

Ad Hoc 환경에서의 Utilization Metric을 이용한 SSA 라우팅 프로토콜에 관한 연구

지 종 복[†] · 박 주 하^{**} · 이 강 석[†] · 송 주 석^{***}

요 약

Ad-hoc 네트워크 환경에서의 많은 라우팅 알고리즘들은 소스 라우팅 기법을 기초로 설계되었으며 밀집된 ad-hoc 환경에서의 최단경로설정은 짧은 기간동안만 유지되는 제약사항이 존재한다. 때문에 SSA와 ABR과 같은 라우팅 프로토콜은 링크 안정성을 고려하여 좀더 안정적인 경로를 탐색한다. 본 논문은 Ad-Hoc network 환경에 현실적으로 적합한 SSA 라우팅 알고리즘을 바탕으로 utilization 메트릭을 고려한 새로운 라우팅 기법에 대해 제안한다. 제안된 방식에서는 SSA의 특정 메트릭에 의한 병목현상을 해결하기 위해 연결을 위한 여러 경로들을 누적 utilization에 따라 분산시키도록 하여 네트워크상의 로드 밸런싱을 추구하였다. 성능 분석을 위해 기존의 라우팅 기법인 AODV와 SSA를 참고 비교 대상으로 하였다. ns-2 네트워크 시뮬레이션 결과 선택되어질 수 있는 안정적인 route가 많은 경우 전체 트래픽이 여러 경로들로 분산되어 경로 재설정(route reconstruction) 횟수를 현저히 줄이는 좋은 성능을 보였다

키워드 : Ad-hoc 네트워크, SSA, Utilization 메트릭

A Study of SSA Routing Protocol using Utilization Metric in Ad Hoc Networks

Jong-Bok Ji[†] · Joo-Ha Park^{**} · Kang-Seok Lee[†] · Joo-Seok Song^{***}

ABSTRACT

Many routing algorithms, proposed for ad-hoc wireless networks, are based on source routing scheme and shortest path route has short lifetime especially in highly dense ad-hoc wireless networks. So some routing protocols such as SSA and ABR are considering the link stability and try finding more stable route. In this paper we propose a new routing algorithm considering utilization metric based on SSA routing algorithm in Ad-Hoc networks. To reduce the bottleneck by specific metric of SSA, proposed scheme makes load balancing in networks by distributing the connections to several routes. For the evaluation of the performance we compare our scheme with existent routing protocol AODV and SSA. And the results, obtained using the ns-2 network simulation platform, show good performance that reduced the number of reconstructions remarkably by distributing the whole traffic to several routes when there are several stable routes.

Key Words : Ad-hoc Network, SSA, Utilization Metric

1. 서 론

무선 인터넷 및 관련 장비의 보급 확산에 따라 무선 이동 통신을 사용하고자 하는 사용자와 이동통신 단말 장치에서 사용되는 프로그램의 종류 및 수는 매우 빠르게 증가하고 있다. 이와 더불어 Ad-Hoc 네트워크 역시 보안 강화, 라우팅, 에너지관리, 멀티캐스팅 등 여러 분야에 걸쳐 많은 발전을 하고 있다.[1]

Ad-Hoc 네트워크에 참가하는 노드들은 예측할 수 없는 이동성을 가지며 네트워크가 수시로 자연스럽게 생성되었다가 소멸되는 특징을 가진다.[2] 또한 모두 무선 이동 노드이며 end-to-end 간의 통신에 많은 무선 노드들이 중간노드의 역할을 하므로 고정된 라우팅정보, 디폴트 라우터를 사용할 수 없다. 그러므로 table-driven/proactive 방식보다는 전송할 데이터가 있을 때마다 경로를 찾아내는 on-demand/reactive 방식이 Ad-Hoc 네트워크에서는 오히려 더 효과적이다. 현재 많은 Ad-Hoc 네트워크 라우팅 알고리즘들이 table-driven/proactive 방식 보다는 on-demand/reactive 방식으로 거리를 나타내는 홉수를 메트릭으로 사용한다.

Ad-Hoc 네트워크상에서 거리를 나타내는 홉수만으로 메트릭을 사용할 경우 end-to-end 사이의 거리는 가까울 수 있

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

† 준 회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정

** 정 회원 : 삼성전자 정보통신연구소

*** 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 정교수

논문접수 : 2005년 1월 14일, 심사완료 : 2005년 5월 2일

으나 주변 환경의 간섭, 잡음 등의 외부요소로 인해 경로(route)의 상태가 불안정하며 실패율, 전송시간, 재전송 횟수가 증가 할 수 있다. Ad-Hoc 네트워크의 이런 점을 고려하여 제안된 것이 SSA(Signal Stability-Based Associative Routing) 알고리즘이며 신호세기와 위치안정성(location stability)을 주요 메트릭으로 사용한다[1]. 그러나 한 가지 메트릭을 통해 경로를 결정하다 보면 메트릭의 특성으로 인해 특정 노드로 트래픽이 몰리는 현상이 발생하며 특정 노드의 utilization이 높아져 병목현상이 발생하게 된다[5]. Utilization이 높은 노드가 설정된 경로의 중간 노드의 역할을 하게 되면 이 노드를 사용하는 모든 노드들은 delay(지연)가 커지게 되고 네트워크의 전체 효율성은 낮아지게 된다.

