



## A Study of the Transfer Delay of ECMC in SCTP

Won-keun Choi<sup>1</sup>, Sun-moon Jo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Information & Communication Engineering, Inha Technical College*

<sup>2</sup>*Department of Computer Information Technology Education, Paichai University*

### ABSTRACT

The main challenge in the field of designing multimedia services is the integration and support of a wide variety of applications. Quality of Service(QoS) provides a unifying theme on which the functions and facilities of the open system standards can be constructed. In distributed multimedia system, QoS guarantees are fundamentally concerned with the end-to-end communication between applications. One of the important QoS parameters is the reliability of the transfer. Including SCTP(Stream Control Transport Protocol), conventional error control mechanisms, however, do not consider the integrated viewpoint of multimedia data. In paper[1], We have designed and proposed the multimedia oriented error control method based on multimedia characteristics called ECMC(Error Control based on Multimedia Characteristic). In this paper, We have investigated its transfer delay. The results show that the ECMC mechanism manifests superior performance as errors occur more frequently. When the frame transfer succeeds, it can be found that the ECMC mechanism reveals shorter average frame delay than SREC(Selective Repeat Error Control). On the other hand, the performance measurements on the both mechanisms show closer results as the error rate decreases. Furthermore, in the case of the extremely low error rate, the both mechanisms represent the almost same performance results. Therefore, it makes SCTP have the flexibility and high performance. It should have the reduction effect of the communication resources as well as satisfy the requirements of users.

© 2017 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS:** Multimedia, Error control, Transfer delay, ECMC, SREC

**ARTICLE INFO:** Received 27 June 2017, Revised 21 July 2017, Accepted 11 August 2017.

\*Corresponding author is with the Department of Information Computer Information Technology Education, Paichai University, 155-40 Baejae-ro, Seo-Gu, Daejeon,

KOREA.

*E-mail address:* sunmoon@pcu.ac.kr

## 1. 서론

멀티미디어 스트림 전송을 위한 새로운 전송 계층 프로토콜인 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)[1][2]의 특징을 간단히 살펴보면, UDP(User Datagram Protocol)와 TCP(Transmission Control Protocol)와 같이 프로세스간 통신을 제공하며, 멀티스트림 서비스를 제공한다. 아울러 멀티호밍 서비스를 지원하는데 이러한 고장 감내 접근법은 하나의 경로가 실패할 때 다른 경로로 중단 없이 데이터 전달을 위해 사용될 수 있다. 또한 SCTP는 연결 지향 서비스를 제공하며 전이중 통신을 사용하고 신뢰성 있는 서비스를 위해서 확인응답 절차를 사용한다. 그러나 SCTP를 포함한 기존에 발표된 대부분의 멀티미디어 통신 프로토콜들은 선택적 재전송이나 고백엔 등의 기본적인 오류 회복 기법만을 제공한다[1,3,4,5,8,10]. 이러한 기법은 단순히 데이터의 올바른 전송만을 지원하기 위한 오류 회복 기법이다. 그러나 이런 오류 정정 기법은 화상 회의, 온라인 데이터 검색 등 멀티미디어 데이터를 실시간으로 전송하여야 하는 대부분의 응용 프로그램[13-15]에서는 사용될 수 없는 기법이다.

제안된 기법은 각 미디어 오류들 사이의 결합된 형태에 기초한다. 하나 또는 그 이상의 미디어 데이터 전송 오류가 발생하면, 이 상황을 멀티미디어 전체적인 측면에서 고려된 오류 패턴과 비교한다. 만약 발생한 오류의 조합이 전체적인 측면에서 사용자가 이를 감수할 경우, SCTP는 오류가 발생하지 않은 것처럼 동작한다. (논문[1]참조)

2장에서는 제안된 방식의 큐잉을 이용한 수학적 분석을 수행하며, 3장에서는 시뮬레이션을 통한 성능평가를 수행하고 마지막으로 4장에서는 본 연구에 대한 결론 및 향후과제를 논할 것이다.

## 2. 수학적 분석

### 2.1 데이터 생성

멀티미디어 데이터는 두개 이상의 연관된 미디어들의 집합이며 서로간의 종속적 관계가 있는 다중의 데이터 합으로 생각할 수 있다.

