

이동 애드-혹 네트워크를 위한 신뢰성 있는 동적 소스 라우팅 프로토콜

임화정^o, 차영환
상지대학교 컴퓨터정보공학과
{hjlim76^o, yhtscha}@mail.sangji.ac.kr

A Robust Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks

HwaJung Lim^o, YeongHwan Tscha
Dept. of Computer & Information Engineering, Sangji Univ.

요 약

본 논문에서는 이동 애드-혹 네트워크(mobile ad-hoc networks)의 대표적인 경로구축 방법인 DSR(dynamic source routing)을 확장한 R-DSR(robust DSR)을 제안한다. 제안된 R-DSR에서는 기존의 단일 경로 상의 2-홉 간격의 모든 노드들이 대체 노드를 경유하여 복수 개의 라우팅 경로를 유지하도록 구성되기 때문에, 경로 상의 일부 노드들이 이동하더라도 경로가 유지될 확률이 높아 메시지 전달률이 향상된다. 수학적 분석을 통하여 관련 연구 중 가장 우수한 것으로 알려진 Das의 다중경로 프로토콜보다 더 높은 라우팅 경로 유지 확률을 나타냄을 보였다. 아울러, 대체경로의 위상적 특성에 의해 빠른 대체경로로의 복구도 가능하다는 결론을 얻었다.

1. 서 론

이동 애드-혹 네트워크 (mobile ad-hoc network)는 물리적 위치이동이 가능한 노드(node)들에 의하여 자체적으로 형성되는 시스템으로 대표적 경로설정 즉, 라우팅 프로토콜로는 IETF 온-디맨드(on-demand) 프로토콜의 DSR(dynamic source routing protocol)과 AODV(ad-hoc on demand distance vector protocol) 등을 들 수 있다[1,2,3,4].

온-디맨드 프로토콜은 가장 짧은 경로(shortest path)를 적은 제어메시지로 경로를 설정할 수 있으나, 경로 재구축 및 추가 지연시간이 불가피하여, 이를 보완한 신뢰성 있는 정보전달 및 빠른 경로 재구축이 가능한 다중경로(multi path)구축에 대한 많은 연구들이 제안되었다 [5,6,7,8,9,10,11].

본 연구에서는 Das의 AODV 다중경로 프로토콜[5], Das의 다중경로 프로토콜[6]과 Jie Wu의 프로토콜[8], 기타 Lee-Mario[9,10], Spohn-Garcia-Luna-Aceves[11]의 프로토콜 중, 가장 우수한 것으로 알려진 Das[6]의 프로토콜보다도 경로 발견 시 우선경로(primary route)이외에 우회경로(alternative route) 즉, 대체경로(backup route)적절히 생성하여 정보전달 시 보다 신뢰성 있는 동적 소스 라우팅이 가능한 R-DSR(Robust DSR)프로토콜을 제시한다.

2장에서는 제안 프로토콜의 기본 특성 및 메시지 형식 및 절차와 동작 예를, 3장 수식을 통한 분석으로 Das의 DSR 다중경로 프로토콜[6]과 비교하여 개선결과를 제시한다. 4장 결론에서는 분석결과 고찰 및 향후 연구방향에 대해 논의 한다.

2. 제안 프로토콜(R-DSR)

2.1 아이디어 및 프로토콜 특성

이동 애드-혹 네트워크 환경에서는 지속적 경로 유지 비용이

지연시간비용에 비해 비효율적인 것으로 알려져 있다[12,13]. 그림1은 제안하는 R-DSR에서의 다중경로 구축을 나타낸다.

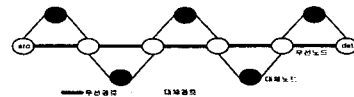


그림 1 제안 프로토콜에서의 대체경로구성

그림과 같이, 가장 짧은 우선경로(primary route)와 우선경로 상의 모든 2-홉 사이의 노드 쌍을 연결하는 대체경로(alternate route)생성한다. 각 경로의 홉 수의 길이는 동일함을 가정한다.

2.2 프로토콜 기본동작 과정 및 동작 예

프로토콜 기본동작과정은 경로 발견단계와 경로 유지보수단계로 나뉜다.

2.2.1 경로 발견 단계

경로 발견 단계는 일반적인 경로 요청단계(Route Request)와 응답단계(Route Reply)를 거쳐, 제안 프로토콜의 대체경로 구축단계(Route Backup)와 대체경로가 구축되지 아니한 구간의 대체경로 구축을 위한 역 응답단계(Reverse Route Reply)로 진행된다.

