

무선 애드혹 링크 품질을 위한 STM 기반의 미디어 스트리밍

STM-based Media Streaming for Wireless Ad Hoc Link Quality

이종득*

Chong-Deuk Lee*

요 약

본 논문에서는 무선 애드 혹 링크 품질을 보장하기 위하여 새로운 STM기반의 미디어 스트리밍 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 스트리밍 모니터링, 스트리밍 보장, 그리고 스트리밍 갱신과정을 거쳐 링크 품질이 보장 되도록 하였으며, 스트리밍 t_{new} 에 의해 미디어 프레임들이 모니터링되도록 하였다. 그리고 프레임의 크기에 따른 미디어 스트리밍 갱신 알고리즘을 이용하여 링크 오류율과 재전송률을 최소화하도록 하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 STCP기법, 그리고 RMST기법에 비해서 성능이 우수함을 보인다.

Abstract

This paper proposed a new STM-based media streaming scheme to assure the wireless ad hoc link quality. The proposed scheme can assure the link quality by the stream monitoring, assurance, and update procedure, and it can be monitored the media frame by streaming time t_{new} . This paper minimizes the link error rate and re-transmission rate using the media streaming update based on the frame size. The simulation results show that the proposed scheme outperforms STCP and RMST.

Key words : Link quality, Streaming monitoring, Media frame, Retransmission.

I. 서 론

최근에 스마트 폰 등과 같이 지능적인 모바일 디바이스 사용 증가로 인하여 사용자는 언제 어디서나 무선 멀티미디어 서비스가 가능해지고 있다. 이들 스마트 무선 디바이스는 멀티미디어 콘텐츠 스트리밍 서비스를 지원하고 있으며, 또한 미디어 객체 정보를 수집 및 처리 기능을 제공하고 있다. 특히 IEEE 802.11 기반의 무선 네트워크는 통신 범위 지역 안에서 다른 사람들과 미디어 콘텐츠 스트리밍을 원할 때 자유롭게 스트리밍을 지원하고 있으며, 모바일 애드혹 피어들 간의 미디어 스트리밍은 새로운 링크 품질

관심 분야로 떠오르고 있다[1][2].

이러한 현상은 미디어 콘텐츠를 제공하는 공급자에게는 매우 중요한 기능이 되고 있으며, 사용자들은 언제 어디서나 원하는 미디어 정보를 접근하고 서비스할 수 있는 기회가 점차로 확대되고 있다. 그러나 중요한 문제는 사용자가 요구한 미디어 객체를 손실 없이 완전한 객체 타입으로 전송해 주는 것이다. 일반적으로 미디어 객체는 텍스트 객체와 달리 크기가 대용량이며, 이러한 대용량의 미디어 데이터는 대역폭 제약, 자원 제약 등으로 인하여 스트리밍 시간이 길어지고, 끊김 현상이 발생하는 문제를 가지고 있다 [3]-[5].

* 전북대학교 전자공학부(Division of Electronic Engineering, Chonbuk National University)

· 제1저자 (First Author) : 이종득(Chong-Deuk Lee, Tel : +82-63-2700-4782, email : cdlee1008@jbnu.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 4월 10일 · 심사(수정)일자 : 2013년 4월 11일 (수정일자 : 2013년 4월 25일) · 게재일자 : 2013년 6월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.3.285>

결국 미디어 객체 크기는 시스템에서 제공되는 여러 제약으로 인해 재전송의 문제를 야기하며, 이러한 문제는 지연, 혼잡, 간섭 등의 오버헤드로 인하여 링크 품질을 떨어뜨리고, QoS 문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 전송율을 적응적으로 모니터링하여 품질을 보장할 수 있도록 STM(Streaming Time Monitoring)기반의 스트리밍 미디어 서비스 기법을 제안한다. 제안된 기법은 최소 버퍼 크기를 고려하여 미디어들을 순차적으로 접근하고 모니터링하며, 높은 미디어 스트리밍 품질을 보장하기 위하여 스트림 되는 레이어의 수와 전송율을 적응적으로 모니터링함으로써 무선 링크가 끊어지기 전에 보다 많은 미디어 프레임이 전송되도록 한다.