본 논문은 Ad-Hoc 네트워크 환경에 현실적으로 적합한 SSA 알고리즘을 바탕으로 utilization 메트릭을 고려하게 하여 네트워크상의 로드 밸런싱(load balancing)을 추구하고 병목현상을 막아 전체 네트워크의 효율성을 높임으로 인해 Ad-Hoc 네트워크상에 QoS 제공을 용이하게 하는데 그 목적이 있다.

2. 관련 연구

2.1 Ad-Hoc 네트워크

Ad-Hoc 네트워크는 무선통신이 가능한 2개 이상의 장비가 모여 이루는 네트워크이다. 이런 장비들은 각 장비의 전파 도달거리 이내에 있는 다른 노드들과는 직접적으로 통신할 수 있으며 일반적으로 범위 밖에 있는 노드들과도 중간 노드들의 패킷 전달방식을 통해서 통신할 수 있다.

Ad-Hoc 네트워크는 매우 적응성이 높은 네트워크로서 관리자의 의지 없이도 스스로 네트워크가 수시로 생성되거나 소멸되는 자기 구조적이므로 자신과 통신할 수 있는 이웃 노드들에 대한 연결 지속성 및 통신 가능성을 측정하는 과정이 필요하다.[2]

Ad-Hoc 네트워크는 이동성이 전제되므로 설정된 경로들의 변화를 갱신해야 하는 횟수가 많아지며 갱신과정은 브로드캐스팅 방식을 사용하게 되므로 대역폭의 낭비를 가져오게 된다[2]. 따라서 유선망의 방식과는 다른 Ad-Hoc 네트워크에 적합한 새로운 라우팅 알고리즘이 필요하다.

2.2 SSA(Signal Stability-Based Associative Routing)

SSA(Signal Stability-Based Associative Routing)[1]알고리즘은 본 논문의 기본이 되는 알고리즘으로서 거리 메트릭이 아닌 노드와 노드사이의 신호세기와 위치안정성을 고려하여 경로를 선택한다. 이런 기준으로 선택된 경로는 강한 연결성과 안전성을 가지게 된다. SSA는 두 개의 프로토콜 부분으로 나뉘어 진다. 한 부분은 DRP(Dynamic Routing Protocol)이며 다른 한 부분은 FP(Forwarding Protocol)이다. DRP는 Signal Stability Table(SST)와 Routing Table(RT)를 유지 관리한다. SST는 이웃 노드들의 신호세기를 기록하며 신호세기 값은 주기적인 링크 계층의 beacon 값 또는 Hello 메시지를 통해 얻을 수 있다. 주기적인 시간 간격을 click이라고 하

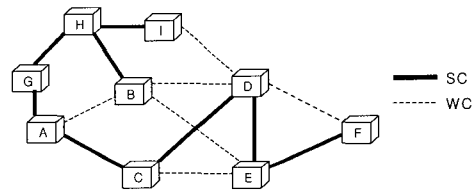
며 clicks는 특정 값 이상의 신호세기를 가진 beacon 혹은 Hello message의 연속적인 수신 횟수를 나타낸다. clicks의 값이 주어진 click 임계치(threshold)값보다 커지게 되면 노드와 노드사이의 링크는 SC(strong Channel)이 되며 작을 경우는 WC(Weak Channel)이 된다.

모든 수신된 패킷은 DRP를 통해 FP로 전달이 되며 DRP는 각종 테이블의 엔트리를 수신된 패킷을 통해 유지 관리하게 된다. FP는 기본적인 라우팅과 관련된 기능을 수행하므로 의도된 목적지 노드로부터 패킷이 왔을 경우 스택(stack)에 저장하며 그렇지 않을 경우 RT를 참조하여 라우팅 기능을 수행하게 된다. RT에 없는 목적지를 가지는 패킷의 경우 경로탐색(route search)을 실행하게 되며 경로탐색 과정은 AODV나 DSR 알고리즘의 경로탐색 과정과 비슷하다. 다른 점은 SSA는 SC와 WC로 구별된 노드와 노드사이의 상태에 따라 SC로부터 전송된 route request만을 이웃 노드에 전송하여 경로의 품질을 안정한 것으로 설정한다는 점이다. 목적지 노드는 도착한 route request들 중 가장 먼저 도착한 것에 대해서만 route reply 패킷을 생성 전송하므로 선택된 경로는 SC들로만 구성된 가장 짧은 것(strongest signal stable and shortest route)이다.

3. QoS 관점에서의 SSA의 문제점

앞 절에서 설명한 것처럼 현재 대부분의 Ad-Hoc 라우팅은 기존의 유선 네트워크상의 라우팅 알고리즘을 On-demand 방식으로 개선한 목적지 기반(Destination based) 라우팅 방식이다. SSA 역시 다른 라우팅 알고리즘과 같이 목적지 기반 라우팅 방식을 따르지만 신호세기를 통한 안정성(stability)이라는 개념의 메트릭을 사용함으로써 QoS지원에 더 가깝게 접근했다. 그러나 거리 메트릭에 신호세기 개념을 추가하였다고 하여 QoS지원을 쉽게 할 수 있는 것은 아니다.

QoS 측면에서 발생하는 SSA의 비효율성 문제의 예를 들어보겠다.