대체경로는 RBKP(Route BacKuP)로 구축, 경로가 생성되지 못한 구간의 경로구축을 위해 RRREP (Reverse Route REPLY) 메시지로 RREP(Route REPLY)를 요청토록 하며, 우선경로 사용 불가능할 시 대체경로를 사용하도록 한다. 노드 이동 시 RNTF(Route NoTification)를 통해 대체경로를 찾을 수 있도록 하며, 대체경로가 존재하지 않을 가능성은 분석 편의상 기존 연구처럼 배제한다[6].

그림 2와 3은 대체경로 구축단계의 프로토콜동작 예를 보여준다.

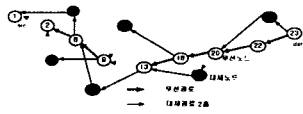


그림 2 프로토콜 동작 예: RBKP 단계

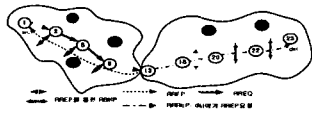


그림 3 프로토콜 동작 예: RRREP 단계

1.2.2 경로 유지 단계

경로 유지보수단계에서 노드이동을 통보와 대체 경로를 통해 데이터를 전송하도록 하는 동작은 그림 4와 같다.

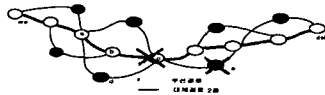


그림 4 프로토콜 동작 예: RNTF 단계

3. 프로토콜 분석

Das의 프로토콜[6]에서 경로 생존률 분석 시에 동일 노드에 연결된 링크들의 종속관계를 다루지 못한 것을 보완, 새로운 수식을 통한 분석방법으로 프로토콜들의 생존률 및 대체 경로의 수를 그래프와 표로 나타내 비교한다.

1.1 기본사항

제안 프로토콜은 우선경로와 대체노드를 포함 한 대체경로, 근원지와 목적지를 포함 최소 4노드 홉 수는 3이상의 독립적 이동성을 갖는 노드들로 구성된다고 가정한다. 노드 이동으로 현재 통신권역을 벗어날 확률 (편의상 이동 확률이라 함)을 X , 이동하지 않을 확률을 $1-X$ 로 표기한다.

1.2 Das의 DSR 다중경로 프로토콜2[6]

Das의 h -홉 대체경로(Das)는 위 가정에 의해 우선경로 생존률 $(1-X)^{(h+1)}$ 일 때, 대체경로 생존확률은 우선노드의 생존확률과 이동확률의 곱이 된다. 따라서 Das프로토콜의 생존확률 $P(h)$ 는 $P(h) = (1-X)^{(h+1)} (1 + (h-1) X)$ 가 된다. 그림5는 $h=4$ 일 때의 경로를 나타낸다.

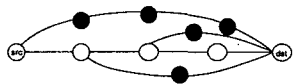


그림 5 Das의 DSR 다중경로 프로토콜구성 [12]

1.3 제안 프로토콜1(R-DSR1)

R-DSR1은 2-홉 간격의 대체경로가 존재, 우선경로와 동일

홉 수, 즉, 경로길이를 h 로 같다고 볼 때, k 개의 대체경로를 공유하는 경로의 총 개수 $A_n(k)$ 는 다음을 만족한다.

단, n 은 노드 수로 $n = h+1$

$$A_n(0) = 1, n > 1$$

$$A_n(k) = 0, k > [n/2] + ([x] + \text{은 } x \text{ 와 같거나 큰 수 중 가장 작은 정수})$$

$$A_{n+1}(k) = A_n(k) + A_{n-1}(k-1), k > 1, n > 2$$

수식 1 제안 프로토콜1의 총 경로의 수: S_n

$$S_{n+1} = \sum_{k=0}^{[n/2]} A_{n+1}(k) = \sum_{k=0}^{[n/2]} A_n(k) + \sum_{k=0}^{[n/2]} A_{n-1}(k) \\ = \sum_{k=0}^{[n/2]} A_n(k) + \sum_{k=0}^{[n/2]} A_{n-1}(k) \\ = S_n + S_{n-1}$$

수식1에서 대체경로 사용여부의 조건부 확률 $P_n(k)$ 과 대체 경로 생존확률 $P_1(h)$ 은 수식2와 3과 같고, $h=4$ 일 때 경로는 그림6과 같다

