

무선 환경에서 동적 워터마크 기반의 상태 정보 추적 알고리즘

김도신*, 강대욱*

*전남대학교 전산학과

e-mail : kds6221@nate.com, dwkang@chonnam.ac.kr

Link State-Tracing Algorithm Based Dynamic Watermark in Wireless Environment

Do Sin Kim*, Dae Wook Kang*

*Chonnam National Univ, Dept. of Computer Science.

요 약

무선 환경에서는 모바일 기기의 이동 혹은 링크의 충돌, 부족한 대역폭 등 모바일 기기의 외적 환경 변화에 의해 무선 링크의 단절이 빈번하게 일어나는데, 링크의 단절은 네트워크 자원을 사용하는 어플리케이션의 에러로 이어진다. 이러한 무선 환경의 단절을 어플리케이션이 알 수 있다면, 링크의 단절로 인한 어플리케이션의 에러를 방지 할 수 있게 된다. 본 논문에서는 어플리케이션이 무선 링크에 적응할 수 있도록 링크의 상태 정보를 판단 및 예측할 수 있는 dynamic watermark 기반의 상태 정보 추적 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

모바일 기기가 보편화 되어감에 따라 무선 환경의 협소한 대역폭, 잦은 단절, 높은 에러율, 제한된 사용범위 등 여러 문제에 직면했지만, 그에 따른 대책은 미미한 상태이다[1]. 이러한 문제의 대안으로 무선 링크의 상태 정보를 어플리케이션에 보고하는 메커니즘이 제안되고 있다[2,3].

링크의 상태 정보란 현재 무선 링크의 시그널의 질(quality), 강도(strength), 잡음 상태(noise) 등을 총칭하여 가리키는 말로, 무선 기기 혹은 무선 기기와 AP(Access Point)와의 통신 상태를 의미한다. 상태 정보는 현재의 통신 상태를 가리킴으로 상태 정보를 분석하면, 현재의 링크 상태를 알 수 있다.

네트워크를 사용하는 어플리케이션은 일반적으로 네트워크 환경에 대하여 전혀 인식하지 않는다. 단지 시스템이 제공해 주는 서비스만을 사용하여 네트워크 자원을 이용하게 되는데, 이것은 어플리케이션이 링크의 상태 정보를 전혀 알 수 없게 하여 적응을 어렵게 만드는 이유이다.

어플리케이션을 무선 링크에 적응 시키는 방법으로 링크의 상태 정보를 ICMP 메시지를 이용한 직접 전

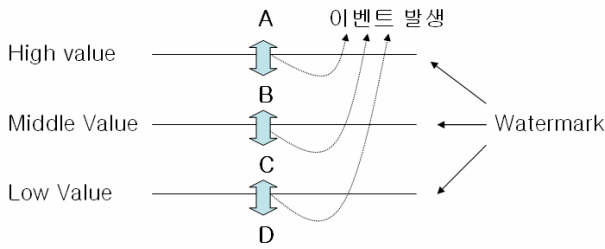
달[2,3], TCP/IP 프로토콜 상단에 미들웨어를 제공 하는 방법[4], 무선랜 디바이스 드라이버의 전송 메커니즘 수정[5] 등 다양한 방법들이 제안되었다.

본 논문에서는 WAMNET 미들웨어[4] 에서 무선 링크의 상태 정보를 이용하여 링크의 연결 상태 변화와 단절을 효율적으로 예측할 수 있는 단절 예측 알고리즘인 dynamic watermark 기반의 상태 정보 추적 알고리즘을 제안한다.

