

AODV에서 경로 불안정 예측에 기반한 효율적 경로 관리

서 석*, 안영아**

*고려대학교 컴퓨터과학기술대학원 디지털정보공학과

**고려대학교 정보통신대학 컴퓨터학과

s_suh@korea.ac.kr, ellaahn@formal.korea.ac.kr

An Efficient AODV Route Maintenance based on Unstability-Presumption

Suk Seo*, Young-Ah Ahn**

*Dept of Digital Information Engineering, Korea University

**Dept of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

반응적 Ad hoc 라우팅인 AODV의 경로관리는 노드 이동, 노드 혼잡 등의 원인으로 지정시간 내에 응답을 하지 못할 경우 경로 단절을 감지한 뒤 경로복구 과정을 수행한다. 그러나 이러한 경로관리 방법은 능동적이지 못하여 단절 후 경로 재 설정까지 시간 지연이 발생하기 때문에 신속한 경로 복구에 어려움이 있다. 본 논문에서는 기존 AODV에 대한 추가적인 제어 패킷을 발생시키지 않고 경로를 구성하고 있는 이웃노드 Hello 패킷의 수신 시간차를 이용하여 경로 불안정을 예측, Expanding Ring Search 알고리즘을 활용한 효율적인 경로관리 기법을 제시한다.

1. 서론

Ad-hoc 네트워크는 기존의 기지국이 중앙 유선 시스템에 연결된 형태의 인프라 기반 구조와는 다르게 언제, 어디서나 단말기가 이동하는 환경에서 AP (Access Point)없이 서로 직접적인 통신을 가능하게 해 준다. 또한 노드의 일부가 무선 전송 범위에 위치하지 않더라도 데이터 전송을 위해 멀티 홉 무선 링크로 구성되어야 하므로 여러 개의 중간 단말기들이 라우터로써 작동할 수 있어야 한다. 이러한 Ad Hoc망에서는 제한된 대역폭, 충분치 못한 전력 등의 제약 조건에서 빈번한 노드의 위치 변화로 인한 경로설정과 유지에 어려움이 따르기 때문에 노드의 이동성에 따라 빠르게 적응하는 라우팅 프로토콜이 요구된다.

Ad Hoc 라우팅 알고리즘은 크게 Table-driven과 On-demand방식 두 가지로 나누어진다. Table-driven은 각 노드가 망 전체 노드에 대한 최신 라우팅 정보를 지속적인 정보교환을 통해 유지해야 하므로 메시지 오버헤드가 발생한다. 반면 On-demand는 데이터 전송이 필요 시에 경로를 획득·유지한다. 따라서 토폴로지 변화에 따른 오버헤드를 줄일 수 있다는 면에서 On-demand방

식이 유리하다[1]. 본 논문에서는 On-demand방식의 AODV 라우팅에서 HELLO 메시지 수신 시간차를 이용 경로 불안정을 사전 예측, Expanding Ring Search (ERS)를 활용하여 추가적인 제어패킷의 발생 없는 효율적인 경로 관리 방법을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 기존 AODV 라우팅의 경로 설정 및 유지·복구에 대하여 살펴보고, 3장에서는 HELLO 메시지 시간차를 이용한 경로 불안정 예측 기반의 효율적 경로 관리 기법을 제안한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구과제를 기술한다.

2. AODV 라우팅

AODV는 Table기반의 DSDV를 요청 방식으로 수정한 거리기반 알고리즘이다. AODV에서는 송신 단말이 수신 단말로 데이터를 전송하고자 할 때만 경로 설립 과정을 시작한다[2][3].

2.1 경로 설정 과정

AODV에서는 송신 단말이 수신 단말로 전송하고자 하는 데이터가 있을 때 RREQ 경로요청 메시지

를 Flooding 한다. RREQ를 수신한 단말들은 송신 단말 주소와 방송 식별자를 이용하여 동일한 RREQ를 수신하였는지를 판별한 후 중복된 RREQ를 폐기한다. RREQ가 Flooding 되는 도중에 그 RREQ를 수신하는 모든 단말들은 RREQ를 전송한 단말로 향하는 역경로 지시자를 일시적인 경로 설정 테이블에 저장한다[3].