(그림 1) SC로의 경로(route)

(그림 1)와 같이 SC로만 경로가 설정될 경우 I는 F까지 훨씬 짧은 I-D-E-F 혹은 I-D-F가 아닌 I-H-G-A-C-D-E-F로 설정하게 된다. 그리고 A 노드의 경우 B, G, H, I 노드들의 게이트웨이 역할을 하게 되므로 utilization이 높아져 혼잡(congestion)이 발생할 수 있다. 결국 A, G, H, I가 구성하는 영역은 최대혼잡지점(congestion hot spot)이 되어 delay가 높아지게 되고 I, D, F가 구성하는 영역은 트래픽의 이동이 없는 상태가 되는 비효율적인 문제가 발생하게 된다.

4. QoS 지원을 위한 확장 SSA

SSA가 신호세기를 이용한 안정성(stability)에 근거한 라우팅이라 할지라도 변화하는 네트워크환경 하에서는 SSA 역시 다른 On-Demand 방식의 라우팅 알고리즘과 같이 혼잡(congestion)에 매우 취약하다. 이런 문제의 원인은 목적지 기반 라우팅에 근거하여 최단경로만을 고려하였을 뿐 각 노드의 utilization을 고려하지 않아 발생하는 병목현상에 의한 것이다[6]. 최대 혼잡지점의 발생은 전송 delay의 증가를 가져오며 전체 네트워크 자원의 비효율적 활용 및 각 노드의 성능 저하를 가져온다[5]. 이런 문제들을 해결하기 위해서 각 노드는 자신이 선택하려는 경로가 지역적으로 SC이며 최단경로라는 면만을 고려할 것이 아니라 병목현상을 막을 수 있는 또 다른 메트릭을 고려해야 한다. 본 논문은 이런 또다른 메트릭으로 해당 노드들의 utilization을 고려하게 하여 경로설정시 최단경로 혹은 SC위주의 경로는 아니더라도 더 효율적이며 결과적으로는 delay가 적은 경로를 선택하는 프로토콜을 제안한다. 본 논문에서 utilization을 고려한 확장된 SSA 라우팅 알고리즘을 USSA(Utilized Signal Stability-Based Associative Routing)라 명하며 SSA의 기본 메시지와 USSA의 기본 메시지의 구분을 위해 USSA의 확장된 메시지는 메시지명 앞에 U를 덧붙인다.

4.1 SSA에서 USSA로의 확장

Utilization 정보를 라우팅에 반영한 USSA를 구현하기 위해서 SSA는 크게 utilization정보를 모으는 기능과 경로설정시 utilization을 고려하는 기능을 추가하여야 한다. 2.1.1에서 설명한 것처럼 SSA은 크게 FP와 DRP 프로토콜로 구성되어 있으며 각 프로토콜에서 관리하는 SST와 RT가 존재한다. 다음 절에서는 utilization에 대한 정보수집과 라우팅 확장을 위해 각 SSA를 구성하는 모듈 및 패킷들의 확장을 설명한다.

4.1.1 SST(Signal Stability Table)의 확장

기존 SSA에서 사용되는 SST는 다음과 같은 엔트리로 구성되어진다.

〈표 1〉 SST 테이블의 엔트리(Entry)

Host	Signal Strength	Last	Clicks	Set
X				
Y				

SSA는 Link Layer의 도움을 받아 전달 받은 beacon 메시지의 정보를 통해 패킷신호세기와 위치안정성(location stability)을 결정한다. SST에 저장되는 정보 중에서 중요한 것은 Set으로서 해당 호스트와의 컨넥션 품질을 알려준다. USSA로 확장할 경우 컨넥션의 품질뿐 아니라 자신의 utilization에 대한 정보도 경로선택 과정에 필요하므로 기록해야 한다. 뿐만 아니라 상위 프로그램의 요구에 따라 다음 홉 노드의 utili-

zation이 높으면 새로운 경로를 찾아야 하므로 이웃 노드들의 utilization정보가 필요하며 정보를 저장할 수 있도록 확장된 USST는 <표 2>와 같은 엔트리로 구성되어 진다.

〈표 2〉 USST 테이블의 엔트리(Entry)

Host	Signal Strength	Last	Clicks	Set	Utilization
X					
Y					

Utilization 정보는 beacon 혹은 Hello 메시지를 통해 전달될 수 있으며 이를 위해 본 논문에서는 data link layer의 beacon 혹은 hello message를 변형하여 utilization 정보를 전달할 정도 크기의 데이터를 주고받을 수 있다는 가정을 하였다. 업데이트되는 주기는 다른 엔트리 구성요소들과 같다.

SSA에서 경로를 찾는 과정에서 Route Request 메시지를 전송받은 노드는 컨넥션 품질과 PREF의 정보에 따라 Route Request 메시지를 전송하게 된다. PREF는 STRONGLINKONLY와 NOPREFERENCE 두 가지를 가지며 STRONGLINKONLY일 경우 컨넥션이 SC일 경우에만 이웃 노드들로 전송을 하고, NOPREFERENCE일 경우 컨넥션 종류에 상관없이 전송하게 된다. USSA에서는 Route Request 메시지 전송 시 컨넥션의 품질뿐만 아니라 노드의 utilization을 고려하므로 PREF는 기존 두 가지에서 LOWUTILIZATION과 DONCARE가 추가되어 각각 STRONGLINKONLY-LOWUTILIZATION, STRONGLINKONLY-DONCARE, NOPREFERENCE-LOWUTILIZATION, NOPREFERENCE-DONCARE의 네 가지 경우로 확장이 된다. 따라서 주어진 PREF, 이전 노드와의 컨넥션 품질, 노드의 utilization에 따라 Route Request 메시지의 전송 여부가 결정되어 진다.

