

애드혹 네트워크에서의 강건한 라우팅 알고리즘에 대한 기법 연구

전호철, 김태환, 최중민
한양대학교 컴퓨터공학과
e-mail : hcjeon@cse.hanyang.ac.kr

An Approach for robust routing algorithms in ad hoc Network

Ho-Chul Jeon, Tea-Hwan Kim, Joong-Min Choi
Dept. of Computer Engineering, Han-Yang University

요 약

이동 호스트의 이동에 따른 단절 또는 장애는 애드혹 네트워크에서 중요한 이슈중 하나이다. 응답 메시지를 전송하기 위해, DSR 이나 AODV 에서는 메시지 전송 요청을 위해 설정된 경로를 재사용한다. 즉, 설정된 경로를 이용해서 역방향으로 응답 메시지를 전송 하는 방식이다. 이러한 경우, 설정된 경로상에 있는 이동 호스트의 이동에 따른 장애는 매우 치명적이다. 이동 호스트에 의한 장애는 예측 가능성에 따라 예측 가능한 장애와 예측 불가능한 장애로 구분할 수 있다. 예측 가능한 장애는 이동 호스트가 스스로 장애의 발생 여부를 파악 할 수 있는 경우를 의미한다. 예를 들면, 이동 호스트의 제한된 전원 또는 이동 호스트의 이동성에 의해 발생하는 장애가 대표적인 예이다. 반면에 예측 불가능한 장애는 이동 호스트가 스스로 장애를 예측 할 수 없는 경우를 의미하며, 이러한 장애의 대부분은 문제를 해결할 충분한 시간이 주어지지 않을 만큼 급작스럽게 발생한다.

본 논문에서는 예측 가능한 장애에 대해 능동적이고 지능적으로 대처할 수 있도록 하는 새로운 방법을 제안한다. 이는 회사 내에서 업무를 인수 인계하는 방식과 매우 유사하다. 또한 본 논문에서 제안하는 방법은 앞서 언급한 이동 호스트의 이동에 따른 장애 문제를 해결함에 있어서, DSR 또는 AODV 처럼 메시지 전송 요청 시 설정된 경로가 응답 메시지 전송을 위해 다시 사용되는 라우팅 알고리즘에 비해 경로 재설정 시간과 전송 되는 메시지의 총량 측면에서 매우 효과적이고, 이동 호스트들이 스스로 장애를 예측하고 이에 대해 능동적이고 지능적으로 대처 할 수 있도록 한다.

1. 서론

이동 애드혹 네트워크에서 시작 노드에서 목적지 노드까지 최적의 경로를 찾다가 이동 호스트의 이동이나 통신 장애로 발생하는 장애는 애드혹 네트워크 분야 에서 매우 중요한 이슈이다. 이러한 장애는 최적의 경로 검색을 방해하기 때문에 치명적인 문제를 가져오고, 이동 네트워크에 대한 경로 검색이기 때문에 빈번하게 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 연구자들에 의해 수 십 년간 연구되어 왔지만 아직까지 명확한 해결책이 존재하지 않는다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결해 보고자 장애를 크게 두 가지로 구분하였다. 첫 째는 예측 가능한 장애다. 즉 기 설정된 경로상의 이동 호스트가 시작 노드에서 목적지 노드까지의 경로에서 이탈하는 것을 스스로 감지하는 것을 의미한다. 예를 들면, 제한된 전원이나 브로드캐스팅 범위를 벗어나는 이동 속도 등이 있다. 두 번째는 예측 불가능한 장애다. 스스로 경로에서 벗어나는 것을 감지하지 못하는 것을 의미한다. 예를 들면 하드웨어에 의한 급작스러운 물리적인 고장, 갑작스러운 단절, 원인을 알 수 없는 물리적인 결함, 외부 충격 등에 의한 물리적 결함 등이 있다.

