

무선 Ad-hoc환경에서의 TCP 특성분석

황희찬*, 채현석**, 최명렬*

*한양대학교 전기전자제어계측공학과

**동원대학 인터넷정보과

e-mail : yankee@chollian.net

The Analysis of TCP protocols in Wireless Ad-hoc Environment

Heui-Chan Hwang*, Hyun-Suk Chae**, Myung-Ryul Choi*

*Dept. of EECl, Hanyang University

**Dept. of Internet Information & Retrieval, Tongwon College

요 약

본 논문에서는 설치가 용이하고, 이동이 자유로우며 능동적으로 연결을 맺을 수 있는 무선 환경 특성에 대해 알아보고, 특히 무선 Ad-hoc환경에서의 TCP 버전별 특성을 분석해 보았다. 또한 지연과 오류 확률이 높은 무선환경에서 여러 가지 버전의 TCP가 동시에 사용되는 경우에 각 TCP 버전의 트래픽 특성을 모의 실험하였다. 이 실험을 위해 가장 많이 사용되어지고 있는 네트워크 시뮬레이터2(NS2)를 이용하였다.

1. 서 론

현대사회는 정보화의 수준이 그 국가의 힘으로 판단되고 있다고 해도 과언이 아니며 따라서 현재 각 나라의 정보화 사회로의 개혁이 활발히 이루어지고 있다. 특히 정보화에 있어 컴퓨터 네트워크 망을 통한 정보획득 및 교류가 가장 활발히 이루어지고 있으며 네트워크 망 중에 실시간이며 장소에 구애받지 않고 정보를 얻을 수 있는 무선환경의 망 형태가 현재 가장 주목받고 있다. 무선의 형태로는 위성통신, 셀룰러 이동통신, 무선랜, Bluetooth등 다양한 모습을 띠고 있다. 본 논문에선 설치 시 복잡하고 약간의 자리 이동에도 많은 제약을 받는 유선 망에 반해 설치가 용이하고 이동이 자유로우며 능동적으로 연결을 맺을 수 있는 Ad-hoc환경의 무선LAN 특성에 대해 알아보고 특히 무선Ad-hoc환경에서의 TCP버전별 특성을 분석해 보았다. 또한 지연과 오류 확률이 높은 무선환경에서 여러 가지 버전의 TCP가 동시에 사용되는 경우에 각 TCP 버전의 트래픽 특성을 모의 실험하였다. 이 실험을 위해 무선 노드들 간의 간격이 일정하고 이동성이 없는 고정형태의 무선LAN형태로 구성되어 있다고 가정한다. 실험을 위해 가장 많이 사용되어지고 있는 프로그램인 네트워크 시뮬레이터2(NS2)를 사용하였다. 본 논문의 순서는 TCP버전 소개, 무선

Ad-hoc네트워크 특성, Ad-hoc환경에서의 TCP성능 분석, 결론으로 구성되어있다.

2. TCP 버전 소개

TCP는 인터넷에서 종단 시스템간의 신뢰성을 보장하는 데이터 전송 알고리즘으로 인터넷 서비스의 성능에 많은 영향을 끼친다.[1] TCP는 망에서의 혼잡 상황에 대한 대처 방법에 따라 여러 가지 버전이 있으며, 일반적으로 가장 많이 사용되어지고 있는 3개의 TCP 버전인 Tahoe, Reno, Vegas 버전에 대해 소개하겠다.

2. 1. Tahoe 버전

Tahoe 버전은 초기에 slow-start를 시작하여 패킷을 송수신하다가 혼잡이 발생하면 ssthreshold (Slow-Start threshold)를 패킷 손실전의 반으로 재설정 한 후, 다시 slow-start를 실행하고 만일 cwnd (Congestion window)값이 현재 설정된 ssthreshold 값과 같아지면 그 이후에는 혼잡회피 상태로 들어가게 된다. Tahoe는 한 윈도우 내에 처음 발생한 손실된 패킷을 재 전송한 후 차례로 Slow-start를 실행하고 이후의 모든 패킷을 재 전송하게 되므로 수신 호

스트가 이미 수신한 패킷을 다시 수신하게 되는 문제점이 있으나 안전성이 높다. Tahoe는 Slow-Start, Congestion Avoidance 및 Fast Retransmission을 지원한다.