RREQ를 수신한 수신 단말은 RREQ를 송신한 역경로를 따라서 RREP 응답 제어 메시지를 송신 단말로 전송하게 된다. 이때 역경로를 구성하고 있는 모든 단말들은 RREP를 전송한 단말로 향하는 순경로에 대한 경로 설정 테이블을 구성하게 된다. 이때 순경로에 대한 지시자는 송신 단말에서 수신 단말로의 경로를 설정하게 된다[2].

2.2 경로 유지 · 복구과정

AODV에 의해 설립된 경로들은 다음과 같은 두 가지 방법으로 유지되어 진다.

2.2.1 경로 재설정

만약 단말의 이동성에 의해 경로가 끊어진다면 새로운 경로를 찾기 위한 경로 설정과정을 다시 시작해야 한다. 이를 경로 재설정이라 한다. 기존 AODV 경로 설정 프로토콜 상에서 모든 이동 단말들 간에는 Hello 메시지를 주기적으로 송수신하여 이를 통해 인접 단말과의 링크가 생성되었는지를 알 수 있다[2]. 경로를 구성하는 중간 단말이 인접 단말과의 링크가 끊어졌음을 감지하였다면 송신 단말로 향하는 모든 단말들에게 RERR(링크 끊어짐 통지) 제어 메시지를 전송하게 된다. 송신 단말이 그 메시지를 수신할 때 경로의 재설정 과정을 수행할 수 있게 된다[3].

2.2.2 지역 경로 복구 방법

AODV에서 경로에 속한 단말이 이웃 단말과의 링크가 끊어졌음을 감지하였다면 그 단말은 자신으로부터 송신 단말과의 홉 수와 수신 단말과의 홉 수를 비교하게 된다. 만약 수신 단말과의 홉 수가 짧다면 자신으로부터 수신 단말로의 지역 경로 복구를 수행한다. 이 때 지역 경로복구 가능 범위는 목적지 노드까지 TTL이 <표 1>의 MAX_REPAIR_TTL보다 작은 범위이다[4]. 송신 단말과의 홉 수가 짧다면 송신 단말로 RERR 메시지를 전송하여 경로 재설정 과정을 수행한다.

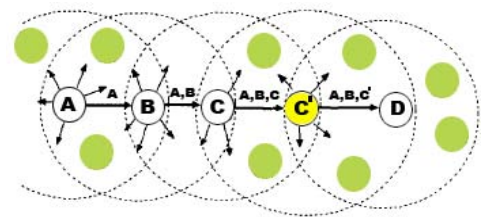
3. AODV에서 효율적 경로관리 기법

3.1 HELLO 메시지 이용 경로 불안정 예측

<표 1> AODV의 파라미터[5]

파라미터 이름	값
ACTIVE_ROUTE_TIMEOUT	3,000 ms
ALLOWED_HELLO_LOSS	2
BLACKLIST_TIMEOUT	RREQ_RETRIES*NET_TRAVERSAL_TIME
BROADCAST_RECORD_TIME	RREQ_RETRIES*NET_TRAVERSAL_TIME
HELLO_INTERVAL	1,000 ms
LOCAL_ADD_TTL	2
MAX_REPAIR_TTL	0.3*NET_DIAMETER
MY_ROUTE_TIMEOUT	2*ACTIVE_ROUTE_TIMEOUT
NET_DIAMETER	35
NEXT_HOP_WAIT	NODE_TRAVERSAL_TIME+10
NODE_TRAVERSAL_TIME	40
REV_ROUTE_LIFE	NET_TRAVERSAL_TIME
NET_TRAVERSAL_TIME	3*NODE_TRAVERSAL_TIME*NET_DIAMETER/2
RREQ_RETRIES	2
TTL_START	1
TTL_INCREMENT	2
TTL_THRESHOLD	7

AODV에서는 경로유지 방법으로 Hello 메시지를 사용한다[2]. 이러한 Hello Message는 IP헤더에 TTL을 1로하여 주변노드 이외로 전달되지 않도록 하며, 발생주기는 <표 1>의 HELLO_INTERVAL(=1,000ms)이고 ALLOWED_HELLO_LOSS*HELLO_INTERVAL(=2,000ms)동안 Hello Message를 수신하지 못하다면 해당 노드와의 연결이 불가능한 것으로 판단, RERR패킷을 발생시켜 링크의 사용여부를 관련 노드에게 전달하는 구조로 이루어져 있다[5].