문헌[12]에서,  $A_j(s)$ 를  $j$  번째 미디어의 데이터 발생 간격 시간의 Laplace변환이라고 하면 ( $j=1,2,3$ ),

$$A_j(s) = \frac{r_j(b_j + s)}{S^2 + (r_j + b_j + a_j)s + b_j r_j} \quad (1)$$

가 된다. 식1에서  $a_1$ 은 오디오 채널의 OFF상태에서 ON상태의 천이율을 나타내고  $b_1$ 은 ON상태에서 OFF상태로의 천이율을 나타낸다. 그리고  $r_1$ 은 ON상태의 오디오 데이터 발생률을 나타낸다.  $a_2, b_2, r_2$ 는 텍스트 채널의 경우를 나타내며,  $a_3, b_3, r_3$ 는 비디오 채널의 경우를 의미한다.

### 2.2 오류 확률과 재전송의 관계

미디어 프레임 데이터를 한번 전송하고, 응답을 받을 때의 평균 오류  $P_{fr}$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{fr} = P_{data} + P_a - P_{data} \times P_a \quad (2)$$

$P_{fr}$ 을 구하기 위해서는 데이터를 전송할 때의 오류 확률  $P_{data}$ 과 응답(ACKnowledgement)패킷을 전송할 때의 오류 확률  $P_a$ 를 구해야하며 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{data} = n_f \times (1 - (1 - p_c)^{l_a + l_b}) \quad (3)$$

단,  $P_{data}$ :  $n_f$ 개의 패킷에 하나 이상의 비트 오류가 발생할 확률,  $n_f$ =프레임 데이터 크기 / 데이터 패킷 크기,  $l_d$ =패킷 데이터 크기,  $l_h$ =패킷 헤더 크기

$$P_a = 1 - (1 - p_c)^{l_a + l_{ah}} \quad (4)$$

$P_a$ : 응답 패킷에 하나 이상의 비트 오류 발생할 확률,  $l_a$ =응답 패킷 데이터 크기,  $l_{ah}$ =ACK 패킷 헤더 크기 또한 k번의 전송이 완료된 후, 발생한 채널의 오류는 최대 허용 오류를 이하이어야 하므로 식 5를 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} P_{fr}^k &< P_{ch} \\ K &> \log_{P_{fr}}(P_{ch}) \end{aligned} \quad (5)$$

단,  $P_{ch}$ 허용된 최대 채널 오류

### 2.3 수학적 분석

하나의 프레임에서 오류 발생 확률  $p_{frame}$ 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{frame} &= P_{audio} + P_{text} + P_{video} - P_{audio}P_{text} - P_{text}P_{video} \\ &- P_{video}P_{audio} + P_{audio}P_{text}P_{video} \end{aligned} \quad (6)$$

한 개의 프레임 데이터 비트( $S_{frame}$ )는 오디오 채널 데이터 비트( $S_{audio}$ )와 텍스트 채널 데이터 비트( $S_{text}$ )와 그리고 비디오 채널 데이터 비트( $S_{video}$ )로 구성이 될 것이다.

$$S_{frame} = S_{audio} + S_{text} + S_{video} \text{ (bits)} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} n_{frame} &= \frac{S_{frame}}{S_{packet}} = \frac{S_{audio} + S_{text} + S_{video}}{S_{packet}} \\ &= n_{audio} + n_{text} + n_{video} \end{aligned} \quad (8)$$

$n_{frame}$  : 한 프레임에서 패킷들 개수,  $n_{audio}$  : 한 프레임에서 오디오 채널 패킷 개수,  $n_{text}$  : 한 프레임에서 텍스트 채널 패킷 개수,  $n_t$  : 한 프레임에서 비디오 채널 패킷 개수

헤더를 포함한 패킷의 오류 확률을  $P_{packet}$ 이라고 하면, 프레임 오류 확률  $P_{frame}$  및 각 채널 오류 확률들은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{frame} &= 1 - (1 - P_{packet})^{n_{frame}}, P_{audio} = 1 - (1 - P_{packet})^{n_{audio}}, \\ P_{text} &= 1 - (1 - P_{packet})^{n_{text}}, P_{video} = 1 - (1 - P_{packet})^{n_{video}} \end{aligned} \quad (9)$$

식 10으로부터, 채널 오류 확률과 프레임 오류 확률과의 관계를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{audio} &= 1 - (1 - P_{frame})^{n_{audio}/n_{frame}}, P_{text} = 1 - (1 - P_{frame})^{n_{text}/n_{frame}}, \\ P_{video} &= 1 - (1 - P_{frame})^{n_{video}/n_{frame}} \end{aligned} \quad (10)$$

식10에서 유도된 3개 방정식을 이용하면, 사용자가 선택하는 어떠한 오류의 조합도 확률적으로 계산이 가능하다. 프레임 오류 확률  $p'_{frame}$ 은  $p_{frame}$ 을 대체하고  $q_{frame} = 1 - p'_{frame}$ 으로 바뀐다.