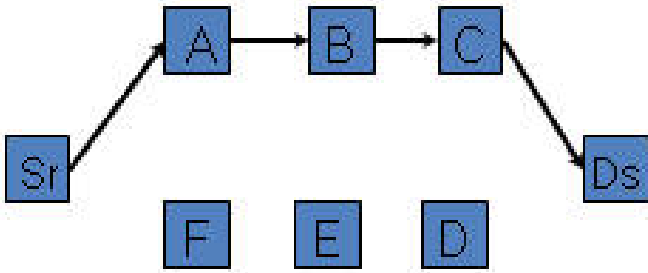
이동 애드혹 네트워크에서의 라우팅 알고리즘, 특히 DSR 또는 AODV 같이 시작 노드에서 목적지 노드까지의 경로 중 최적의 경로를 설정하게 되는데 이렇게 설정된 경로를 목적지 노드에서 시작 노드까지 응답하기 위해서도 사용한다. 그러나 응답을 하기 위해 경로를 역방향으로 따라가다 임의의 중간 노드에서 장애가 발생하게 되면 매우 치명적이다. 왜냐하면 이미 설정된 경로상의 이동 호스트에서 장애가 발생하면 새로운 경로를 찾기 위해 시간과 노력이 추가적으로 필요하기 때문이다. 본 논문에서는 이러한 노력을 최소화 하고 장애에 민감한 이러한 경로상의 이동 호스트들이 스스로 장애를 예측하고 설정된 최적의 경로를 유지하기 위해 능동적이고 지능적으로 대처할 수 있는 방법을 제시한다.

논문에서는 예측 가능한 장애 중에서 제한된 전원에 의한 장애와 이동 호스트의 이동성에 의한 장애에 대해 초점을 맞춰 최적의 경로를 유지하는 방법을 기술한다. 제한된 전력의 경우 문제는 매우 간단하다. 단지 각 이동 호스트가 자신의 전력을 체크하면 되기 때문이다. 반면에 이동 호스트의 이동성에 의해 발생하는 장애는 좀더 복잡하다. 왜냐하면 이동 호스트는

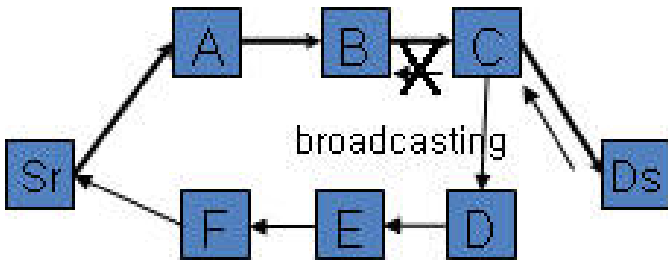
자신의 이동속도와 주변 이동 호스트의 전송 능력을 같이 고려해야 되기 때문이다. 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 DSR 과 AODV 에서의 장애에 대한 관련연구를 살펴보고, 3 장에서는 장애를 예측 하는 방법에 대해 보다 구체적으로 기술한다. 4 장에서는 예측된 장애에 대한 능동적인 대처 방법에 대해 구체적으로 기술한다. 마지막으로 5 장에서는 기존의 방법과 제안하는 방법간의 차이를 실험을 통해 논의한다.

2. 관련연구

이 장에서는 DSR 과 AODV 에서 설정된 경로상의 이동 호스트의 이동에 따른 장애에 어떻게 대처하는지를 살펴본다. DSR 과 AODV 에서 설정된 경로상의 이동 호스트의 장애 처리는 장애가 발생한 이동 호스트의 직전 노드에서 브로드캐스팅을 통해 시작 노드까지 이르는 경로를 재설정함으로써 이루어진다.



