

무선 채널 오류 모델이 프로토콜 성능에 미치는 영향측정

김지훈^o 김영수 안종석
동국대학교 컴퓨터 공학과
{whitefan^o, k9252, jahn}@dongguk.edu

The effect of wireless error models on the protocol performance evaluation

JiHoon Kim^o, YoungSoo Kim, JongSuk Ahn
Dept. Computer, DongGuk University

요 약

최근에는 무선 네트워크의 발달로 무선 채널을 이용한 통신의 사용이 증가하였으며, 이로 인해 기존 유선 네트워크에서의 효율적인 프로토콜들의 성능을 재평가 하게 되었다. 즉, 무선 채널을 이용한 통신은 유선 채널을 이용한 통신과 전파 오류의 특성이 상이하며, 다양한 형태의 전송 오류가 존재한다. 특히, 시뮬레이션을 통한 프로토콜의 성능은 시뮬레이터에서 채택된 무선 채널의 전송 오류 모델 방식에 따라 크게 차이가 날 수 있다. 따라서 무선 채널에서의 전송 오류를 정확히 예측하고, 무선 채널의 전송 오류가 프로토콜의 성능에 미치는 영향을 연구하기 위해서는, 무선 채널에서의 다양한 형태의 오류를 정확히 시뮬레이션 해야 한다. 지금까지 무선 채널에서 발생하는 전송 오류를 예측하기 위하여 여러 가지 오류 모델이 제안되었으며, 본 논문에서는 네트워크 시뮬레이터인 NS-2에 구현되어있는 다양한 형태의 오류 모델을 사용하여 오류 모델이 프로토콜 특히 TCP의 성능에 미치는 영향[1]과, TCP의 종류와 오류 모델에 따라 변하는 프로토콜의 성능을 실험한다. 또한, NS-2에는 아직 구현되어 있지 않지만, 실제 네트워크에서 일어나는 오류를 정확히 예측하기 위해 새로이 제안된 오류 모델인 케이오틱 맵을 이용하여 케이오틱 맵 오류 모델이 프로토콜 성능에 미치는 영향을 조사한다. 실험 결과 TCP의 종류에 상관없이, 오류 모델에 따라 같은 오류 율에서도 프로토콜의 성능이 최대 50%이상의 성능 차이가 나타남을 알 수 있다.

1. 서 론

최근 무선 네트워크는 이동의 편의성과 전송속도의 향상으로 그 사용이 다방면으로 확대되고 있다. 그러나 무선 채널은 전송 오류에 많은 영향을 받으며 무선 채널의 전송 오류는 유선 채널의 전송 오류와는 많은 차이점을 가지고 있다. 이러한 무선 채널에서의 오류의 특성을 파악하고, 실제 무선 네트워크에서 발생하는 오류를 정확히 시뮬레이션 하기 위하여 여러 가지 오류 모델이 제안되었으며, 많은 연구가 진행 되고 있다. 본 논문에서는 무선 네트워크의 전송 오류를 시뮬레이션 하기 위하여 네트워크 시뮬레이터인 NS-2[2]를 이용하여 다양한 형태의 오류 모델을 시뮬레이션 하였다. 또한, 오류 모델이 프로토콜에 미치는 영향을 조사하기 위하여 TCP 프로토콜을 사용하여 오류 모델이 프로토콜의 성능에 미치는 영향과, TCP의 종류에 따라 변하는 성능을 실험한다.

지금까지 구현된 무선 채널 오류 모델들은 실제 무선 네트워크에서 발생하는 오류를 정확히 예측 하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 새로운 오류 모델인 케이오틱 맵 오류 모델(Chaotic Map)[3]을 네트워크 시뮬레이터에 구현하여 다른 오류 모델들을 사용하였을 때의 TCP성능과 케이오틱 맵 오류 모델을 사용하였을 때의 TCP성능을 측정하여 실제 네트워크에서 발생하는 오류를 오류 모델들이 어느 정도 정확히 예측할 수 있는지 조사하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 채널

오류 모델들에 대한 비교, 분석과 무선 채널 오류 모델로 새로이 제안된 케이오틱 맵 오류 모델에 대한 설명을 기술한다. 3장에서는 오류 모델에 따라 평균 오류 율과 성능 측정 방법에 대하여 기술 하며, 4장에서는 오류 모델을 다양한 버전의 TCP에 적용하여 TCP의 성능을 평가한다. 또한, 케이오틱 맵 오류 모델을 TCP에 적용하였을 때의 성능을 측정한다. 5장에서는 실험결과와 향후 연구 과제를 기술한다.