(그림 1) HELLO 메시지를 이용한 경로유지

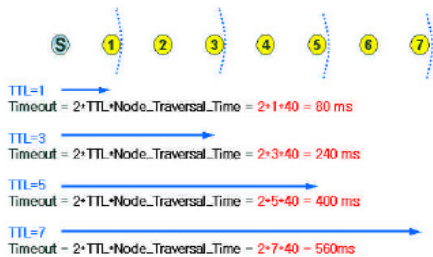
만약 AODV 경로상의 어떤 상위노드가 하위노드에서 출발한 주기적인 Hello Message를 수신하여 과거 Hello Message 도착시간과 비교, 시간차가 벌어졌다면 이 경우 두 노드간의 공간적 거리가 멀어지고 있다거나 트래픽 혼잡 등의 무선자원 및 노드장비 문제로 시간 지연이 발생한 경우라고 예측할 수 있다. (그림 1)에서 경로상의 노드B의 이웃 하위

노드 C가 최초위치에서 C'의 위치로 이동하였다면 노드B와 수신 거리 가장자리에 위치하게 되어 불안정한 연결 상태가 될 것이고, Hello 메시지의 수신 시간차도 벌어지게 될 것이다. 특히 이 경우 도착한 Hello Message 시간이 Timeout(=2,000ms)에 근접한 매우 높은 값(임계값 T)을 가지고, 과거 Hello 메시지 수신시간과 급격한 시간차(단절 예상 시간차 Δt_p)가 발생한 경우라면 곧 하위노드와 단절될 가능성이 매우 높다는 것을 의미하기 때문에 Hello Timeout을 기다려 경로가 단절됨을 인식한 후 경로복구를 시작하는 것 보다 경로 불안정 또는 단절 가능성을 사전 감지한 시점부터 새로운 경로를 설정을 시작하는 것이 효율적이다.

3.2 ERS를 활용한 예측기반 경로관리

본 논문에서는 예측기반 경로관리를 위해서 AODV의 경로유지 알고리즘인 지역경로 복구기법을 활용하되, 기본적으로 AODV의 경로 설정 알고리즘으로 불필요한 RREQ의 전송을 제한하기 위해 제안된 ERS(Expanding Ring Search)[5]를 활용한 경로 불안정 예측기반의 효율적인 ERS를 제안한다.

3.2.1 Expanding Ring Search 알고리즘



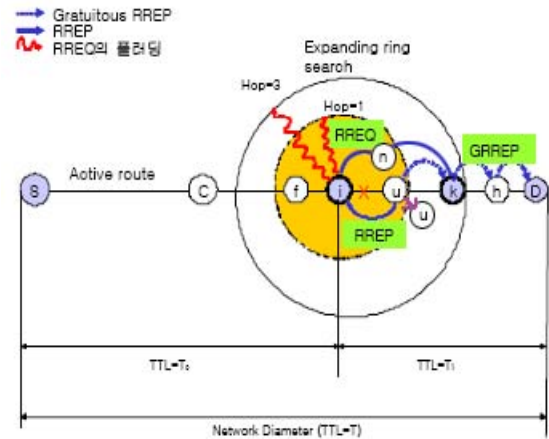
(그림 2) Expanding Ring Search

어떤 노드가 새 목적지를 찾기 위해서는 경로탐색을 시작할 때마다 네트워크로 RREQ 패키지를 방송해야 한다. 이때 네트워크 트래픽 영향 감소를 위해 RREQ에 대한 전파 범위 조절 알고리즘인 ERS를 사용한다. ERS는 목적지 경로가 발견되지 않았을 때 점차 더 큰 네트워크 영역으로 탐색을 한다.

ERS를 사용하기 위해 출발지 노드(단절 상위노드)는 RREQ 패키지의 IP 헤더에 초기 TTL(Time To Live)값을 TTL_START(=1)로 설정하여 (그림 2)와 같이 방송하고 탐색시간인 $2 \times TTL \times NODE_TRAVERSAL_TIME$ ($2 \times 1 \times 40$)ms까지 RREP 응답을 기다린다. 결정된 시간동안 RREP를 수신하지 못하여 Timeout되었을 때, 출발지 노드는 TTL_INCREMENT(=2)만큼 증가시킨

TTL을 이용하여 RREQ를 재방송한다[5]. 이러한 과정은 지역 경로 복구의 경우, TTL 값이 <표 1>의 MAX_REPAIR_TTL 보다 작은 범위[4]에서 계속된다.

