

패킷교환 음성/데이터 네트워크에서의 성능 평가에 관한 연구

안 기 중*

Performance Analysis of Packet Switched Voice/Data Network

Ahn Khi-jung*

Summary

In this paper a congestion control scheme is examined for the integrated packet voice/data traffic and the performance measure is evaluated to enhance the delay of data traffic under the circumstances of overloaded voice calls. Since voice has the real time characteristics, which reveal no accuse, higher priority over data is essentially required. When the voice calls are increased the data traffic cannot have any vacancies through the link and have to be buffered for later processing.

This paper uses the voice control mechanism for such data traffic delay. The control mechanism applies the level control with checking the number of voice calls in talkspurt. When it is over some threshold level, the least significant voice packets are discarded with some ratio to reduce the effect of voice overload and the time delay of data traffic.

서 론

컴퓨터와 데이터 통신 기술의 급속한 발달로 이 두 분야는 하나로 통합되어 데이터처리, 디지털 교환 기능의 병합이 이루어지고 있다. 이와같은 디지털 기술은 다시 데이터, 음성 및 영상의 전송에 이용되고 있으며 그 최종 목표는 광범위한 통신 서비스와 부가가치 서비스를 제공해 줄 수 있는 종합정보 통신망이라 할 수 있겠다. 이와 같은 디지털 기술의 집약화는 1) 전송기와 교환기의 통

합 2) 음성과 데이터 서비스의 병합 3) 회선 교환과 패킷 교환의 통합 4) 사용자에 대한 디지털 서비스의 제공 등 4가지의 요소로 요약할 수 있다.

기존의 음성 통신망은 사용자들 사이에 아날로그형의 신호경로를 제공하거나 동기된 디지털 접속을 제공하여 왔다. 그러나 컴퓨터와 컴퓨터사이의 interactive data는 그 특성상 bursty하여 이에 대한 패킷교환방식이 대두되었다. 따라서 망설계는 이와 같은 다른 유형의 통신 형태를 병합한 공동망을 통하여 어떻게 전송하느냐에 그 주안점을 두고 있다. voice와 data의 병합은 voice를

* 공과대학 정보공학과

packet화 하여 기존 data packet망을 통하여 전송할 수 있으며 더우기 speech activity detector를 사용하여 voice의 silence 구간에 data packet을 삽입시킴으로서 그 효율을 증가시킬 수가 있다. 하지만 실시간 특성을 지니는 voice traffic은 packet형태로 운용됨에 따라 packet loss나 delay가 야기되어 voice quality degradation이 발생하며 더우기 이것을 극복하기 위하여 voice packet에 우선 순위를 주게되면 voice의 channel 점유율이 점차 증가하게 되어 data packet의 delay는 점차 악화하게 되며 최악의 경우 전체망 운용은 불가능하게 된다(Gruber 1983)(Lazar 1983)(Weinstein 1979).

따라서 본 논문에서는 data packet delay를 허용치 이내로 제한하기 위하여 voice packet을 다시 MSVP(most significant voice packet)와

LSVP(Least significant voice packet)의 2개 부류로 나누어 talkspurt에 있는 call 수가 허용수준을 초과할 경우 LSVP를 일정 비율로 소거함으로써 voice call의 overload시에 대한 data packet delay를 개선하고자 한다(Aoyama 1981)(Lee 1985)(Jayant 1981).

트래픽 모델

본 논문에서는 voice와 data에 대하여 무한 buffer를 갖고 voice traffic의 우선순위가 data traffic보다 높은 구조를 갖는 voice/data multiplexer system에 대하여 논하고자 하며 이 시스템은 Fig.1과 같은 queueing model로 표현할 수가 있다.