2. 무선 채널 오류 모델

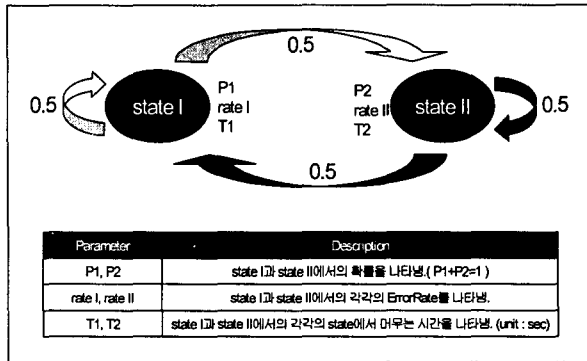
현재 무선 채널을 시뮬레이션 하기 위하여 사용되는 오류 모델은 여러 가지 오류 모델이 구현 되어 있지만, 본 논문에서는 오류 모델을 유니 폼 오류 모델, 멀티 스테이트 오류 모델, 웨딩 오류 모델과 케이오틱 맵 오류 모델을 사용하여 성능을 측정한다. 본 논문에서는 TCP의 종류를 바꾸어 가며 서로 다른 오류 모델을 사용하여 오류 모델이 프로토콜의 성능에 미치는 영향을 조사한다. 본 논문에서 사용된 오류 모델에 대한 간략한 설명은 다음과 같다.

① 유니 폼 오류 모델(Uniform Error Model)

가장 단순한 형태의 오류 모델로써, 무선 채널을 시뮬레이션 할 때 많이 쓰이는 오류 모델이다. 유니 폼 오류 모델의 특징은 오류가 일어나는 패킷을 평균 오류 율을 바탕으로 랜덤(Random)하게 결정한다.

② 멀티 스테이트 오류 모델 (MultiState Error Model)

마코프 프로세스(Marcov Process)[4]를 이용한 오류 모델로써, 오류가 일어나는 상태(State)가 오류율에 따라 여러 가지가 존재하는 오류 모델이다. 각각의 상태는 상태지속 시간과 상태가 변할 확률에 따라 상태 전이를 하게 된다. 본 논문에서는 전송 상태를 2가지로 제한하여 실험하였다. <그림 1>은 MEM의 상태 전이도를 나타낸 그림이다.



<그림 1. 멀티 스테이트 오류 모델의 상태 전이도>

③ 섀도잉 오류 모델 (Shadowing Error Model)

섀도잉 오류 모델이 다른 오류 모델과 다른 점은 전파 전송 모델(Propagation Model)을 투-레이 그라운드(Two-RayGround)방식이 아닌 섀도잉(Shadowing)전파 전송 방식을 사용한다는 점이다. 섀도잉 전파 전송 모델은 거리에 따라 전송되는 전파의 세기가 감소하고, 목적지에 도착하는 데이터의 전파의 세기를 측정하여 한계치 이하인 데이터는 오류가 발생한 데이터로 간주하는 방식이다. 목적지에 도착하는 데이터의 전파 세기는 표준 정규 분포에 따라 랜덤하게 결정된다.

④ 카이오틱 맵 오류 모델(Chaotic Map Error Model)

카이오틱 맵 모델은 Gilbert-Elliot model[5]처럼 good, bad 두 가지의 상태가 사용된다. 가장 큰 차이점은 특정한 비트의 에러 여부, 즉 상태의 변환은 방정식에 의해 정책적으로 결정 된다. Good 상태에서 생성된 데이터는 항상 에러가 없고, bad 상태에서 생성된 데이터는 항상 에러를 가지게 된다.

$$x_{t+1} = x_t + u_g x_t^{z_g} + \epsilon_g \quad t \in N \quad (1)$$

우선 good 상태에서 하나의 비트가 생성되면, 이 비트의 에러 여부를 결정짓는 방정식이 (1)의 공식이다

계산된 x값을 통해 이 값이 1보다 클 경우 bad 상태로 전이되고, x 값을 균등 분포에 의해 0과 1사이의 랜덤한 값을 가지게 된다. Bad 상태에서는 good 상태에서처럼 같은 공식이 적용되지만, 사용되는 파라미터의 값(u_g)이 틀리게 된다.

3. 오류 모델에 따른 평균 오류율 계산 방법

평균 오류율을 바탕으로 오류 모델이 프로토콜의 성능에 미치는 영향을 조사한다. 따라서 각각의 오류 모델의 평균 오류율을 같게 해주어야 한다. 다음은 각 오류 모델에 따라 평균 오류율을 계산한 방법이다.