2. 관련 연구

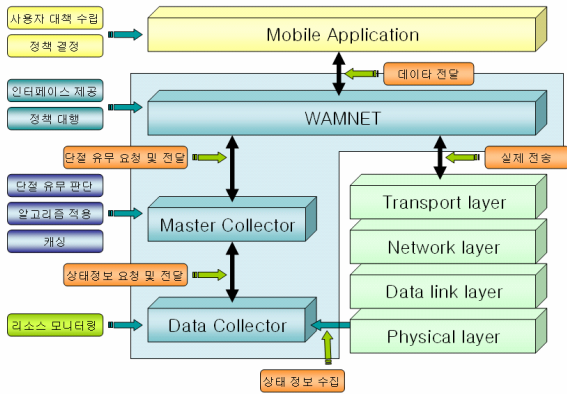
2.1 Watermark

무선 링크에서는 링크의 상태 정보가 수시로 변하게 되는데, 상태 정보가 변할 때 마다 항상 어플리케이션에 통보하고자 한다면, 어플리케이션에 너무 많은 부하가 걸리게 된다. 따라서 특정한 지점에 threshold 라는 임계 값을 주어 watermark 로 지정해 놓고 [그림 1]와 같이 상태 정보가 그 지점을 교차할 경우만 어플리케이션에 상태 정보의 변화를 알리게 된다[6,7].



[그림 1] Watermark

2.2 WAMNET 미들웨어



[그림 2] WAMNET 미들웨어 구성도

WAMNET 미들웨어는 [그림 2]과 같이 구성 되어 있으며, 프로토콜 스택의 전송 계층 상단에서 유저 어플리케이션을 대항 하여 상태 정보의 전달 및 분석 그리고 유저 어플리케이션을 위한 다양한 서비스를 제공한다.

2.3 적응(Adaptation)

TCP/IP 프로토콜을 사용하여 통신하는 무선 기기는 증가하고 있지만, TCP/IP 프로토콜은 전혀 무선 환경을 고려하지 않은 설계로 인해 무선 환경에서 자주 일어나는 단절, 간섭, 페이딩(fading) 등에 적절히 대처하지 못한다. 무선 환경에 적응이란 상태 정보의 수집과 분석 그리고 변화 하는 링크에 능동적으로 대처하는 일련의 활동을 총칭 한다.

3. 상태 정보 예측 알고리즘

3.1 상태 정보 예측의 필요성

링크의 상태 정보는 큰 폭의 변화를 자주 겪게 되는데, 이 변화가 아주 짧은 시간에 걸쳐서 일어날 수도 있고, 매우 긴 시간에 걸쳐서 일어날 수도 있다. 이러한 상태의 변화를 미리 예측 하는 것은 현재 상태를 아는 것만큼이나 중요하다. 링크의 현재 상태와 결부하여 예측된 상태 정보는 어플리케이션에 단절의 지속 여부와 모바일 기기의 움직임 정보까지 제공 해 줄 수 있기 때문이다.

3.2 가중치 알고리즘

모바일 기기가 사용자에게 의해 느린 속도로 이동할

때는 일반적으로 통신 상태는 선형적으로 변화하게 된다. 따라서 이전 상태를 알고 있다면, 미래 상태도 어느 정도 예측할 수 있게 된다. 본 논문에서는 가중치 알고리즘을 적용 하여 이전 상태 값을 계속 축적하고, 링크의 변화폭을 가중치에 더하여 미래 값을 예측 하였다. (Est 는 상태 예측 값, Acc 는 축적 값, W 는 가중치 Cv 현재 값, Q 는 link quality, L 은 signal level)

$$Est(Q, L) = Acc(Q, L) * (1 - W) + W * Cv(Q, L)$$

[수식 1] 가중치 알고리즘

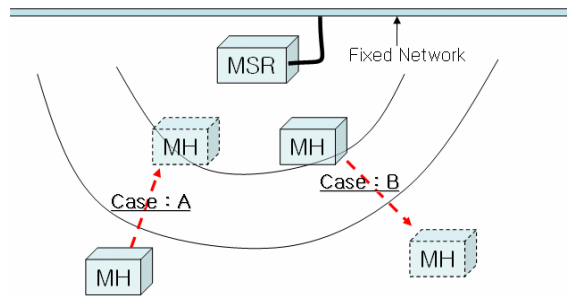
가중치 알고리즘을 사용함으로써 순간적 변화로부터 원상 복귀 되는 지점을 평준화 시켜, 불필요한 이벤트 발생을 방지할 수 있다.

