



## **Performance Evaluation of the Error Recovery based Object Relation in SCTP**

**Won-Keun Choi\***

*Department of Information & Communication, Inha Technical College*

---

### **A B S T R A C T**

The main issue of designing multimedia services is the support and integration of a wide variety of applications. QoS(Quality of Service) provides a unifying theme on which the facilities and functions of the system standards can be constructed. In distributed system, QoS guarantees are fundamentally concerned with the end-to-end communication between applications. The reliability of the transmission is one of the important QoS parameters. Including SCTP(Stream Control Transport Protocol), conventional error detection and recovery methods, however, do not consider the integrated viewpoint of multimedia object data. In the first reference paper, we have designed and proposed the multimedia-oriented error control method based on multimedia object information called EROR(Error Recovery based Object Relation). In this paper, we have investigated its performance evaluation by transmission delay. The results show that the EROR method manifests superior performance as the error occurs more frequently. When the frame transmission succeeds, it can be found that the EROR method reveals shorter average frame delay than SRER(Selective Repeat Error Recovery). On the other hand, the performance evaluation on the both methods show closer results as the error rate decreases. In the case of the extremely low error rate, furthermore, the both methods show the almost same performance results. Therefore, it makes SCTP have the high performance and flexibility. It should have the reducing effect of the network resources as well as satisfy the user's requirements.

© 2018 KKITS All rights reserved

---

**KEYWORDS :** Multimedia object, Error control, Transfer delay, EROR, SCTP

---

**ARTICLE INFO:** Received 18 January 2018, Revised 9 February 2018, Accepted 9 February 2018.

---

---

\*Corresponding author is with the Department of Information & Communication, Inha Technical College,

---

100 Inha-ro Nam-gu Incheon, 22212, KOREA.  
*E-mail address:* wkchoi@inhate.ac.kr

## 1. 서론

멀티미디어 스트림 전송을 위한 새로운 전송 계층 프로토콜인 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)[1-4]의 특징을 간단히 살펴보면, UDP와 TCP와 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[3,5,10,12]. 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 프로그램에서는 사용될 수 없는 기법이다[6-9].

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) 본 논문은 이전 논문의 성능을 평가하기 위한 논문이다. 2장에서는 제안된 방식의 큐잉을 이용한 수학적 분석을 수행하며, 3장에서는 시뮬레이션을 통한 성능평가를 수행하고 마지막으로 4장에서는 본 연구에 대한 결론 및 향후과제를 논할 것이다.

## 2. 오류 확률에 대한 수학적 해석

### 2.1 멀티미디어 데이터

멀티미디어 데이터는 두개 이상의 연관된 미디어들의 집합이며 서로간의 종속적 관계가 있는 다중의 데이터 합으로 생각할 수 있다. 그러므로 멀티미디어 스트림은 서로간의 관계가 있는 다중 데이터로 특성 되어 진다[11-15].

〈그림1〉은 계층적 모델에 근거한 3개의 ON-OFF 원천들의 멀티미디어 데이터 생성 모델을 보여준다.

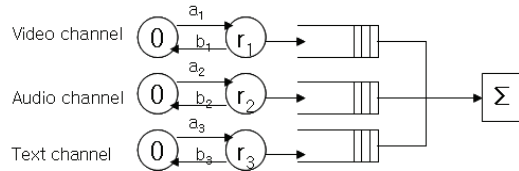


그림 1. 멀티미디어 데이터 생성 ON-OFF 모델  
Figure 1. ON-OFF model of multimedia data generator

문헌[12-14]에서,  $A_k(s)$ 를 k번째 미디어의 데이터 발생 간격 시간의 Laplace변환이라고 하면 ( $k=1,2,3$ ),

$$A_k(s) = \frac{r_k(b_k + s)}{S^2 + (r_k + b_k + a_k)s + b_k r_k} \quad (1)$$

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

데이터 interarrival 시간들의 평균  $E_k(X)$ 와 계수변수의 자승 값  $Ck^2$ 은 다음과 같다[12-14].  $k$ 값이 1인 경우는 비디오 데이터를 나타내고, 2인 경우는