4.1.2 패킷 포맷

<표 3>는 SSA의 패킷 포맷이다.

〈표 3〉 SSA의 패킷 포맷

DA	SA	SEQ	TTL	TYPE	PREF	LEN	CRC	DATA
----	----	-----	-----	------	------	-----	-----	------

DA와 SA는 목적지 노드와 소스 노드의 주소를 의미하며 SEQ는 소스 노드에 의해 부여되는 고유한 번호이다. TTL은 네트워크상에 loop을 방지하기 위해 사용되며 TYPE은 현재 패킷의 종류를 나타낸다. 종류는 각각 UNICASTDATA, FLOODDATA, ROUTESEARH, ROUTEREPLY, ERROR, ERASE이다. PREF는 앞에서 설명한 것처럼 설정되는 경로의 품질에 대한 설정이며 LEN은 전체 패킷의 크기를 나타낸다. CRC는 패킷의 파손여부 판별에 필요한 코드이며 DATA는 패킷 타입에 따라 다르다.[1] USSA의 경우 기존 SSA에 큰 변화를 줄이기 위해 패킷 포맷에 큰 변화는 없다.

4.2 USSA의 Utilization

SSA을 USSA로 확장하는데 있어 가장 중요한 것은 각 노드의 utilization이다. Utilization은 Ad-Hoc 네트워크에 참가하는 장치의 종류에 따라 다양하게 측정 되어질 수 있으나 일반적인 utilization의 정의는 다음과 같다.

$$Utilization = \frac{Received\ bits + sent\ bits}{node\ bandwidth \times time} \times 100$$

위의 utilization 정의는 주어진 시간에 대한 순간적인 utilization을 의미하며 누적된 utilization의 변화는 반영하지 않는다. 위의 식을 노드의 utilization으로 사용할 경우 해당 노드의 현재 utilization이 순간적으로 높아지게 되면 해당 노드가 경로에 포함되지 않을 가능성이 높아지게 된다. 반대로 지속적으로 utilization이 높아졌다 일시적으로 utilization이 낮아지게 되면 해당 노드가 경로에 포함될 확률이 높아지며 경로의 성능을 저하시키게 된다. 그러므로 과거의 utilization과 현재의 utilization이 적절히 반영된 누적 utilization의 정의가 필요하게 되며 본 논문에서는 누적 utilization의 정의를 다음과 같이 한다.

$$\text{누적 Utilization} = Utilization_Old \times \alpha + Utilization_New \times (1-\alpha)$$

위에서 $\alpha(0 \leq \alpha \leq 1)$ 는 각 utilization에 대한 가중치로서 실험적인 값이며 노드의 초기 환경 설정 시에 사용자의 정의로 설정되어질 수 있다. α 의 값이 1에 가까울수록 현재의 일시적인 utilization의 증가에 적게 반응하겠다는 것을 의미하며 0에 가까울수록 utilization의 변화에 민감하게 반응하겠다는 것을 의미한다. 따라서 회의실(Conference room)과 같이 Ad-Hoc 네트워크를 구성하는 환경이 덜 활동적일 경우에 α 값이 1에 가까우면 순간적인 네트워크 변화를 무시할 수 있게 된다. 이렇게 정해진 노드의 utilization과 노드의 초기설정 시에 주어진 utilization_threshold 값과의 비교를 통해 해당 노드는 자신이 Low_utilization 인지 High_utilization인지를 결정하게 된다.

4.3 USSA상에서의 경로 선택 알고리즘

USSA상에서 경로를 찾기 위해 소스 노드는 Route Request 메시지를 이웃 노드에 전송하게 된다. Route Request 메시지를 수신한 노드는 PREF의 설정된 값과 이전 노드와의 컨넥션 품질, 자신의 utilization에 따라 이웃 노드로의 전송여부를 결정하게 된다. 전송여부 결정에서 컨넥션의 품질을 고려하는 부분은 SSA의 경로 선택 알고리즘과 같다. PREF의 값은 상위 프로그램의 요구에 따라 네 가지 중 한가지로 결정되어진다. 설정된 PREF 값에 LOWUTILIZATION이 있고 자신의 누적 utilization이 초기에 주어진 utilization_threshold값보다 크면 Route Request 메시지는 더이상 전송되지 않는다. PREF의 값에 DONCARE가 설정되어 있을 경우 utilization은 고려되지 않으며 SSA와 동일한 성능을 낸다.

5. 시뮬레이션 및 성능 평가

본 장에서는 NS-2를 사용하여 SSA와 확장된 USSA를 평가하기 위한 시뮬레이션 설정 환경에 대해 설명하고 각 시나리오별 환경 설정 및 시뮬레이션 결과를 delay jitter와 경로 재설정(route reconstruction) 횟수에 따라 평가한다. 참고 비교대상 라우팅 알고리즘으로 NS-2에서 기본적으로 제공되며 대표적인 on-demand 라우팅 알고리즘인 AODV를 사용한다.