(그림 1) 시작 노드에서 종착 노드까지 이르는 경로



(그림 2) DSR 과 AODV 에서의 장애 처리를 위한 재설정과정

그림 1 은 DSR 과 AODV 에서 메시지 전송 요청 시 설정된 경로를 나타내고 있다. 그림 2 에서처럼 응답 메시지를 전송하는 중 이동 호스트 B 의 장애로 인해 전송 오류가 발생하면 장애가 발생한 이전 노드 즉, 이동 호스트 C 는 시작 노드 노드까지 이르는 새로운 경로를 반복적인 브로드캐스팅을 통해 찾는다. DSR 또는 AODV 에서 장애의 발견은 동기 메시지 전송을 통해 알 수 있다. 즉, 메시지를 수신한 이동 호스트는 일정 시간 동안 전송한 메시지에 확인응답 신호(ack)를 기다린다. 일정 시간 동안 확인응답 신호가 도착하지 않으면 장애라고 판단한다. DSR 또는 AODV 에서 설정된 경로상의 이동 호스트가 장애 나는 경우, 시작 노드까지 이르는 새로운 경로를 브로드캐스팅을 통해 재설정 해야 하기 때문에 매우 비효율적이고 장애에 매우 취약하다. 따라서, 이러한 단점

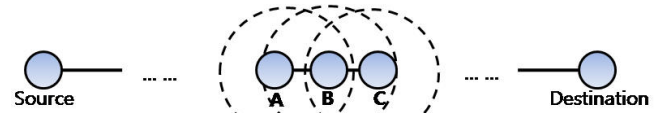
을 해결하고 보다 강건한 알고리즘을 만들 필요가 있다.

3. 장애 예측

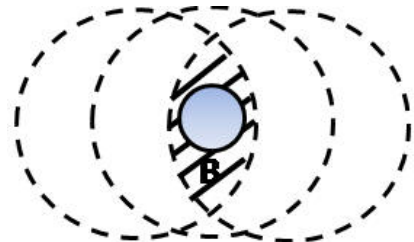
이동 애드혹 네트워크에서 이동 호스트의 장애란 자체적 결함 또는 외부의 변화에 따라 이동 호스트가 다른 이동 호스트와 연결되지 못하는 상태를 의미한다. 이것은 예측 가능한 장애와 예측 불가능한 장애로 구분할 수 있다. 이 장에서는 이러한 이동 호스트의 장애에 대해 보다 자세하게 기술하고 이들을 예측하는 방법에 대해 자세하게 기술할 것이다.

3.1 예측 가능한 장애

예측 가능한 장애란 각 이동 호스트가 스스로 장애의 발생을 예측할 수 있는 것을 의미한다. 예를 들면, 제한된 전원으로 인한 장애 또는 이동 호스트의 이동에 의한 장애 등이 있다. 제한된 전원에 의한 장애는 상대적으로 예측하기가 쉽다. 왜냐하면 이동 호스트 스스로 자신의 전원 상태를 주기적으로 체크하고, 전원의 전력이 일정 임계값 이하이면 장애가 발생할 것을 예측할 수 있다. 반면에 이동 호스트의 이동성에 의해 발생하는 장애의 예측은 보다 복잡하다. 왜냐하면 각 이동 호스트는 자신의 이동 속도 및 방향 그리고 주변 이동 호스트의 전송 능력까지 함께 고려 해야 하기 때문이다.



(그림 3) 시작 노드에서 종착 노드까지 이르는 경로



(그림 4) 이동 호스트 B 의 장애 없이 이동 가능한 영역

그림 3 과 같은 경로가 설정되었다고 가정하자. 그림 4 의 빗금 친 부분은 이동 호스트 B 가 장애 없이 움직일 수 있는 영역을 나타내고 있다. 다시 말하면, 이동 호스트 B 의 이동은 장애를 발생 유발할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 그림 2 에서 나타난 영역 내에서의 이동은 장애가 발생하지 않을 것이며, 어떠한 조치를 취하지 않아도 된다. 그러나 이 영역을 벗어난다면 이미 설정된 경로상에서의 이동 호스트 B 는 자신의 역할을 수행할 수 없을 것이다. 이럴 경우 장애는 발생한다. 이러한 장애를 사전에 예측하고 대비할 수 있다면 DSR 또는 AODV 알고리즘들은 장애에 보다 강건하게 될 것이다. 이동 호스트의 이동에

