

링크 손실 예측 오류를 고려한 채널 상태 기반 무선 TCP 메커니즘

김 성 철, 정 주 연^{*}, 이 진 영
상명대학교 정보통신학부
puri@sangmyung.ac.kr

Channel Quality Based Wireless TCP Mechanism Considering Link Loss Prediction Error

Seong-Cheol Kim, Ju-Yeon Chung^{*}, Jin-Young Lee,
School of Information Science, Sangmyung University, 7 Hongji-Dong, Chongro-Gu,
Seoul, 100-743, Korea

요 약

TCP는 패킷손실이 발생할 경우에 이를 혼잡에 의한 것이라고 판단하여 혼잡제어를 수행하는 프로토콜이다. 그러나 무선망은 그 특성상 에러가 많기 때문에 기존의 TCP프로토콜을 그대로 적용할 경우 불필요한 혼잡제어를 수행하게 되어 결국 전체 망의 성능을 떨어뜨리게 된다. 본 논문에서는 링크상태에 따라 송신률을 조절하는 TCP-ELSA 메커니즘 이용하여 링크상태 예측 방법을 개선하였다. TCP-ELSA는 무선링크의 링크상태를 예측하여 송신률을 조절하여 대역폭의 효율을 증가시키고 링크의 공평성을 보장하는 메커니즘이다. 본 논문에서 제안하는 개선된 TCP-ELSA는 링크상태 예측방법에 있어서 오류가 발생할 수 있는 경우를 고려함으로써 공평성을 유지하면서도 좀더 정확한 링크상태의 예측이 가능하도록 한다. 그리고 실시간 패킷을 비실시간 패킷과 구분하여 전송하도록 하여 Qos를 제공하였다.

1. 서 론

인터넷과 무선 이동통신 사용의 증가로 무선망이 급속도로 발전하고 있다. 무선환경은 유선환경과 달리 잡음, 페이딩, 노이즈, 간섭 등의 특성 때문에 BER(Bit Error Rate)가 높다. 보통 에러율이 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 정도로 유선망에 비해 높은 에러율을 가지고 있다.

그러나 기존에 광범위하게 사용되었던 TCP의 경우에는 본래 무선망보다 에러가 적은 유선망에 적합하도록 개발되었기 때문에 무선상의 패킷손실에도 전송원도우의 크기를 줄이고 혼잡제어를 수행하게 된다.

그러므로 기존의 TCP를 무선환경에 그대로 적용하게 되면 무선상의 에러를 혼잡으로 가정하고 불필요한 혼잡제어를 수행함으로써 결국 전체 망효율을 떨어뜨리는 결과를 가져온다. 따라서 무선환경에 맞는 프로토콜과 제어방식이 필요하다.

이 문제를 해결하기 위해서 그 동안 제안되었던 연구를 보면 크게 세 가지 범주로 구분할 수 있다. 첫 번째는 종단노드에서 직접 유무선구간의 에러를 구분하여 제어

하는 종단간(end-to-end connection)방식[1]이다. 이는 수신자측이 송신자측에게 명시적으로 무선구간의 에러를 구분하여 정보를 보내는 방식으로 ELN[3]이 대표적이다. 두 번째로는 유선구간과 무선구간을 분리하여 중간에 있는 기지국에서 에러를 제어하는 연결분할(split connection)방식[1]이다. 즉 송신자에게 무선구간의 존재를 숨기고 무선구간에서 손실이 발생했을 경우에 기지국을 통해 지역재전송을 수행한다. 세 번째는 데이터링크계층에서 독립적으로 재전송을 수행하여 성능을 향상시키는 링크레벨(link-level)방식이다.

위의 방식들은 각각 장단점을 가지고 있으며, 이상적인 방법은 종단간의 의미를 훼손시키지 않으면서 무선구간의 손실을 효율적으로 제어하는 것이다. 이런 방식을 구현한 메커니즘으로는 최근에 제안된 TCP-ELSA(TCP with End-to-End Link State Adaptation)[2]가 있다. TCP-ELSA는 무선 링크 상태를 예측한 후에 TCP 흐름의 송신률을 조절하는 것이다. 즉, 링크상태가 좋다면 송신자에게 손실된 패킷을 즉시 재전송 하도록 하고, 링크상태가 나쁘다면 백오프(backoff)를 수행한 후에 손실된 패킷을 재전송 하도록 하여 효율성과 공평성을 향상시키

는 방식이다. 그러나 이 방식은 링크상태를 잘못 측정하는 경우가 발생할 수 있다.

