

심 우주 통신의 저지연, 저손실에 대한 연구 조사

강우석 (중앙대학교), 장건희 (중앙대학교), Anh Tien Tran (중앙대학교), The Vi Nguyen (중앙대학교), Van Dat Tuong(중앙대학교) , 이윤성 (중앙대학교), 조성래 (중앙대학교)

{wskang, ghjang, attran, tvnguyen, vdtuong, yslee}@uclab.re.kr, srcho@cau.ac.kr

Research on the Low Delay and Low Loss of Deep Space Communication

Wooseok Kang (Chung-Ang Univ.), Gunhee Jang (Chung-Ang Univ.), Anh Tien Tran (Chung-Ang Univ.), The Vi Nguyen (Chung-Ang Univ.), Van Dat Tuong (Chung-Ang Univ.), Yunseong Lee (Chung-Ang Univ.), Sungrae Cho (Chung-Ang Univ.)

요 약

최근 스페이스X 로켓을 발사한 듯이 우주와 관련된 기술 개발에 관심 쏠리고 있으며, 심 우주 통신도 이와 더불어 각광받는 연구분야가 되었다. 우주선이 지구에서 멀어 질수록 워낙 많은 변인들이 존재하는 심 우주 환경에서의 여러 가지 기술적인 과제가 발생하는데, 통신 프로토콜이 대표적인 하나이며 이에 따라 심 우주 통신과 관련된 연구들이 나오고 있다. 본 논문에서는 심 우주 통신을 위해 현재 국제적으로 사용되고 있는 저 지연, 저 손실 통신 기술과 통신 프로토콜들을 다양하게 조사하여 기술하였으며 이는 향후 심 우주 통신 연구에 중요한 참고가 될 것으로 판단된다.

I. 서 론

최근 스페이스X 로켓을 발사한 듯이 우주와 관련된 기술 개발에 관심이 크다. 심 우주 통신도 이와 더불어 관심이 커지고 있다. 이에 따라 심 우주 통신과 관련된 연구들이 나오고 있다. 심 우주란 달보다 먼 우주, 혹은 화성부터의 우주를 의미한다. 심 우주는 일반적인 통신 환경과 매우 다른 환경을 가지고 있다. 심 우주 통신을 위한 링크 성능을 향상시키기 위해 태양 섭광의 영향에 대해 조사한 논문이 있다. 여기서 태양 섭광은 대규모 관상 불규칙성을 통과하는 무선 신호의 빠른 진폭 변동을 의미한다. 태양 섭광 전파의 확산으로 인한 심 우주 링크의 비트 오류율 성능에 영향을 미친다는 것을 입증하였다 [1]. 이와 같이 지구와 다른 환경이기 때문에 열악한 통신환경이 되게 된다. 그로인해 데이터손실과 전파지연이 생길 수 있다. 그렇기 때문에 이 부분을 해결할 방안이 필요하다. 본 논문에서는, 심 우주 통신과 관련되어 데이터 손실과 전파지연을 효율적으로 해결하는 연구. 기술들을 조사하고 설명하고 있다.

II. 본론

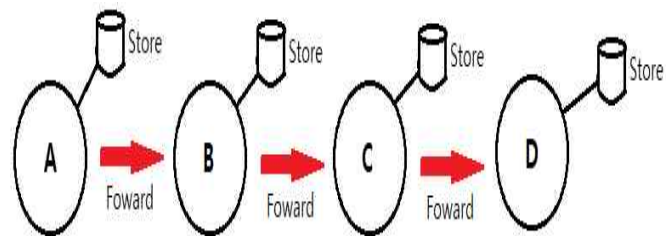
II-1. Bundle Protocol (BP)

인터넷은 다양한 통신방식으로 서로 통신 가능하도록 함으로써 지구 전체를 하나의 거대한 네트워크로 통합하였다. 이러한 인터넷을 가능하게 한 기술은 TCP/IP라는 프로토콜 때문이다. 이 인터넷 통신기술을 우주통신에도 적용하려고 시도했지만, 우주통신 환경은 지상통신 환경과는 달리 몇 가지 다른 부분이 있어서 TCP/IP를 그대로 사용하기에는 어려움이 있다.

- 간헐적인 통신링크 단절 : 우주선의 이동, 혹은 전파 특성이나 전원 (battery)에 의해 통신링크가 단절 되는 경우가 종종 발생한다.
- 높은 전송에러 : 우주 환경으로 인하여 일부 통신 구간의 경우 높은 에러가 발생되며, 이러한 환경을 극복하기 위해서 높은 수준의 오류 정정 기술이 요구된다.

- 전송지연 : 지상 인터넷과 달리 매우 큰 전송 지연이 발생된다.

이러한 이유로 새로운 프로토콜이 필요하게 되었고 그로 인해 나온 것이 BP이다. BP는 스트레스가 많은 통신 환경에서 안정적인 데이터 전송 서비스를 제공하기 위해 개발된 Delay-/Disruption-Tolerant Networking의 주요 프로토콜이다. BP는 Store and forward 방식으로 데이터를 전송하여 우주 통신 환경의 문제점을 극복한다[2].