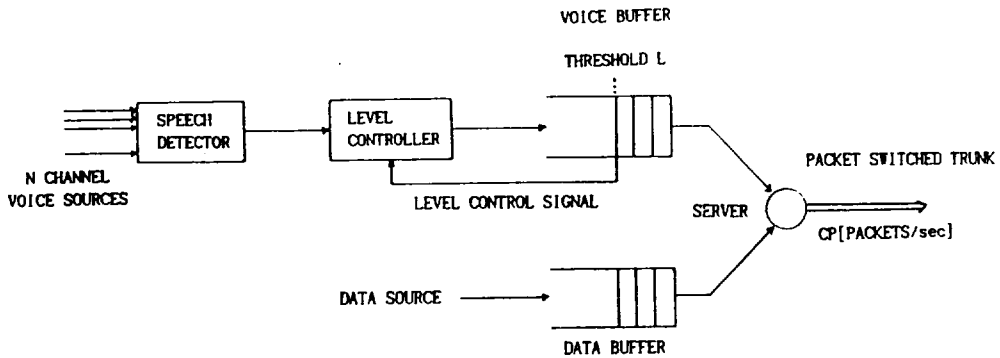


Fig.1. Queueing model for VDMX system

또한 Fig.2는 voice call에 대한 talkspurt와 silence pattern를 나타낸 것으로 그 유지 시간은 각각 ν^{-1} , σ^{-1} 인 지수분포 특성을 갖고 talkspurt 기간중에 U packets/sec로 voice packets을 생성한다(Choi 1987). 따라서 speaker activity factor p는 $p = \sigma / (\sigma + \nu)$ 로서 voice call에서의 talkspurt 점유율을 나타낸다.

한편 data packet은 그 크기가 voice packet과 같고 arrival rate가 λ_d packets/sec인 Poisson 분포를 나타낸다고 가정하자. 전송링크 용량 C_p 에 대하여 talkspurt에 있는 call의 수 I가 frame

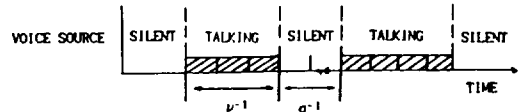


Fig.2. Talkspurt and silence pattern

의 channel 수 C_p/U 보다 클 경우 전송 link는 voice call에 의해 모두 점유되고 이에 따라 data traffic은 buffer에 hold되어 data packet의 time delay가 증가하게 된다. 따라서 이때에는 voice packet소거 비율 β 에 따라 그 수가 congestion

threshold L 보다 클 경우 LSVP를 소거하여 congestion control을 수행하게 된다. 한편 data는 arrival rate λ_d 인 연속적인 flow이고 voice traffic은 data packet service time에 비해 매우 긴 correlation time 특성을 갖는다(Li 1985). 따라서 voice/data queueing model은 talkspurt에 있는 voice call수의 변동에 따라 민감하게 동작하게 된다.

트래픽 해석

FCFS 특성을 지닌 queue에서 talkspurt에 있는 voice call의 수 $I(t)$ 는 discrete random variable 이고 birth-death process이다(Li 1985). $I(t)=i$ 일 때 voice packet의 도착률은 $\lambda_v = iU$ 이다. 한편 Q_{v+d} 는 voice와 data queue의 길이로서, $Q_0(0, Q_{max})$. 그 상태 (I, Q_{v+d}) 는 2 변수 Markov process로 정의한다. 또한 v_i 는 $I=i$ 일때의 voice packet arrival로서

$$\lambda_i = \begin{cases} iU : \text{normal} \\ iU, i < L : \text{congestion control} \\ (1-\beta)iU, i \geq L \end{cases} \quad (1)$$

단, L : congestion threshold

여기서 voice와 data packet에 대한 queue length Q_{v+d} 는 연속변수로서 $I(t)=i$ 일때 그 변화율 r_i 는

$$r_i = \frac{dQ_{v+d}}{dt} = v_i + \lambda_d - C_p \quad (2)$$

한편 voice traffic의 실효성은 talkspurt와 silence의 변화로 나타내는데 이것은 birth-death process로 표현할 수 있다. 따라서 n 번째 frame에서 talkspurt에 있는 call의 수를 i 라 하고 $n+1$ 번째 frame에서 talkspurt에 있는 call의 수를 j 라 하면 그때의 상태 천이 확률 p_{ij} 는

$$P_{ij} = P\{v^{(n+1)}=j : v^{(n)}=i\} = \begin{cases} (C-i)\sigma\tau, & j=i+1, 0 \leq i, j \leq C \\ i\nu\tau, & j=i-1, 0 \leq i, j \leq C \\ 1 - ((C-i)\sigma + i\nu)\tau, & j=1, 0 \leq i, j \leq C \\ 0, & \text{others} \end{cases} \quad (3)$$

