

링크 장애 환경에서 빠른 복구를 위한 AntNet 라우팅 알고리즘

이 상 훈*, 김 화 성^o

AntNet Routing Algorithm for Fast Recovery in Link Failure Environment

Sang-hoon Lee*, Hwa-sung Kim^o

요 약

AntNet 라우팅 알고리즘은 유선통신 네트워크에서 사용되는 적응형 라우팅 알고리즘이다. AntNet 라우팅 알고리즘의 페로몬(Pheromone) 값에 따라 경로를 선택할 확률이 결정되고 그 확률로 선택된 경로에 패킷이 전송된다. 페로몬 값을 계산할 때는 강화학습을 통해 이전의 경험 중 가장 좋은 경로의 페로몬 값을 높이 유지한다^[1]. 그러나 노드나 링크에 장애가 발생하는 경우 다음 최적의 경로로 라우팅이 이루어지도록 페로몬 값이 하향수정 되어야 하는데, 하향수정이 이루어지는 과정에 많은 시간이 소요되어 패킷 손실이 발생된다. 따라서 본 논문에서는 링크의 장애 상황에서 다른 경로로 대체되기까지 Echo 패킷을 사용하여 장애 상황을 빠르게 인지하고 대처할 수 있는 수정된 AntNet 라우팅 알고리즘을 제안하였다.

Key Words : AntNet, Adaptive routing algorithm, Failure recovery, Reinforcement learning

ABSTRACT

AntNet routing algorithm is an adaptive routing algorithm used in wired communication networks. The probability of selecting a path is determined by the pheromone value and a packet is transferred to

the selected path based on probability. When calculating the pheromone values, the pheromone value of the best path from previous experience is kept high using reinforcement learning^[1]. However, if the node or link fails, the pheromone value must be decreased in order to make routing to another path possible. While decreasing the pheromone value the packet loss is inevitable, because it takes much time to decrease the pheromone value. In this paper, we propose a modified AntNet routing algorithm that can recognize and cope with the failure situation using Echo packet in order to solve the long latency problem to replace the faulty link to another link.

I. 서 론

통신 네트워크 서비스의 수요와 공급의 규모가 점점 커지고 복잡해지고 있다. 이러한 환경에서 정적 라우팅 프로토콜은 네트워크 관리의 어려움 및 네트워크 성능저하의 문제를 초래한다. 따라서 네트워크를 유지 관리하기 위하여 스스로 망의 상태를 관리할 수 있는 능력(Self-management)이 필요하다.

AntNet 라우팅 알고리즘은 적응형 라우팅 알고리즘으로 스스로 최적의 라우팅 경로를 찾으며, 만약 많은 네트워크 부하가 생길 경우 로드밸런싱 및 혼잡제어 그리고 노드의 장애가 일어나도 새로운 라우팅 경로를 찾아감으로써 관리자의 개입 없이 망을 관리하여 네트워크의 성능을 높인다.

그러나 노드나 링크에 장애가 일어나 다른 최적의 경로를 선택해야 할 때 페로몬 값은 다음 노드를 선택할 확률 값을 나타낸다. 이 확률의 총합은 1이므로 장애 노드로의 페로몬 값이 높다면 다른 노드로의 페로몬 값들은 상대적으로 낮다. 다른 노드를 선택할 확률이 낮을 때 다른 경로를 탐색해야 장애 노드로의 페로몬 값이 수정되는 AntNet 라우팅 알고리즘^[1]은 결국 다른 노드를 선택하는데 시간이 오래 걸릴 때가 많으므로 페로몬 값이 하향 수정되는데 대체적으로 많은 시간이 걸리게 된다.

* 이 논문은 2017년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신연구기반구축사업의 일환으로 수행하였음. [12221-14-1001, 차세대 네트워크 컴퓨팅 플랫폼연구 기반구축]

• First Author : (ORCID:0000-0002-0355-1313)Department of Electronics and Communications, Kwangwoon University, xanghoon@kw.ac.kr, 학생회원

◦ Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-5893-5691)Department of Electronics and Communications, Kwangwoon University, hwkim@kw.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2018-01-023, Received January 19, 2018; Revised January 30, 2018; Accepted January 30, 2018

본 논문에서는 노드로 이어지는 링크의 장애가 일어나도 다른 경로로 바뀌는 시간을 안정적으로 줄일 수 있는 효율적인 성능개선 기법을 소개한다.

II. 관련 연구

2.1 AntNet 라우팅 알고리즘

AntNet 라우팅 알고리즘은 DiCaro와 Dorigo가 제안한 몬테카를로 기법 기반의 ACO(Ant Colony Optimization) 이론을 이용한 적응형 라우팅 알고리즘이다^[1]. AntNet 라우팅 알고리즘은 점점 규모가 커지는 네트워크 환경에서 모바일 에이전트들이 동적으로 네트워크를 돌아다니며 정보를 모으고 그 정보들을 기반으로 자가 최적화를 통해 동적으로 라우팅 경로를 지정하여 네트워크의 효율성을 높인다. 하지만 정적인 라우팅 프로토콜(RIP, OSPF)에 비하여 에이전트들의 이용과 계산처리량 등으로 인한 각 노드에 걸리는 오버헤드가 높고 에이전트가 데이터 패킷과 같은 네트워크 대역폭을 사용하기 때문에 더 많은 네트워크 자원을 소모한다.

