

음성 및 화상 데이터 전송을 위한 트랜스포트 프로토콜의

설계 및 구현에 관한 연구

김 준, 이 광 휘, 안 순 신
고려대학교 전자전산공학과

A study on the design and implementation of the transport protocol for Audio/Video data transmission

June Kim, Kwang-hui Lee, Sun-shin An
Dept. of Elec. & Comput. Eng., Korea University

ABSTRACT

In this paper, we have studied a communication protocol which may provide Audio/Video data transmission in real time. Audio/Video data have its own characteristics. A new transport protocol with realtime constraint has been designed and implemented which performs dynamic error control and flow control depending on the characteristics of transmitted Audio/Video data. Since the receiving data can be predicted from the previously received data using the prediction function in Audio/Video data transmission, these functions are introduced in our transport protocol that may possibly improve the speed of data transmission and give a real time response. We have tested our transport protocol and measured the performance by the simulation. We assume that our transport protocol would be used in LAN environment. Our prime purpose is to provide a reliable and real time Audio/Video data transmission service.

1. 서론

정보화 사회에 있어서 컴퓨터가 차지하는 비중이 점차로 증대되고 있으며 컴퓨터 네트워크를 통하여 정보를 전송하는 데 있어서 사용자들은 일반 text 데이터의 신속하고 신뢰성 있는 전송 뿐 만 아니라 음성 및 화상 데이터의 전송과 같은 다양한 서비스를 요구하고 있다. 이러한 관점에서 볼 때 컴퓨터 네트워크를 통한 통신은 중요한 연구과제 중의 하나가 되어 관련 많은 연구가 이루어져왔다. 컴퓨터 상호간의 통신에 있어서 프로토콜은 통신에 관한 규범으로서 여러 네트워크가 개발되면서 각기 독자적인 프로토콜을 사용하게되고 이로인한 다수의 통신기기 제조 업체들에 의한 호환성 없는 통신방식이 범람하면서 국제표준에 관한 연구가 ISO 및 CCITT를 중심으로 이루어지고 있다. 그러나 ISO나 CCITT에서 권고하는 프로토콜은 text 데이터 전용이고 LHN(Long Haul Network) 환경용이므로 본 연구에서는 어려움이 적고 신속한 전송이 제공되는 LAN(Local Area Network) 환경에 알맞는 음성 및 화상 데이터 전송용 transport protocol을 설계 및 구현하였다. 연구된 transport protocol을 사용하는 transport layer의 성능을 분석하기 위하여 UNIX OS상에서 simulation 환경을 구성하였고 이를 통해 측정 및 평가가 이루어졌다.

2. 음성 및 화상 전송을 위한 transport layer

(1) 전체 시스템 구성 환경
음성 및 화상 데이터 전송을 위한 transport layer를 사용하는 end user는 transport layer상위 application layer에 sampling주기마다 sampling data를 입력시키고 application layer는 이들 sampling data를 end user간 data 전송시 요구되는 threshold real time을

고려하여 일정 크기의 packet으로 전환하여 이들 transport layer에 입력시킨다. packet 단위로 data를 받은 transport layer는 자신의 data 처리능력 및 상대 transport layer까지 packet 전송 지연시간 및 상대 transport layer의 data 처리능력을 고려하여 상위 application layer에서 요구하는 required threshold time이내에 packet을 전송한다. transport layer로부터 packet을 받은 application layer는 end user간에 요구하는 threshold real time이내에 이를 원 sampling data 형태로 end user에게 전송되도록 한다.

이상의 system 구성환경하에서 음성 및 화상 전송을 위한 transport layer가 다음과 같은 사항들을 고려하여 설계되었다.

(2) 입출력 데이터 특성

음성 및 화상 데이터는 일반 데이터와는 달리 다음과 같은 특성을 갖는다. 음성 및 화상 데이터는 데이터 전송시 디지털 신호로 전송되는 경우 고정된 sampling time에서 analog signal을 sampling하여 전송시 요구되는 quality에 따라 일정 bit수로 양자화 하여 digital signal로 전송한다. 따라서 컴퓨터망을 통하여 전송되는 음성 및 화상 데이터를 real time으로 전송하기 위해서는 상위 layer에서 요구하는 required threshold time T_h 이내에 전송 quality에 따라서 전송할 수 있는 능력이 요구된다.