2. 2. Reno 버전

Tahoe와 마찬가지로 초기에 Slow-start를 시작하여 패킷을 송수신하다가, 망에서 패킷 손실이 발생할 경우(즉, 3개의 duplicate ACK가 수신된 경우) 빠른 재전송을 실행함과 동시에 윈도우 크기를 1/2로 줄이고 재전송 이후의 duplicate ACK수에 따라 윈도우 크기를 조절하는 빠른 회복 단계를 실행한다. 그러나, Reno는 한 윈도우내에 하나의 패킷 손실 발생 시에 가장 좋은 성능을 나타낸다. 결국, Reno는 Tahoe에 Fast Recovery과정을 추가한 알고리즘이다.

2. 3. New Reno 버전

New Reno는 Reno에서 문제시되었던 다수의 패킷 손실에 대한 성능을 개선한 알고리즘으로, 첫 번째 패킷손실은 duplicate ACK 3개를 수신하여 전송하고, 두 번째 패킷 손실은 duplicate ACK가 1개만 수신되어도 패킷이 손실되었다고 가정하고 재전송을 수행함으로써 한 윈도우 내에서 발생한 다수의 패킷 손실에 대해 타임아웃이 발생하는 경우 없이 패킷을 재전송하는 알고리즘이다.

2. 4. Vegas 버전

Vegas[2]는 *cwnd*의 값을 조정할 때 현재 망에서 사용 가능한 대역폭을 적용한다. 이를 위하여 Vegas는 왕복 응답 시간(RTT: Round-Trip Time)을 측정하고 송신자가 패킷의 손실을 회피하면서 보낼 수 있는 데이터의 양을 계산한다. 또한 최소 왕복 응답 시간(*basertt*)값과 측정된 왕복 응답 시간(*rtt*) 값을 계산하여 이용한다.

응답 패킷을 받으면 송신자는 예상한 성능(*expected*)과 실제 성능(*actual*)과의 차이를 식 (1)에 의해 계산한다.

$$\begin{aligned} diff &= (expected - actual) \times basertt, \\ expected &= cwnd / basertt, \\ actual &= cwnd / average\ measured\ rtt. \end{aligned} \quad (1)$$

예상 성능은 망의 혼잡이 없는 상황에서의 해당

연결이 사용할 수 있는 대역폭을 나타내고 실제 성능은 현재 해당 연결이 사용하고 있는 대역폭을 나타내고 있다. Vegas는 *cwnd* 값을 조절할 때에는 여기에서 계산한 *diff* 값과 2개의 임계 값 α 와 β 를 사용한다. 즉, *diff* 값이 α 보다 작으면 *cwnd* 값을 증가시키고, β 보다 크면 *cwnd* 값을 감소시킨다. 이렇게 하여 현재 망의 상태를 윈도우 크기에 적용함으로써 혼잡 상황에서 효율적으로 작동한다.