예를 들면,  $i-1$  프레임에서 비디오 채널의 데이터를 21번 청크, 텍스트 데이터 청크를 22번 청크 그리고  $i$ 의 비디오 데이터 청크를 25번 청크라고 가정하자.

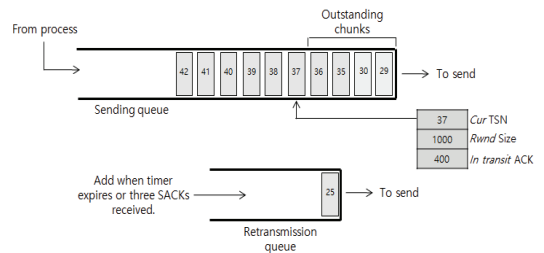


그림 1.  $i+1$  프레임의 기본 오류회복  
Figure 1.  $i+1$  Basic Frame Error Recovery

<그림 1>은 SCTP의 선택적 재전송 기법(SREC:

Selective Repeat Error Control)을 적용한 경우는 데이터 25번 청크를 재전송한다. 반면에 논문[1]에서 제안한 기법인 ECMC(Error Control based on Multimedia Characteristic)된 방식을 사용할 때는 한 프레임에서 비디오 채널에만 오류가 발생하는 것이 허용된 경우, i+1 프레임은 텍스트 채널의 오류가 없으므로 미디어 오류가 아니고 또한 오류회복을 위한 별도의 동작이 불필요하다. 결과적으로 <그림 2>처럼 25번 데이터 청크의 재전송이 필요 없다. 그러므로 재전송을 위한 버퍼가 비어있게 된다.

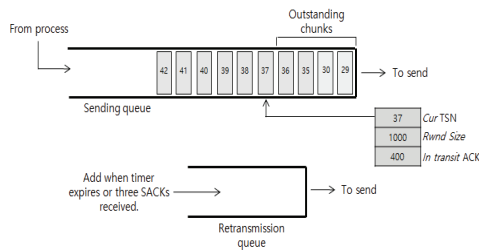


그림 2. i+1 프레임의 통합된 오류회복  
Figure 2. i+1 Frame Combined Error Recovery

## 2.4 평가 모델과 지연분포

<그림 3>에서  $\lambda$ 는 각 계층에 도착하는 입력 도착율을 나타내며 다음과 같이 표시할 수 있다.  $\lambda_4$  SCTP에 도착하는 데이터 도착율,  $\lambda_3$ 는 IP계층의 도착율,  $\lambda_2$ 는 label계층 도착율, 그리고  $\lambda_1$ 은 물리계층의 입력 도착율을 표시한다.

각 계층에서 프로토콜 처리를 위해 수행되는 기능에 필요한 처리율(processing rate)은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$\mu_{4,s}$  송신측 SCTP계층의 처리율을 표시,  $\mu_{4,r}$ 는 수신측 SCTP계층 처리율,  $\mu_3$ 는 IP계층 처리율,  $\mu_2$  label 계층 처리율, 그리고  $\mu_1$ 는 물리 계층 처리율을 나타낸다.

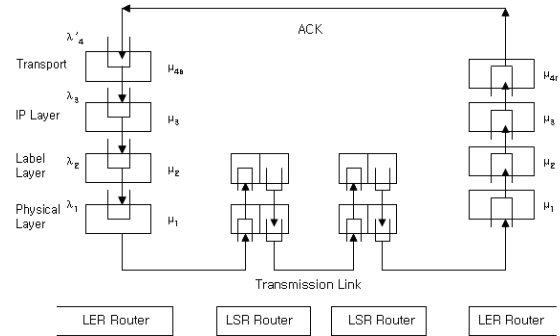


그림 3. 성능 평가 모델  
Figure 3. Performance Evaluation Model

원천지 노드의 상위 계층은 SCTP로 새로운 데이터들을 생성해서 전달한다. 도착하는 데이터들은 미디어 데이터의 합( $\lambda_4$ )과 오류 회복을 위한 재전송 데이터의 총계적 특성( $\lambda'_4$ )을 갖는다.