수식 2 k -BP가 사용되었을 조건부 확률 $P_n(k)$

$$Pr_n(k\text{-BP}) = (k\text{-BP 경로개수}) \cdot Pr_n(\text{노드 } S, D \text{ 가 동시 이동확률}) \\ \cdot (Pr_n\{n-2-k \text{ 개의 Primary 노드가 동시에 이동할 확률}\}) \\ \cdot (Pr_n\{k \text{ 개의 Primary 노드가 이동 안 할 확률 } k \text{ 개의 Backup 노드가 이동할 확률}\})$$

수식 3 제안 프로토콜1의 경로 생존확률: $P_1(h)$

$$P_1(h) = \sum_{k=0}^{[h/2]} Pr_n\{k\text{-BP}\} = (1-X)^h \sum_{k=0}^{[h/2]} A_n(k) X^k$$

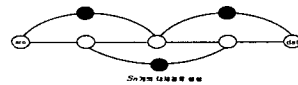


그림 6 제안 프로토콜1(R-DSR1)의 경로구성

1.4 제안 프로토콜2(R-DSR2)

1) 대체경로의 홉 수 길이가 2인 경우

대체노드에서 RBKP 브로드캐스트 2번 하여 대체경로 구축, 그림7과 같은 대체경로가 생성되며 경로 확률은 수식 6과 같다.

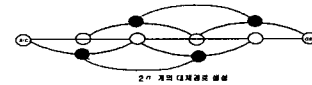


그림 7 제안 프로토콜2(R-DSR2)

수식 4 제안 프로토콜2 생존확률 $P_2(h)$

$$P_2(h) = (1-P)^{(h+1)} ({}_{h-1}C_0 \cdot P^0 + {}_{h-1}C_1 \cdot P^1 + {}_{h-1}C_2 \cdot P^2 + {}_{h-1}C_3 \cdot P^3 \\ + \dots + {}_{h-1}C_{h-2} \cdot P^{h-2} + {}_{h-1}C_{h-1} \cdot P^{h-1}) \\ = (1-P)^{(h+1)} \sum_{i=0}^{h-1} {}_{h-1}C_i \cdot P^i$$

2) 대체경로의 홉 수 길이가 3인 경우

수식 5 제안 프로토콜2 3-홉일 때, 생존확률 $P_3(h)$

$$P_3(h) = (1-P)^{h+1} (C_0 \cdot P^0 (1-P)^0 + C_1 \cdot P^1 (1-P)^1 + C_2 \cdot P^2 (1-P)^2) + P \cdot P + C_{h-2} \cdot P^{h-2} (1-P)^{h-2} + C_{h-1} \cdot P^{h-1} (1-P)^{h-1}$$

$$= (1-P)^{h+1} \sum_{i=0}^{h-1} C_i \cdot P^i (1-P)^i$$

3. 분석 결과

측정 프로토콜은 기존 연구의 Das[6]와 제안하는 R-DSR1과 R-DSR2으로, 성능 척도로 경로 생존확률을 패킷의 전달확률로 간주하고 패킷 전달률을 구하였다.

첫째, 패킷 전달률 즉, 경로의 생존확률은 최소 노드 수 4, 홉 수 3에서 순차적으로 증가시켜가면서 노드의 증가에 따른 변화를 측정하였다. 둘째, R-DSR2에서 대체경로의 홉 수를 증가시켜 Das[6] 프로토콜과 비교하였다. 참고로 각 프로토콜의 홉 수의 증가에 따른 총 경로의 수는 표1과 같다. 즉, 제안프로토콜은 홉 수에 대해 대량적, 지속적으로 증가하여 많은 대체경로를 유지한다.

그림 8은 노드 이동확률을 1%에서 3%까지 순차적 변화에 따른 각 프로토콜의 경로 생존률로서 제안 프로토콜 경우, 비교적 고른 분포를 보이는 반면, Das의 프로토콜의 경우 홉 수가 증가함에 따라 급격히 떨어지고 있다.

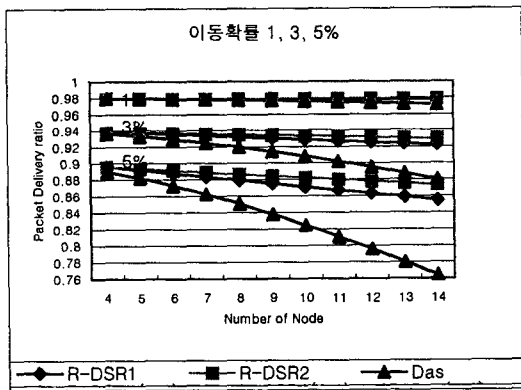


그림 8 패킷 전달률 (이동확률 1-3%)

그림9에서 10% 이동 시, Das의 프로토콜은 홉 수14에서 45%의 전달률을 보이나, 제안프로토콜은 70%이상을 유지하는 것을 알 수 있다.