3.3 기울기 계산

기울기 값의 계산은 상태 정보를 예측하고 평가하는데 장점이 되는데, 첫째 기울기 값의 부호는 모바일 기기의 이동 방향을 의미하며, 둘째 기울기 값의 크기에 따라서 모바일 기기의 이동 속도를 알 수 있다. 셋째 가중치 알고리즘에 기울기 값을 이용하여 가중치를 능동적으로 변화 시킴으로써 시스템에 영향을 주지 않는 수준의 변화는 무시할 수 있다. (S 는 상태 정보 값, x 는 상황에 따라 정해지는 값, a 는 기울기)

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow x} \frac{S_2(Q, L) - S_1(Q, L)}{\Delta t}$$

[수식 2] 기울기 값



[그림 3] 모바일 기기의 움직임

[그림 3]은 모바일 기기의 예상되는 이동 시나리오이다. case A 경우 링크의 시그널이 좋은 쪽으로 이동하는 경우이고 case B 의 경우는 시그널이 나빠지는 쪽으로 이동한 경우이다. case A 의 경우 기울기 값은 양수가 되며, case B 의 경우 기울기 값은 음수가 된다.

3.4 능동적인 가중치 W 와 변화량 x 값의 변경

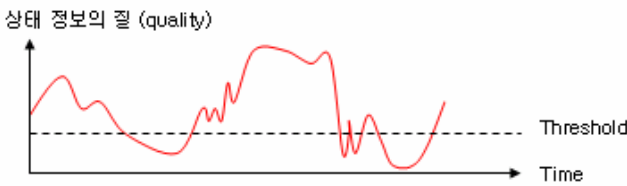
기울기 값의 크기를 계산하여 기울기 값이 큰 경우에는 모바일 기기의 이동 속도나 환경의 변화가 빠른 경우임으로 [수식 1]의 가중치 W 를 큰 값으로 변경하고, [수식 2]의 x 를 작은 값으로 변경시켜 시스템이 정확하고 민첩하게 링크의 흐름에 대처 하도록 한다. 반대로 기울기 값이 작은 경우는 모바일 기기의 이동

속도나 무선 환경의 변화가 작은 경우이기 때문에 W는 작게 x는 큰 값으로 하여 값들을 평준화 시켜 불필요한 이벤트 발생을 방지한다.

4. Dynamic Watermark

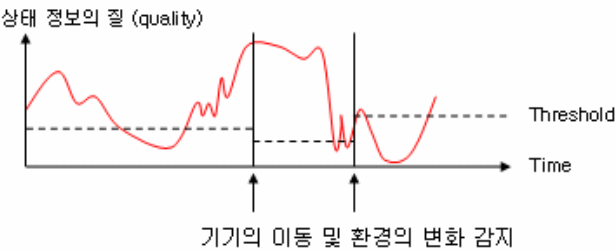
4.1 Dynamic watermark

일반적인 watermark의 임계(threshold) 값은 특정 한 상태 정보 값에 [그림 4]같이 고정되어 있다. 링크의 상태 정보가 threshold 값을 교차하면 이벤트를 발생 시키는데, 이런 경우 모바일 기기의 이동이나 장애물 발생 등 무선 링크의 환경이 변하여 실제 threshold 값이 변화했을 때 적절히 대응하지 못함으로 계속해서 뒤늦은 이벤트의 발생 및 단절 예측의 불일치 문제가 발생한다.



[그림 4] 고정된 Threshold 값

따라서 무선 링크의 환경이 변화를 감지 했을 때 적절히 대응하기 위하여, 동적으로 링크의 환경 변화에 대응하는 watermark 기법이 필요하다.



[그림 5] Dynamic Watermark

[그림 5]는 Dynamic Watermark 기법을 적용한 뒤의 watermark로 모바일 기기의 이동 및 환경의 변화를 감지한 후 적절하게 threshold 값을 변화시킨다.

모바일 기기의 이동 및 환경의 변화 감지는 가중치 알고리즘과 기울기의 변화 그리고 링크의 전송 실패를 결합하여 알 수 있다. 초기 threshold 값 위에서 연속된 링크의 전송 실패가 감지 될 때, 축적된 상태 예측 값과 전송 실패 이후의 값 그리고 링크의 상태 정보 기울기의 갑작스러운 변화가 확인될 때 threshold 값을 변화시키게 된다.