3.2.2 경로 불안정 예측기반 ERS



(그림 3) 경로 불안정 예측기반 ERS

(그림 3)에서 이동하고 있는 하위노드 ④는 상위노드 ①에서 거리가 멀어지고 있고 연결 가장자리에 위치하고 있어 곧 단절이 예상된다. 이 경우 3.1절에서 기술한 바와 같이 상위노드 ①는 경로단절을 기다린 뒤 지역경로복구를 실시하지 않고 Hello 메시지 수신 시간차를 통해 경로의 불안정을 감지하는 즉시 ERS를 활용한 지역 경로복구를 시작한다. 이때 단절 예상 노드 근처에서 새로운 경로를 찾을 수 있도록 ERS의 TTL 값의 범위를 제한하고 범위 내에서 RREP 응답을 받으면 기존의 불안정한 경로대신 새로운 경로를 설정, 경로 재설정 시간을 감소시킨다. 만약 제한된 범위 내에서 응답이 없을 때 다음 Hello 메시지를 기다리고 다음 메시지 수신 시간차가 연속으로 단절 예상 시간차인 Δt_p 이상으로 지연 수신되었다면 ERS의 TTL 범위를 다음 값부터 실시하도록 하여 이전 범위에서 반복적인 RREQ발생을 방지한다. 한편 다음 메시지가 도착하지 않아 Timeout이 발생한 경우는 기존 ERS와 동일한 절차로 TTL=1부터 탐색을 시작하도록 한다.

3.3 AODV에서 예측기반 경로관리 예제

(그림 3)에서 설정된 경로의 상위노드 ①는 하위노드 ④에서 발생한 Hello Message를 현재 $t_1=1700$ ms(여기서 임계값 $T=1680$ ms로 한다)에 수신하였고 과거에 수신된 Hello Message는 $t_0=1400$ ms로, 수신 시간차를 비교 200ms시간지연(단절 예상 시간차

$\Delta t_p = 160\text{ms}$) 이 발생하였다면 상위노드 ①는 하위노드 ⑩의 경로단절을 예측, 즉시 ERS(TTL=3으로 제한)를 실행한다.(지역 경로 복구범위는 TTL=7로 한다)

(1) (그림 3)의 ERS결과와 같이, TTL=3 범위 안에서 노드 ⑩으로부터 RREP 응답을 받는다면 상위노드 ①는 기존의 불안정한 ⑩노드 연결 경로대신 새로운 ⑩노드 경유 경로를 설정한다. 다음 Hello 메시지 수신시간 t_2 는 경로단절로 인해 Timeout(2000ms)이 발생한다고 가정하고 만약 TTL=3에서 새로운 경로가 탐색되지 않는다면 Timeout후 TTL=1부터 시작하는 기존 ERS 와 동일한 알고리즘을 적용한다.

(2) TTL=3 범위에서 응답이 없고 다음 Hello 메시지 $t_2=1870\text{ms}$ 가 지연 도착, $t_1=1700\text{ms}$ 와 시간차가 170ms 로 $\Delta t_p=160\text{ms}$ 보다 큰 경우, 다시 ERS를 실행하되 TTL=5부터 시작한다. 이는 경로가 여전히 불안정한 상태이긴 하지만 예상보다 토폴로지의 변화가 급격하지는 않다고 보고 이전 검색결과인 TTL=3 범위에는 경로가 없었으므로, 그 다음의 범위부터 ERS를 실시하여 새로운 경로를 설정한다.