그리하여 본 논문에서는 TCP-ELSA의 문제점들을 수정하여 개선된 TCP-ELSA를 제안하고자 한다. 또한 실시간(real-time) 패킷과 비실시간(Non real-time) 패킷을 구분하여 서비스질(Qos)을 제공할 수 있게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 TCP-ELSA의 메커니즘을 설명하고, III장에서는 개선된 TCP-ELSA를 제안한다. IV장에서는 성능을 평가분석하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. TCP-ELSA 메커니즘

TCP-ELSA 메커니즘은 송신자에게 패킷손실의 원인을 알려서 적절하게 대응하도록 하는 중단간방식을 사용한다. 그리고 송신자는 수신자에서 피드백된 손실률을 통해 링크상태를 예측하여 패킷 송신률을 조절하게 된다. TCP ELSA 메커니즘은 링크상태를 측정하기 위해 평균적손실률(ALR)과 일시적손실률(TLR)의 두 가지 파라미터를 사용한다.

아래 그림 1은 ALR과 TLR을 통한 링크상태를 나타내고 있다. 그림상의 실선은 긴시간 측정된 손실률(Long-term Average Loss Rate : ALR)이고, 점선은 일시적으로 측정된 손실률(Short-term temporary Loss Rate : TLR)이다.

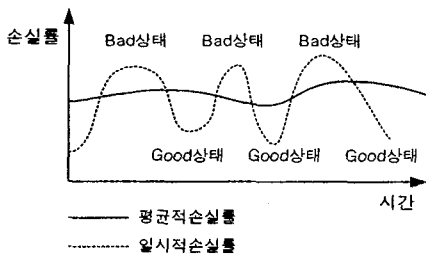


그림 1. 링크의 Good/Bad 상태

즉 TLR이 ALR보다 작으면 링크상태가 좋은(Good) 것으로 판단하고 손실된 패킷을 즉시 재전송한다. 그리고 TLR이 ALR보다 크면 링크상태가 나쁜(Bad) 것으로 판단되면 재전송 하지 않고 백오프를 수행한다. 이런 식으로 변화하는 링크상태를 예측하여 송신자가 적절하게 대처하도록 하기 때문에 각 흐름에서 공정성을 유지할 수 있는 효율적인 메커니즘이라고 할 수 있다.

그러나 ALR과 TLR로 측정되는 손실률은 평균적으로 계산한 것이므로 예외적인 경우 실제의 링크상태와 차이가 발생하여 잘못 예측할 수 있다는 문제점이 있다.

예를 들어 어떤 링크의 상태가 계속 Good 혹은 Bad 상태가 지속되는 경우를 생각할 수 있다. TCP-ELSA에서는 기본적으로 TLR이 ALR보다 크면 링크상태가 Bad인 것으로 판단한다. 그러나 그 TLR값이 전체적인 기준값(10^{-5} 라고 가정)보다 클 경우 실제로 현재 링크상

태를 Good 상태로 판단해야 한다. 이러한 문제점들은 아래와 같이 분류할 수 있다.

다음과 같은 두 가지 경우가 있다.

1) 계속 좋은 채널상태를 유지하면서 에러가 발생할 경우

에러 발생 시 TLR이 ALR보다 높아서 링크의 상태는 Bad로 판단된다. 그러나 링크상태가 실제적인 기준값보다 높다면 링크상태는 실제로 Good이므로 즉시 재전송을 해도 문제가 없으나, TCP-ELSA는 링크상태가 Bad라고 판단하여 불필요하게 백오프를 수행하게 되는 문제가 발생한다.

2) 계속 나쁜 채널상태를 유지하면서 에러가 발생할 경우

에러 발생 시 TLR이 ALR보다 낮아서 링크의 상태는 Good으로 판단된다. 그러나 링크상태가 기준값보다 낮다면 실제로 링크상태는 Bad이므로 링크상태가 좋아질 때까지 백오프를 수행해야 함에도 불구하고, TCP-ELSA는 링크상태가 Good이라고 판단하여 즉시 재전송을 수행하여 링크상태를 악화시키는 문제가 발생한다.

III. 개선된 TCP-ELSA

개선된 TCP-ELSA에서는 예측오류 상황을 보다 정확하게 구분하여 처리함으로써 TCP-ELSA의 문제점을 해결한다.

수정된 알고리즘은 다음과 같다.

