

GPS L1C 신호의 오류제어부호에 대한 분석

조현우, 안재민¹, 주정민², 송홍엽
연세대학교, 충남대학교¹, 한국항공우주연구원²

{hyunwoo.cho, hysong}@yonsei.ac.kr, jmahn@cnu.ac.kr¹, jmjoo@kari.re.kr²

Analysis of the Forward-Error Control of GPS Signal

Hyunwoo Cho, Jae Min Ahn¹, Joo Jung Min², Hong-Yeop Song
Yonsei Univ., Chungnam National Univ.¹, Korea Aerospace Research Institute²

요 약

본 논문은 GPS 신호의 메시지 구조인 CNAV 및 CNAV2 에 적용된 오류제어부호에 대한 분석 및 성능을 보인다. 또한 분석된 내용을 기반으로 동일/유사 부호어 길이 및 동일한 부호율의 오류제어부호를 설계하여 성능 비교를 한다.

I. 서 론

최근 위성 항법 시스템에 기반한 다양한 서비스 성장이 활발하며, 특히 높은 데이터 전송률 및 고정밀 측위 신호에 대한 수요가 급증하고 있다[1-2]. 이러한 수요에 맞게 다양한 위성 항법 시스템의 현대화 및 다양한 연구가 진행 중이다[3]. 기존 GPS 신호인 L2C 및 L5 에서는 컨볼루셔널 부호를 오류제어부호로 사용하고 있었으나, GPS 의 현대화 신호인 L1C 의 LDPC 부호를 채택하였다[4-5].

본 논문은 위 GPS 신호의 오류제어부호의 성능 분석을 보이며, 분석을 기반한 다양한 설계 방식에 대한 성능을 보이고자 한다.

II. 본 론

GPS CNAV 메시지 구조는 2000 년대 초 발사된 위성의 신호에 적용되었으며, 300-bit 항법메시지를 부호율 0.5, [171,133] 컨볼루셔널 부호로 부호화 하여 600-bit 항법 메시지로 구성된다[4]. 타 위성 항법 시스템의 대부분 신호들도 이와 유사한 구조를 적용하고 있다. GPS 현대화 신호인 L1C 의 메시지 구조인 CNAV2 는 3 개의 subframe 으로 구성되며, subframe1 은 time of interval 정보를 [52,9] BCH 부호를 통해 생성된다. Subframe2 는 clock, ephemeris 정보가 [1200,600] LDPC 부호로, subframe3 은 유동적인 변경되는 항법 메시지가 [548,274] LDPC 부호로 생성된다[5]. 이는 중요한 항법 메시지가 포함된 subframe2 에 높은 신뢰성을 보장하는 오류제어부호를 적용하여 신뢰성을 높였다고 볼 수 있다. 이후 subframe2 와 3 간의 인터리버를 통해 최종적으로 항법 메시지가 구성된다. Clock 및 ephemeris 의 정확하고 빠른 획득은 수신기 위치를 계산하는데 중요한 부분이다. CNAV2 의 경우 위 정보가 subframe2 에 있지만 획득을 위해선 인터리버로 인해 subframe3 까지 후 획득이 가능하다

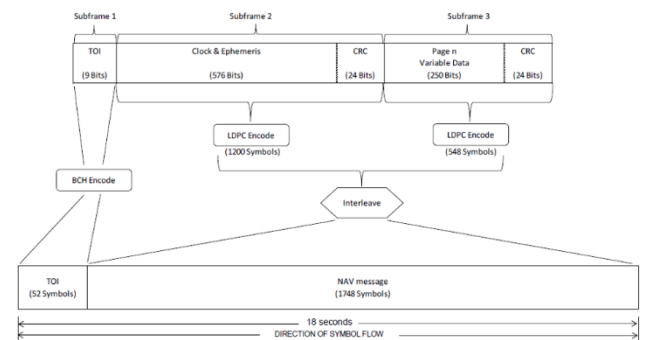


Figure 1. GPS CNAV2 메시지 구조

본 논문은 CNAV 의 컨볼루셔널 부호 성능, 동일한 길이로 설계한 LDPC 부호 성능, 그리고 CNAV2 의 두 LDPC 부호 성능을 보인다. 또한 위 분석을 기반으로 두 LDPC 의 결합한 성능 및 결합한 길이와 유사한 LDPC 부호를 설계하여 성능 및 분석을 결론에서 보인다.

III. 결 론

위성 항법시스템은 다른 시스템 대비 재전송 시간이 매우 긴 편이므로, FER 관점에서 성능 비교 및 분석이 필요하다고 판단하였다. 컨볼루셔널 부호는 Viterbi soft decoding 방식, LDPC 부호는 sum-product decoding 방식으로 성능을 도출하였다. Figure 2 는 CNAV 의 오류제어부호 성능 및 CNAV2 의 두 LDPC 부호가 결합한 성능, 그리고 CNAV 와 동일한 길이 및 부호율을 가지는 [600,300] LDPC 부호의 성능을 보인다. 현대화에 따른 CNAV2 의 성능이 CNAV 대비 월등히 좋아졌음을 확인하였다. 또한 설계된 LDPC 부호와 비교를 통해 짧은 길이에서도 LDPC 부호가 좋은 성능 보임을 확인하였다.