5.1 NS-2 시뮬레이션 환경 설정

본 논문에서 확장의 기본이 되는 SSA는 현재 NS-2 버전에는 구현되어 있지 않으므로 SSA에 대한 문서 "Signal Stability-Based-Adaptive Routing for Ad-Hoc Mobile Network[1]"에 있는 SSA 프로토콜 세목(detail)을 근거로 직접 구현 한다. USSA는 구현된 SSA를 의사(pseudo) 알고리즘을 바탕으로 확장 구현한다. 사용되는 NS-2의 버전은 NS 2.26버전이며 사용되는 MAC layer 및 안테나는 각각 802.11 및 omni 안테나를 사용한다. 전송에 사용되는 패킷신호세기는 NS-2 상에서 0.281838로 설정되며 frequency는 9.14×10^8 이 되게 된다. 이때 예측되는 전송거리는 250m가 된다. 시뮬레이션에 사용되는 트래픽 시나리오 및 노드들의 움직임 시나리오는 NS-2에서 제공하는 트래픽 생성 스크립트(cbrgen.tcl)와 노드 이동성 생성 프로그램 (setdest)을 사용하여 임의로 설정한다. 시뮬레이션 시나리오는 크게 노드 수와 노드들의 활동 범위에 따라 4가지로 구분이 되며 시나리오의 세부 사항은 <표 4>와 같으며 시나리오상의 노드수와 네트워크의 크기는 SSA 관련 논문의 결과에서 사용된 시뮬레이션의 설정에 바탕을 둔다.

5.2 시나리오별 환경 설정

<표 4>은 각 시나리오별 NS-2 설정 상황을 나타낸다.

시나리오 1은 적은 공간에서 적은 수의 노드들이 존재하며 이동하는 경우를 나타내고 시나리오 2는 적은 공간에 상대적으로 많은 수의 노드들이 존재하며 이동할 경우를 나타낸다.

<표 4> NS-2 시뮬레이션 시나리오 세부사항

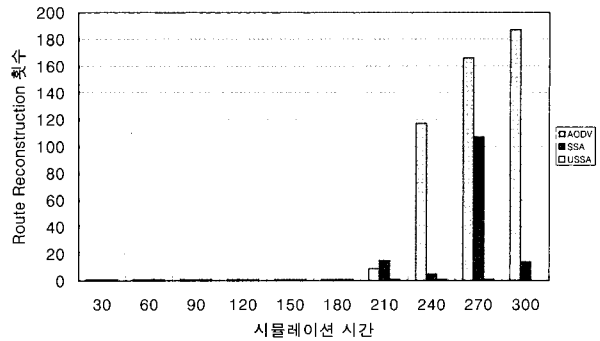
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
노드 갯수	20	50	20	50
네트워크 크기	500m×500m	500m×500m	1600m×1600m	1600m×1600m
이동속도	최대 10m/s	최대 10m/s	최대 10m/s	최대 10m/s
Pause time	5초	5초	5초	5초
패킷 사이즈	512KB	512KB	512KB	512KB
패킷 발생빈도	1/4초	1/4초	1/4초	1/4초
Transport Layer	UDP	UDP	UDP	UDP
시뮬레이션 시간	300초	300초	300초	300초

시나리오 3은 시나리오 1, 2와는 다르게 넓은 공간의 네트워크를 반영한다. 마지막으로 시나리오 4는 시나리오 3에 비하여 많은 수의 노드들이 넓은 공간에서 이동할 경우이다.

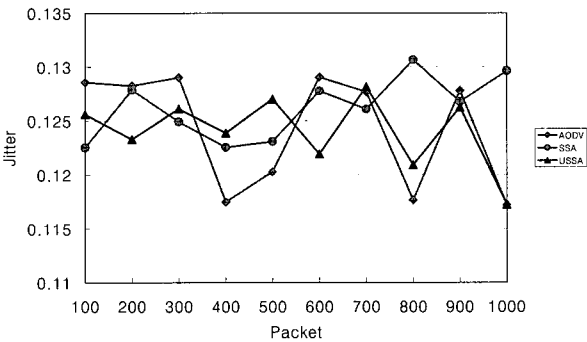
5.3 시나리오별 시뮬레이션 결과

5.3.1 시나리오 1의 결과

시뮬레이션 결과 시나리오 1에서는 모든 라우팅 알고리즘에서 평균적으로 경로 재설정(재설정)은 거의 발생하지 않았다. 이런 결과는 적은 네트워크상의 적절한 노드밀도에 컨넥션의 수 역시 적은 편이기 때문에 공유매체에 대한 경쟁이 치열하지 않았기 때문이다. 그리고 좁은 공간에서 설정된 경로의 홑수가 최대 2를 넘지 않아 경로가 모두 안정적이기 때문이다. 경로 재설정의 발생 횟수에 대한 결과그래프는 평균 횟수가 모두 0이므로 생략한다.



(그림 3) 50노드 - 500m x 500m상에 경로재설정 (route reconstruction) 횟수



(그림 2) 20노드 - 500m x 500m상에 Delay Jitter

(그림 2)의 그래프는 20 노드가 500m x 500m상에서 이동할 경우 특정 패킷수 마다 평균 delay jitter를 나타낸 것이다. 경로 재설정의 발생 횟수가 모두 평균적으로 0인 상황에서 전체 평균 delay jitter를 살펴보면 AODV는 0.143771, SSA는 0.144812, USSA는 0.146004의 결과를 보이며 차이가 거의 없었다. 그러나 구간 구간의 경우를 볼 경우 AODV의 경우 delay jitter의 변화가 상대적으로 조금 심했다. 이런 결과는 안정된 노드 밀도의 적은 네트워크상에서는 각 알고리즘에 의해서 설정된 경로가 모두 안정적이기 때문에 패킷번호를 통한 stable 매트릭이나 utilization 매트릭이 큰 의미를 잃게되어 평균적으로는 비슷한 반면 SSA나 USSA에 의해 선택된 경로가 AODV에 의한 경로보다 상대적으로 안정적이기 때문이다. 그러나 모든 알고리즘에서 순간적인 delay jitter의 변화 폭이 적으므로 어떤 알고리즘이 좋거나 나쁘다고 할 수 없다.