오디오, 그리고 3은 텍스트 데이터를 의미한다.

$$E_k(X) = \frac{a_k + b_k}{r_k b_k} \quad (2)$$

$$c_k^2 = 1 + \frac{2r_k a_k}{(a_k + b_k)^2} \quad (3)$$

## 2.2 오류 확률과 재전송

패킷에 하나 또는 그 이상의 비트 오류가 발생할 확률  $P_{pac}$ 은 다음과 같이 계산 될 수 있다

$$P_{pac} = 1 - (1 - p_{bit})^{dat+hed} \quad (4)$$

$P_{bit}$ : 전송채널의 오류율,  $dat$ :데이터 크기,  $hed$ : 헤더 크기,  $(1-P_{bit})$ :임의의 비트가 오류가 없을 확률,  $(1-P_{bit})^{dat+hed}$ :패킷의 모든 비트에 오류 없을 확률

각 미디어 채널이 하나의 프레임 객체 데이터를 1번 전송하고, 이에 대해 응답을 받을 때의 평균 오류  $P_{obj}$ 는 다음과 같다.

$$P_{data} = n_{fre} \times (1 - (1 - p_{bit})^{l_{da} + l_{dh}}) \quad (5)$$

단,  $P_{data}$ :  $n_{fre}$ 개의 패킷에 하나 또는 그 이상의 비트 오류가 발생할 확률,  $n_{fre}$ =프레임 객체 데이터 크기 / 데이터 패킷 크기( $S_{fre}/S_{dt}$ ),  $l_{da}$ =패킷 데이터 크기,  $l_{dh}$ =패킷 헤더크기

$$P_{ack} = 1 - (1 - p_{bit})^{l_{da} + l_{ha}} \quad (6)$$

$P_{ack}$ :응답 패킷에 하나 또는 그 이상의 비트 오류가 발생할 확률,  $l_{da}$ =응답 패킷의 데이터 크기,  $l_{ha}$ =응답 패킷의 헤더 크기

그러므로 프레임 한 객체의 오류 확률  $P_{obj}$ 는 다음과 같다.

$$P_{obj} = P_{data} + P_{ack} - P_{data} \times P_{ack} \quad (7)$$

또한 k번의 전송이 완료된 후, 발생한 객체의 오류는 최대 허용 오류율 이하이어야 하므로 다음 식을 만족하여야 한다.

$$\begin{aligned} P_{obj}^k &< P_{che} \\ K &> \log_{P_{obj}}(P_{che}) \end{aligned} \quad (8)$$

$P_{che}$ :허용된 최대 채널 오류

## 2.3 수학적 분석

각각의 미디어 채널은 각각 서로 다른 오류확률을 갖으며, 같은 미디어에서도 객체 크기는 객체마다 다르므로, 한 객체 오류확률 또한 서로 다르다. 객체의 개수가 X개로 이루어진 프레임을 가정해보자. 이 프레임을 전송할 때, 프레임 오류 확률을 계산해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{fre} &= \sum_{l=1}^X P_l - \sum_{l < m} P_l P_m + \dots + (-1)^{X+1} P_1 P_2 P_3 \dots P_x \\ &= 1 - \prod_{l=1}^X (1 - P_l) \end{aligned} \quad (9)$$

(X: 프레임의 총 객체 수,  $l, m, \dots, x$  :객체번호)

전체 객체의 개수가 X개인 한 프레임에서 사용자 미디어 오류로 지정한 객체의 개수를 Y( $Y < X$ ) 개라고 하자. Y개의 객체에서 오류가 발생할 프레

임 오류 확률 즉, 새로 제안한 기법을 적용할 때 프레임 오류확률 P<sub>EROR</sub>는 다음과 같다. (i,j,k...은 사용자가 미디어 오류로 지정한 객체 번호이다)

$$P_{OIEC} = (P_i + P_j + P_k + \dots) - (P_i P_j + P_j P_k + P_k P_l + \dots) + (P_i P_j P_k + \dots) - \dots + (-1)^{Y+1} (P_i P_j P_k \dots) = 1 - (1 - P_i)(1 - P_j)(1 - P_k) \dots \quad (10)$$