제안된 기법을 앞에서 유도된 식들과 연관하여 종단간의 지연분포를 구하면 다음과 같다.

1) 첫 전송일 때 종단 전송 지연 분포 Laplace 변환

$$A_{4,t}^*(s) = F_{4,ti}^*(s)F_3^*(s)\{F_2^*(s)F_1^*(s)G_1^*(s)\}^l F_{4,e}^*(s) \tag{11}$$

첫 전송일 때 프레임 전송 성공확률  $q'_{frame} = 1 - p'_{frame}$  이 된다.

2) 두 번째 전송 이후 종단 전송 지연 분포의 Laplace 변환

오류 확률  $p_{frame}$ 은  $p_{user}$ 로 바꾸며 user는 사용자 정의 오류 정정 기법의 미디어 채널이다.

$p_{user}$ 는 식11의  $p_{audio}$ ,  $p_{text}$  혹은  $p_{video}$  중의 하나 또는 이들의 조합이 되기도 한다.

$$A_{4,u}^*(s) = \sum_{k=2}^{M_4} [q_{4u} p_{4u}^{k-1} \{F_{4u,t}^*(s)S_{4u}^*(s)\}^{k-1} F_{4u,t}^*(s)F_{3u}^*(s)\{F_{1u}^*(s)G_{1u}^*(s)E_{2u}^*(s)\}^l F_{4u,e}^*(s)] \\ 1 / \left( \sum_{k=2}^{M_4} q_{4u} p_{4u}^{k-1} \right) = \sum_{k=2}^{M_4} \{q_{4u} p_{4u}^{k-1} S_{4u}^*(s)^{k-1} F_{4u,t}^*(s)^k F_{3u}^*(s) E_{2u}^*(s)^l F_{1u}^*(s)^l G_{1u}^*(s)^l F_{4u,e}^*(s)\} \\ 1 / \left( \sum_{k=2}^{M_4} q_{4u} p_{4u}^{k-1} \right) = \frac{1}{\sum_{k=2}^{M_4} q_{4u} p_{4u}^{k-1}} E_{2u}^*(s)^l F_{1u}^*(s)^l G_{1u}^*(s)^l F_{4u,e}^*(s) B_{4u}^*(s) \tag{12}$$

(12)

$F_{4u,t}^*(s)$ 는 송신측 SCTP에서 사용자가 정의한 오류 데이터 재전송 소비된 시간의 Laplace 변환이며 나머지 수식은 의미가 같다.

### 3. 성능평가 및 분석

#### 3.1 시뮬레이션 가정

멀티미디어 데이터 생성은 기존의 연구들을 그대로 사용한다[11-12]. 기본 압축비를 1/40로 하여 하나의 프레임에는 비디오 프레임 데이터 204.8K(1024\*1024\*8/40)비트와 오디오 프레임 데이터 1.2K(15KHZ 스테레오, 1.4M/(40\*30))비트, 그리고 텍스트 프레임 데이터 160(10글자\*10글자, 80\*80/40)비트가 발생되도록 한다.

최대 재전송 횟수  $M_4=2$ , 멀티미디어 데이터의 지연 민감성에 의거하여 가정한다. 버퍼 개수는  $K$ 보다 충분히 크다고 가정하였다. 라우터간의 거리는 일정하다고 가정하며, 2개의 라우터가 있다고 가정하였다. 기본 오류 회복 기법으로 선택적 재전송 방법(SREC)을 사용하며, 본 가정에서 가정하지 않은 내용의 프로토콜 처리 시간은 모두 일정하다고 가정한다.

#### 3.2 성능 비교

위와 같은 가정 하에서 수행된 시뮬레이션의 결과는 다음과 같다.

<그림 4>부터 <그림 6>까지는 재전송을 포함해서 전송에 성공한 프레임들의 전송 지연을 나타낸다.

<그림 4>에서 그림 6은 수평축은 송신측 노드에서의 트랜스포트 계층인 SCTP의 트래픽 밀도  $\rho = \lambda_{4t}/\mu_4$ 를 나타낸다.

<그림 4>에서 <그림 6>은 패킷 오류율  $P_{packet}=10^{-3}$ ,  $P_{packet}=10^{-4}$ 과  $P_{packet}=10^{-5}$ 일 때의 SREC과 ECMC기법의 평균 프레임 전송 지연을 비교하여 나타낸 것이다. 세로축의 단위는 단위시간  $10^3$ 이다. 시뮬레이션 가정에서  $M_4=2$ 로 하였다. 즉 한 프레임의 전송에 있어서 두 번째까지의 전송에 성공한 프레임에 대해서 전송지연을 얻도록 처리하였다.