의해 발생하는 장애는 결국 설정된 경로상의 이전 이동 호스트와 이후 이동 호스트의 전송 가능한 셀의 교집합 영역에 이동 호스트가 위치하고 있는지를 주기적으로 판단함으로써 장애 발생 여부를 예측 할 수 있다. 이동에 의한 장애의 발생 여부를 판단하기 위해 고정된 좌표값을 사용할 수는 없다. 왜냐하면 이전, 이후의 이동 호스트 또한 이동할 수 있기 때문이다. 먼저 몇 가지 가정을 한다. 첫째, DSR 과 AODV 는 이동 호스트의 이동이 적을 때 유용하기 때문에 주변 노드의 이동은 없다고 가정한다. 둘째, 각 이동 호스트는 이웃 노드와 양방향 통신이 가능하다. 셋째, 각 이동 호스트는 이웃 노드의 메시지 전송 가능 거리를 안다. 이를 위해 경로상의 이전 및 이후 노드의 전송 가능 거리를 나타내는 PREV_LENGTH 와 SUBSEQ_LENGTH 를 이용 한다. 이 두 값은 메시지 전송 요청 시 자신의 전송가능거리를 적어서 브로드캐스팅함으로써 가능해 진다. 제안하는 방법에서는 다음의 절차에 따라 장애를 예측한다.

- ① 경로상의 이전, 이후의 이동 호스트의 전송 가능 거리를 구한다.
- ② 이들의 교집합 영역을 구한다.
- ③ 이동 호스트는 자신의 이동 속도를 고려한 체크 주기로 자신의 위치를 체크하며, 이때 만약 이동 호스트가 이 공통된 영역 안에 있지 않고, 이동이 계속 되면 장애 발생.

제안 방법에서는 각 이동 호스트마다 서로 다른 위치 체크 주기를 갖는다. 이것은 그 이동 속도와 관련이 있다. 기존 알고리즘에서처럼 일정 주기를 사용하는 경우 빠른 속도로 이동하는 이동 호스트의 경우 장애 발생 이후에 체크할 수도 있기 때문이다. 아울러, 이동 속도와 체크 주기는 서로 반비례의 관계를 유지하게 된다. 다시 말하면, 이동 속도가 빠른 이동 호스트 일수록 짧은 주기로 자신의 위치를 체크해야 한다. 이러한 예측 과정은 이동 호스트의 이동이 시작될 때 시작되고 이동이 끝나거나 혹은 장애 발생 때까지 계속된다.

3.2 예측 불가능한 장애

예측 불가능한 장애란 갑작스럽게 발생하며, 이동 호스트가 스스로 장애의 발생을 예측할 수 없는 것을 의미한다. 예를 들면, 이동 호스트 자체의 결함에 의한 장애 또는 외부의 물리적 또는 환경적 변화에 따라 발생한다. 이러한 장애는 다루기 어렵고, 복잡하기 때문에 향후 과제에서 다룰 것이다.

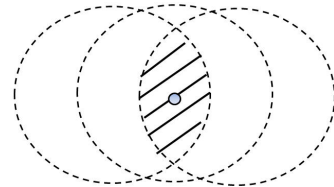
4. 능동적 장애 복구 원칙

이 장에서는 예측된 장애에 대한 능동적, 지능적 처리에 대해 구체적으로 기술할 것이다.

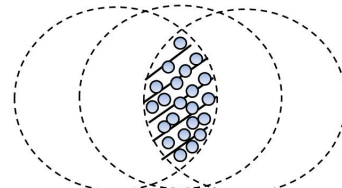
4.1 대리자의 발견과 권한 위임

설정된 경로상의 이동 호스트가 자신의 장애를 예측했다면, 이동 호스트는 이에 대해 지능적이고 능동적으로 대처한다. 이것은 먼저 자신의 역할을 대신할