본 논문에서 우리는 전송율 모니터링 함수를 이용하여 트래픽을 제어하며, 제어된 트래픽은 미디어 스트리밍을 보장하고 링크 품질을 보장하게 된다. 무엇보다 STM은 전송되는 미디어 프레임들의 수를 동적으로 조절하는 기능을 제공하며, 연속적인 전송 오류가 발생할 때 전송율과 수신율을 단계적으로 조절하는 기능을 수행한다. 이처럼 제안된 기법은 링크가 끊어진 후 피어들이 링크를 재 연결했을 때 재전송으로 인한 지연과 혼잡을 줄이는 장점을 제공하며, 또한 끊김 현상으로 인한 링크 품질 저하를 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안된 기법인 ARM 기반의 미디어 스트리밍 기법에 대해서 살펴본다. 4장에서는 제안된 기법에 대한 시뮬레이션 결과에 대해서 살펴보고, 끝으로 결론에 대해서 살펴본다.

II. 관련연구

멀티홉 라우팅에서 트래픽으로 인한 혼잡과 지연이 발생하면 링크 품질은 떨어지고, 끊김 현상이 자주 발생하게 된다[3][4]. 무엇보다 무선 센서 네트워크에서 링크 품질을 보장하기 위해서는 트래픽으로 인한 혼잡을 적절하게 제어해야 하지만 혼잡을 제어하기란 쉬운 일이 아니다.

무선 센서 네트워크에서 이러한 요구사항을 만족하기 위해서는 센서 노드들과 라우팅 프로토콜, 그리

고 싱크 노드들 간의 적응적인 전송율 모니터링이 수행되어야 하며, 링크 품질의 최적화를 위해서는 전송율, 지연, 혼잡 등의 QoS 요구사항을 분석해야 한다. 그러나 다중 라우팅 경로 상에서 이러한 요구사항을 분석하여 링크 품질을 최적화 하기란 쉽지 않다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 [6]은 STCP 기법을 제안하여 혼잡을 제어하고 링크 품질을 보장하도록 하였다. 그리고 [7]은 신뢰성 있는 데이터 전송과 링크 품질을 보장하기 위하여 트래픽 회피 기법을 제안하였으며, 이 기법은 세션(sessions)개념을 이용하여 링크 품질을 보장하도록 하였다. 그러나 이들 기법은 홉의 수가 많은 무선 네트워크에서는 홉의 수에 따른 지연이 높게 나타나고 지연에 따른 혼잡으로 인하여 링크 품질이 떨어지는 문제가 발생하고 있다.

III. STM기반의 미디어 스트리밍

3-1 스트리밍 모니터링

스트리밍 모니터링을 위해 주어진 링크에서 두 무선 애드혹 노드를 각각 m 과 n 이라 하자. m 과 n 은 서로 독립적으로 이동이 가능하다고 가정한다. 이들 m 과 n 사이의 거리는 d_0 라 하고, 스트리밍 모니터링을 위해 스트리밍 시간 t , 거리 d_0 , 그리고 노드들의 크기 등과 같은 파라미터를 고려한다.

이제 i 번째 존안에서 서로 통신을 수행하는 두 개의 노드 n 과 m 을 고려하며, 이때 이들 두 노드들이 링크가 끊기기 전에 스트리밍을 수행하는 전체 시간을 t_i 라 하자. 그리고 전체 시간 t_i 가 결정될 때 전체 스트리밍 수행 시간은 $t = \sum_{i=1}^M t_i$ 라 가정한다. 따라서 실제 대역폭 분포를 고려할 때 m 과 n 사이의 스트리밍되는 최대 미디어 데이터는 $S_{max} =$

$$\sum_{i=1}^m t_i b w_i \text{이다.}$$

그리고 t 시간 동안 수신측에서 처리되는 미디어 데이터는 $\int_{s=0}^t b r(s) ds$ 이다.