AntNet 라우팅 알고리즘에서 각 노드의 라우팅 테이블에는 페로몬이라는 다음노드를 선택할 확률 값이 있으며 이 값은 에이전트가 목적노드에 도착 후 초기 노드로 되돌아가면서 갱신된다. 이 때 계산되는 강화인자(r : reinforcement value)를 통해 페로몬 값의 변화 정도가 결정되는데 강화인자는 에이전트에 수집된 시간 지연 정보를 상대적으로 평가하며 AntNet 라우팅 알고리즘의 적응형 성능에서 중요한 영향을 미친다. 페로몬 값은 강화학습의 가치 함수(Value function)와 같은 개념으로 강화인자의 영향을 받아 계산되며 자주 다니는 경로의 값은 올라가고 잘 다니지 않는 경로의 값은 떨어지게 된다.

2.2 OSPF Failure Detection

기존 OSPF 라우팅 프로토콜은 네트워크의 장애탐지를 하기 위하여 Hello 프로토콜을 사용한다^[3]. 각 노드들은 서로 이웃한 노드끼리 Hello 패킷을 주고받다가 혼잡이나 장애로 Hello 패킷이 손실되어 RouterDeadInterval 시간 안에 패킷이 오지 않는다면 노드 간 장애로 간주하고 장애가 발생한 노드와 서로의 연결을 끊는다^[2]. Hello 패킷 발생간격이 길어지면 네트워크의 부하는 적지만 장애탐지시간이 길어지고 Hello 패킷 발생간격이 너무 짧으면 장애탐지는 빠르지만 네트워크의 부하가 커지는 단점이 있어서 적절한 Hello 패킷의 발생 값이 필요하다. 또 이를 고려한

RouterDeadInterval 시간은 보통 Hello 패킷 발생간격의 4배로 설정한다.

III. AntNet Link Failure Detection(AntNet-FD)

AntNet 라우팅 알고리즘에서 링크 장애를 더 빠르게 탐지하여 라우팅 경로를 바꿀 수 있는 방식을 제안한다. AntNet-FD는 이웃노드 사이에 살아있음을 알리기 위해 일정시간마다 Hello 패킷을 보내는 OSPF의 Hello 프로토콜과는 다르게 장애탐지를 하기 위해 Forward ant 에이전트가 다음 노드에 도착하면 즉시 이전 노드에게 잘 받았다는 Echo 패킷을 보낸다. 타이머는 Hello 프로토콜과 같이 Forward ant 에이전트의 발생 주기의 4배의 시간으로 설정 후 Echo 패킷을 받지 못하고 타이머가 만료된다면 Hello 프로토콜처럼 노드나 그 사이의 링크에 장애가 발생한 것으로 간주하여 장애관리를 한다. 장애 발생을 탐지하게 된다면 장애가 발생한 노드로 이어지는 경로의 페로몬 값을 이웃노드의 개수만큼 나누어 값을 크게 낮춘 후 낮은 페로몬 값을 나머지 경로에 공평하게 나누어 준다. 따라서 다른 경로를 탐험해 이전 최적 경로의 페로몬 값이 낮아지길 기다릴 필요 없이 두 번째로 페로몬 값이 높았던 다음 최적 경로를 금방 찾을 수 있기 때문에 장애를 빠르게 회복하여 패킷 손실을 줄이게 된다. <그림 1>은 본 논문에서 제시하는 AntNet-FD의 장애 탐지 및 회복의 순서도이다.

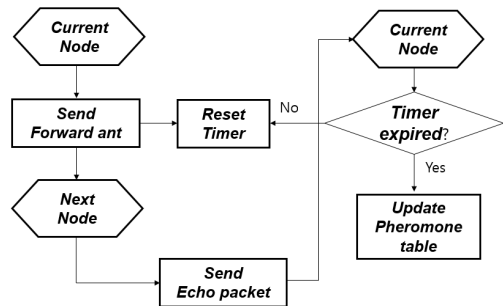


그림 1. Failure 탐지 및 회복 순서도
Fig. 1. Failure detection and recovery sequence diagram

IV. 시뮬레이션 및 결과

리눅스 환경에서 ns-2를 이용하여 12개의 노드로 이루어진 네트워크 토폴로지를 구성하였다. 시뮬레이션은 다음 토폴로지로서 AntNet 알고리즘과 새롭게 제

시한 AntNet_FD 알고리즘을 30초 동안 2번씩 시뮬레이션 하였고 다양한 장애회복의 성능을 보기 위해 1개, 3개의 링크 장애, 2개의 링크 장애와 근접노드들에 혼잡이 함께 일어났을 상황까지 총 3가지 시뮬레이션 상황을 대조하여 실험하였다.