하나의 프레임 데이터 크기 (S<sub>fre</sub>)는 모든 객체들의 데이터(bits) 크기의 합으로 만들어진다.

$$S_{fre} = \sum_{i=1}^X S_i \quad (11)$$

$$N_{fre} = \frac{S_{fre}}{S_{pac}} = \frac{\sum_{i=1}^X S_i}{S_{pac}} = \sum_{i=1}^X N_i \quad (12)$$

N<sub>fre</sub>: 한 프레임에서 셀들의 총 개수

N<sub>i</sub>: 주어진 프레임의 한 객체의 셀들의 총 개수

헤더를 포함한 패킷의 오류 확률을 P<sub>pac</sub>이라고 하면, 프레임 오류 확률 P<sub>fre</sub> 및 객체 오류 확률 P<sub>i</sub>는 다음과 같다.

$$P_{fre} = 1 - (1 - P_{pac})^{N_{fre}}, P_i = 1 - (1 - P_{pac})^{N_i} \quad (13)$$

식13으로부터, 각 객체 오류 확률과 프레임 오류 확률과의 관계를 구하면 다음과 같다.

$$P_i = 1 - (1 - P_{fre})^{n_i/n_{fre}} \quad (14)$$

식14의 방정식을 이용하면, 사용자가 정의한 어떠한 오류의 조합도 확률적으로 계산이 가능하다. 계산된 프레임 오류 확률 P<sub>EROR</sub>는 p<sub>fre</sub>를 대체하고 q<sub>fre</sub>=1-P<sub>EROR</sub>로 바뀐다.

## 2.4 평가 모델과 지연분포

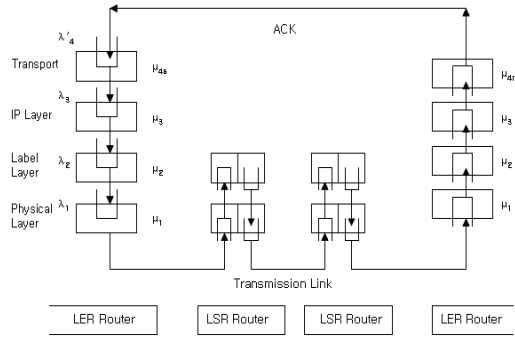


그림 2. 성능 평가 모델  
Figure 2. Performance Evaluation Model

<그림 2>에서 λ<sub>4</sub> SCTP에 도착하는 데이터 도착율, λ<sub>3</sub>는 IP계층의 도착율, λ<sub>2</sub>는 label계층 도착율, 그리고 λ<sub>1</sub>은 물리계층의 입력 도착율을 표시한다. 원천지 노드의 상위 계층은 SCTP로 새로운 데이터들을 생성해서 전달한다. 도착하는 데이터들은 미디어 데이터의 합(λ<sub>4</sub>)과 오류 회복을 위한 재전송 데이터의 총계적 특성(λ'<sub>4</sub>)을 갖는다.

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

1) 첫 전송: 중단 전송 지연 분포 Laplace 변환

$$A_{4,t}^*(s) = F_{4,ti}^*(s) F_3^*(s) \{F_2^*(s) F_1^*(s) G_1^*(s)\}^l F_{4,e}^*(s) \quad (15)$$

첫 전송일 때 프레임 전송 성공확률 q'<sub>fre</sub> = 1 - p'<sub>fre</sub> 이 된다.