상위 layer에서 받은 입력 packet을 받아서 상대 transport layer까지 전송하는 데 걸리는 시간은 source transport layer에서 packet을 받아 이를 처리하는데 드는 시간과 상대 transport layer까지의 전송지연 시간 및 상대 transport layer의 packet 처리시간의 합을 T_t 라 할 때 $T_h > T_t$ 의 조건이 성립해야만 한다.

(3) error characteristics

음성 및 화상 데이터는 위와 같은 입출력 데이터 특성외에 발생하는 에러의 형태에 따라 데이터 전송시 요구되는 quality의 만족 여부에따라 에러로 취급될 수도 있고 안될 수도 있다. 따라서 보다 효과적인 error control을 하기 위해서는 transport layer에서는 발생하는 에러 형태를 분류하여 에러를 처리하는 것이 요구된다.

(4) data generation

위와 같은 에러특성으로 인해 음성 및 화상 데이터는 상위 layer의 에러허용한도내의 데이터는 에러치료를 하지 않지만 허용한도를 넘는 경우는 에러복구를 위해 retransmission으로 인한 시간지연이 발생하는데 이러한 지연시간이 상위

layer에서 요구하는 threshold time을 초과한 경우 허용되는 오차한도 내에서 임의 데이터를 전송할 수 있다면 required data service time (Th)를 만족할 수 있다.

음성 및 화상 데이터의 경우 이미 수신된 packet 정보를 가지고 다음 도착할 데이터의 예측이 가능하므로 각 데이터 특성에 맞는 적절한 predictive generation function을 사용하면 보다 양질의 고속 데이터 서비스를 제공할 수가 있다.

(5) predictive data generation function 전송하는 데이터의 특성에 따라 선택되어지며 전송 quality에 따라 prediction을 위한 데이터의 저장 (shadow copy)이 필요하다. prediction 되어 전송된 원 데이터는 discard 되지않고 다음 prediction의 quality를 높이기 위하여 shadow copy로 저장된다.

threshold time을 만족하기 위한 data generation의 횟수는 요구되는 packet 전송 quality의 허용한도에 의해 결정된다.

(6) dynamic error control 음성 및 화상 데이터의 경우 앞서와 같은 여러 특성을 갖으므로 여러 허용 한도 내에서는 error control을 하지 않고 초과시는 re-transmission을 통한 error recovery를 한다. 이 때 Th를 만족시키기 위하여 data generation을 하는 경우 실제 데이터를 받았을 때와 같이 이에 대한 ACK를 보낸다. 또한 지연시간 후에 도착한 실제 데이터는 다음 prediction에 사용된다.

LAN 환경하에서는 에러율이 극히 적으므로 일정단위시간동안 에러발생빈도 및 형태를 monitor 하였다가 에러제어가 불필요한 경우는 상대 transport간에 협정을위해 에러제어를 하지 않고 packet을 전송하고 다시 에러전송이 요구되는 경우 협정을 통해 에러 제어를 함으로써 보다 신속한 전송이 가능하다.

이상과같은 dynamic error control strategy를 갖는 error monitoring function을 transport layer에 돌음으로써 신속한 음성 및 화상 데이터전송에 보다 큰 효과를 제공할 수 있다.

(7) dynamic flow control interface flow control의 경우는 적절한 buffer allocation으로 해결되도록 하고 peer flow control의 경우는 destination transport layer의 buffer 크기가 불충분한 경우 source에 재어신호를 보내어 불필요한 재전송으로인한 overhead를 줄인다. 계속된 수신 packet의 buffering 불능으로 상위 application layer에 packet을 Th 내에 보내지 못하는 경우, 수신측의 transport layer는 요구되는 전송 quality의 한도에 따라 수신 buffer의 몇 개의 packet을 제거하고 다음 packet이 수신되도록 한다. 상위층에 data를 전달하는 경우에는 제거되지 않은 packet과 제거된 packet은 prediction을 통하여 순서대로 interface buffer에 전달한다. flow control의 경우에 있어서도 일정기간 flow control을 monitor 하다가 flow control이 불필요한 경우 peer transport간에 협정을 통해서 flow control을 하지 않고 필요한 경우 다시 flow control을 하도록한다.

이상과 같은 dynamic flow control strategy를 갖는 flow monitoring function을 transport layer에 두어 신속한 packet 전송이 가능하도록 한다.

3. 음성 및 화상 전송을 위한 transport layer의 설계 앞서 연구한 결과를 종합하여 dynamic 하게

error 및 flow control을 수행 하므로써 음성 및 화상 전송에 있어서 신속한 새로운 transport layer의 service primitives 및 protocol primitives가 다음과 같이 설계되었다.

