (5)$$

$k+1$ 개의 패킷이 N 시간 슬롯 동안 성공적으로 전송될 확률 $P_{i,i}$ k 는 다음과 같다.

$$P_{i,i-k} = \binom{N}{k+1} (P_r P_c)^{k+1} (1 - P_r P_c)^{N-k-1} \quad (1 \leq i \leq B, 0 \leq k \leq N) \quad (6)$$

$N[Ts]$ 시간 동안에 전송큐에 대기하고 있던 패킷이 모두 성공적으로 전송될 확률 $P_{i,0}$ 은 다음과 같으며 등식 우변의 두 번째 항은 위 (4)-(6)에서 모두 구한 값들이다.

$$P_{i,0} = 1 - \sum_{m=1}^B P_{i,m} \quad (1 \leq i \leq B) \quad (7)$$

이상에서 구한 상태 천이 확률로부터 안정 상태의 정상 상태(steady-state) 확률을 수치적으로 구할 수 있으며 정상 상태 확률을 다음과 같이 정의하였다.

$$W = [w_0, w_1, \dots, w_B] \quad (8)$$

전송큐의 크기 B 는 오버플로우를 피하기에 충분한 크기로 선택되어야 하며 동시에 무선 통신 링크에서 허용되는 최대 지연에 의해 크기가 제한된다. 여기서 오버플로우가 발생하는 확률은 w_B 가 된다. 왜냐하면 송신 버퍼가 모두 차 있는 상태에서는 다음에 도착하는 음성 패킷이 무조건 버려지기 때문이다.

IV. 음성 패킷 전송 지연

1. 전송 지연 특성

전송큐의 정상 상태 분포(식(8))로부터 패킷 지연 분포를 계산할 수 있다. 전송큐에서 기다리는 시간을 나타내는 랜덤 변수, D 의 확률 밀도 함수와 그 기대치를 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_D(d) = \begin{cases} w_0 P_c & d=1 \\ w_0(1 - P_c)(P_r P_c)(1 - P_r P_c)^{d-2} \\ + \sum_{i=1}^B w_i \binom{d-1}{i} (1 - P_r P_c)^{d-i-1} (P_r P_c)^{i+1} & d=2,3,\dots \end{cases} \quad (9)$$

$$\overline{P_D(d)} = \sum_{d=1}^{\infty} d P_D(d) \quad (10)$$

여기서 D 의 단위는 슬롯시간(Ts)이다. 식(9)에서 $d=1$ 일 때의 의미를 설명하면, 전송큐에서의 지연이 $1[Ts]$ 가 되려면 현재 시스템의 상태가 w_0 에 있고 첫 번째 전송이 성공적으로(즉, 확률 P_c 로) 이루어져야 한다.

재전송 확률 Pr 의 변화가 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 음성 패킷의 발생 간격 $N[Ts]$ 과 평균 재전송 간격 $1/Pr[Ts]$ 의 비율, NPr 을 새로운 파라미터로 정의하였다. 예를 들어 $NPr = 4$ 이면, 재전송의 기회가 음성 패킷이 도착하는 사이(N 슬롯 시간)에 평균 4회 주어진다 할 수 있다. 전송 지연 D 의 누적 확률 함수(cumulative probability function), $P(D < d)$ 를 그림 5, 6에 나타냈으며 여러 가지 수신 확률 P_c 와 NPr 에 대하여 표시하였다.

1%의 음성 패킷 손실을 허용하는 지연, $D_{0.99}$ 를 다음과 같이 정의할 수 있으며 P_c 와 NPr 의 변화에 따라 $D_{0.99}$ 를 그림 7에 나타내었다.

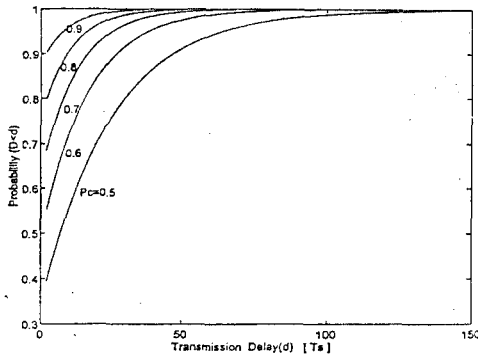


그림 5. 수신확률(Pc)의 변화에 따른 음성 패킷의 전송 지연의 누적확률함수(NPr = 3)
 Fig. 5 Cumulative probability function of the transmission delay for various values of Pc(NPr = 3)

