

심우주 환경에서의 무선 네트워크를 위한 번들 프로토콜 연구 동향 조사

송치현, Demeke Shumeye Lakew, Nguyen Thi My Tuyen, 조성래

중앙대학교 컴퓨터공학과

{chsong, demeke, tuyen}@uclab.re.kr, srcho@cau.ac.kr

A Study on the Bundle Protocol for Wireless Deep Space Network Systems

Song Chi Hyun, Demeke Shumeye Lakew, Nguyen Thi My Tuyen, Cho Sung Rae

Department of Computer Science and Engineering, Chung Ang Univ.

요약

본 논문은 심우주와 같은 지연 내성 네트워크 환경에서 데이터 송신 시 발생하는 지연 시간 및 손실 방지를 위해 사용되는 번들 프로토콜에 관한 연구 동향 조사를 진행하였음. 지연 내성 네트워크 환경은 긴 지연 시간, 링크의 빈번한 끊김 및 높은 BER을 가진 환경을 의미하고 본 논문에서는 링크의 단절 및 BER에 의한 손실을 예방하기 위한 기법인 번들링과 이를 위한 프로토콜인 번들 프로토콜을 소개하고 연구 동향을 조사하였다.

I. 서론

본 논문에서는 심우주 환경에서의 무선 네트워크의 성능 향상을 위해 지연 내성 네트워크(Delay Tolerant Network) 연구에서 제안된 번들 프로토콜에 대해서 조사하였다.

보통의 네트워크는 연결 그래프로 모델링되어 모든 노드 사이에 하나의 종단 간 경로가 항상 보장된다. 이러한 네트워크에서 두 노드를 연결하는 링크는 낮은 BER과 지연시간을 제공하며 전송이 중단되는 경우가 거의 존재하지 않는다. 하지만 이러한 모델링은 심우주와 같은 극한 환경에 배치된 네트워크를 모델링할 경우 적절하지 않고 일반적인 인터넷 환경과 다른 몇 가지 제약이 존재한다. 전자기 간섭에 의한 과도한 지연, 노드의 높은 이동성과 동시에 노드 사이에 종단 간 경로의 존재를 보장할 수 없으며 높은 패킷 손실과 에너지 공급 부족, 대용량 저장 공간의 부재와 같은 다양한 요인으로 인해서 심우주 환경에서는 인터넷에서 사용되는 TCP/IP와 같은 프로토콜을 사용할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지연 내성 네트워크 구조가 제안되었다[1].

지연 네트워크 구조에서 중요한 부분은 트랜스포트 계층 위에 존재하는 번들 계층이며 번들 계층에서 메시지의 전송 시 노드는 다음 홉에 도달할 수 없을 때 번들 프로토콜을 이용해서 데이터를 저장하고 이를 통해 노드 간 재전송이 구현되었다.

II. 본론

1. 심우주 환경에서의 지연 내성 네트워크

1998년에 시작된 Inter-Planetary Network(IPN)은 서로 다른 태양계 행성에 위치한 노드 사이의 통신 연결을 목표로 하였다[2]. 이러한 심우주 통신은 IP/TCP와 같은 프로토콜이 허용하지 않는 과도한 지연 시간과, 높은 BER 및 잦은 중단으로 인해 지연 및 전송 중단을 허용해야 했음. 이를

지원하기 위한 지연 내성 네트워크 구조는 새로운 주소 체계와 기존의 IP를 확장하는 프로토콜 계층 그리고 장기간 중단 및 시스템 재시작 동안 데이터를 저장하는 저장 공간을 지원해야 한다.

이러한 지연 내성 네트워크 환경의 문제점은 지연 내성 네트워크의 설계 고려 사항이 많다는 것이다. 기존의 인터넷환경과 다르게 지연 내성 네트워크는 심각한 네트워크 파티셔닝, 지연 시간, 높은 패킷 손실률 및 비대칭 데이터 전송 속도에 의해서 연결이 빈번하게 끊기게 되어 모든 네트워크 노드 간 연결을 보장할 수 없고 각 노드는 독립적으로 작동해야 한다.