단, τ : Frame duration

이 되고 정상 상태에서 talkspurt에 있는 call의 수가 i 일 확률은

$$P(v^{(n)}) = \frac{c_i (\frac{\nu}{\sigma})^i}{1 + (\frac{\nu}{\sigma})^C} \quad (4)$$

이 되며 그 평형 확률은

$$\Pi_i = \frac{\sum_{n=0}^{i-1} \sigma_n}{1 + \sum_{i=0}^N \sum_{n=0}^{i-1} \sigma_n} \quad (5)$$

단, $\sigma_i = (N-i)\sigma$, $\nu_i = i\nu$, $i \in \{0, 1, \dots, N\}$

한편 voice와 data의 throughput은 data traffic과 blocking 되지 않은 voice traffic의 합으로 표현할 수 있는데 그 throughput ρ 는

$$\rho = (1-P_b)\rho_v + \rho_d \quad (6)$$

단, P_b : voice call blocking 확률

ρ_v : voice traffic intensity

ρ_d : data traffic intensity

더우기 $\rho < 1$ 일 경우 위의 평형 확률은

$$\Pi_i = \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i} \quad (7)$$

이 되어 안정화 되며 이때 talkspurt에 있는 call의 수가 congestion threshold level L 보다 클 경우 일정한 비율 β 의 LSVP는 소거되며 이때의 차단 확률은

$$P_b = \frac{\sum_{i=L}^N \beta_i \pi_i}{pN} \quad (8)$$

이 된다. 한편 평형확률 분포 함수 $F_i(q_{v+d})$ 는

$$\frac{df(q_{v+d})}{dq_{v+d}} = A F(q_{v+d}) \quad (9)$$

의 해로서

$$F(q_{v+d}) = e^{Aq_{v+d}} \cdot b \quad (10)$$

이때

$$F_i(q_{v+d}) = \Pr\{l=i, Q_{v+d} \leq q_{v+d}\} \quad (11)$$

이고 matrix A는 queue length의 변화율 r_i 와 Markov process의 infinitesimal generator의 곱으로 표현된다.

$$A = \begin{bmatrix} r_0 & & & & \\ & r_1 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & r_{n-1} & \\ & & & & r_n \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sigma_0 & \nu_1 & 0 & \dots \\ \sigma_0 & -(\sigma_1 + \nu_1) & \nu_2 & \dots \\ 0 & \dots & \ddots & \ddots \\ \vdots & & & 0 & \dots & 0 & \sigma_{n-1} & -\nu_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

따라서, voice와 data에 대한 평균 queue length Q_{v+d} 는

$$\overline{Q_{v+d}} = \int_0^{\infty} q_{v+d} d(\sum F_i(q_{v+d})) \quad (13)$$

이 되며 또한 voice traffic의 우선순위가 data traffic보다 높으므로 data traffic에 대한 평균 queue length \overline{Q}_d 는 $\overline{Q_{v+d}}$ 와 voice traffic만의 queue length \overline{Q}_v 와의 차로 표현된다.

$$\overline{Q}_d = \overline{Q_{v+d}} - \overline{Q}_v \quad (14)$$

한편 voice와 data traffic에 대한 평균 waiting time w_d 는 Little's formula에 의하여

$$\overline{w_{v+d}} = \frac{\overline{Q_{v+d}}}{\lambda_d(1-P_b)U_{pN}} \quad (15)$$

이 되며 data에 대한 평균 waiting time w_d 는

$$\overline{w}_d = \frac{\overline{Q}_d}{\lambda_d} \quad (16)$$

가 된다. 따라서 voice call이 congestion threshold값 L이상일 경우 talkspurt에 있는 voice packet을 β 의 비율로 소거하며 이때 β 가 LSVP의 비율보다 작게하여 MSVP의 소거가 발생하지 않도록 하여야 한다.

Simulation 및 결과 고찰

본 논문에서는 simulation 환경으로 Fig.3과 같은 TDM 구조를 사용하였으며 여기에서는 41개의 voice source로부터의 voice call과 data source로부터의 data stream이 이 24개의 channels을 access하여 사용하게 된다. 또한 각 voice call은 talkspurt 내에서 $U=200$ packets/sec의 속도로 voice packets을 생성하며 이때의 talkspurt holding time $\nu^{-1}=1.23$ msec, silence holding time $\sigma^{-1}=1.79$ msec이다.