5.3.2 시나리오 2의 결과

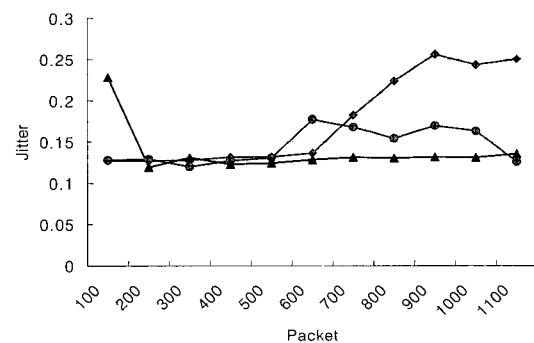
(그림 3)의 그래프는 50노드가 500m x 500m상에서 이동할 경우 각 알고리즘의 시간대별 경로 재설정 횟수를 나타낸다.

시뮬레이션 초기에는 노드들의 움직임이 적으므로 경로의 변화에 의한 경로 재설정 횟수가 적다. 그러나 시간이 지나면서 노드들의 움직임이 발생하고 컨넥션의 수가 증가함에 따

라 공유매체에 대한 경쟁이 심해지며 경로의 재설정이 발생하게 된다. AODV와 SSA를 비교해 볼 경우 SSA에서 더 적은 경로재설정이 발생하게 되는데 이것은 컨넥션 증가에 따른 네트워크의 안정성이 적어진 가운데 여러 경로중 SSA가 안정적인 경로를 선택했기 때문이다. USSA와 SSA를 비교할 경우 SSA가 상대적으로 현저하게 재설정횟수가 증가하게 된다. 이것은 SSA의 경우 안정적인 최단경로를 찾게 될 경우 인접 다른 노드들도 선택된 동일한 경로를 이용할 가능성이 높아지게 되고 해당 경로가 변화할 경우 이 경로를 이용하는 많은 다른 노드들이 동시에 경로 재설정을 하기 때문이다. 그러나 USSA의 경우 여러 안정적인 경로에 각 노드의 utilization을 고려하여 여러 안정적인 경로로 컨넥션을 분산시키기 때문에 상대적으로 하나의 경로가 변화하여도 일부 노드만 영향을 받게 되는 것이다.

(그림 4)의 그래프는 50노드가 500m x 500m의 공간에서 이동할 경우 각 라우팅 알고리즘 delay jitter에 관한 그래프이다.

그래프에서 보는 것처럼 AODV의 경우 경로 재설정의 발생 및 안정도에 무관한 경로 선택에 의해 delay jitter가 커지는 현상을 보이며 SSA와 USSA의 경우 안정적인 경로 선택을 통해 delay jitter가 적은 결과를 가져왔다. SSA와 USSA를 비교할 경우 경로 재설정비율이 적으며 안정적인 여러 경로로 컨넥션을 분산시킨 USSA의 delay jitter가 더 적은 결과를 가져왔다. 따라서 시나리오 1에 비해 여러 안정적인 경로를 선택할 수 있는 상황 하에서는 안정성을 고려하며 컨넥

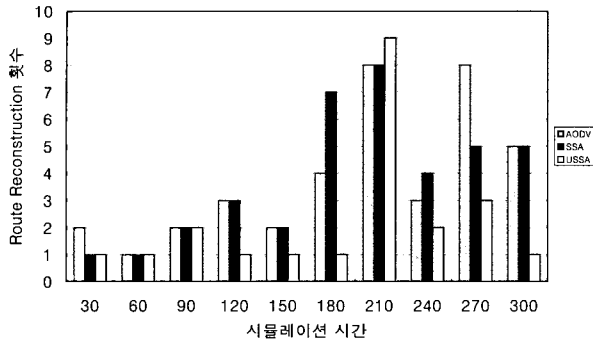


(그림 4) 50노드 - 500m x 500m상에 Delay Jitter

선을 분산시키는 USSA가 낮고 변화가 적은 delay jitter를 가진다.

5.3.3 시나리오 3의 결과

(그림 5)의 그래프는 20노드가 1600m × 1600m상에서 이동할 경우 각 알고리즘의 시간대별 경로 재설정 횟수를 나타낸다.