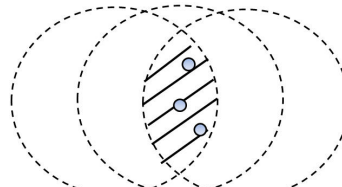
대리자를 찾는 것으로 시작한다. 자신의 역할을 대신할 수 있는 대리자는 이동 호스트의 이웃 중에서 교차영역 내에 있는 즉, 경로상의 이전, 이후 노드의 전송 가능 범위 내에 있는, 이웃 노드들이 후보 대상이다. 이들 각각에게 자신의 역할을 대신하도록 위임을 한다. 이때, 발생 가능한 몇 가지 경우가 있다. 첫째, 후보 노드가 없는 경우, 둘째, 모든 이웃 노드가 후보인 경우, 셋째, 2~3 개의 후보가 있는 경우다. 첫 번째의 경우 매우 치명적이지만 기존의 방법대로 브로드캐스팅을 통해 새로운 경로를 설정해야 한다. 두 번째 경우는 비교적 간단하다. 브로드캐스팅을 통해 이웃 노드들에게 위임 요청 메시지를 보내고 가장 먼저 응답 메시지를 보내는 노드로 선택한다. 세 번째 경우는 각 해당 노드에게 위임요청 메시지를 임의의 순서로 보내고 응답을 하는 노드에게 위임한다.



(그림 5) 대리자가 없는 경우



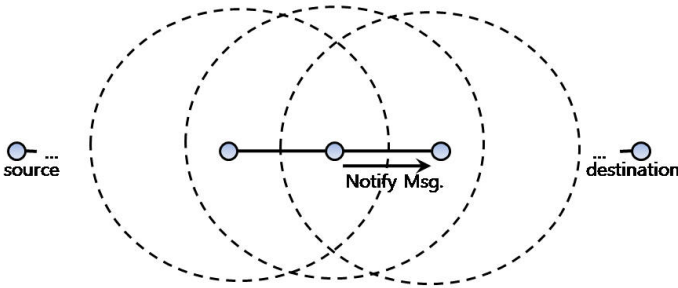
(그림 6) 모든 이웃 노드가 대리인후보가 되는 경우



(그림 7) 몇 개의 이웃 노드가 대리인 후보가 되는 경우

4.2 이전 노드에게 통보

예측된 장애를 처리 하기 위한 두 번째 단계로 설정된 경로상의 이전 노드에게 자신의 장애를 알리고 자신이 위임한 노드에 대한 정보를 알려준다. 이때, 아이피 주소 같은 자신의 정보와 함께 위임한 노드의 아이피 주소 정보를 함께 전송한다. 이 과정은 통보 메시지를 경로상 이전 노드에게 전송함으로써 이루어진다. 이 과정은 비동기적으로 이루어지며, 장애 발생 이전에 메시지 전송이 이루어 져야 한다.



(그림 8) 설정된 경로상의 이전 노드에게 통보 메시지 전달

5. 실험

이 장에서는 기존의 방식에 비해 제안하는 방법이 보다 더 장애에 강건하고, 보다 더 효율적이라는 것에 대해 기술한다.

5.1 에러 메시지

기존 알고리즘에서 설정된 경로상의 이동 호스트의 장애 발생시 시작 노드까지 이르는 새로운 경로를 반복적인 브로드캐스팅을 통해 이루기 때문에 많은 양의 메시지 전송이 있기 마련이다. 그러나 제안하는 방법에서는 자신의 역할을 대신 수행할 대리인을 찾기 위해 자신의 주변 노드들에 대해 메시지를 전송하기 때문에 상대적으로 적은 수의 메시지 전송이 있다. 예를 들어, 그림 2 에서 각 이동 호스트 주변에 이웃 노드들이 n 개 식 있다고 가정하면, C 에서 시작 노드까지 이르는 새로운 경로를 찾기 위해 최악의 경우 총 $4 \cdot n$ 의 메시지가 사용된다. 반면에 제안하는 방법에서는 C 에서 대리인을 찾기 위한 n 개의 메시지와 notify 메시지만 필요하다. 즉, $n+1$ 의 메시지만 사용된다. 따라서 기존의 방식에 비해 상대적으로 적은 양의 메시지를 사용하게 된다. 따라서 제안하는 방법에 의해 기존 DSR 또는 AODV 알고리즘은 보다 효율적으로 된다.

