

저궤도 위성 통신망을 위한 교차지점 기반 라우팅 프로토콜

이예은, 김기일
 충남대학교 컴퓨터공학과
 yeyettt@naver.com, kikim@cnu.ac.kr

Cross-Point Based Routing Protocol in Low Earth Orbit Communication Networks

Ye-Eun Lee and Ki-Il Kim
 Dept. of Computer Science and Engineering, Chungnam National University

요 약

현재의 저궤도 위성 통신망은 일반적으로 지상기반 네트워크와 공중 기반 네트워크로 구성되지만 최근에는 위성들간의 애드 혹 네트워크 기술을 적용하고자 하는 연구가 진행 중이다. 이러한 애드 혹 네트워크 구성의 핵심은 라우팅 프로토콜로써 본 논문에서는 송신자와 수신자 위성간의 교차지점을 활용한 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안된 방법은 시뮬레이션을 통하여 성능을 평가하였다.

1. 서론

저궤도 위성통신망[1]을 이용하여 쉽게 서비스가 불가능한 음영지역 뿐만 아니라 선박, 항공기 등을 활용하여 인터넷 서비스를 제공하고자 하는 연구가 활발히 진행 중이다. 최근에는 민간주도의 다양한 프로젝트가 진행됨에 따라 저궤도 위성통신망에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 일반적으로 저궤도 위성 통신망은 2,000km 이하의 상공에서 이동하는 위성들로 이루어지며 공전주기는 88-127분으로 저궤도 위성 1기의 커버리지는 지구의 2% 안팎이다.

이러한 저궤도 위성통신망은 지상시스템과 공중 네트워크로 구성되며 전자는 지상게이트웨이를 통하여 통신이 가능한 반면 후자는 위성간 링크를 활용한다. 이러한 위성간 링크를 다중 홉으로 확장하기 위한 라우팅 프로토콜들이 제안되고 왔으며 이러한 연구들은 기본적으로 최단거리 라우팅을 채택하였으나 최근에는 자원의 소모를 줄이는 방안이 제안되고 있다[2-4].

자원 소모 측면에서는 위치 정보를 기반한 라우팅 프로토콜들이 효과적으로 알려져 왔기 때문에 이를 이용한 방법은 좋은 대안이 될 수 있다. 본 논문에서는 위치 정보를 활용한 저궤도 위성통신망을 위한 새로운 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다. 제안된 프로토콜은 송신자가 수신자 위성의 정보를 이용하

여 각 위성들이 속한 공전궤도들간의 교차지점을 활용하는 방법이다. 이러한 교차지점에 따라 패킷의 전송방향을 결정하고 교차지점에서 수신자의 위치에 따라 공전주기 상의 패킷 전송 위치를 결정하는 방식으로 라우팅 오버헤드가 낮은 것이 특징이다.

2. 교차지점 기반 라우팅 프로토콜

2.1 시스템 구성

각각의 위성은 자신의 유일한 식별자와 자신이 속해 있는 주기로 구분된다. 즉, $Node_{i,j}$ 는 공전주기에 속해있는 노드 식별자 i 를 가지는 노드로 정의된다. 새로운 LEO가 공전주기 j 에 추가되는 경우 현재 노드 i 의 공전주기의 앞쪽에 위치하게 될 경우 노드는 식별자 $i+1$ 를 가지며 공전주기 뒤쪽의 노드는 $i-1$ 의 식별자가 배정된다. 각각의 위성은 자신의 현재 위치정보 습득이 가능하며 다른 노드의 위치정보와 이동 방향을 확보할 수 있다고 가정한다. 이때, 통신의 송신자와 수신자는 같은 지상게이트웨이 (G)를 공유하는 위성으로만 한정한다.

2.2 교차기반 라우팅 프로토콜

같은 지상게이트웨이를 공유하는 두 개의 노드 사이에서 패킷을 전송하는 경우 다음 알고리즘을 통하여 전송된다.

Algorithm 1 : Data Forwarding from $Node_{i,k}$ (Source) and $Node_{j,l}$ (Destination)

```

1  $F_{i,j}$  <- FRD_Crosspoint ( $Node_{i,k}$  ,  $Node_{j,l}$ )
2  $B_{i,j}$  <- BWD_Crosspoint ( $Node_{i,k}$  ,  $Node_{j,l}$ )
3  $D\_FRD$  = Distance (POSITION( $F_{i,j}$ ), POSITION( $Node_{i,k}$ ))
4  $D\_BRD$  = Distance (POSITION( $B_{i,j}$ ), POSITION( $Node_{i,k}$ ))
5 If (  $D\_FRD > D\_BRD$ )
6     Transmit Packet to the farthest  $Node_{i-1,k}$  within
        transmission rage
    
```

Algorithm 2 : Transmit packet to other orbit and forward it the the destination

```

At Each Node along the Orbit
1 if Distance ( $Node_{i,k}$ ,  $B_{i,j}$ ) < Threshold
2     Transmit Packet to the nearest node along the
        orbit  $l$ 
At Receiving Node at the Different Orbit
3 Compare destination Node ID
4 Determine the direction of forwarding
    
```

제안된 교차정보 알고리즘은 크게 두 가지 알고리즘의 구성된다. 첫 번째는 하나의 노드에서 다른 노드로 전송하기 위하여 교차점을 찾아가는 알고리즘이고 두 번째는 교차점 주변의 노드를 통하여 다른 궤도상의 노드에게 데이터를 전송하는 방법이다. 이러한 라우팅의 목적은 궤도를 따라 움직이는 LEO의 특징을 이용하면서 라우팅을 위한 오버헤드를 줄이는 방안이다.

