

# 무선 네트워크에 적합한 TCP Vegas 혼잡제어 기법

김정래, 추현승\*  
성균관대학교 정보통신공학부  
e-mail:witjung@ece.skku.ac.kr

## Suitable Congestion Control Mechanism based on TCP Vegas in Wireless Networks

Jungrae Kim, Hyunseung Choo\*  
School of Information and Communication Engineering,  
Sungkyunkwan University

### 요 약

무선 네트워크에서 TCP Vegas는 다양한 원인으로 발생하는 패킷 손실로 인해 전송률이 떨어진다. 다수의 패킷 손실이 발생하면 TCP Vegas의 혼잡제어 기법은 패킷 손실로 인해 혼잡윈도우가 증가되지 않는다. 본 논문은 TCP Vegas의 혼잡제어 기법을 수정하여 무선 네트워크에서 TCP Vegas의 성능을 향상시킨 wirelessVegas를 제안한다. wirelessVegas는 NS-2를 이용하여 시뮬레이션 한 결과 TCP Vegas보다 1%의 무선 링크 에러율에서 약 20% 높은 성능을 보인다.

### 1. 서론

무선 네트워크에서 Transmission Control Protocol (TCP) [1]는 패킷 손실의 원인을 혼잡으로 가정하고 전송량을 줄이는 혼잡제어 기법 [2]으로 인해 성능이 떨어진다 [4]. 그러나 TCP Vegas [4]는 기존의 TCP와 달리 패킷 손실의 원인을 혼잡으로 가정하고 전송량을 줄이는 혼잡제어 기법의 문제가 아닌 패킷 손실에 때문에 혼잡 윈도우 (cwnd)가 적절히 증가하지 못하여 무선 네트워크에서 전송률이 떨어진다. 특히, 무선 네트워크는 다양한 원인으로 패킷손실이 발생하므로 패킷손실이 발생할 확률이 유선 네트워크 보다 높다. 그러므로 TCP Vegas의 성능을 향상시키기 위해서는 기존에 연구되었던 TCP Reno [2]를 개선한 TCP Westwood [5], TCP Jersey [6]와는 다른 방법의 개선이 필요하다.

본 논문은 TCP Vegas의 혼잡제어 기법을 무선 네트워크에 적합하게 수정한 wirelessVegas 기법을 소개한다. 무선 네트워크에서 TCP Vegas는 다수의 패킷 손실로 인하여 cwnd가 증가되어야 하는 상황에서 증가시키지 못하는 문제를 갖는다. 따라서 wirelessVegas는 TCP Vegas의 a와 b에 따라 cwnd를 조절하는 기법을 보다 지능적으로 수정하여 무선 네트워크에서 TCP Vegas의 성능향상을 시도한다. NS-2 [7]를 이용하여 시뮬레이션 한 결과 wirelessVegas는 TCP Vegas에 비해 약 20%의 전송률 향상을 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 관련연구로

TCP Vegas를 소개하고, 3장에서 wirelessVegas 기법을 설명한다. 4장에서는 NS-2를 이용하여 wirelessVegas의 전송률을 평가하며, 5장은 결론으로 마무리한다.

### 2. 관련연구

선형 혼잡제어 방식인 TCP Vegas는 TCP Reno의 혼잡제어 알고리즘과 다르게 송신측에서 전송했던 패킷의 RTT를 측정하여 이를 기반으로 전송률을 조절하는 새로운 방식의 혼잡제어 알고리즘을 사용한다. TCP Vegas의 혼잡제어는 RTT (Round trip time)를 기반으로 전송할 수 있는 기대전송률 (Expected)을 현재 전송률(Actual)을 다음 식 (1)과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{기대전송률 (Expteted)} &= \frac{\text{전송윈도우크기}}{\text{최소 왕복시간}} \\ \text{실제전송률 (Actual)} &= \frac{\text{전송윈도우크기}}{\text{현재 왕복시간}} \end{aligned} \quad (1)$$

그 후 두 값의 차이 (diff)가 임계값인 a 보다 작으면 (diff < a) 전송윈도우를 증가시키고, 또 다른 임계값인 b 보다 크면 (diff > b)이면 전송윈도우를 감소시키는 방식으로 혼잡제어를 수행한다.

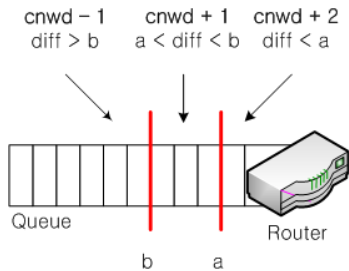
### 3. 제안 기법

wirelessVegas는 TCP Vegas의 혼잡제어 알고리즘을 수정하여 무선 네트워크에서 TCP Vegas보다 높은 성능을 보이는 혼잡제어 기법이다.