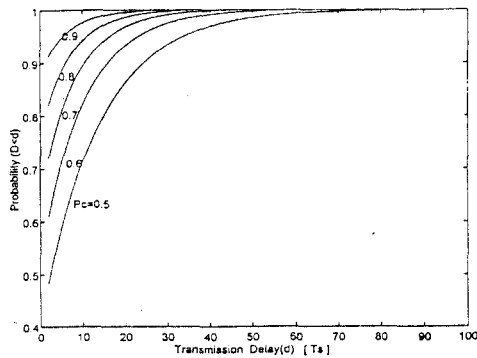


그림 6. 수신확률(Pc)의 변화에 따른 음성 패킷의 전송지연의 누적확률함수(NPr = 4)
 Fig. 6 Cumulative probability function of the transmission delay for various values of Pc(NPr = 4)

$$\sum_{d=0}^{D_{0.99}} P_D(d) = 0.99 \quad (11)$$

그림 7로부터, 무선 망에서 음성 패킷의 허용 지연이 주어졌을 때, 최소한 요구되는 수신 확률 Pc를 구할 수 있다. 예를 들어 NPr = 4일 때 음성 패킷의 허용 지연이 20Ts가 되려면 이 무선 단말기 위치에서의 평균 Pc는 최소한 0.6이 되어야 한다. 한편 음성 패킷의 부하가 증가하면(즉, N이 감소하면) NPr이 감소하게 되고 성능이 떨어지게 된다. 그림 7은 음성 패킷

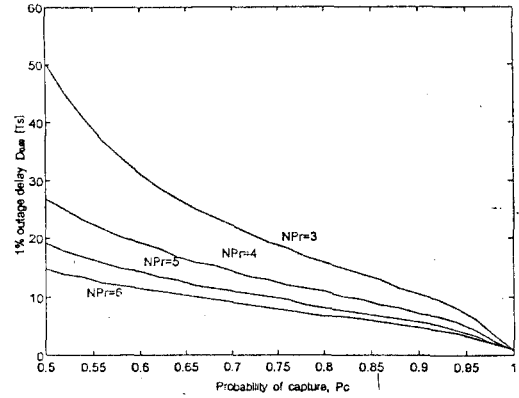


그림 7. 수신확률(Pc)과 NPr의 변화에 따른 1% 손실 허용시의 음성패킷지연
 Fig. 7 Speech packet delays for 1% loss as a function of Pc for various values of NPr

발생 주기 N, 음성 패킷의 허용지연, 단말기 위치에서의 평균 신호 수신 확률 Pc가 주어진 경우에 Pr을 결정하기 위한 가이드 라인으로 사용될 수 있으며 이를 이용하여 1% outage delay인 D0.99를 예측할 수 있다.

시스템의 안정을 유지하면서 성능의 최적화를 위한 NPr의 범위를 구하기 위하여 그림 8에 NPr에 따른 지연 특성을 보였다. 그림 8의 결과에서 NPr이 4이하인 경우에 지연 특성이 급속히 나빠지지만, NPr이 7이상

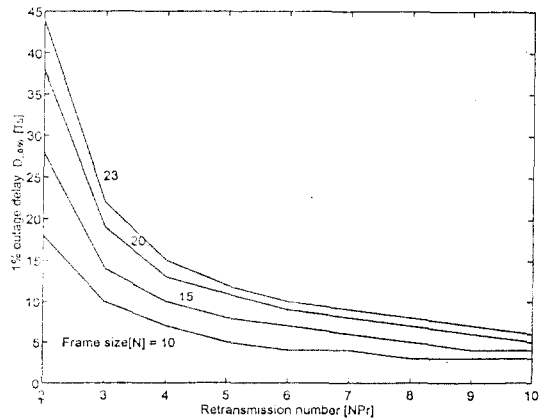


그림 8. NPr과 프레임 크기(N)의 변화에 따른 1% 손실 허용시의 음성패킷지연
 Fig. 8 Speech packet delays for 1% loss as a function of NPr and various values of frame size, N

이 되어도 더 이상의 지연 감소가 일어나지 않는 것을 볼 수 있다. 그러나 NPr 값을 필요 이상으로 크게 택하면 재전송 확률 Pr 이 커지게 되고 슬롯-알로하 프로토콜이 불안정해 질 수 있으므로 망의 안정성을 고려하면 가능한 작은 NPr 을 택하여야 한다. 그러므로 시스템 성능의 최적화를 위한 NPr 의 값의 범위는 4~7임을 알 수 있다. 한편 같은 NPr 에 대하여도 N 및 Pr 값의 변화가 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 N 을 파라미터로 변화시키는 분석을 하였다. 그림 8에 보인 바와 같이 여러 가지 N 의 값에 대해서도 모두 유사한 형태의 지연 특성을 가지며 모두 $4 \leq NPr \leq 7$ 의 범위가 최적이 되는 것을 알 수 있다.