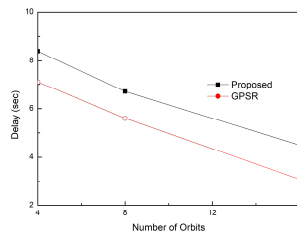
첫 번째 각 노드가 데이터를 전송하기 위해서는 Algorithm 1을 통한 데이터 전송 방법을 결정해야 한다. 이를 위하여 각 송신자는 수신자와의 궤도상의 교차점 정보를 구한다. 이 때 교차점은 자신의 이동방향과 같은 방향으로의 교차점 (FRD_Crosspoint)와 역방향 교차점 (BWD_Crosspoint)를 구한다. 두 개의 교차점이 계산되며 현재 궤도를 따라 해당 교차점까지의 거리를 구하게 되면 그 중 가까운 교차점을 찾아내게 되며 해당 방향으로 이동하게 된다. 즉, Algorithm 1의 5번째 라인을 통하여 두 교차점의 거리를 계산한 후 만약 같은 방향의 교차점까지의 거리가 역 방향 교차점보다 크다면 데이터는 거리가 짧은 역 방향 교차점으로 전송된다.

Algorithm 1을 통하여 교차점에서의 라우팅이 방

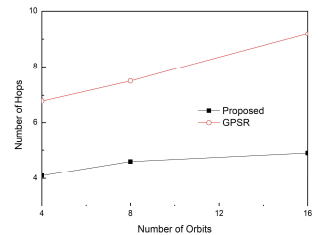
법이 결정된 경우 Algorithm 2를 통하여 교차점 근처에서의 궤도변경이 요구된다. 이를 위하여 데이터를 수신한 각 노드는 교차점과 자신의 거리가 일정 범위내에 있는 경우 패킷을 자신과 가장 가까이 있는 다른 궤도상의 노드에게 전달된다. 이렇게 패킷이 다른 궤도로 전달되는 경우 패킷의 식별자를 비교하여 자신보다 목적지의 식별자 번호가 큰 경우 궤도와 같은 방향의 노드에게 패킷을 전송하고 그렇지 않을 경우 궤도의 역 방향 노드에게 패킷을 전송한다.

3. 성능평가

본 절에서는 제안된 프로토콜의 성능 검증을 수행하였다. 성능 검증은 간단한 C언어로 구성되었으며 경로 선택의 적절성만을 파악하였다. 즉, 통신요소를 제외하고 제안된 라우팅 프로토콜을 통한 데이터 전송시 기존 지리정보라우팅 프로토콜에 비하여 얼마나 효율적인가를 검증하였다. 기존 라우팅 프로토콜은 탐욕적 알고리즘으로 동작한다고 가정하였다.



(그림 1) 궤도수에 따른 지연시간 (초)



(그림 2) 궤도수에 따른 홉 수

(그림 1)은 궤도수에 따른 지연시간을 보여준다. 같은 궤도에는 LEO가 4개씩 존재한다고 가정하고 각각 다른 속도를 부여하였으며 GPSR의 경우 각 노드에서 다른 탐욕적 알고리즘을 활용하여 궤도와 상관없이 다른 노드의 선택이 가능하도록 하였다. 따라서, 제안된 방식보다는 좀 더 지연이 짧은 반면 제안된 반면은 각 노드의 위치보다는 교차점을 찾아가는 방식이므로 지연이 조금 더 소요되었다. 하지만, 그 차이가 크지 않은 것으로 측정되었다. 반면 (그림 2)는 궤도수에 따른 홉 수를 보여준다. 제안된 방식은 교차점 정보를 이용하기 때문에 홉 수가 증가하지 않는 반면 GPSR의 경우 궤도 수가 많아짐에 따라 홉 수가 늘어남을 알 수 있다. 이는 많은 노드들이 탐욕적 알고리즘을 동작시켜야 함을 의미

하므로 복잡도가 증가된다. 즉, 제안된 방법의 경우 경로 설정의 복잡성이 낮은 반면 기존의 방법은 노드의 수에 따라 복잡도가 높아짐을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2019-0-01343)

참고문헌

- [1] G. Maral, J. Ridder, B. G. Evans and M. Richharia, "Low Earth Orbit Satellite Systems for Communications," International Journal of Satellite Communications, July 1991.
- [2] J. Lia, Y. Ana, B. Wanga and W. Fangb, "ERSVC: An Efficient Routing Scheme for Satellite Constellation Adapting Vector Composition," Procedia Computer Science, Vol. 10, 2012, pp. 984-991.
- [3] Y. Ma, W. Peng, W. Yu, J. Su, C. Wu, G. Zhao, "A Distributed Routing Algorithm for LEO Satellite Networks," In Proc. of IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), 2013.
- [4] S. Geng, S. Liu, Z. Fang and S. Gao, "An Optimal Delay Routing Algorithm Considering Delay Variation in the LEO Satellite Communication Network," Computer Networks, Vol. 173, May 2020.