4.2 정적인 watermark 와 동적인 watermark 비교

정적으로 고정되어 있는 watermark에서 각 상태 정보의 값들과 동적으로 변화시킨 watermark 값들을 비교하여 실제 각 모델 별로 예측의 차이를 비교한다.

실험 환경은 RedHat Linux 8.0 기반에서 WAMNET 미들웨어를 사용하여 UDP 패킷 전송 프로그램을 이

용하였다. 실험은 매회 0.1 초당 1 회씩 총 1000 회 전송을 30 회 실시하여 평균을 구하는 방식으로 진행되었으며, 테스트 환경은 일반 사무실 환경 내에서 모바일 기기의 간단한 직접 이동 및 갑작스런 장애물의 출현 등 최대한 일반 모바일 기기의 사용 환경에 비슷하도록 셋팅 하였다.

실험 데이터로 사용된 각 임계(threshold) 값은 실험적으로 너무 낮거나 높은 것은 제거하고, 선택 가능한 6~13 값을 선택하여 동적(dynamic)으로 변화시킨 threshold 값과 비교하였다.

Threshold 값	실패 진단율 (%)	성공 진단율 (%)	에러율 (%)	낭비율 (%)
6	69.5	99.5	30.5	0.5
7	75.2	98.5	24.8	1.5
8	80.0	97.9	20.0	2.0
9	85.7	97.4	14.3	2.5
10	88.5	95.9	11.4	4.1
11	94.3	93.3	5.7	6.6
12	95.2	90.8	4.8	9.2
13	97.0	89.2	2.8	10.8
Dynamic Watermark	97.1	96.9	2.9	3.1

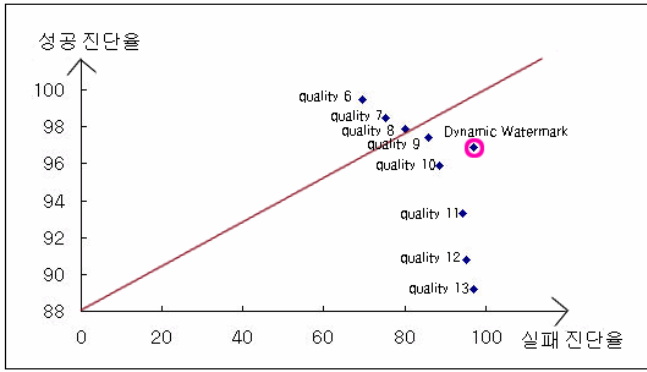
[표 1] 실험 결과 표

실패 진단율은 실제로 링크에서 실패가 일어났을 경우 이를 정확하게 예측한 경우이다. 성공 진단율 또한 실제 링크에서 전송이 성공했을 경우 이를 잘 예측한 경우이다. 반대로 에러율이란 링크의 전송은 실패했지만 예측치는 정반대로 전송 가능으로 추정된 경우이다. 낭비율은 링크의 전송은 성공했지만 예측치는 단절로 나온 경우이다. 이번 실험은 실패 진단율과 성공 진단율이 높을수록 에러율과 낭비율이 낮을수록 좀 더 나은 성능을 발휘한 것이다.

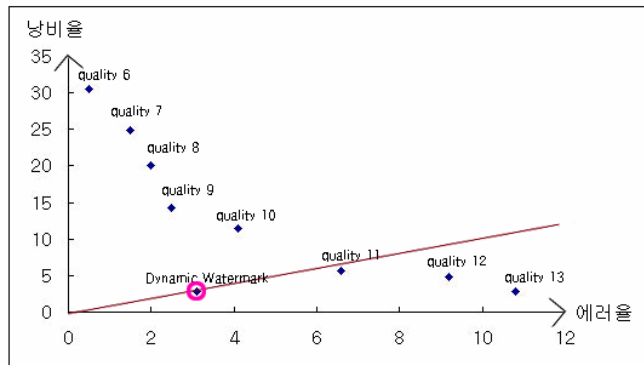
4.3 실험 결과 분석

[표 1]에서 보이는 것과 같이 threshold 값이 높을수록 링크의 실패를 잘 예측하는데, 이것은 낭비율과 결합하여 threshold 값이 높을수록 대다수의 링크 상태 정보를 단절로 예측하기 때문에 나타난다. 반대로 성공 진단율은 threshold 값이 낮을수록 높게 나타나는데 이것 또한 에러율과 결합하여 대다수 링크의 상태 값을 연결되어 있음으로 예측하기 때문이다.