따라서 $\sum_{i=1}^m t_i b w_i - \int_{s=0}^t b r(s) ds > B$ 의 조건을 만족하면, 수신측 버퍼는 오버플로우로 인한 지터 지연을 방지할 수 있다. 이 경우 버퍼될 수 있는 최대 데이터 양은 $\min(B, \sum_{i=1}^m t_i b w_i - \int_{s=0}^t b r(s) ds)$ 이며, 따라서 수신측에 스트리밍 될 수 있는 전체 미디어 데이터는 $\min(B + \int_{s=0}^t b r(s) ds, \sum_{i=1}^m t_i b w_i)$ 가 된다. 본 논문에서는 링크가 끊어지기 전에 미디어 스트리밍을 보장하기 위해 식(1)과 같은 조건을 반영한다.

$$\min(B + \int_{s=0}^t b r(s) ds, \sum_{i=1}^m t_i b w_i) \geq S \quad (1)$$

식(1)의 t 와 t_i 의 조건을 적용하였을 때 스트리밍 확률은 $L(d_0, t)$ 와 $L(d_0, \sum t_i)$ 사이보다 작음을 알 수 있다.

위의 식(1)의 첫 부분에서 보듯이 B의 스트리밍 확률은 미디어 스트림 크기 S와 비트율 br(t)에 의해 영향을 받으며, 이때 B의 스트리밍 확률을 증가시키기 위해 미디어 스트림 크기 S와 비트율 br(t)을 조절한다.

본 논문에서는 노드와 노드 사이의 스트리밍 시간 t , 거리 d_0 , 그리고 노드들의 크기를 조절하여 스트림 크기 S와 비트율 br(t)를 모니터링하였으며, 성능 최적화를 위해 서비스 존의 범위를 제한하였다. 따라서 맨처음 노드 n은 m개의 존으로부터 미디어 서비스 성능이 보장받게 된다.

3-2 스트리밍 보장

이 절에서는 미디어 객체의 스트리밍 보장을 위하여 근사 스트리밍 시간 t 에 기반한 새로운 스트리밍 보장 알고리즘을 제안한다.

먼저 우리는 $R_{mn}^{\rightarrow}(t) = R_n^{\rightarrow}(t) - R_m^{\rightarrow}(t)$ 는 n과 m 사이의 상대적 이동성 벡터라 하자. $R_{mn}^{\rightarrow}(t)$ 의 범위가 t 시간에 스트리밍 존 r 이라 할 때 노드 n이 t 시간

후 존 $1, \dots, i$ 에 존재할 확률을 다음과 같이 정의한다.

정의1 $r \leq R_i - d_0$ 일 때 $P\{d(t) \leq R_i | R_{mn}(t) = r\} = 1$ 이고, $r > R_i - d_0$ 일 때 $P\{d(t) \leq R_i | R_{mn}(t) = r\} = \frac{1}{\pi} \cos^{-1} \frac{d_0^2 + R_i^2 - r^2}{2d_0 R_i}$

이다. 여기서 노드 분포는 링크의 이용여부와 관계없이 같다고 가정한다.

따라서 노드 m과 n이 t 시간 후 서로 끊김없이 존 $1, \dots, i$ 에 있을 확률은 다음과 같이 정의한다.

정의2 $P\{d(t) \leq R_i | d(t) \leq R_M\} = \frac{P\{d(t) \leq R_i\}}{P\{d(t) \leq R_M\}}$

우리는 식을 간단히 하기 위하여 $P_i(t)$ 를 노드 n이 t 초 후 존 i 에 있을 확률이라 한다. 여기서 m과 n이 서로 연결되어 있다고 가정하고, 모든 t 값에 대하여 $P\{d(t) \leq R_i | d(t) \leq R_M\} = 0$ 일 때 스트리밍 보장을 다음과 같이 정의한다.

정의3 $P_i(t) = P\{R_{i-1} \leq d(t) \leq R_i | d(t) \leq R_M\} = P\{d(t) \leq R_i | d(t) \leq R_M\} - P\{d(t) \leq R_{i-1} | d(t) \leq R_M\}$

따라서 t 초 단위의 시간 구간이 설정될 때 m개의 노드들로 구성된 존 i 에서 노드 n이 스트리밍될 조건을 다음과 같이 정의한다.