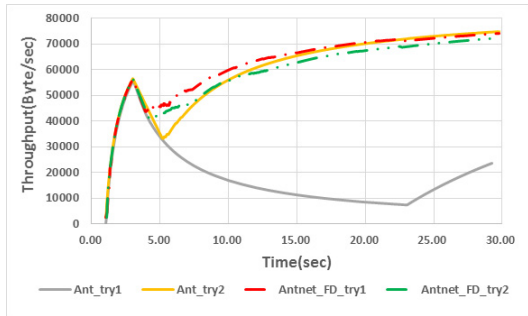


그림 2. 링크 장애가 한 곳일 때 AntNet과 AntNet_FD의 처리량 비교
Fig. 2. Throughput of AntNet and AntNet_FD in case of single link failure

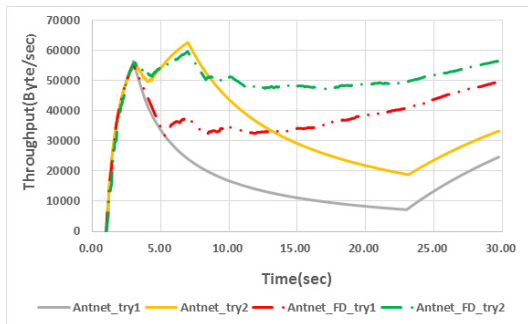


그림 3. 링크 장애가 세 곳일 때 AntNet과 AntNet_FD의 처리량 비교
Fig. 3. Throughput of AntNet and AntNet_FD in case of triple link failures

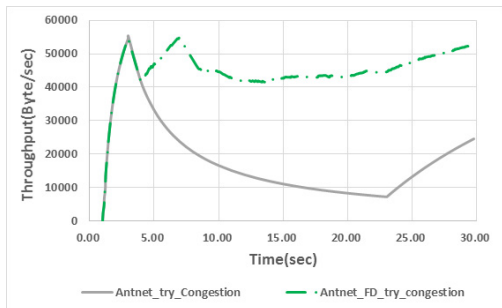


그림 4. 두 곳의 링크 장애, 근접노드의 혼잡이 함께 일어났을 때 AntNet과 AntNet_FD의 처리량 비교
Fig. 4. Throughput of AntNet and AntNet_FD in case of double link failures and congestion between adjacent nodes

시뮬레이션 결과는 시간에 따른 처리량을 측정하여 각 시간동안 처리된 총 데이터의 평균을 <그림 2>, <그림 3>, <그림 4>로 나타냈다. 특정 시간마다 장애가 발생해 변곡점이 나타나고 그래프에서 확인할 수 있듯이 새로 제시한 알고리즘(점선)이 기존 AntNet (실선)알고리즘보다 장애 후 다른 경로를 찾는 시간이 빨라 결과적으로 높은 처리량을 보여줌을 확인할 수 있었다. 또한 혼잡이 발생하는 상황일 때도 마찬가지로 타이머가 만료되면 새로운 길을 찾아가게 되므로 AntNet 알고리즘보다 여러 장애에 더 유연하게 대처하여 패킷 손실을 줄이는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문은 기존의 AntNet 라우팅 알고리즘에서 링크 장애 발생 시에 다른 최적 경로의 페로몬 값을 빠르게 높이지 못하여 패킷이 버려지고 지연되는 문제점을 해결하기 위해 OSPF의 Hello 패킷 개념을 이용하여 접근하였다. 새롭게 제시한 알고리즘은 주기적으로 네트워크의 상태를 확인하는 Hello 패킷과는 달리 주기적으로 보내는 Ant 패킷 에이전트를 활용하여 Ant 패킷이 다음 노드에 잘 도착하였을 때 간단한 Echo 패킷을 되돌려 보내어 노드의 장애유무를 빠르게 파악해 대처할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션 결과 기존 AntNet 라우팅 알고리즘보다 링크 장애 시에 더 좋은 네트워크 처리량을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

References

- [1] G. D. Caro and M. Dorigo, "AntNet: Distributed stigmergetic control for communications networks," *J. Artificial Intell. Res.*, vol. 9, pp. 317-365, 1998.
- [2] M. Goyal, K. K. Ramakrishnan, and W.-chi Feng, "Achieving faster failure detection in OSPF networks," *IEEE Communications*, vol. 1, pp. 296-300, 2003.
- [3] D.-W. Kum, J.-I. Choi, J.-S. Bae, Y.-Z. Cho, and Y. Kim, "Mobility-aware hello protocol for wireless ad hoc networks," in *Proc. Symp. KICS*, pp. 500-501, Nov. 2011.