3. 무선Ad-hoc네트워크 특성

Ad-hoc네트워크란 중앙 시스템의 도움없이 언제, 어디서나 기기간 통신이 가능한 무선 네트워크 환경을 말한다. 이같은 형태의 네트워크에 있는 노드는 라우터나 호스트로 이용될 수 있기 때문에 다른 노드대신 패킷을 전송할 수도 있고, 사용자 애플리케이션들을 실행할 수도 있다. Ad-hoc네트워크의 가장 큰 장점은 중앙통제로부터 완전히 독립해 사용자가 네트워크 사용에 더 많은 자유와 유연성을 얻게 된다는 것이다[3]. 특히 본 논문에선 Ad-hoc네트워크의 한 종류인 무선 랜에 대해 알아보기로 한다. 무선 랜은 IEEE 802.11표준으로 규정되어있으며 Ethernet 네트워크 프로토콜인 TCP/IP, ApplieTalk, NetBEUI, IPX를 전부 지원한다. 그러므로 유선 망과의 통신시 복잡한 변환 및 별도의 설정과정 없이 자유로이 통신이 가능하다. 또한 망구성은 Peer to Peer 방식의 통신과 Access Point를 기반으로 하는 통신방식을 지원하며 무선기술로는 DFIR(diffused infra-red), FHSS(frequency hopped spread spectrum), DSSS(direct sequence spread spectrum)의 기술을 이용하며 이중 DSSS방식이 가장 많이 사용되어지고 있다. 사용 주파수 대역은 현재 2.4GHz대역을 가장 많이 사용하고 5GHz대역의 무선LAN도 활발히 개발되어지고 있다. throughput은 2Mbps ~ 11Mbps의 성능을 나타내는데 이는 네트워크내의 사용자수, 개별 process 속도, 애플리케이션의 자원요구등에 따라 throughput의 차이를 보인다. 작동반경은 50m~250m이내이다. 상기에서 언급한바와 같이 무선 Ad-hoc네트워크는 유연성 및 이동성 그리고 잦은 라이이동이 있는 곳에서의 망구축시 비용절감, 상호운용성등의 장점을 지니고 있다. 하지만, 무선환경으로 구축된 망이므로 유선 망보다 데이터 전송시 신뢰성이 떨어지며, 보안 및 throughput의 한계, 지연 및 오류 발생률의 증가, 신호간섭등의 문제점등을 안고있

다.[4]

4. Ad-hoc환경에서의 TCP 성능분석

Ad-hoc환경의 무선LAN에서의 TCP 성능분석을 위해 2개의 모바일 노드를 구성했고 window_size는 64로, queue_length는 50으로 고정시켰으며 패킷의 크기는 1000바이트로 고정하였다. 그리고 다음과 같이 2개의 시나리오를 구성해 시뮬레이션을 시행하였다. 첫째, 2개의 노드가 임의의 고정된 거리에서 각 TCP버전 중 하나의 TCP를 한 노드에 인가해 그 TCP가 갖는 throughput을 조사했고, 둘째, 하나의 노드에 3개의 서로 다른 TCP버전이 동시에 사용되어질 때 각각의 TCP의 throughput을 측정하였다.

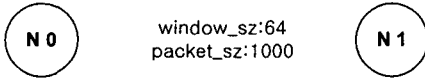


그림1. 무선모바일노드 구성도

첫 번째 실험을 위해 상기와 같이 2개의 무선 모바일 노드(그림1)를 구성했고 각각의 거리는 50m부터 250m까지 차례로 50m씩 거리를 늘려가며 시뮬레이션을 하였으며 각각의 TCP 버전의 Application으로 패킷이 bulk로 전송되어지는 FTP를 인가하였다. 첫 번째 실험 결과 아래와 같은 표1을 얻을 수 있었다.

ver. \ dist.	Good-put (kbps)		
	Tahoe	Reno	Vegas
50 m	1,290	1,212	1,284
100 m	1,287	1,244	1,284
150 m	1,285	1,244	1,284
200 m	1,284	1,232	1,283
250 m	1,289	1,228	1,283

표1. 단일노드에 단일TCP 인가시 거리별 throughput

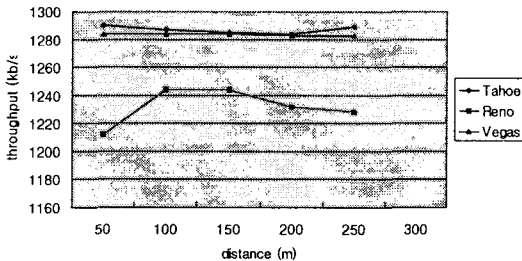


그림2. 단일노드에 단일TCP 인가시 거리별 throughput

유선 망에서는 Vegas 버전이 다른TCP 버전에 비해 40 ~ 70%의 좋은 성능을 보이나[2] 위의 결과로 볼 때 무선환경에서의 단일 노드에 단일 TCP를 인가하였을 시에는 각각의 성능이 많은 차이를 보이지 않으므로 어떠한 TCP를 사용하여도 무방하다는 결론을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 단일 노드에 각각의 단일 TCP가 인가 되어졌으므로 Ad-hoc망의 대역을 각각의 TCP알고리즘을 통해 최대로 사용하기 때문에 throughput의 차이를 보이고 있지 않는 것이다.