2) 두 번째 이후: 중단 전송 지연 분포 Laplace 변환

$$A_{4,i}^*(s) = \sum_{k=2}^M \left[ q_{4,t} p_{4,t}^{k-1} \{F_{4,t}^*(s) G_{4,t}^*(s)\}^{k-1} F_{4,t}^*(s) F_{2,t}^*(s) \{F_{1,t}^*(s) G_{1,t}^*(s) F_{2,t}^*(s)\}^l F_{4,e}^*(s) \right] \frac{1}{\sum_{k=2}^M q_{4,t} p_{4,t}^{k-1}} = \sum_{k=2}^M \left( q_{4,t} p_{4,t}^{k-1} G_{4,t}^*(s)^{k-1} F_{4,t}^*(s)^k F_{2,t}^*(s) F_{1,t}^*(s)^l G_{1,t}^*(s)^l F_{4,e}^*(s) \right) \frac{1}{\sum_{k=2}^M q_{4,t} p_{4,t}^{k-1}} = \frac{1}{\sum_{k=2}^M q_{4,t} p_{4,t}^{k-1}} F_{2,t}^*(s) F_{1,t}^*(s)^l G_{1,t}^*(s)^l F_{4,e}^*(s) B_{4,t}^*(s) \quad (16)$$

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

$F^*_{4u,t}(s)$ 는 송신측 SCTP에서 사용자가 정의한 오류 채널 데이터 전송 소비된 시간의 Laplace 변환, 2)  $S^*_4(s)$ 는 종단 간 타임 아웃 시간 Laplace 변환, 3)  $F^*_{3u}(s)$ 는 IP 계층, 4)  $F^*_{2u}(s)$ 는 Label 계층, 5)  $F^*_{1u}(s)$ 는 물리 계층, 6)  $G^*_{1u}(s)$ 는 라우터에서의 전송 지연 시간 Laplace 변환이다. 7)  $F^*_{4u,e}(s)$ 는 수신측 SCTP 오류 처리 위해서 소비되는 시간의 Laplace 변환이다.

### 3. 성능평가 및 분석

#### 3.1 시뮬레이션 가정

성능평가는 다음과 같은 가정 하에서 수행되었다. 한 프레임의 미디어 객체들의 개수는 임의적(random)하게 발생하고 가정한다. 객체들의 크기 또한 임의적이다. 본 연구에서는 각 미디어에서 발생할 수 있는 객체들의 개수를 최소 개수와 최대 개수의 한계를 정하고, 그 범위 이내에서 균일 분포(uniform distribution)로 발생하도록 하였다.

텍스트 데이터의 경우는 불연속 미디어 데이터이므로 한 프레임에 데이터가 나타날 수도 있고 존재하지 않을 수도 있다. 그러므로 프레임에서 나타나는 최소 개수 0, 최대 개수 1이 된다.

오디오의 경우, 객체를 분리하는 방법에 따라서 객체의 개수는 달라진다. 본 연구에서는 오디오 객체를 크게 음성과 배경음악으로 분리하여 가정하였다. 오디오는 연속 미디어이므로 한 프레임에 최소 1개의 객체는 존재한다. 그러므로 본 연구에서와 같이 오디오 미디어의 객체를 분리할 경우, 최소 1개에서 최대 3개까지의 객체가 존재한다.

비디오 미디어의 경우는 또한 한 화면을 어떻게 분리하느냐에 따라서 객체의 개수는 달라질 수 있다. 즉, 한 화면을 작은 크기의 객체들로 나누게 되면 많은 객체들이 만들어지고, 상대적으로 큰 객체들로 나누면 작은 객체의 개수가 만들어진다. 그러나 비디오는 연속 미디어이므로 한 프레임에 최소한 한 개 이상의 객체가 존재한다.

객체들의 크기(size) 또한 임의적이다. 그러므로 한 프레임에서 발생하는 프레임 데이터 크기는 발생한 객체들의 개수와 크기에 따라서 입력 데이터의 크기는 달라진다.

EROR 기법의 평가를 위해서, 사용자가 지정한 핵심 객체의 개수는 한 프레임에서 발생하는 평균 객체들의 개수에 10%, 30%, 50%라고 가정한다. 핵심 객체의 수가 1개 미만인 경우는 핵심 객체의 개수를 1개라고 가정하고, 사용자가 지정한 핵심객체는 오류 없이 전송되어야한다고 가정한다. 허용된 재전송 이후에도 핵심객체에 오류가 있는 프레임은 프레임 오류로 처리한다.

#### 3.2 성능 비교

본 연구에서 수행된 시뮬레이션의 결과는 다음과 같다. <그림3>부터 <그림5>까지는 재전송을 포함해서 전송에 성공한 프레임들의 전송 지연을 나타낸다.