정의4 $\min \left(B + \int_{s=0}^t b r(s) ds, \sum_{i=1}^M b w_i \times \int_{s=0}^t P_i(s) ds \right) \geq S$

이처럼 본 논문에서는 스트리밍 시간 t 를 고려함으로써 링크 이용과 스트리밍 가능성을 알 수 있으며, 이것은 현재 존안에서 어느 노드가 스트리밍을 사용하고 있는지 아닌지를 쉽게 파악할 수 있는 장점

을 가진다. 그리고 크기가 S 인 미디어 객체를 스트리밍하기 위한 시간 $t = \frac{S}{bw_M}$ 을 알고 있으면 존 안에 분포된 노드들 간의 스트리밍 시간을 알 수 있다. 이는 t 초 동안에 존 안에 분포된 노드들 간의 링크 여부를 알고 있기 때문이다. 이처럼 스트리밍 시간 t 를 알고 있을 때 대역폭에 따른 새로운 스트리밍 시간 t_{new} 또한 쉽게 측정할 수 있다. 만일 t_{new} 가 임계값 구간 내에 있으면 스트리밍은 반복되며, t_{new} 에 따른 스트리밍 보장은 다음과 같이 수행된다.

t_{new} 에 따른 스트리밍 보장 알고리즘

```

 $t_{new} = \frac{S}{bw_M}, t=0$ 
while  $|t - t_{new}| \geq \alpha$  do
   $t = t_{new}$ 
   $i = 1$ 
  while  $i \leq M$  do
     $E(t_i) = \int_{s=0}^t P_i(s) ds$ 
     $i = i + 1$ 
  end while
   $newbw = \sum_{j=1}^M \frac{bw_j E(t_j)}{t}$ 
   $t_{new} = \frac{S}{newbw}$ 
end while

```

실제 제안된 알고리즘의 스트리밍 보장율은 매우 효율적이며, α 가 1에 근접할수록 스트리밍 보장율이 매우 효율적임을 알 수 있다. 스트리밍 보장은 무선 애드혹 네트워크의 무선 노드들의 거리 d_0 에 영향을 받게 되며, d_0 가 작을 때는 거의 영향을 받지 않는다.

3-3 스트리밍 갱신

스트리밍 갱신을 수행할 때 프레임의 크기가 임계값 이하이면 송신측은 스트리밍 확률을 높이기 위하여 이들 임계값 이하의 프레임들을 필터링하게 된다. 그리고 무선 애드혹 네트워크에서 호스트 이동은

순간마다 변하기 때문에 스트리밍 관점에서 프레임의 크기와 사용된 버퍼 용량은 실시간으로 측정되어야 한다.

갱신 정보를 얻은 후에는 송신측은 버퍼 용량을 다시 적용하여 스트리밍 될 미디어 프레임의 크기를 다시 조절한다. 다음 알고리즘은 미디어 프레임의 크기에 따라 미디어 스트리밍을 갱신하기 위한 과정이다.

프레임의 크기에 따른 미디어 스트리밍 갱신

```

framesize=0
for  $i=0$  to  $F$  do
   $rate_i = rate_{mediaframe} + \sum_{j=1}^i rate_{mediaframe-j}$ 
end for
while  $mediaframesize < mediaframesize - j$  do
  // 버퍼크기 B와 미디어 프레임 크기 측정
  for  $i=0$  to  $F$  do
     $S_i = rate_i \times (totaltime - streametime)$ 
  end for
   $j=0, i=F$ 
  while  $i > 0$  and  $j=0$  do
    // 모든 미디어 프레임들에 대한 임계값
     $\alpha < 0.6(P_{min})$  측정
    if  $P(rate_i) > P_{min}$  then
       $j=i$ 
    end if
     $i=i-1$ 
  end while
  update mediaframe
end while

```

스트리밍 갱신이 수행될 미디어 프레임 시퀀스는 프레임들 $0, \dots, L$ 로 구성되어 있다고 가정하자. 스트리밍 갱신에 따른 손실이 없을 경우 $mediaframe-0$ 이 베이스 레이어로 선택되고 이 레이어가 수신측에 스트리밍 된다. 이때 스트리밍이 수행될 미디어 프레임들 $1, \dots, i$ 에 대해서 스트리밍 갱신 확률이 임계

값 $\alpha < 0.6(P_{min})$ 보다 작으면 갱신은 순차적으로 수행하게 된다.