무선 환경에서 TCP Vegas는 다음과 같은 원인으로 전송률이 감소된다. 무선 링크의 특성으로 인한 다수의 패킷

\* Corresponding Author

손실로 네트워크에서 실제전송률(Actual)이 감소되면 diff의 차이가 커지기 때문에 TCP Vegas의 혼잡제어 기법은 혼잡원도우 (cwnd)를 지속적으로 감소시킨다. 만약 이전의 네트워크 상태가 악화되어 Actual이 감소된 경우, 다음 전송 때 패킷 손실로 인해 RTT가 갱신되지 않으면 지속적으로 cwnd를 감소시켜 데이터 전송량이 떨어지며 결과적으로 전송률이 떨어진다. 그러므로 cwnd를 적절히 조절하는 wirelessVegas 기법은 무선네트워크에서 TCP Vegas의 성능을 향상시킬 수 있다. 그림 1은 wirelessVegas의 혼잡제어 알고리즘을 표현한다.



(그림 1) wirelessVegas 혼잡제어

wirelessVegas는  $diff < a$ 이면 cwnd를 2 증가시키며,  $diff > b$ 이면 cwnd를 1 감소시킨다. 이는 공격적인 cwnd 증가를 완화시키는 역할을 한다. 또한  $a < diff < b$ 이면 현재 cwnd를 1 증가시킨다. 앞서 언급했듯이 무선 전송에서 TCP vegas는 cwnd를 증가시키지 못하고 계속적으로 감소나 유지를 시키기 때문에 전송률이 떨어진다. 그러므로 wirelessVegas 기법은 diff가 a와b 사이에 있을 때도 cwnd를 증가시켜 무선 네트워크의 특성으로 인해 유지되거나 감소되는 cwnd를 보정한다. 결과적으로 버퍼가 비어 있는 경우에 cwnd를 더 증가시켜 남은 버퍼를 더 이용하여 전송률이 향상된다.

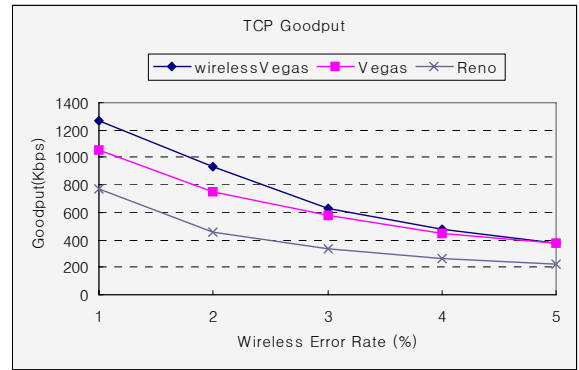
4. 시뮬레이션

wirelessVegas의 성능을 평가하기 위하여 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 다음 그림 2와 같은 토폴로지에서 무선 링크의 에러율을 1%에서 5%까지 변화시키면서 시뮬레이션 한다.



(그림 2) 시뮬레이션 토폴로지

시뮬레이션은 goodput을 산출하며, goodput은 네트워크를 통해 효과적으로 전달된 데이터의 양, 즉 ACK를 받은 데이터의 양이다. 시뮬레이션 결과 wirelessVegas는 1%의 무선 링크 에러율에서 TCP Vegas에 비해 약 20%정도 높은 goodput을 보인다. 그림 3은 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



(그림 3) wirelessVegas의 시뮬레이션 결과

5. 결론

본 논문은 무선 네트워크에서 TCP Vegas의 성능 향상을 시도한 wirelessVegas를 제안한다. wirelessVegas는 다수의 패킷 손실이 발생하는 무선 네트워크의 특징을 반영하여 cwnd를 조절하는 혼잡제어 기법으로 TCP Vegas에 비해 1%의 무선 링크 에러율에서 20%의 성능향상을 보인다. 그러나 wirelessVegas는 지금까지 제안된 다른 무선 TCP에 비해 다소 성능이 낮은 점을 보완하여야 하며, fairness와 friendliness 측면의 평가도 필요하다.

Acknowledgments

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음, IITA-2006-(C1090-0603-0046). 교신저자: 추현승.

참고문헌

- [1] J. Postel "Transmission control protocol," RFC 793, 1981
- [2] M. Allman, V. Paxson, and W. Stevens "TCP Congestion control," RFC 2581, 1999
- [3] Y. Tian, K. Xu, and N. Ansari "TCP in wireless environments: problems and solutions," IEEE Radio Communications, vol. 43, no. 3, pp.27-32, Mar 2005
- [4] L. Brakmo and L. Peterson, "TCP Vegas: End to end congestion avoidance on a global internet," IEEE JSAC, vol. 13, no. 8, pp.1465-1480, Apr 1999
- [5] C. Casetti, M. Gerla, S. Mascolo, M.Y. Sanadidi, and R. Wang "TCP Westwood: bandwidth estimation for enhanced transport over wireless links," ACM/IEEE MobiCom, pp.287-297, Jul 2001
- [6] K. Xu, Y.Tian, and N. Ansari "TCP-Jersey for wireless IP communications," IEEE Journal of Selected Areas in Communications, vol. 22, issue 4, pp.747-756, May 2004
- [7] UCB/LBNL/VINT Network Simulator [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>