<그림3>에서 <그림5>는 수평축은 송신측 노드에서의 트랜스포트 계층인 SCTP의 트래픽 밀도  $\rho = \lambda_{4t}/\mu_4$ 를 나타낸다. 수직축은 상대적인 지연을 나타낸다.

<그림3>에서 <그림5>는 패킷 오류율  $P_{pac}=10^{-3}$ ,  $P_{pac}=10^{-4}$ 과  $P_{pac}=10^{-5}$ 일 때의 SER과 EROR기법의 평균 프레임 전송 지연을 비교하여 나타낸 것이다.

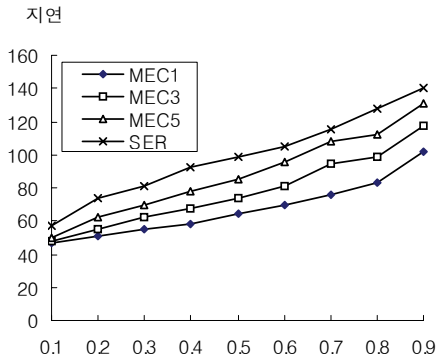


그림 3. PER=10<sup>-3</sup>일때 전송지연  
Figure 3. transfer delay in PER=10<sup>-3</sup>

<그림3>은 비교적 오류가 많이 발생하는 경우로 오류가 발생된 객체들의 재전송을 위한 시간이 많이 소요되므로 평균 전송시간이 커지는 것을 볼 수 있고, 트래픽 밀도가 클수록 프레임 전송지연이 커지는 것을 볼 수 있다. 핵심 객체의 비율이 높아질수록 평균 프레임 전송지연이 커지는 것을 볼 수 있다.

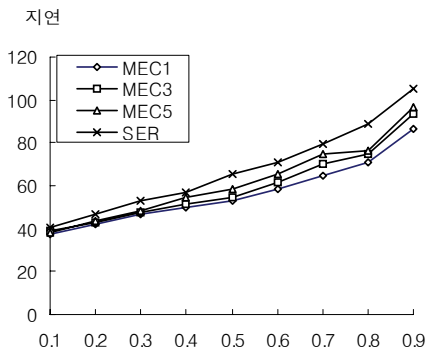


그림 4. PER=10<sup>-4</sup>일때 전송지연  
Figure 4. transfer delay in PER=10<sup>-4</sup>

<그림4>는 패킷 오류율 10<sup>-4</sup>에 대한 두 기법의 전송지연의 비교이다. 두 가지 오류 회복 기법의 평균 프레임 전송지연이 비트오류율이 10<sup>-3</sup>인 경우보다 상대적으로 두기법의 전송지연의 차이가 작

아지는 것을 확인할 수 있었다.

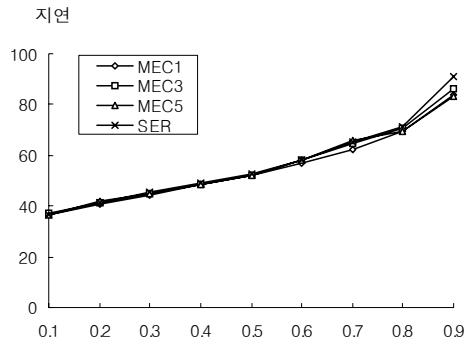


그림 5. PER=10<sup>-5</sup>일때 전송지연  
Figure 5. transfer delay in PER=10<sup>-5</sup>

<그림5>는 패킷 오류율이 10<sup>-5</sup>일 때의 전송에 성공한 프레임의 평균 전송지연을 비교한 것이다. 오류율이 상대적으로 매우 작아서 두 기법의 차이는 볼 수 없었다.