본 논문에서는 임계 값 α 와 갱신이 수행될 각 미디어 프레임 i 에 대하여 비트율 $rate_i$ 와 나머지 미디어 프레임 크기 S_i 를 측정하여 갱신을 수행한다. 그리고 시간 t 를 고려한 후 스트리밍 갱신 확률 $P(rate_i)$ 를 결정한다. 알고리즘에서 보듯이 스트림 크기 S_i 를 전송하기 위한 확률이 임계 값 $\alpha \geq 0.6(P_{min})$ 이상이면 미디어 프레임 i 는 갱신되지 않는다. 이것은 임계 값 P_{min} 보다 작은 미디어 프레임들만 갱신하기 위한 것이며, 따라서 제안된 갱신과정은 링크 품질을 향상시키고, 미디어 스트리밍을 효율적으로 보장하게 된다.

IV. 시뮬레이션 분석

4-1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 제안된 기법의 성능을 측정하기 위하여 STCP기법, 그리고 RMST기법과 성능을 비교분석하였으며 프레임 크기와 임계값을 고려한 링크 오류율, 그리고 버퍼크기를 고려한 재 전송률을 비교분석하였다. 시뮬레이션을 위해 미디어 프레임은 5개의 그룹으로 분류하여 구성하였으며 미디어 프레임들은 이미 인코딩되었다고 가정하였다. 시뮬레이션을 위한 인코딩율은 256 kbps, 디코딩율은 512 kbps로 설정하였다. 그리고 스트리밍을 위한 최대 스트림 크기는 최대 5.5 MB로 설정하였으며, 미디어 프레임 블록의 최대 크기는 550 MB이내로 제한하였다. 우리는 버퍼 크기, 스트림 크기, 스트리밍 시간, 그리고 임계값을 고려한 후 각 미디어 프레임들에 대한 평균 링크 오류율과 재 전송률을 시뮬레이션하였다.

4-2 시뮬레이션 결과

4-2-1 프레임 크기에 따른 링크 오류율

우리는 미디어 프레임 크기를 설정 한 후 각 미디어 프레임들에 대한 평균 링크 오류율을 수행하였다.

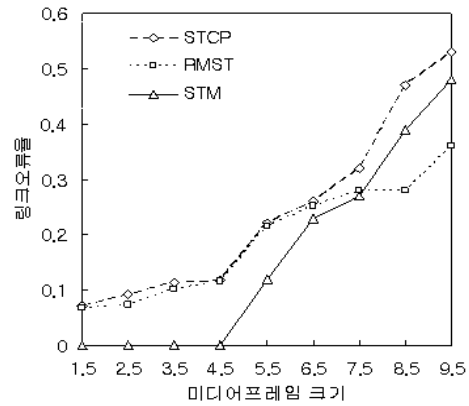


그림 1. 링크 오류율
Fig. 1. Link error rate

그림1에서 보듯이 미디어 프레임의 크기가 5.5 MB 이내일 때 제안된 기법의 링크 오류율이 매우 효율적임을 알 수 있다. 이에 반해 STCP와 RMST는 제안된 기법 STM과 비교할 때 링크 오류율이 증가함을 알 수 있다. 이것은 STCP와 RMST의 경우 스트리밍이 수행되었을 때 프레임의 크기, 버퍼크기, 스트리밍 시간, 그리고 임계값을 고려하지 않았기 때문이다. 일반적으로 프레임의 크기가 작으면 비교적 효율적인 미디어 스트리밍이 보장된다. 따라서 프레임의 크기가 클 때 전체 미디어 시퀀스를 스트리밍 하는 시간이 길어져 많은 시간이 지연될 뿐 만 아니라 링크 오류의 발생이 증가하게 된다.