<그림1> BP를 이용한 Store and forward 방식의 데이터 전송 방법

기존의 인터넷 통신은 A/B/C/D가 항상 연결되어 있으므로 A에서 D로 일시에 데이터 전송이 가능하지만 우주통신에서는 일부 구간에 단절이 발생할 수 있으므로 노드 간에 데이터를 전달했을 때 데이터를 저장한다. 예를 들어서 A->B로 데이터를 전달하면 일단 B 노드에 저장을 하는 방식이다. B->C로 데이터를 전달하면 C 노드에 데이터를 저장을 한다. 이렇게 각 노드마다 데이터를 저장해놓음으로써 정보의 상실을 방지하도록 설계 하였습니다.

또한 우주 통신 채널의 특징은 비대칭 채널 속도이다. BP는 이러한 우주

통신에서 고효율의 데이터 전송을 제안한다. 이러한 장점이 있는 BP와 관련 되서 BP의 전송 성능 분석, 능동적 전송 접근 방식 제안, BP의 전송 성능에 대한 링크 중단의 영향 등, 최근에도 논문이 쓰이고 있다[3, 4, 5].

II-2. Free Space Optical communication(FSO)

FSO는 Delay-/Disruption-Tolerant Networking의 느린 통신 속도를 개선하고자 시작된 연구 기술이다. FSO는 레이저를 활용해서 통신을 한다. 이는 장애물이 거의 없는 텅 빈 우주 공간에서 전파를 주고받기에 적합한 방식이다. 레이저 방식을 이용하면 3THz ~ 3PHz의 더 다양한 주파수를 활용할 수 있게 되고 더 빠르게 데이터를 전송할 수 있다. 뿐만 아니라 해킹을 원천 차단 할 수 있다는 장점도 있다.

II-3. 새로운 프로토콜 제안

올해 우주 차량으로부터의 파일 전송을 최대화하기 위해 터보 코드, RaptorQ 코드, 실시간 채널 예측 모델을 통합 한 심 우주 통신을 위한 새로운 프로토콜을 제안했다. 이 제안된 프로토콜은 adaptive-rate 전송을 달성하기 위해서 터보 엔코더의 주기적 조정과 특정 패킷의 재전송을 제거하는 분수 코드를 용이하게 하는 신호 대 잡음 비 예측 모델을 특징으로 한다. 시뮬레이션 결과로 고정 속도 전송 방식에 비해 파일 전송 속도가 132% 증가 할 수 있음을 나타낸다 [6].

III. 결론

본 논문에서는 심 우주 통신에 있어서 데이터 손실과 전파지연을 효율적으로 해결하는 연구, 기술들을 조사하고 소개하였다. 심 우주는 지상에서의 통신과 다르게, 통신 환경에서 데이터 손실과, 전파지연이 있다. 이러한 특성들을 고려하여 Bundle Protocol (Delay-/Disruption-Tolerant Networking)이나 FSO 또는 새롭게 제안하고 있는 프로토콜 등이 있다. 기술이 계속해서 발전해나갈수록 우주에 대한 관심과 집중이 커질 것이다. 아직까지 심 우주 통신은 발전 가능성이 많다. 앞으로 더욱 개선하려는 연구가 많이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아수행된 연구임 [NRF-2019R1A2C1090447]

참 고 문 헌

[1] G. Xu and Z. Song, "Solar Scintillation Effects on the Deep Space Communication Performance for Radio Wave Propagation Through Non-Kolmogorov Turbulence," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 17, no. 8, pp. 1505-1509, Aug. 2018.

[2] 조진호, 지신애, 이병선, 안재영, "국내 달 탐사를 위한 우주인터넷 기술개발," 전자통신동향분석 제32권 3호, pp 118-119, June, 2017.

[3] R. Wang, A. Sabbagh, S. C. Burleigh, K. Zhao and Y. Qian, "Proactive Retransmission in Delay-/Disruption-Tolerant Networking for Reliable Deep-Space Vehicle Communications," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 67, no. 10, pp. 9983-9994, Oct. 2018

[4] A. Sabbagh, R. Wang, K. Zhao and D. Bian, "Bundle Protocol Over Highly Asymmetric Deep-Space Channels," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 16, no. 4, pp. 2478-2489, April 2017.

[5] A. Sabbagh, R. Wang, S. C. Burleigh and K. Zhao, "Analytical Framework for Effect of Link Disruption on Bundle Protocol in Deep-Space Communications," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 36, no. 5, pp. 1086-1096, May 2018.

[6] R. Adhikary, J. N. Daigle and L. Cao, "Dynamic Code Selection Method for Content Transfer in Deep-Space Network," in IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 56, no. 1, pp. 456-474, Feb. 2020.