#### 4. 결 론

본 연구는 논문[1]에서 제안하였던 멀티미디어 객체 정보를 이용하여 제안하였던 효율적 오류 제어 기법인 EROR에 대한 계속 연구로서 새로운 기법을 수학과 시뮬레이션을 이용하여 성능을 평가하였다. EROR기법은 오류율이 높은 일정 부분에서는 기존의 오류 회복 기법인 선택적 재전송 기법에 비해서 모든 트래픽 밀도에 대해서 전송 지연(Transfer Delay)에 있어서 우수한 성능을 나타낼 수 있다. 또한 오류율이 중간 정도의 일정 부분에서는 차이가 작기는 하지만 모든 트래픽 밀도에 대해서 전송 지연에 있어서 우수한 성능을 나타낼 수 있었다. 오류율이 아주 낮은 나머지 영역에서도 최소한 같은 성능을 나타낼 수 있었다. 따라서 연구[1]에서 제안한 EROR 기법은 사용자 요구사항을 만족하면서 통신 자원의 효

울적 사용이 가능한 기법이다.

앞으로 과제는 새로운 기법을 무선 통신에 적용시켜 다른 기법과의 성능을 비교하는 연구가 수행될 것이다.

### References

[1] W. K. Choi, *New error control mechanism using multimedia object information in SCTP*, KICS, Vol. 42, pp. 1-6, 2017.

[2] W. K. Choi, *The research of blocking probability for combined error control mechanism in SCTP*, IEIE, Vol.54, pp.135-141, 2017.

[3] W. K. Choi, *The effective combined error control method for SCTP based on multimedia characteristics information*, IEIE Vol. 51, pp. 204-209, 2017.

[4] F. Mosharraf, *Computer network a top-down approach*, McGrawHill, pp. 722-736.

[5] W. K. Choi, *Resource adaptive QoS management for Q-MOTP in MPLS network*, IEIE, Vol. 51, pp. 204-209, 2014.

[6] W. K. Choi, *Effective multimedia object data transport protocol in MPLS network using Q-CBQ method*, KICS, Vol. 37, pp. 180-184, 2012.

[7] W. K. Choi, *Performance evaluation of Q-MOTP for multimedia object data transfer in MPLS network*, KICS, Vol. 37 No. 1 pp. 175-179.

[8] W. K. Choi, *Effective QoS supporting scheme for multimedia streams in MPLS router*, KICS, Vol. 34 No. 8, pp. 260-266, 2009.

[9] 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.

[10] 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.25, pp. 593-605, 1998.

[11] G. Armitage, *MPLS: the magic behind the myths*, *IEEE Commu. Magazine*, pp. 124-131, Jan. 2000.

[12] 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.

[13] C. Lin, and E. C .Lim, *Dynamic queue length thresholds for scheduling real-time in ATM traffic*, Proc ICC'99 pp. 869-874, 1999.

[14] H. W. Lee, and J. W. Mark, *ATM Network traffic characterization using two types of on-off sources*, INFOCOM'93, March 28-29, pp. 152-159, 1993.

[15] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, and D. Zappala *RSVP: A new resource reservation protocol*, IEEE Network, Sep. 1993.

---

## SCTP상에서 객체 관계에 기초한 오류 회복 방법의 성능평가

최원근

인하공업전문대학 정보통신과

---

### 요 약

분산 멀티미디어 시스템을 설계하는데 중요한 쟁점은 응용들의 다양성을 지원하고 통합하는 것이다. 중

---

요한 QoS 매개 변수 중의 하나가 전송 신뢰성이다. 하지만 SCTP를 포함한 기존의 멀티미디어 통신 프로토콜들의 오류 회복 방법들은 멀티미디어 데이터의 특성을 고려하지 않았다. 논문[1]에서는 EROR이라 불리는 멀티미디어 객체 데이터의 특성을 이용한 오류 회복 기법을 설계하고 제안하였다. 본 논문에서는 논문[1]에서 제안한 기법의 성능 평가를 위해서 수학적 분석과 시뮬레이션을 통해서 두 기법에 대한 성능 연구를 수행하였다. EROR기법이 모든 트래픽 밀도에 대해서 SER보다 전송 지연에 있어서 우수한 성능을 나타낼 수 있었다. EROR 기법은 사용자의 요구사항을 만족시키면서도, 네트워크 자원의 효율적 사용을 통해 SCTP에게 효과적인 QoS를 지원하는 효과적인 방법임이 증명되었다.

---



**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@inhcte.ac.kr