따라서 번들 프로토콜은 위에서 설명한 제한 요소(높은 BER, 에너지 공급 부족, 저장 용량 부족 등)에 의한 높은 BDP(bandwidth delay product) 값을 고려하여 설계되어야 한다. 또한 지상의 네트워크와 심 우주 네트워크 간의 비대칭 대역폭도 고려해야 하는데 실제로 지구에서 화성까지 TCP 연결의 처리량은 1600bps에서 250kbps 사이이다[2]. 하지만 지상의 네트워크는 수백Mbps에서 Gbps에 이르는 속도로 대역폭의 비대칭이 심각하다. 이는 통신 연결이 끊길 경우 지상의 라우터에서 전송을 대기하며 저장되는 데이터 용량이 많아지는 것을 의미하며 그 저장 기간(몇 시간, 며칠 또는 몇 주) 또한 길어지게 되며 전송 및 재전송 타이머의 설계는 이를 고려해야 하고 DTNRG에서 개발한 번들 프로토콜은 위에서 논의된 고려 사항을 해결하였다[1].

2. 번들 프로토콜

번들 프로토콜에서 모든 데이터와 제어 신호는 번들이라고 하는 하나의 객체에 통합되어 저장되며 번들이 네트워크를 통해서 전달된다. 이때 노드 간 연결은 중단될 수 있다. 즉 항상 다른 노드와 연결이 되어 있는 것은 아니다. 또한 통신이 양방향성이 아니고 전송에 많은 시간이 걸릴 수 있으며 링크 용량 및 지연은 다양한 통신 유형을 만든다. 번들 프로토콜에서는 이러한 통신 유형을 5가지 연결 방식으로 나누게 된다.

1. persistence connection

항상 노드 간 연결이 가능한 연결 방식

2. ondemand connection

다른 노드가 연결을 요청할 경우에만 연결하는 연결 방식

3. scheduled connection

특정 시간에 짧은 시간 동안만 노드 간 연결이 가능한 연결 방식

4. opportunistic connection

노드 간 통신이 우연에 의해서 연결되는 방식

5. predicted connection : 특정 시간에 성공적인 통신이 이루어질 것이라는 통계를 바탕으로 예측된 시간에 연결을 시도하는 연결 방식.

이를 바탕으로 번들 프로토콜은 신뢰성 있는 통신을 구현한다[3]. 오류가 있는 패킷의 재전송을 중단 간 노드에서 진행하는 TCP와 달리 지연 내성 네트워크에서 번들 프로토콜은 이러한 방식이 비효율적이거나 불가능하다. 예를 들어 scheduled connection을 사용하는 통신의 경우 중단 간 패킷 재전송을 진행할 경우 특정 시간에만 통신이 가능하므로 지연 시간이 매우 길어질 것이다. 또한 연결이 될 때까지 패킷을 저장해야 하는데 저장 용량과 에너지 자원이 부족한 심우주 환경의 특성상 이는 거의 불가능할 가능성이 높다. 이러한 이유로 번들 프로토콜은 아직 목적지에 도달하지 않은 번들의 재전송을 소스가 아닌 다른 노드에서 진행하게 되며, 이를 위해 custodian 매커니즘을 제공한다. 문제점은 custodian 매커니즘은 송신자가 전송한 번들이 완벽하게 전송되었는지는 보장할 수 있지만 수신된 번들이 손상되었는지는 판단할 수 없다는 것이다[4].

III. 결론

본 논문에서는 심우주 환경에서의 지연 내성 네트워크를 구축하기 위한 필요 사항들을 조사하였고, 심우주 환경에 따른 5가지 통신 유형과 중간 노드 간 재전송을 지원하는 이유를 알아보았다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 [NRF-2018M1A3A3A02066018]

참 고 문 헌

- [1] M. J. Khabbaz, C. M. Assi and W. F. Fawaz, "Disruption-Tolerant Networking: A Comprehensive Survey on Recent Developments and Persisting Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 14, no. 2, pp. 607-640, Second Quarter 2012
- [2] V. Cerf, S. Burleigh, A. Hooke, L. Torgerson, R. Durst, K. Scott, E. Travis and H. Weiss, "Interplanetary Internet (IPN): Architectural Definition,"
- [3] V. Cerf, S. Burleigh, A. Hook, L. Torgerson, R. Dust, K. Scott, K. Fall and H. Weiss, "Delay-Tolerant Networking Architecture," IETF Network Working Group, RFC4838, Informational, April 2007.
- [4] K. Scott, S. Burleigh, "Bundle Protocol Specification," IETF Network Working Group, RFC5050, November 2007.