(1) service primitives 음성 및 화상 전송용 service primitives는 다음과 같다.

*AVOpen(Th, DGT, AE, SA, DA, var VID, var results)

Th: 트랜스포트 사용자가 요구하는 required threshold time이다.

DGT: 트랜스포트 사용자가 요구하는 data generation type을 나타낸다.

AE: 트랜스포트 사용자가 요구하는 acceptable error pattern을 나타낸다.

2가지의 field를 갖는데 하나는 최대 연속 에러 발생 허용 횟수 이고 다른 하나는 에러간에 에러없는 데이터의 수로써 이를 조합하여 트랜스포트계층은 dynamic error control시에 허용에러 형태를 구분한다.

SA: source address DA: destination address

VID: 트랜스포트 간에 virtual connection id를 나타낸다.

*AVClose(VID, causes, var results)

*AVSend(VID, DATA, var results)

*AVReceive(VID, var DATA, var results)

(2) protocol primitives 음성 및 화상 전송용 protocol primitives는 다음과 같다.

*AVCR(Th, DGT, AE, SVID, DVID)

*AVCC(SVID, DVID)

*AVDT(SVID, DVID, SN, TS, LAST, SN: sequence number [DATA])

TS: time stamp for synchronization between transport layer

*ACK(SVID, DVID, ACKT, ACKN)

ACKT: acknowledge type

ACKN: acknowledge number

*AVNR(SVID, DVID, NRT)

NRT: negotiation request type

*AVNC(SVID, DVID, NCT)

NCT: negotiation confirmation type

*AVDR(SVID, DVID, causes)

*AVDC(SVID, DVID)

4. 음성 및 화상 전송이 가능한 transport layer의 구현

앞 장에서 설계된 transport layer의 기능들을 집약하고 state 및 event와 이에대한 action들을 종합하여 transport protocol을 state transition table로서 기술하고 이를 통하여 UNIX환경(4.2BSD, VAX11/750)하에서 C-언어로 구현하였다.

(1) 전체 software 구조 앞서 설계된 음성 및 화상 전송을 위한 transport layer의 구현은

transmission entity, receiver entity 및 timer의 3 개의 process 로써 구현되었다. (그림 1 참조)

*transmission entity: transport service user로부터 procedure call 형태로 불러오는 service primitive에 의한 service request를 받아들여 transmission control table에 따라 message 형태의 protocol primitive를 peer transport layer에게 전송하거나 여러 및 service request에 대한 결과를 transport service user에게 넘겨준다.

또한 peer transport layer로 부터 전송된 message를 receiver entity로 부터 받아 들여 이 message에 대한 상태천이나 transmission control을 수행하고 응답을 보내거나 상위 transport service user에게 필요한 경우 그 결과를 넘겨준다.

*receiver entity: 하위 layer로부터 peer transport layer로부터의 message를 전달받아 transmission entity에 전송한다

*timer: transmission entity의 모든 time event를 support하는 process로서 time setting과 resetting 기능을 담당한다.

표1과 2는 transport layer와 transport service user간에 주고 받는 message format과 하위 network layer와 transport layer간에 주고 받는 message format이다.

(2) queue와 data buffer의 구조 및 관리

실제 상위 IPC layer에 interface buffer로 사용되는 receiving queue와 sending queue는 transport data unit size를 한 segment의 단위로 하여 memory allocation을 통하여 그 structure를 할당받는다. transport layer와 LAN layer와의 interface buffer에 해당하는 buffer는 4가지가 있으며 이는 각각 sending buffer, receiving buffer, retransmission buffer와 shadow copy buffer가 있다. 이들 buffer 역시 memory allocation을 통하여 할당받는다.

(3) control table의 구조
구현된 transport layer에서 모든 transmission control 및 상태 천어, queue와 data buffer 외관리를 위한 정보를 기록하는 것이 필요한 데 이러한 정보를 기록하는 transmission control table의 구조는 표3과 같다.

service access point table은 IPC layer와 transport layer사이의 interface를 관리하기 위한 table로서 transport service user에게는 마치 5개의 service access point가 있는 것처럼 보이게 해준다. connection이 설정되면 transport function entity는 virtual channel identifier(구현된 transport layer에는 5개의 logical channel이 있다.)에 해당하는 transmission control table의 sid 및 lid field에 transport service access point와 LAN access point에 대한 identifier를 기록하여 transport user에게는 sid를 통하여 정보를 교환하고 LAN과는 lid를 통하여 정보를 교환한다. LAN access point table은 5개의 logical access point를 transport layer에게 보이게 해준다. 표4는 saptable과 laptable의 구조이다.

transport user address를 transport address로 변환할 때 사용하는 address mapping table의 구조는 표5와 같다.