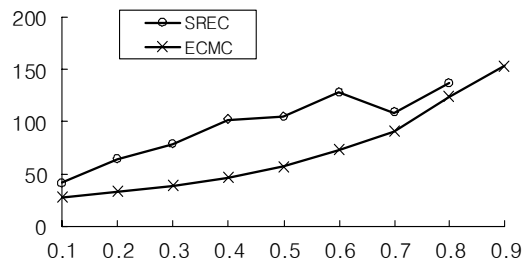


그림 4. PER=10<sup>-3</sup>일때 전송지연  
Figure 4. transfer delay in PER=10<sup>-3</sup>

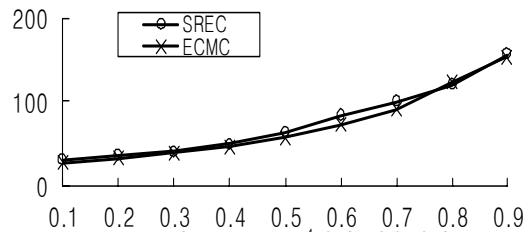


그림 5. PER=10<sup>-4</sup>일때 전송지연  
Figure 5. transfer delay in PER=10<sup>-4</sup>

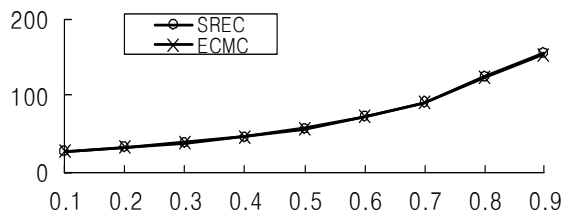


그림 6. PER=10<sup>-5</sup>일때 전송지연  
Figure 6. transfer delay in PER=10<sup>-5</sup>

패킷 오류율이  $10^{-3}$ 일 때, 모든 트래픽 밀도에 대해서 제안된 기법이 선택적 재전송 기법보다 적은 전송 지연을 나타낸다. 패킷 오류율이  $10^{-4}$ 일 때(그림5 참조)는 패킷 오류율이  $10^{-3}$ 일 때 보다는 작지만, 평균 프레임 전송 지연의 차이가 있음을 보여준다. 그림6은 패킷 오류율  $10^{-5}$ 에 대한 전송 지연의 비교이다. 그림6에서 보는 바와 같이 프레임 전송 지연의 차이가 거의 없다. 그러므로 오류율이 낮은 경우에는 전송지연에 영향을 주는 요소는 큐잉기법과 오류 회복기법보다는 트래픽 밀도가 더 커다란 영향이 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 논문[1]에서 제안하였던 멀티미디어 특성 정보에 기초한 효율적 오류 제어 기법인 ECMC(Error Control based on Multimedia Characteristic)에 대한 연속연구로서 제안한 기법을 수학과 시뮬레이션을 이용하여 성능을 평가하였다. ECMC기법은 오류율이 높은 일정 영역에서는 기존의 오류 회복 기법인 SREC에 비해서 모든 트래픽 밀도에 대해서 전송 지연(Transfer Delay)에 있어서 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 오류율이 중간 정도의 일정 영역에서는 차이가 작기는 하지만 모든 트래픽 밀도에 대해서 전송 지연에 있어서 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 오류율이 아주 낮은 나머지 영역에서도 최소한 같은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 따라서 연구[1]에서 제안한 ECMC기법은 사용자의 요구사항을 만족하면서도 통신 자원의 효율적인 사용이 가능한 기법으로 사용될 수 있다.

앞으로의 과제는 제안된 기법을 무선 통신에 적용시켜 성능을 비교하는 연구가 수행될 것이다.