A_i : 링크상태를 판단하는 실제 기준값

```

if TLR > ALR
  if TLR >  $A_i$ 
    Good 상태이므로 재전송 수행
  else
    Bad 상태이므로 백오프 수행
else if TLR < ALR
  Bad 상태이므로 백오프 수행
else
  Good 상태이므로 재전송 수행
    
```

위와 같은 알고리즘을 통해 TLR과 ALR에 이외에 A_i 값을 추가하여 더욱 정확한 링크상태를 측정할 수 있다.

여기서 A_i 는 송신자측에 도달하는 ELN 메시지를 통해서 손실율을 측정하여 적절한 기준값으로 정해진다.

또한 링크상태가 매우 좋거나 매우 나쁜 상태일 경우는 상대적인 비율에 따라서 재전송 타이머의 타임아웃을 조정할 필요가 있다.

즉, TLR이 ALR보다 월등하게 높을 경우에는 링크가 매

우 Bad인 상태이므로 재전송 타이머를 늘여서 링크상태를 회복시킬 수 있도록 하고, 반대의 경우에는 타임아웃을 줄이는 방식이다. 이런 방식을 통해 송신자는 상대적인 비율에 따라 타임아웃을 조정하여 효율적으로 패킷을 전송할 수 있다.

또한 종단에서는 지연에 민감한 실시간 패킷과 지연에 민감하지 않은 비실시간 패킷을 구분하여 서비스한다. 즉, 송신자측에서 가지고 있는 패킷 테이블에서 실시간 패킷을 마킹하여 비실시간 패킷보다 먼저 전송함으로써 QoS를 제공하는 것이다.

IV. 성능평가 및 분석

개선된 TCP-ELSA와 기존의 TCP-ELSA와의 비교를 위하여 링크의 Good 상태를 $10^{-8} \sim 10^{-5}$, Bad 상태를 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 로 설정하였다.

아래 그래프는 링크손실에 따른 예측 오류율을 분석한 것이다.

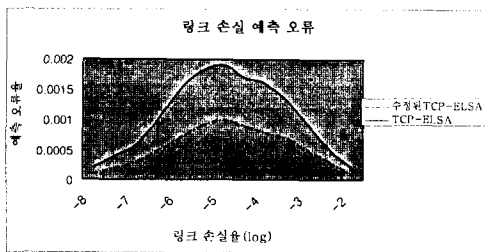


그림 2 링크 손실에 따른 예측오류율 비교

개선된 TCP-ELSA는 링크 손실 예측 오류 상황을 고려했기 때문에 공평성을 유지하면서 TCP-ELSA와 비교하여 링크손실률을 더 줄일 수 있었다.

V. 결론

TCP-ELSA 메커니즘은 송신자에서 패킷손실을 구분하는 종단간방식이며 손실률에 따라 링크상태를 예측하는 방식이다. 따라서 링크의 공평성과 효율성을 동시에 획득할 수 있는 좋은 메커니즘이라고 할 수 있다. 그러나 손실률을 가지고 링크상태를 예측함에 있어서 몇 가지 예측오류가 있을 수 있다.

본 논문에서는 그런 경우에 링크상태를 판단하는 실제 기준값과 비교하도록 하여 링크상태를 보다 정확히 예측하였다. 그리고 링크상태의 상대적인 비율정도에 따라서 재전송 타임아웃을 적절하게 조절하는 방식을 제안하였다. 그 결과 제안한 메커니즘은 기존의 TCP-ELSA 방식보다 정확한 링크상태를 예측하여 링크 손실에 따른 예측 오류율을 줄여 성능을 향상시켰다. 또한 송신자측에서 보내는 패킷에 실시간패킷을 구분하여 QoS를 제공하였다.

즉, 개선된 TCP-ELSA 메커니즘은 기존의 TCP-ELSA

가 가진 공평성을 그대로 유지하면서 QoS도 지원하는 장점을 가진다.

향후에는 링크상태를 결정(deterministic)하는 방법을 더 구체적으로 연구하고, 버퍼링 문제도 고려하여 보완하고자 한다.

VI. 참고문헌

- [1] Hari Balakrishnan, Venkata N. Padmanabhan, Srinivasan Seshan and Randy H. Katz, "A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links," *Conference proceedings on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications*, p.256-269, August 28-30, 1996, Palo Alto, California, United States
- [2] Y. Yang, H. Zhang and R. Kravets, "Channel Quality Based Adaptation of TCP with Loss Discrimination", *IEEE Globecom 2002*
- [3] W. Ding and A. Jamalipour, "A new explicit loss notification with acknowledgment for wireless TCP", *The 12th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication (PIMRC2001)*, San Diego, CA, September 30-October 3, 2001.