<표 2> 지역 경로 복구시간 예제 비교

메시지 수신시간	예측기반 ERS 경로복구 시간	기존 ERS 경로복구 시간	비 고
$t_1=1700\text{ms}$ $t_2=\text{Timeout}$ (2000ms)	최소 80ms (TTL=1)	최소 2080ms 2000+(TTL=1)	$t_2=\text{Timeout}$ 가정 TTL=3범위 내에서 새로운 경로 획득
	최대 320ms (TTL≤3)	최대 2320ms 2000+(TTL≤3)	
$t_1=1700\text{ms}$ $t_2=1860\text{ms}$ $t_3=\text{Timeout}$	최소 400ms (TTL=5)	최소 2080ms 2000+(TTL=1)	$t_3=\text{Timeout}$ 가정 t_1 수신시 TTL=3에서 경로 획득 실패후 다음 Hello패킷 t_2 수신
	최대 960ms (TTL=5, 7)	최대 3280ms 2000+(TTL≤7)	

<표 2>의 복구시간 비교로부터 제안된 ERS알고리즘에서는 경로 재설정시 기존 ERS의 경로복구 방법에 비해 경로 불안정을 예측하여 능동적으로 경로를 재설정함으로써 복구 시간을 단축시킬 수 있다. 또한 새로운 제어패킷을 생성하지 않아 트래픽 측면의 문제도 기존 것과 거의 동일하다고 할 수 있다. 다만 임계값을 경계로 (그림 3)의 노드 ⑩가 TTL=3 범위에서 새로운 경로를 발견하지 못하면서 진동하는 경우 반복적인 RREQ 트래픽이 발생할 수 있으나 본 논문에서는 고려치 않았다.

제안된 예제에서는 임계값과 단절예상 시간차를 ERS 알고리즘에서 패킷을 전달하기 위한 노드 간 한 홉의 평균 지연시간인 <표 1>의 Node_Traversal_Time(40ms)를 기초로 가정하였다. 임계값 T 는 HELLO TIMEOUT인 2000ms에서 TTL=3까지 ERS시 검색

대기시간인 320ms(80+240ms)를 감한 1680ms(2000-320ms)로 하였다. 단절 예상 시간차 Δt_p 는 TTL=2인 160ms를 사용하였다.

4. 결론 및 향후연구

네트워크의 상태를 개선하기 위해서 새로운 제어패킷을 생성하여 운용하는 것은 보다 뛰어난 성능 개선을 가져올 수 있으나 이러한 패킷생성으로 인하여 네트워크에 부하를 주어서는 안 될 것이다. 특히 AODV 프로토콜은 DSR 등에 비해 많은 제어정보가 발생하기[6] 때문에 새로운 제어패킷 생성은 또 다른 트래픽 문제를 야기시킬 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 경로의 상태를 측정하기 위하여 새로운 제어패킷을 만들지 않고 기존 HELLO 패킷을 활용하여 경로 불안정을 사전 예측하여 Expanding Ring Search 알고리즘을 적용, 보다 능동적인 경로 재설정이 가능하다. 또한 TTL값을 적절히 제한, 반복적인 RREQ 발생을 최대한 억제하여 기존 알고리즘과 트래픽 면에서 거의 동일하면서도 매우 신속한 경로복구가 가능하다.

향후 본 논문에서 제시된 2가지 변수인 임계값 T 와 HELLO 메시지 단절 예상 시간차 Δt_p 에 대한 최적화를 위해 노드 이동성·규모 등의 다양한 애드 혹 네트워크 환경을 고려, 변수 값을 가변적으로 적용하는 문제도 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] C.-K. Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks Protocols and Systems," pp.13-25, Prentice Hall PTR, 2002.
- [2] Mohammad Ilyas "The Handbook of Ad Hoc Wireless Networks," pp.7-8~7-12, CRC Press, 2003.
- [3] C. E. Perkins and E. M. Royer. "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," draft-ietf-manet-aodv-12.txt, IEEE Internet draft, Nov. 2002.
- [4] 서현곤, 김기형, "애드 혹 네트워크에서 AODV 에 기반한 효율적인 경로 복구 기법," KNOM Review Vol. 6 No. 1, June. 2003.
- [5] 김현창, "Ad Hoc 네트워크에서 Timestamp를 이용한 AODV 프로토콜의 최적화," 연세대학교 전기전자공학과 석사 학위논문, pp28-38, 2001.
- [6] 정진세, "대규모 Ad-hoc 네트워크에서 Routing Protocol 성능 분석," 연세대학교 전자공학과 석사 학위논문, pp.67-69, 2003.