4-2-2 임계값에 따른 링크 오류율

본 논문에서 임계값이 $\alpha \geq 0.6(P_{min})$ 이상이면 제안된 기법은 비교적 낮은 링크 오류율이 보장됨을 알 수 있다. 그러나 임계값이 $\alpha(P_{min})$ 이 0.6보다 작으면 미디어 시퀀스의 낮은 스트리밍으로 인하여 링크 오류율은 높아지게 된다. 그림2는 임계값 $\alpha(P_{min})$ 을 적용했을 때의 평균 링크 오류율의 결과를 보여주고 있다.

그림2에서 보듯이 임계값 $\alpha(P_{min})$ 이 0.6보다 작을 때는 링크 오류율이 비교적 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 제한된 버퍼 용량을 가지고 있을 때 수신측에게 미디어 프레임의 크기가 큰 콘텐츠들을 스트리밍하기 때문이다. 스트리밍이 시작될 때 임계값이 낮으면 링크 품질은 비교적 낮게 유지된다. 이러

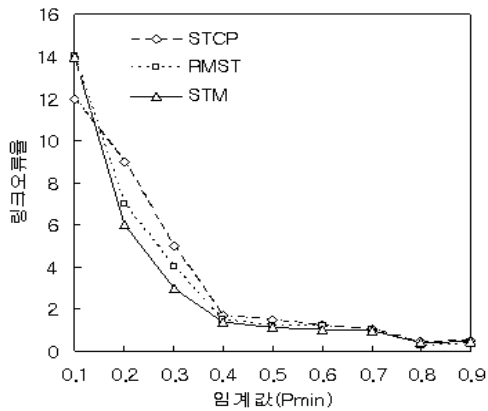


그림 2. 임계값에 따른 링크 오류율
Fig. 2. Link error rate by threshold

한 링크 품질 개선을 위해서는 임계값 P_{min} 이 높은 프레임들은 앞부분에 위치시키고, 프레임의 크기가 크거나 임계값 P_{min} 이 낮은 프레임들은 뒷부분에 위치시킨다. 본 논문에서는 이처럼 미디어 프레임들에 대해서 임계값 P_{min} 을 조절하여 링크 오류율을 최소화하였다.

4-2-3 버퍼 크기에 따른 재전송율

링크 범위가 작을 때는 연결이 끊어진 두 피어들은 재빨리 재 연결을 시도할 수 있으나, 그렇지 않은 경우 수신측은 재전송으로 인하여 이미 버퍼링된 콘텐츠를 낭비하는 문제가 발생한다. 이 절에서는 버퍼 크기에 따른 재 전송율을 알아보기 위하여 시뮬레이션 범위를 $1000 \times 1000 m^2$ 로 제한하였으며, 거리 d_0 와 버퍼크기 S 를 고려하였다. 그림3은 이처럼 거리 d_0 와 버퍼크기 S 를 고려한 시뮬레이션 결과이다.

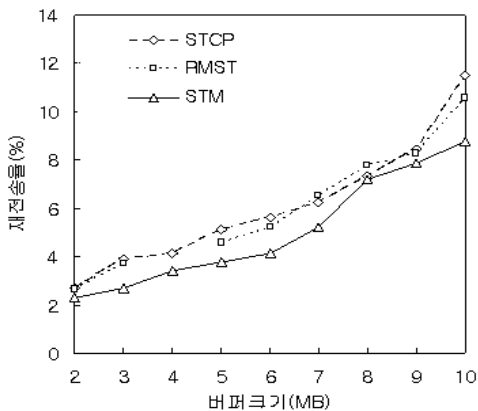


그림 3. 버퍼크기에 따른 재전송율
Fig. 3. Retransmission rate by buffer size

그림3에서 보듯이 제안된 기법은 거리 d_0 와 버퍼 크기 S 를 고려했기 때문에 재 연결된 후 재전송율의 효율이 향상됨을 알 수 있다. 재 전송율은 링크 품질에 영향을 미치며, 재 전송율이 낮을수록 링크품질과 전송품질은 향상되며, 높을수록 링크품질과 전송 품질은 떨어지게 된다.