5.2 복구 시간

기존 알고리즘에서 설정된 경로상의 이동 호스트의 장애 발생시 시작 노드까지 이르는 새로운 경로를 반복적인 브로드캐스팅을 통해 이루기 때문에 많은 양의 메시지 전송이 있기 마련이다. 그러나 제안하는 방법에서는 자신의 역할을 대신 수행할 대리인을 찾기 위해 자신의 주변 노드들에 대해 메시지를 전송하기 때문에 상대적으로 적은 수의 메시지 전송이 있다. 또한 기존의 방법에서는 이러한 장애의 복구를 위해 상대적으로 많은 시간을 필요로 한다. 반면에 제안하는 방법은 장애가 발생한 이동 호스트 이외의 경로상의 다른 이동 호스트 s 들을 그대로 사용할 수 있기 때문에 상대적으로 짧은 시간 안에 복구가 가능하다. 예를 들면, 그림 2 에서 각 이동 호스트의 이웃 노드들에게 메시지를 전송하거나 브로드캐스팅하는데 시간 t 가 소요되고, 응답을 받기 위한 대기 시간이 w 라고 가정하자. C 에서 시작 노드까지 이르는 새로운 경로를 찾기 위해 최악의 경우 총 $4 \cdot t \cdot w$ 의 시간이 필요하다. 반면에, 제안하는 방법에서는 $4 \cdot t$ 의 시간만

사용될 뿐이다. 따라서 제안하는 방법에 의해 기존 DSR 또는 AODV 알고리즘은 보다 효율적으로 된다.

6. 결론과 향후 과제

본 논문에서는 이동 애드혹 네트워크에서 중요한 이슈중 하나인 장애 복구를 위한 효과적인 새로운 방법을 제안했다. 논문에서는 예측 가능한 장애와 이를 해결하기 위한 방법에 초점을 맞췄다. 제안 방법은 DSR 또는 AODV 같이 메시지 전송 요청 시 설립했던 경로가 응답 메시지 전송을 위해 다시 사용되는 라우팅 알고리즘에 비해 시간과 메시지 전송 양에 있어서 상대적으로 매우 효과적이다. 또한 제안하는 방법은 이동 호스트들이 스스로 장애를 예측하고 이에 대해 능동적이고 지능적으로 대처 할 수 있는 방법을 제시했다. 아울러 우리의 다음 작업은 예측 불가능한 장애에 대한 능동적 대처 방법이 될 것이다. 이것은 매우 급작스럽게 발생하기 때문에 매우 복잡하고 어려운 문제가 될 것이다.

참고문헌

- [1] Francesco Ricci and Quang Nhat Nguyen, "Acquiring and Revising Preferences in a Critique-Based Mobile Recommender System", IEEE Intelligent Systems, vol. 22, no.3, 2007, pp.22-29.
- [2] Pekka Jappinen and Jari Porras, "PANS-Preference-aware news screen", Proceeding of the seventh IEEE workshop on Mobile Computing Systems & Applications, 2006, pp.45-45.
- [3] Church, K., Smyth, B., and Keane, M. T. "Evaluating Interfaces for Intelligent Mobile Search", In Proceedings of the 2006 international Cross-Disciplinary Workshop on Web Accessibility (W4A): Building the Mobile Web: Rediscovering Accessibility? (Edinburgh, U.K., May 22-22, 2006), W4A, vol. 134, ACM Press, New York, NY, 2006, pp.69-78.
- [4] Jones, M., Buchanan, G., Harper, R., and Xech, P.. "Questions not answers: a novel mobile search technique", In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (San Jose, California, USA, April 28 - May 03, 2007). CHI '07. ACM Press, New York, NY, 2007, pp.155-158.
- [5] Church, K. and Smyth, B., "Mobile Content Enrichment", Proceedings of the 2007 International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI). In press, 2007, pp.112-121.
- [6] James E. White., "Telescript technology: Mobile Agent", In Jeffrey Bradshaw, editor, Software Agent, AAAI Press/MIT Press, 1996, pp.437-472.