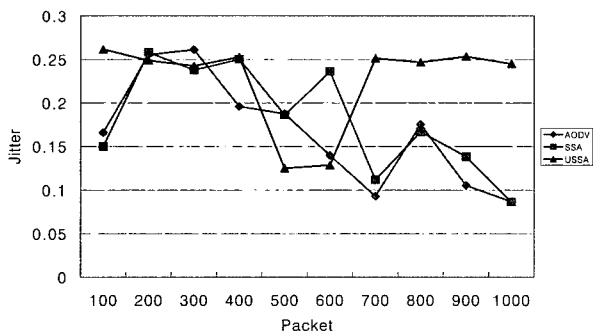


(그림 5) 20노드 - 1600m × 1600m상에 경로 재설정 횟수

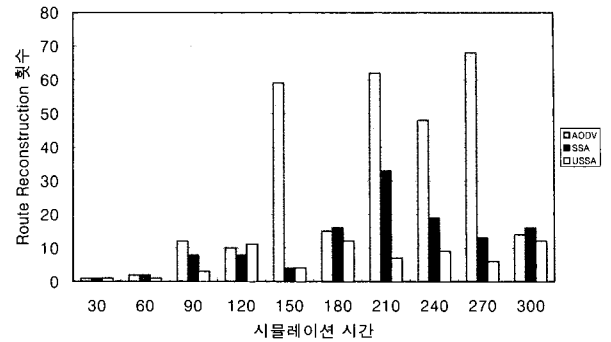
넓은 공간에서 적은수의 노드들이 존재하기 때문에 경로의 상태가 안정적이 못하다. 따라서 각 알고리즘 모두 많은 수의 경로 재설정을 시뮬레이션 전체에서 보여주며 횟수 역시 비슷한 결과를 나타낸다. 이 결과를 통해 넓은 공간에서 실제적으로 연결 가능한 경로가 적을 경우 여러 Ad-Hoc 라우팅 알고리즘이 존재하여도 경로의 변화에 적절히 대응하여 경로 재설정 횟수를 줄일 수 없다는 것을 알 수 있다.

(그림 6)의 그래프는 20노드가 1600m × 1600m의 공간에서 이동할 경우 각 라우팅 알고리즘의 delay jitter에 관한 그래프이다.

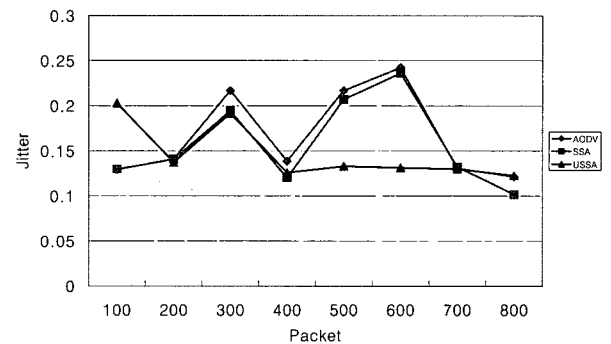
각 알고리즘의 평균 delay jitter를 살펴보면 AODV는 0.171754, SSA는 0.196675, USSA는 0.242867이다. 네트워크 자체가 안정적이지 않을 경우 그래프처럼 최단 경로만을 고려하는 AODV 알고리즘의 전체 평균 delay jitter가 오히려 적었으며 안정적인 경로 중에서 utilization을 고려하여 경로를 선택한 USSA의 delay jitter가 가장 컸다. 이 결과를 통해 선택할 수 있는 경로의 수가 적고 안정적이지 않은 넓은 네트워크상에서 여러 매트릭을 고려하는 것은 오히려 delay jitter를 증가시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.



(그림 6) 20노드 - 1600m × 1600m상에 Delay Jitter



(그림 7) 50노드 - 1600m × 1600m상에 경로 재설정 횟수



(그림 8) 50노드 - 1600m × 1600m상에 Delay Jitter

5.3.4 시나리오 4의 결과

(그림 7)의 그래프는 50노드가 1600m × 1600m상에서 이동할 경우 각 알고리즘의 시간대별 경로 재설정 횟수를 나타낸다.

노드의 밀도 증가로 인해 선택할 수 있는 경로가 많아지는 만큼 AODV에 비하여 안정적인 경로를 선택하는 SSA나 USSA의 경로 재설정횟수가 현저히 적으며 SSA와 USSA를 비교할 경우에도 안정적인 여러 경로가 존재할 경우 utilization을 고려하여 안정적인 여러 경로에 컨택션을 분산시킨 USSA의 경로 재설정 횟수가 상대적으로 적다는 것을 알 수 있다. 그리고 AODV와 SSA의 경우 매트릭에 의해 특정 경로로 컨택션이 집중되는 경향이 발생하기 때문에 집중된 경로에 변화가 생길 경우 경로 재설정이 특정 시점에서 급격히 증가하게 된다.

(그림 8)의 그래프는 50노드가 1600m×1600m의 공간에서 이동할 경우 각 라우팅 알고리즘의 delay jitter에 관한 그래프이다.

AODV와 SSA의 경우 경로 재설정이 특정 시간에 급격히 증가하는 현상에 의해 delay jitter의 변화가 심한 반면 USSA는 여러 안정적인 경로들로 컨택션을 분산시키므로 노드의 움직임에 따른 경로 변화에 영향을 적게 받아 delay jitter가 일정한 형태를 나타낸다.

5.4 시뮬레이션 결과분석

시나리오 1과 같이 좁은 공간에서 적절한 밀도의 노드들이 존재하여 네트워크 상태가 안정적일 경우 모든 라우팅 알고

리즘에 의한 경로는 모두 안정적이며 특정 알고리즘의 장점은 발견할 수 없었다. 그리고 시나리오 3과 같이 극단적으로 넓은 공간에 상대적으로 적은 수의 노드가 존재할 경우 경로가 설정될 수 있는 가능성이 줄어들어 경로에 대해 여러 메트릭을 적용한다는 것은 큰 성과를 거둘 수 없다. 오히려 AODV와 같이 우선적으로 존재하는 경로를 선택하는 것이 오히려 더 좋은 결과를 가져올 수 있다. 그러나 시나리오 2, 4와 같이 선택할 수 있는 여러 경로가 존재할 경우 경로의 안정성을 고려하는 것은 좋은 성과를 가져올 수 있으며 여러 안정적인 경로들의 utilization을 고려하게 하면 트래픽을 분산시키고 네트워크의 효율성을 높일 수 있으며 단일 지점의 실패로 인한 문제도 최소화 할 수 있게 된다.