V. 결 론

무선 애드혹 네트워크 환경에서 링크 오류율은 링크 품질에 중요한 영향을 미친다. 본 논문에서는 무선 애드혹 링크 품질을 보장하기 위하여 새로운 STM 기반의 미디어 스트리밍 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 링크 품질 향상과 끊김 현상을 방지하기 위하여 모바일 애드혹 존의 노드들을 모니터링하였으며, 스트리밍 모니터링을 위해 스트리밍 시간 t , 거리 d_0 , 그리고 프레임의 크기 등을 고려하였다. 또한 링크 품질이 보장되고 스트리밍이 보장되도록 하기 위하여 근사 스트리밍 시간 t 에 기반한 새로운 스트리밍 보장 알고리즘을 제안하였다. 그리고 새로운 미디어 프레임이 입력되었을 때 지연과 혼잡으로 인한 링크 품질 저하를 막기 위하여 각 미디어 프레임들에 대해서 스트리밍 갱신이 수행되도록 하였다. 우리는 시뮬레이션 결과를 통해서 제안된 기법이 STCP기법 그리고 RMST기법에 비해서 성능이 효율적임을 알 수 있었다.

Reference

- [1] C. D. Lee, "Similarity-based Caching Loss Minimization in the Wireless Mobile Proxy System," *The Korea Navigation Institute*, Vol 16, No. 3, pp. 455-462, 2012.
- [2] C. D. Lee, "Profit-based Segment Caching for Wireless QoS Streaming," *The Korea Navigation Institute*, Vol. 16, No. 3, pp. 463-470, 2012.
- [3] C. D. Lee, "Fuzzy Relevance-based Clustering for Routing Performance Evaluation in Wireless ad Hoc Networks," *The Korea Navigation Institute*, Vol. 14, No. 4, pp. 495-503, 2010.
- [4] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "A Survey

- on Wireless Multimedia Sensor Network," *Computer networks*, Vol. 51, No. 4, pp. 921-960, 2007.
- [5] S. Misra, M. Reisslein, G. Xue, "A Survey of Multimedia Streaming in Wireless Sensor Networks," *IEEE Communications survey & Tutorials*, Vol. 10, No. 4, pp. 18-39, 2008.
- [6] Y. Iyer, S. Gandham, S. Venkatesan, "STCP: A Generic Transport Protocol for Wireless Sensor Networks," *In Proc. IEEE International Conference on Computer communications and Networks (ICCCN)*, pp. 17-19, 2005.
- [7] F. Stann, J. Heidemann, "RMST: Reliable Data Transport in Sensor Networks," *In Proc. First International Workshop on Sensor Net Protocols and Applications*, pp. 102-112, 2003.
- [8] B. Hull, K. Jamieson, H. Balakrishnan, "Mitigation Congestion in Wireless Sensor Networks," *In proceedings of ACM SenSys*, pp. 134-147, 2004.
- [9] C. Y. Wan, S. B. Eisenman, A. T. Cambell, "CODA: Congestion Detection and Avoidance in Sensor Networks," *in: Proceedings of ACM SenSys (The ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems)*, pp. 266-279, 2003.
- [10] C. T. Ee, R. Bajcsy, "CCF: Congestion Control and Fairness for Many-to-one Routing in Sensor Networks," *in: Proceedings of ACM sensys*, 2004.
- [11] C. Wang, K. Sohraby, V. Lawrence, B. Li, "Priority-based Congestion Control in Wireless Sensor Networks," *In Proc. IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC)*, pp. 22-31, 2006.

이 종 득 (Chong-Deuk Lee)



1983년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과
학과(이학사)

1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과
학과(이학석사)

1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과
학과(이학박사)

1992년 3월~2002년 2월 : 서남대학교
컴퓨터통신학과 교수

2002년 2월 ~2013년6월 현재: 전북대학교 전자공학부 교수
관심분야 : Smart Proxy System, 무선 모바일 네트워크,
무선센서 네트워크, MIMO, 유비쿼터스 통신 등