두 번째 실험은 실제 환경에서 Tahoe, Reno, 그리고 Vegas버전이 동시에 사용되어질 수 있음을 착안해 상기 첫 번째 실험과 같은 환경에서 단일 노드에 다중 TCP를 인가했을 경우 각각의 TCP 버전별 throughput을 측정하였다. 역시 거리별로 구분 지어 각각의 TCP 버전별 성능을 측정하였고 각각의 결과는 5번의 동일 시뮬레이션을 통한 결과를 평균낸 수치로 아래와 같은 표2를 얻을 수 있었다.

ver. \ dist.	Good-put (kbps)		
	Tahoe	Reno	Vegas
50 m	734	408	138
100 m	654	493	132
150 m	702	452	156
200 m	759	392	133
250 m	646	497	139

표2. 한노드에 다중TCP 인가시 거리별 throughput

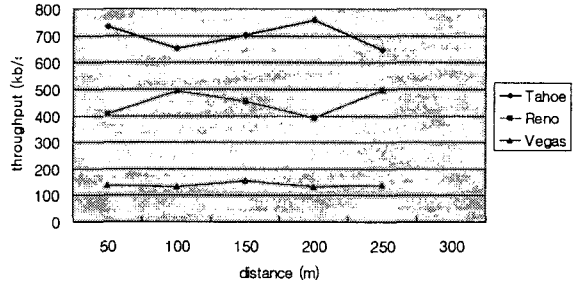


그림3. 단일노드에 다중TCP 인가시 거리별 throughput

throughput 성능이 좋은 순서로는 Tahoe, Reno, Vegas의 순서임을 알 수 있었고 각각의 성능이 그리 만족스럽지 못한 결과를 나타내고 있다. 따라서 무선 환경에서 단일노드에 다중의 TCP버전이 동시에 사용되어질 때 성능 면으로 그리 좋지 않은 결과를 나타냄을 알 수 있었다. 여기서 특히 주목해야할 점은

Vegas버전의 TCP가 성능이 가장 떨어지는 것으로 나타났는데 그 이유는 Tahoe와 Reno 버전은 Congestion Window의 크기를 망에서 패킷의 Drop이 발생할 때까지 증가시킨다. 하지만, Vegas 버전의 TCP는 ACK 패킷의 도착시간 등을 고려하여 Congestion Window의 값을 자신이 판단한 일정 수준으로 유지하는 알고리즘 특성을 가지고 있으므로 미리 다른 버전의 TCP가 대역의 일부를 선점하고 패킷을 전송하고 있으므로 미리 선점된 대역폭과 자신이 전송할 때 충돌이 발생하지 않을 정도의 대역만을 점유하게 됨으로 상대적으로 작은 양의 data만을 전송할 수 있게 된 것이다.

5. 결 론

유선 망에 적합하게 설계된 각각의 TCP는 무선환경에서 최적화된 Protocol이라 볼 수 없음을 상기 실험을 통해서 알 수 있었다. 무선LAN 사용자가 급증하고 있는 현 시점에 그 환경에 적합한 Protocol의 개발이 절실히 요구되어지고 있다. 향후 연구과제로는 Vegas 버전의 TCP와 Reno 및 Tahoe 버전의 TCP가 Ad-hoc환경이며 동시에 무선LAN의 형태의 망에서 동시에 사용되는 경우, 각 버전의 TCP가 무선망의 대역폭을 공평하게 사용하기 위한 연구가 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Lefevre, F.; Vivier, G.; Understanding TCP's behavior over wireless links ,Communications and Vehicular Technology, 2000. SCVT-200. Symposium on , 2000 , Page(s): 123 -130
- [2] Shugong Xu; Saadawi, T.; Myung Lee, Comparison of TCP Reno and Vegas in wireless mobile ad hoc networks, Local Computer Networks, 2000. LCN 2000. Proceedings. 25th Annual IEEE Conference on , 2000 Page(s): 42 -43
- [3] Magnus Frodigh, Ad-hoc 네트워킹의 개념과 특징, 시사컴퓨터, <http://www.sisait.co.kr/column/200103/buyers/tech-ad%20hoc.htm>
- [4] Farallon, Dr.Farallon's Guide to Wireless LAN Connectivity,<http://www.farallon.com/>