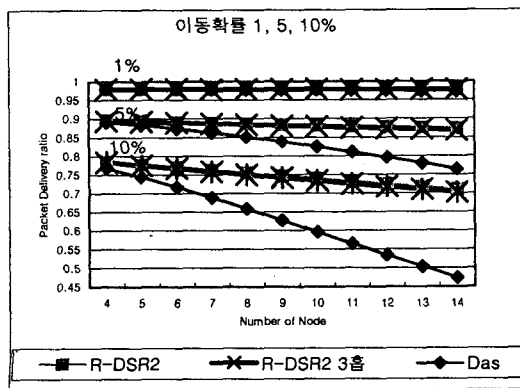


그림 9 패킷 전달률 (홉 수의 증가)

표 1 대체경로를 포함한 총경로 수

| | Das | R-DSR 1 | R-DSR 2 |
|----|-----|---------|---------|
| 3 | 3 | 2 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 16 |
| 8 | 8 | 21 | 128 |
| 10 | 10 | 55 | 512 |
| 13 | 13 | 233 | 4096 |

표1에서 제안 R-DSR의 경로 수는 Das의 프로토콜보다 5홉일 때 약 3배, 10홉일 때 약 500배의 경로 증가를 보이고 있어 대체경로 생존확률이 더 높다는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서 관련 연구들의 일반적인 문제점인 제어 메시지 범람 및 경로 및 경로상의 노드의 이동에도 신뢰성을 보장할 수 있는 프로토콜 R-DSR을 제안, 노드들의 움직임에 민감한 Das의 방식과 달리 구축, 대체경로 수가 많이 형성되어, 홉 수의 증가에도 패킷 전달률이 일정하게 유지되는 안정적인 경로 생존률을 나타낸다. 즉, 광역네트워크 같은 이동성 높고, 홉 수가 많은 환경에 적합한 프로토콜이라고 할 수 있다.

향후 연구에서는 분석결과 우수한 성능을 보이는 제안 프로토콜의 시뮬레이션을 통한 분석과 대체경로의 홉 수가 우선경로의 홉 수보다 1이상 증가하는 일반적인 경우의 R-DSR의 연구 등을 들 수 있다.

참고 문헌

- [1] Khurram Rafique, "A Survey Paper of Mobile Ad Hoc Networks," Visda Vokhshoori Columbia University City of New York, New York Class Project ELEN 6951, Spring 2002.
- [2] "http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html," IETF MANET Working Group.
- [3] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding-Royer, and Samir R. Das, "Ad Hoc On-Demand Vector (AODV) Routing," draft-ietf-manet-aodv-12.txt, Nov. 2002.
- [4] David B. Johnson, David A. Maltz, Yih-Chun Hu, and Jorjeta G. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," draft-ietf-manet-dsr-07.txt, Feb. 2002.
- [5] M. K. Marina and S. R. Das, "On-demand Multipath Distance Vector Routing for Ad Hoc Networks," Proc. ICNP, Riverside, Nov. 2001.
- [6] A. Nasipuri and S. R. Das, "On-demand Multipath Routing for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. IC3N, Boston, October, 1999
- [7] P. Papadimitratos, Z.J. Haas, and E.G. Sires, "Path Set Selection in Mobile Ad Hoc Networks," ACM Mobihoc 2002, Lausanne, Switzerland, June 9-11, 2002
- [8] Jie Wu, "An Extended Dynamic Source Routing Scheme in Ad Hoc Wireless Networks," Proc. HICSS'02, Hawaii, U.S.A, Dec. 2002
- [9] Sung-Ju Lee and Mario Gerla, "AODV-BR: Backup Routing in Ad Hoc Networks," Proc. IEEE WCNC'00, Chicago, Sept. 2000.
- [10] Sung-Ju Lee and Mario Gerla, "Split Multi-path Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks," Proc. ICC'01, Helsinki, Finland, June 2001
- [11] Marcelo Spohn and J.J. Garcia-Luna-Aceves, "Neighborhood Aware Source Routing," Proc. ACM Mobihoc 2001, October 4-5, 2001, Long Beach, California.
- [12] C.-K. Toh, "Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks, Wireless Personal communications," March 1997, vol. 4, no.2, pp.1-36.
- [13] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding-Royer, and Samir R. Das, "Ad Hoc On-Demand Vector (AODV) Routing," draft-ietf-manet-aodv-12.txt, Nov. 2002.