① UEM

유니 폼 오류 모델은 발생 하는 오류가 표준 정규 분포에 따라 랜덤하게 결정된다. 따라서 100비트 당 발생하는 오류의 개수를 평균 오류율로 계산하였다.

② MEM

MEM은 각각의 상태에서의 오류율이 서로 다르며, 또한 한 상태에서 다른 상태로 변하는 확률과 한 상태의 지속 시간에 따라 평균 오류율이 변하게 된다. 본 논문에서 다중 상태의 평균 오류율을 계산 한 방법은 <그림 1>에서 상태 1의 오류율은 0으로 고정시키고, 상태 2의 오류율을 변화 시키면서 평균 오류율을<공식 2>와 같이 계산하였다.

$$\text{오류율} = \frac{P1 \times T1 \times \text{rateI} + P2 \times T2 \times \text{rateII}}{P1 \times T1 + P2 \times T2} \quad (2)$$

(2)의 공식에서 알 수 있듯이, 상태 1과 상태 2의 평균 BER(Bit Error Rate)을 계산하여 두 값의 평균값이 평균 오류율이 된다.

③ SEM

SEM에서 평균 오류율을 계산 한 방법은, UEM에서 오류율에 따라 버려진 패킷(drop packet)의 개수를 측정 한 후, 섀도잉 모델에서 표준 편차를 바꾸어가며 버려진 패킷의 개수를 계산하여 UEM과 버려진 패킷의 개수가 비슷한 결과를 SEM에서의 평균 오류율로 계산하였다.

④ CEM

(1)의 공식에서 알 수 있듯이, 카이오틱 맵 모델에서 사용되는 파라미터는 z, u, e이고 good과 bad 상태에서 각각 다른 값을 가진다.

각각의 파라미터들은 CCDF(complementary cumulative distribution function)를 표현하는 특성을 가진다. z는 그래프의 기울기를 나타내며, 값이 클수록 오랜 시간 동안 에러 없는 상태를 유지할 확률이 높다. u는 길이 축의 이동을 나타내며, u의 값이 크다면, 오류 없는 상태의 지속 시간(run)이 길다는 것을 의미한다. 마지막으로 e는 1/e에 한번씩 상태 전이가 일어난다는 것을 말하며, 최대 run의 길이가 제한되어 있다. 평균 오류율을 계산 한 방법은 (1)의 공식에서 그래프의 기울기에 해당하는 Z_g의 값을 변화 시키며 총 전송한 비트수와 오류 발생 상태(bad)의 비트수를 계산하여 오류율을 계산하였다.

4. 오류 모델에 따른 프로토콜의 성능 평가

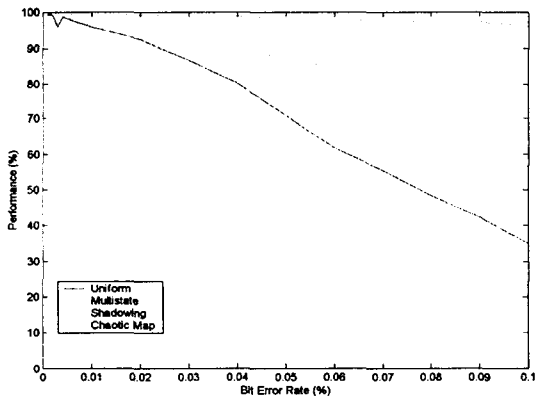
오류 모델이 프로토콜, 특히 TCP의 성능에 미치는 영향을 측정하기 위하여, NS-2에 구현되어있는 Tahoe, Reno, Vegas TCP를 사용하였다. 각 TCP 버전에 대한

간략한 설명은 다음과 같다. TCP-tahoe 버전은 Slow-Start와 Fast-Retransmit 알고리즘을 사용하여 혼잡 제어(Congestion control)를 한다. reno 버전은 tahoe 버전의 모든 혼잡 제어를 포함하고 Fast-Recovery가 추가로 구현되었다. vegas 버전은 reno 버전의 혼잡 제어를 모두 포함하고, Congestion Avoidance 알고리즘이 구현되었다.