5. Functional Specification
본 장에서는 구현된 transport layer의 기능적인 세부사항들을 고찰한다.

(1) connection establishment
connection의 설정은 양쪽 transport service user가 AVOpen()

Call을 사용함으로써 이루어지며 three way handshaking 방식이 사용된다. 동시에 open call을 수행한 경우에는 virtual connection을 설정하고 바로 이에 대한 identifier를 transport service user에게 넘겨준다.

(2) connection close
connection 설정후 상대방에 data transfer가 수행된다. 이 때 어느 한쪽에서 데이터 보낼 data가 없으면 AVClose()를 call 하므로써 connection이 close 된다. 동시에 AVClose() call을 하는 경우 바로 이에 대한 ACK를 보내고 바로 close 된다.

(3) data transfer
connection이 설정된 후 transport layer는 transport service data unit (TSDU)를 segmenting하여 이들(TPDU) 교환하므로써 상대방에 data transfer가 수행된다.

1) time control
구현된 timer process는 logical time을 modulo $2^{**}64-1$ 로서 transport layer에 제공하여 모든 timeout event를 발생한다.

각 종 timeout value의 산출은 다음과 같다.(그림 2 참조)

$T_a = a$ TSDU processing time
in TFEa = $n * t_a$
 $t_a = a$ TPDU processing time
in TFEa
 $T_b = a$ TSDU processing time
in TFEb = $n * t_b$
 $t_b = a$ TPDU processing time
in TFEb
 $T_d =$ total transmission delay
of a TSDU in LAN = $n * t_d$
 $t_d =$ transmission delay of a
TPDU in LAN
 $TSDU = n * TPDU$ (n: positive integer)

그림3에서
 $T_t = T_a + T_d + T_b = n * (t_a + t_d + t_b)$ 가 된다.
transport service user가 원하는 threshold time T_h 이내에 data를 전송하려면 다음과 같은 조건을 만족해야한다.

$T_h > T_t + \alpha$
($\alpha =$ retransmission delay for error recovery)

$T_h > n * (t_a + t_d + t_b) + \beta$
($\beta =$ total retransmission delay for recovering every damaged TPDU)

하나의 TPDU에 대한 threshold time t_h 는 $t_h = (1/n) * T_h$ 로 계산된다. 따라서

하나의 TPDU에 대한 threshold timeout은 $THTO = t_h - T_p - \gamma$
($\gamma =$ host나 network의 load에 따른 variant 값으로서 본 연구에서는 이를 무시하였다.) (T_p : 이전 TPDU의 sending time(t_s)와 현재 수신된 TPDU의 sending time(t_s)와의 시간차들의 평균치) 또한 retransmission timeout(RTTO), crash timeout(CRTO)는 다음과 같이 계산된다.

$RTTO = 3 * T_p + \delta$
(δ : 재전송시 TPDU에 대한 transport layer의 processing time)

$CRTO = 10 * T_h = 10 * n * t_h$
dynamic error control을 위한 monitoring 주기를 T_e 라 할 때 T_e 같은 다음 조건을 만족해야 한다.

$T_e > (ae + an) * T_p$
 ae : maximum permitted number of successive damaged TPDU

참고문헌

- [1] Zimmermann, H., "OSI reference Model - The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection," IEEE Trans. Commun., vol. COM-28, pp. 425-439, April 1980.
- [2] ISO, "ISO/TC 97/SC 16n 1169 Information Processing System - Open System Interconnection - Transport Protocol Specification," Tokyo, June 1982.
- [3] CCITT, "Recommendation X.224 Transport Protocol Specification for Open System Interconnection for CCITT Application," 1984.
- [4] J. Posel, "Transmission Control Protocol," RFC 793, USC Information Sciences Institute, Sep. 1981.
- [5] D. J. Goodman, G. B. Lockhart, C. J. Wasem, and W. C. Wong, "Waveform Substitute Techniques for Recovering Missing Speech Segments in Packet Voice Communication," IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-34, pp. 1440-1448, Dec. 1986.