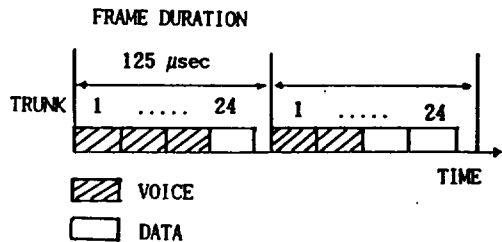


Fig.3. TDM frame structure of voice/data

data packets은 그 도착율 $\lambda_d=240, 480, 720, 960, 1200$ packets/sec로 data terminal로 부터 들어오며 그 우선 순위는 voice traffic 보다는 낮게 하였다. buffer는 voice와 data에 대하여 무한 buffer를 사용하였다. Fig.4는 voice call의 수 N을 증가시켰을 경우의 정규화된 throughput과 blocking 확률을 나타낸 것으로 call의 수가 증가

함에 따라 throughput은 증가하며 blocking 확률도 역시 증가하게 되어 voice call의 time delay performance가 악화되는 원인이 되고 있다.

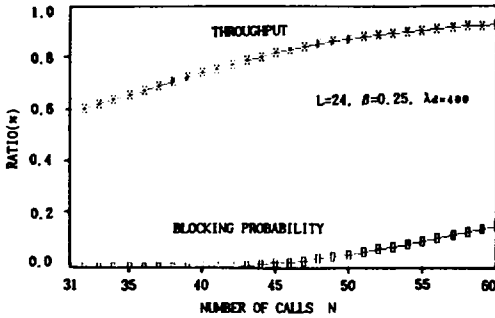


Fig. 4. Throughput and blocking probability as a function of number of calls

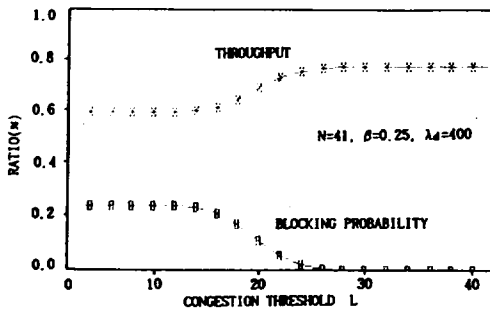


Fig. 5. Throughput and blocking probability as a function of congestion threshold

한편 Fig.5에서는 congestion threshold L 을 증가시키기에 따라 정규화된 throughput은 증가하나 blocking 확률은 급격히 감소하는 것을 나타내며 이것은 voice traffic이 전체 시스템의 throughput을 증가시키는 원인이 되고 있음을 보이고 있다. 한편 congestion threshold L 이 감소하면 time delay도 감소하지만 blocking 확률은 증가하여 전체 voice quality degradation에 영향을 주게 된다. 따라서 전체 시스템 운용에 있어서는 congestion threshold L 과 time delay와의 절충이 필요하게 된다. Fig.6은 data traffic의 증가에 따라 data time delay가 증가하고 있는 것을 보이고 있는데 데이터 도착률 $\lambda_d=240$ packets/sec일 때 정

상시 time delay는 77.6msec이고 이에 반해 흐름 제어시에는 그 time delay가 0.07msec로 99.9% 개선되었고 data 도착률 $\lambda_d=720$ packets/sec일 때에는 정상시 time delay가 928.9msec, 흐름 제어시의 time delay는 55.3msec가 되어 94%가 개선되었음을 알 수 있다. Fig.7에서는 data traffic이 증가함에 따른 voice/data time delay의 변화를 나타낸 것으로 data 도착률 $\lambda_d=240, 720$ packets/sec에서 정상시 voice/data time delay가 각각 21.56msec, 285.43msec이고 흐름 제어시에는 각각 time delay가 0.016msec, 8.72msec가 됨을 보이고 있는데 이것은 delay performance가 평균 98% 향상된 것을 나타내고 있다.