동적인 threshold 값은 실패 진단율에 있어서는 제일 높은 값을 나타낸 반면에 에러율은 낮은 편에 속해 실제로 링크의 단절을 잘 예측하고 있음을 나타낸다. 성공 진단율 또한 높은 측에 속한 반면 낭비율도 비교적 낮아 링크의 연결 상태 또한 잘 예측하고 있음을 나타낸다.



[그림 6] 실패 진단율과 성공 진단율



[그림 7] 낭비율과 에러율

[그림 6]은 [표 1]의 실패 진단율과 성공 진단율 분포도로 표현한 것으로 (100, 100)에 근접할수록 좋은 예측율을 보이는 것이고, [그림 7]은 낭비율과 에러율을 표현한 것으로 (0, 0)에 근접할수록 좋은 예측율을 보이는 것이다. Dynamic watermark 기반의 단절 예측 알고리즘으로 예측한 결과치가 가장 (100, 100) 그리고 (0, 0)에 가장 가까이 있음을 한눈에 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 무선 환경에서 정해진 threshold 값을 사용한 watermark 기법이 가지는 무선 링크의 환경 변화에 대한 취약성을 해결하고자 링크의 단절과 변화를 예측하고 능동적으로 대처하기 위해 dynamic watermark 기반의 상태 추적 알고리즘을 제안하고 비교 실험 해보았다.

모바일 기기의 이동과 링크의 변화를 감지하기 위해서 가중치 알고리즘과 기울기 값을 계산, 기울기 값의 갑작스런 변화와 전후 가중치 값을 비교하여 차가 크게 나타날 경우 링크의 전송 실패를 감지하여, 실패가 감지될 경우 기기의 이동과 링크의 환경 변화를 가정하고 threshold 값을 전송 실패가 일어나지 않도록 변화 시켰다.

[표 1]과 같이 정적으로 고정된 threshold 값을 사용한 watermark 기반의 이벤트 발생 기법에 비해 dynamic watermark 기반의 예측 알고리즘 성능이 단절 예측에 있어서 많은 개선이 있었음을 확인할 수 있었다.

향후 연구 과제로는 실패 진단율과 에러율을 최대

한 줄일 수 있도록 모바일 기기의 이동 패턴과 환경 변화 패턴을 분석하여 그에 알맞은 알고리즘의 설계가 필요하다.

참고문헌

- [1] Dan Duchamp and Neil F. Reynolds, "Measured Performance of a Wireless LAN," In Proceedings of the 17th IEEE conference on Local Computer Networks, 1992.
- [2] Gabriel Montenegro and Steve Drach, "System Isolation and Network Fast-Fail Capability in Solaris," In Proceedings of the 2nd USENIX Symposium on Mobile and Location-independent Computing, 1995.
- [3] 양진기, "무선 링크에 적응하는 자바 응용 프로그램을 위한 리소스 모니터 설계 및 구현," 전남대학교 학위 논문, 2002.
- [4] 김도신, 강대욱 "모바일 환경에서 링크 상태 정보 전달 미들웨어의 설계 및 구현," 한국통신학회 하계 학술발표회, Vol. 31, 2005.
- [5] B. R. Badrinath and Pradeep Sudame, "To Send or not to Send: Implementing Deferred Transmissions in a Mobile Host," 16th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, 1996.
- [6] Pradeep Sudame and B.R. Badrinath, "On Providing Support for Protocol Adaptation in Mobile Wireless Network," Mobile Networks and Applications, 2001.
- [7] B.R Badrinath and Girish Welling, "Event Delivery Abstractions for Mobile Computing," Tech. Rep. LCSR-TR-242, Rutgers University, 1995.