#### References

- [1] W. K. Choi, *The effective combined error control method for SCTP based on multimedia characteristics information*, IEIE Vol. 51, pp. 204-209, 2017.
- [2] Forouzan, Mosharraf, *Computer network a top-down approach*, McGrawHill, pp. 722-736
- [3] W. K. Choi, *Resource adaptive QoS management for Q-MOTP in MPLS network*, IEIE, Vol. 51, pp. 204-209, 2014.
- [4] W. K. Choi, *Effective multimedia object data transport protocol in MPLS network using Q-CBQ method*, KICS, Vol. 37, pp. 180-184, 2012.
- [5] W. K. Choi, *Performance evaluation of Q-MOTP for multimedia object data transfer in MPLS network*, KICS, Vol. 37, No. 1, pp. 175-179.
- [6] W. K. Choi, *Effective QoS supporting scheme for multimedia streams in MPLS router*, KICS, Vol. 34, No. 8, pp. 260-266, 2009.
- [7] W. K. Choi, and S. S. Ahn, *Performance analysis of multimedia-oriented error control mechanism Over ATM Network*, KISS.(A) Vol. 26 No. 7, pp. 827-838, 1999.
- [8] W. K. Choi, and S. S. Ahn, *An adaptive QoS management based on resource information for multimedia streams over ATM*, KISS.(A) Vol. 25, No. 6. pp. 593-605, 1998.
- [9] G. Armitage, *MPLS: the magic behind the myths*, *IEEE Commu. Magazine*, pp. 124-131, Jan. 2000.
- [10] G. M. Lee, and J. K. Choi, *Flow-based admission control for multiple service classes in ATM-based MPLS network*, Proc ICATM'01, pp. 37-41, 2001.

- [11] C. Lin, and E. C .Lim, *Dynamic queue length thresholds for scheduling real-time in ATM traffic*, Proc ICC'99 pp. 869-874, 1999.
- [12] H. W. Lee, and J. W. Mark, *ATM Network traffic characterization using two types of on-off sources*, INFOCOM'93, Mar. 28-29, pp. 152-159, 1993.
- [13] A. Mauthe, W. Shulz, and R. Steinmetz, *Inside the Heidelberg multimedia operating system support: Real-Time Processing of continue Media in OS/2 Technical Report*, IBM research center Heidelberg, Germany 1992.
- [14] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, and D. Zappala *RSVP: A new resource ReSerVation protocol*, IEEE Network, Sep. 1993.
- [15] D. Clark, S. Shenker, and L. Zhang, *Supporting real-time applications in an integrated services packets network: Architecture and mechanism* Proc. ACM SIGCOMM 92(Baltimore, MD), pp. 14-26, Aug. 1992.

를 수행하였다. ECMC기법이 모든 트래픽 밀도에 대해서 SREC보다 전송 지연에 있어서 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다. ECMC 기법은 사용자의 요구사항을 만족시키면서도 통신 자원의 효율적인 사용을 통해 SCTP에게 효과적인 QoS를 지원하는 효과적인 기법임을 증명하였다.

---

## SCTP에서 ECMC 기법의 전송 지연에 관한 연구

최원근<sup>1</sup>, 조선문<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인하공업전문대학 정보통신과

<sup>2</sup>배재대학교 교양학부(IT)

---

### 요 약

QoS매개 변수들 중에서 중요한 매개 변수 중의 하나가 전송 신뢰성이다. 하지만 SCTP를 포함한 멀티미디어 통신 프로토콜들의 오류 제어 기법들은 멀티미디어 데이터의 통합된 관점을 고려하지 않았다. 논문 [1]에서는 ECMC라 불리는 SCTP상에서 멀티미디어 데이터의 통합된 오류회복 기법을 설계하고 제안하였다. 본 논문에서는 논문[1]에서 제안한 기법의 성능 평가를 위해서 수학적 분석과 시뮬레이션을 통해서 연구



**Won-Keun Choi** received the bachelor's degree in the Department of Electronic Engineering from the Ajou University in 1982. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Electronic Engineering from Korea University in 1986 and 1999, respectively. From 1986 to 1991, he was a researcher at LG Information & Communication Network Lab. He is a professor in the Department of Information & Communication Engineering at Inha Technical College from 1991 to Now. His current research interests include High Speed Network, QoS, Protocols. He is a life member of the KICS, IEEK, KITS.

E-mail address: wkchoi@inhct.ac.kr



**Sun-Moon Jo** received the M.S., and Ph.D. degrees in the Department of Computer Information Engineering from Inha University in 2002 and 2007, respectively. He is currently a professor in the Department of Computer Information Technology Education, Paichai University. His research interests include XML, Security, Knowledge System, Healthcare, Multimedia, Deep learning, and Recommendation. He is an editorial board member of several International Journals. Also, He is a life member of the KKITS.

E-mail address: sunmoon@pcu.ac.kr