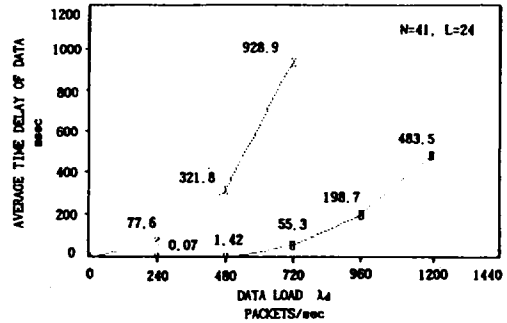


Fig. 6. Average time delay of data

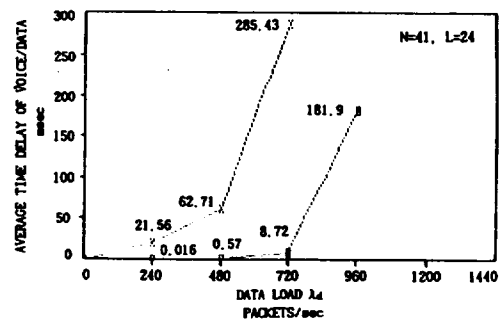


Fig. 7. Average time delay of voice/data

적 요

본 논문에서는 ISND의 기본적인 multimedia

services 중 voice와 data traffic을 병합시킬 경우 기존의 단순한 TDM switching에서 발생할 수 있는 voice traffic의 증가에 따른 data traffic의 처리 시간 지연을 방지하기 위하여 voice call을 제어하고자 하였다. 만일 talkspurt에 있는 active call의 수가 congestion threshold level을 넘어설 경우 그 증가되는 call의 영향을 줄이기 위하여 voice packets 중 일부를 소거함으로써 data traffic 지연을 억제하였다. 이때 data traffic의 time delay와 throughput은 simulation 결과에서 알 수 있듯이 congestion threshold에 따라 민감하게 변화된다. 특히 data traffic 지연은 packet 소거율 $\beta=0.25$ 로 voice control을 하였을 경우 data 도착률 $\lambda_d=240$ packets/sec에서 0.07msec의 지연을 나타내어 정상시의 77.6%에 비해 99.9%

정도 개선되었고, $\lambda_d=720$ packets/sec에서는 94% 정도의 개선율을 나타내고 있다.

한편 본 논문에서는 packet 소거율 β 를 일정하게 유지하였으나 voice call의 overload 상태가 심화될 경우 역시 시간 지연은 급격히 증가되는 것을 알 수 있었다. 따라서 packet 소거율을 overload하에서 voice call의 변화율의 함수로 간주할 경우 voice overload의 영향을 더욱 줄일 수가 있을 것이다. 하지만 packet 소거율이 증가함에 따라 voice quality degradation이 심화되고 기존의 packet interleaving 기법의 적용으로서는 그 품질을 개선하기가 힘들게 된다(Jayant 1981). 따라서 앞으로는 이와같은 voice의 품질 저하 현상으로 부터의 회복 가능성과 packet 소거율을 연관지어 최적 제어점을 찾아야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Aoyama, T., T. Takahashi, H. Ueda, R. Yatsuboshi, S. Suzuki and S. Nojima, 1981. Packetized service integration network for dedicated voice/data subscribers, *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-29, 1595~1601.
- Choi, J. K., 1987. Performance analysis of packet switched synchronous voice/data network, CRL-T-8801, KAIST.
- Gruber, J. G., 1983. Delay related issues in integrated voice and data network, *IEEE Trans. Comm.* Vol. COM-29, 786~800.
- Jayant, N.S. and S.W. Christensen, 1981. Effects of packet losses in waveform coded speech and improvements due to an odd-even sample interpolation procedure, *IEEE Trans. Comm.* Vol. COM-29, 101~109.
- Kleinrock, L., 1974. Queueing system, Vol. I, II, A Wiley-Interscience Publication.
- Lazar, A.A., 1983. Optimal flow control of a class of queueing networks in equilibrium, *IEEE Trans. Automat. Contr.* Vol. AC-28, No.11, 1001~1007.
- Lee, H.H. and C.K. Un, 1985. Performance analysis of statistical voice/data multiplexing systems with voice storage, *IEEE Trans. Comm.* Vol. COM-33, 809~819.
- Li, S.Q. and J.W. Mark, 1985. Performance of voice/data integration on a TDM system, *IEEE trans. Comm.*, Vol. COM-33, 1265~1273.
- Weinstein, C.J. and E.M. Hofstetter, 1979. The tradeoff between delay and TASI advantage in a packetized speech multiplexer, *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-27, 1716~1720.