2. Blocking Probability

정상 상태 확률 ω_B 의 의미는 현재 패킷이 도착하기 직전 전송큐에 B 개의 패킷이 차 있을 확률이며 따라서 새로 도착하는 패킷이 버려질 확률이 된다. Pc 와 버퍼 크기(B)의 변화에 따른 blocking 확률을 그림 9에 나타내었다. Pc 가 작을수록 blocking 확률이 증가하며 버퍼 크기가 8 이상이 되면서 blocking 확률이 10^{-6} 이하가 되는 것을 볼 수 있다.

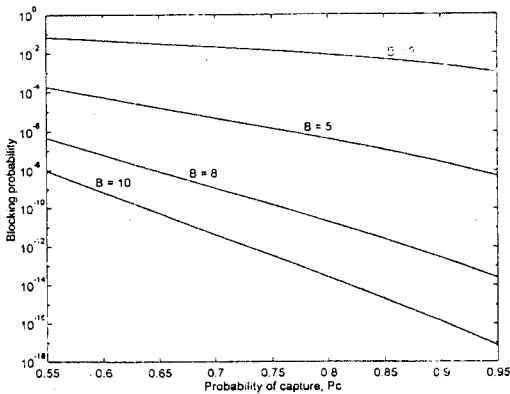


그림 9. 수신확률(Pc)과 버퍼 크기의 변화에 따른 Blocking 확률($NPr = 4$)

Fig. 9 Blocking probability as a function of Pc for various values of buffer size($NPr = 4$)

본 논문에서는 무선 데이터와 음성을 VCN에서 전송할 때의 음성 패킷의 지연 특성들을 분석하였다. 주기적으로 발생하는 음성 패킷을 전송할 때의 성능을 Markov Chain 모델을 이용하여 수치적으로 구하고 음성 패킷의 허용 지연, 수신확률, 트래픽 부하가 주어졌을 때의 재전송 시도 확률을 정하는 방안을 제시하였다. 그리고 슬롯-알로하 프로토콜이 안정된 상태에서 최적의 NPr 의 값이 4이상에서 7이하임을 구하였다 (예를 들어 프레임 크기 N 이 23인 경우, $NPr = 5$ 일 때 $Pr = 0.17$ 이다). 즉, 매 슬롯 시간마다 0.17의 확률로 재전송을 시도하는 것이 최적임을 알 수 있다. 또한 버퍼의 크기가 8 이상이 되는 경우에 blocking 확률이 10^{-6} 이하로 작아지는 것을 구하였다.

참고 문헌

1. W. C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications Systems," McGraw-Hill, 1990.
2. K. Pahlavan and A. H. Levesque, "Wireless data communications," Proceedings of the IEEE, vol.82, no.9, pp 1398-1430, Sept. 1994.
3. D. D. Falconer, F. Adachi, and B. Gudmunson, "Time division multiple access methods for wireless personal communications," IEEE Communications Magazine, vol.33, no.1, pp.50-57, Jan. 1995.
4. R. Kohno, R. Meidan, and L. B. Milstein, "Spread spectrum access methods for wireless communications," IEEE Communications Magazine, vol.33, no.1, pp 58-67, Jan. 1995.
5. Qualcomm, "An overview of the application of code division multiple access(CDMA) to digital cellular systems and personal cellular networks," May 21, 1992.
6. D. J. Goodman, "Cellular packet communications," IEEE Trans. commun., vol.38, no.8, pp.1272-1280, Aug. 1990.
7. K. C. Chen, "Medium access control of wireless LANs for mobile computing," IEEE Network, vol.8, no.5, pp 50-63, Sep./Oct. 1994.
8. D. F. Bantz and F. J. Bauchot, "Wireless LAN design alternatives," IEEE Network, March/April, vol.8, no.2, pp.43-53 1994.

V. 결 론

9. 김화중, 정원영, "가상 셀룰라 망 구조 및 성능분석," 한국통신학회논문지, pp.685-693, March 1995.
10. L. Kleinrock, "Queueing Systems," John Wiley & Sons, pp.89-166, 1975.



정 명 순(Myeng-Soon Jung) 정회원
1967년 5월 2일생
1989년 2월 : 강원대학교 공과대학
전자공학과 졸업(공학사)
1992년 8월 : 강원대학교 대학원
전기공학과 졸업(공학석사)

1994년 3월~현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

※주관심분야: 광대역 PCS, 무선 멀티미디어 접속 프로토콜



김 화 중(Hwa-Jong Kim) 정회원
1959년 4월 22일생
1982년 2월 : 서울대학교 공과대학
전자공학과 졸업(공학사)
1984년 2월 : 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 졸업
(공학석사)

1988년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)

1998년 3월~현재 : 강원대학교 공과대학 전자공학과 부교수

1992년 12월~1993년 12월 : 미국 버클리 대학교 교환교수

※주관심분야: 컴퓨터 네트워크, 무선 통신망, 무선 ATM