6. 결 론

대부분의 Ad-Hoc 라우팅 알고리즘들은 홉수를 주요 메트릭으로 사용하기 때문에 end-to-end 사이의 거리는 가까울 수 있으나 외부요소에 의해 경로상태는 불안정할 수 있다. SSA는 이런 점을 감안하여 패킷신호세기과 위치 안정성을 주요 메트릭으로 사용하여 안정적인 경로를 선택한다. 그러나 SSA 역시 특정 메트릭에 의한 병목현상을 해결하지는 못했다. 이에 본 논문은 USSA라는 SSA를 기반으로 utilization을 고려한 라우팅 알고리즘을 제안하였다. USSA는 누적 utilization에 따라 여러 안정적인 경로들로 컨택션을 분산시키는 기능을 했으며 그 결과 선택되어질 수 있는 안정적인 경로가 많을 경우 전체 트래픽을 여러 경로들로 분산시켜 경로 재설정 횟수를 현저히 줄이는 좋은 성능을 보였다. 좁은 공간에 적당한 노드의 밀도를 가질 경우에는 여러 홉을 걸쳐 경로가 생성되는 것이 아니며 네트워크가 안정된 상태이므로 모든 알고리즘이 비슷한 결과를 보였으며 USSA 역시 비슷한 결과를 보였다. 반면 넓은 공간에 적은 수의 노드가 존재하여 경로의 설정 가능성 자체가 적을 경우에는 단순한 라우팅 알고리즘보다 조금 낮은 성능을 보였으나 이런 문제는 상황에 따라 PREF의 값을 변경함으로써 AODV와 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

결론적으로 아주 특별한 상황을 제외한 일반적인 상황에서는 컨택션의 분산을 통해 특정 지점의 실패로 인한 경로 재설정의 발생 빈도를 현저히 줄였으며 이에 따라 안정적이며 적은 delay jitter 결과를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

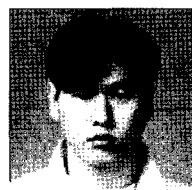
- [1] Rohit Dube, Cynthia D. Rais, Kuang-Yeh Wang, Satish K. Tripathi, "Signal Stability-Based Adaptive Routing (SSA) for Ad-Hoc Mobile Networks," in IEEE Personal Communication Magazine, February, 1997.
- [2] C.K Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks Protocol and System," PRENTICE HALL, 2002.
- [3] C.P..P.Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing(DSDV) for mobile Computer," in Proceedings of ACM SIGCOMM'94, pp.234-244, September, 1994.
- [4] C. Perkins and E. Royer, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing." in Proceedings of 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, February, 1999.
- [5] Zheng Wang, "Internet QoS Architectures and Mechanisms for Quality of Service," Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- [6] James F. Kurose and Keith W. Ross, "Computer Networking A Top-Down Approach Featuring the Internet -2nd ed," Addison Wesley Publishers, 2002
- [7] Charles E. Perkins, "Mobile IP Design Principles and Practices," Addison Wesley Publisher, 1998
- [8] V. Park and M.Scott Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," in Proceedings of IEEE INFOCOM'97, March, 1996.
- [9] Christian Huitema, "Routing in the Internet," PRENTICE HALL, 2000.
- [10] Douglas E. Comer, "Internetworking with TCP/IP volume 1," PRENTICE HALL, 2000.
- [11] Shigang Chen and Klara Nahrstedt, "An Overview of Quality of Service Routing for Next-Generation High-Speed Networks: Problems and Solutions," in IEEE Network, November/December, 1998.

지 증 복

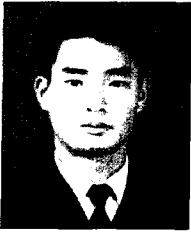


e-mail : rdrstby@emerald.yonsei.ac.kr
 1998년 공군사관학교 전자공학과(학사)
 2004년~현재 연세대학교 컴퓨터학과
 (석사과정)
 관심분야: 무선 네트워크, 네트워크 보안

박 주 하



e-mail : jestun@hanmail.net
 2002년 고려대학교 컴퓨터학과(학사)
 2004년 고려대학교 컴퓨터학과(석사)
 2004년~현재 삼성전자 정보통신연구소
 근무
 관심분야: 무선 이동통신, 4G 이동통신,
 QOS



이 강 석

e-mail : navalee@emerald.yonsei.ac.kr
1999년 해군사관학교 전산과학과(학사)
2004년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과
(석사과정)
관심분야: 무선 네트워크, 네트워크 보안



송 주 석

e-mail : jssong@emerald.yonsei.ac.kr
1976년 서울대학교 전기공학과(학사)
1979년 한국과학기술원 전기전자공학(석사)
1988년 Univ. of California at Berkeley,
컴퓨터과학(박사)
1988년~1989년 Assistant Professor in
Naval Postgraduate School
1989년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 정교수
관심분야: Information Security, Cryptography, Protocol Engineering