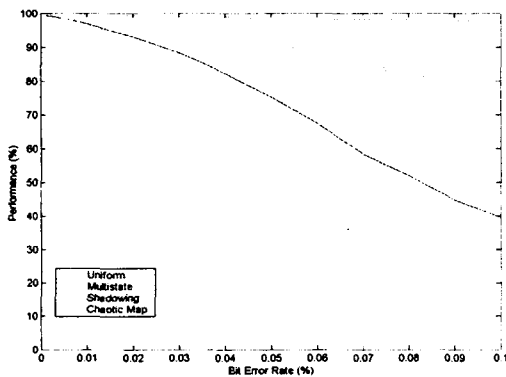
성능을 측정하는 방법은 한 버전의 TCP에서 2장에서 기술한 오류 모델을 평균 오류율을 같게 하여 TCP의 성능을 측정하였다.

<그림 2>, <그림 3>, <그림 4>는 각각 TCP tahoe, reno, vegas를 사용하였을 때 각 오류 모델에 따른 성능 변화 그래프이다.

그래프에서 알 수 있듯이, UEM은 비트당 발생하는 오류가 일정하게 나타나므로, 오류율이 높을수록 버려지는 패킷이 많아져서 프로토콜의 성능에 많은 영향을 미치게 된다. MEM은 스테이트 1이 오류가 없는 상태이고, 스테이트 2의 오류율을 변화 시키면서 평균 오류율을 계산한다. 따라서 스테이트 1의 상태에서는 오류가 발생하지 않고 스테이트 2의 상태가 지속될 때 오류가 모여서 발생하게 된다. 즉, 한 패킷에 포함되는 오류가 많아지고 이에 따라 상대적으로 버려지는 패킷의 개수는 오류율에 비해 적게 나타나므로 UEM보다 성능이 높게 나왔다.

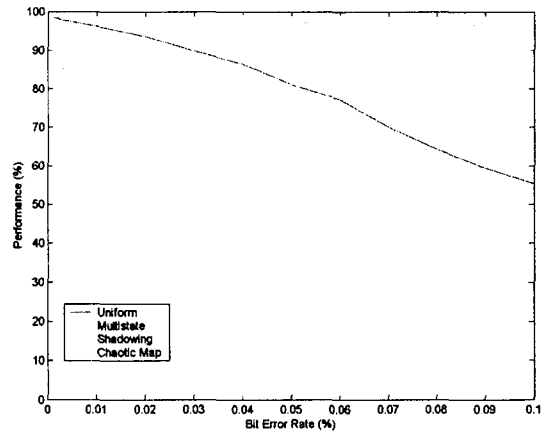


< 그림 2. Tahoe 성능 변화 >



< 그림 3. Reno 성능 변화 >

CEM의 경우에는 UEM보다는 프로토콜의 성능이 높게 나왔지만, MEM 보다는 낮게 나왔다. 이는, CEM도 에러가 없는 상태가 지속되는 시간(run)이 길어지는 경우가 있기 때문이다. 이러한 시뮬레이션 결과는 무선 채널을 모델링할 때 실제 무선 네트워크에서 발생하는 오류를 정확히 예측할 수 있는 오류 모델의 구현이 무선 네트워크 시뮬레이션에 많은 영향을 줄 수 있다는 것을 반영한다.



<그림 4. Vegas 성능 변화 >

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 무선 채널을 이용한 네트워크에서 발생하는 오류를 TCP의 종류와 오류 모델을 변화 시켜가며 TCP의 성능 변화를 측정하였다. 측정 결과 오류 모델에 따라 같은 오류율을 가지는 환경에서도 오류 모델에 따라 프로토콜의 성능에 최대 50% 이상의 영향을 미쳤다. 즉, 무선 네트워크를 정확히 시뮬레이션 하기 위해서는, 실제 무선 네트워크에서 일어나는 오류를 정확히 모델링하는 것이 중요하다. 본 논문에서 얻은 결과를 바탕으로 각 오류 모델을 실제 네트워크 환경에 적용하여 프로토콜의 성능을 측정하고 실제 네트워크에서 발생하는 오류를 좀더 정확히 예측할 수 있는 오류 모델을 제안하는 것을 향후 연구 과제로 한다.

6. 참고 문헌

[1] K. Pentikousis, H. Badr, "Error Modeling for TCP Simulations", Proc. EuroSim 2001, Delft, The Netherlands, June 2001
 [2] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>
 [3] Andreas Kpke, Andreas Willig, Holger Karl, "Chaotic Maps as Parsimonious Bit Error Models of Wireless Channels", In Proceedings of the IEEE Infocom, San Francisco, USZ, TKN, IEEE, March 2003.
 [4] Leonard Kleinrock, "Queueing Systems"
 [5] E. N. Gilbert, "Capacity of a burst-noise channel," Bell Systems Technical Journal, vol. 39, pp. 12531265, Sept. 1960.