Field	Description
used	used or not
state	current state of a virtual channel
pid	primitive identifier
th	threshold time required by a user
dgt	data generation type required by a user
ac	acceptable number of contiguous errors
an	acceptable number of contiguous normal data between errors
sid	identifier of transport service access point
lid	identifier of LAN access point
svid	identifier of source virtual channel
dvid	identifier of destination virtual channel
snd_uma	sequence number of last unacknowledged TPDUs
snd_nxt	sequence number of next sending TPDUs
snd_wnd	maximum sending number of TPDUs at once
snd_isn	initial sequence number of sending TPDUs
rcv_nxt	sequence number of next expected receiving TPDUs
rcv_wnd	maximum number of receiving TPDUs at once
rcv_isn	initial sequence number of receiving TPDUs
*snd_up	pointer to a function to be executed for urgent event in a sender
*rcv_up	pointer to a function to be executed for urgent event in a receiver
*send	pointer to sending buffer
*rcv	pointer to receiving buffer
*retr	pointer to retransmission buffer
*shcp	pointer to shadow copy buffer
*sdq	pointer to sending queue
*rcvq	pointer to receiving queue

표 3 Data Structure of Transmission Control Table

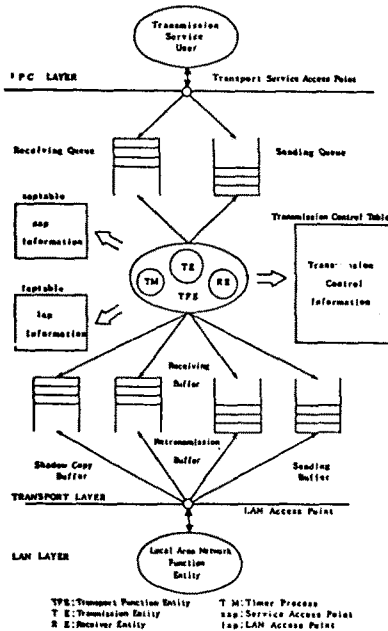


그림 1 전체 소프트웨어 구조

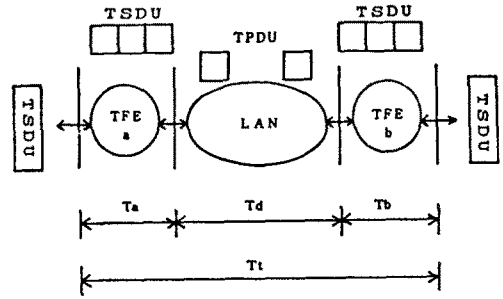
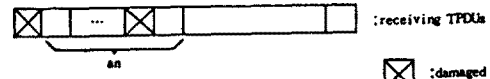


그림 2 Time Parameter



(1) unacceptable error pattern type 1



(2) unacceptable error pattern type 2

그림 3 Error Pattern

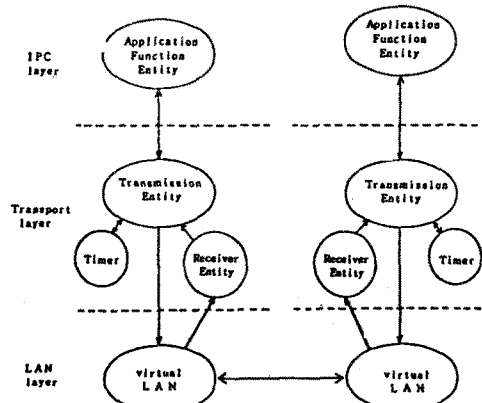


그림 4 Simulation 환경

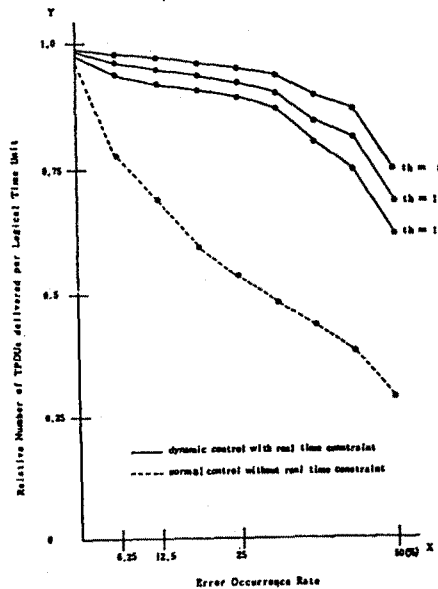


그림 5 Performance Analysis Curve