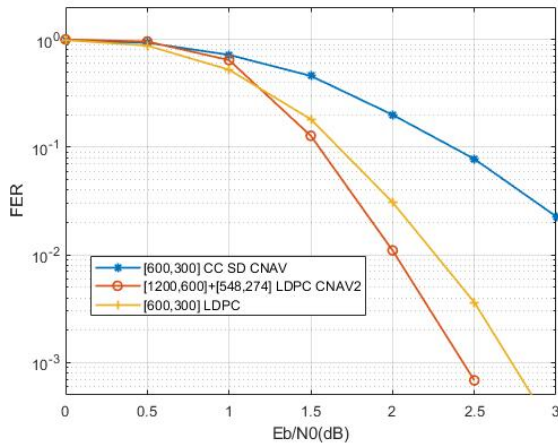


Figure 2. CNAV 및 CNAV2 오류제어부호 성능

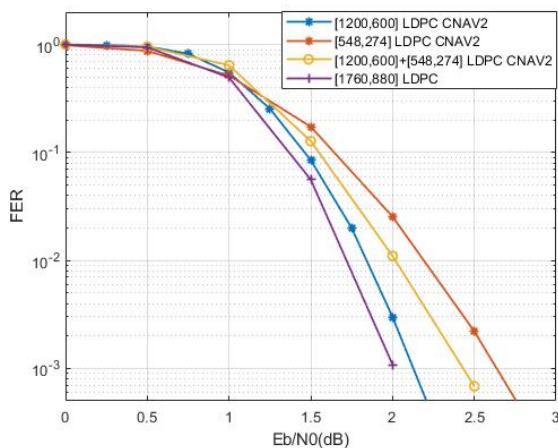


Figure 3. CNAV2 및 설계된 LDPC 부호 성능

Figure 3 은 CNAV2 의 두 LDPC 부호의 성능 및 통합적인 성능, 그리고 두 LDPC 부호와 유사한 길이 및 동일한 부호율의 [1760,880] LDPC 부호를 설계한 성능을 보인다. 결과에 따라 CNAV2 는 항법 메시지의 중요한 항법 메시지에 더 높은 신뢰도를 가지는 오류제어부호를 적용한 unequal-error protection(UEP) 기법을 적용하였음을 확인할 수 있다[6,7]. 또한, CNAV2 의 메시지 구조의 인터리버로 인해 두 subframe 은 모두 수신인 완료된 후에 복호화가 가능하기 때문에, 두 subframe 을 결합하여 부호화를 고려해보았다. 이에 따라 설계된 [1760,880] LDPC 부호는 CNAV2 의 모든 성능보다 좋음을 보인다.

CNAV2 에서 서로 다른 길이의 상이한 두 개의 LDPC 를 적용한 근거는 정확하게 알 수 없지만 위의 결과로 추측하건대 아마도 UEP 효과를 염두에 둔 설계가 아니었을까 생각된다. 그러나 이는 subframe 간 인터리빙 때문에 결국 모두 받아야 복호가 가능하게 되었고, 전체적으로 더 긴 길이의 부호가 보다 좋은 성능을 얻을 수 있는 개연성이 있다는 점에서 흥미로운 발견이 아닐 수 없다. 또한, 최근 빠른 하드웨어 발전에 따라 복호화에 대한 복잡도는 큰 문제가 되지 않을 거 같다. 추후 위성 항법 신호에 대한 다양한 분석 및 UEP 기법 연구를 통해 항법 신호에 최적화된 오류제어부호를 제안하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 하지현, 천세범, “위성항법시스템 운영 현황 및 개발 계획,” 항공우주산업기술동향, vol. 8, no. 2, pp. 46-53, 2010.
- [2] 기창돈 et al, ”미래전장 핵심 인프라: 위성항법시스템 - 현황과 우리의 대책을 중심으로,” 전자공학회지, vol. 37, no. 11, pp. 77-92, 2010.
- [3] R. Chauvat et al, ” Ultra-sparse binary LDPC codes with CSK signals for increased data rates in future GNSS,” In 2018 9th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC), Noordwijk, Netherlands, Dec, 5-7, 2018.
- [4] “Global Positioning Systems Directorate Systems Engineer & Integration Interface Specification IS-GPS-200H,” Navstar GPS Space Segment/User Segment Interfaces 117, Sep. 2013.
- [5] “Global Positioning Systems Directorate Systems Engineer & Integration Interface Specification IS-GPS-800D,” Navstar GPS Space Segment/User Segment Interfaces L1C, Sep. 2013.
- [6] S. Borade et al, “Unequal error protection: An information-theoretic perspective,” IEEE Transactions on Information Theory, vol. 55, no. 12, pp. 5511-5539. 2009.
- [7] O. Y. Bursalioglu, G. Caire, “Is unequal error protection useful?,” In 2011 IEEE International Symposium on Information Theory Proceedings, St. Petersburg, Russia, July, 3-5, 2011.