

한국형 달 탐사를 위한 링크 시나리오 설계 및 성능분석

정진우*, 오장훈*, 윤동원°, 김상구*

Link Scenario Design and Performance Analysis for Korean Lunar Explorations

Jinwoo Jeong*, Janghoon Oh*,
 Dongweon Yoon°, Sang Goo Kim*

요약

본 논문에서는 달 탐사선이 달 공전궤도에 안착 후 지상국과 가능한 통신 시나리오를 설계하고 성능을 분석한다. 시나리오에 따라 DSN 또는 국내 지상국만을 사용한 경우로 나누어 통신 가능시간을 분석하고 하루 동안 전송 가능한 총 데이터 처리량을 제시한다.

Key Words : Lunar Explorations, Space Communications, Deep Space Network, Data Throughput, Data Rate

ABSTRACT

In this paper, we present the scenario designs of the possibility of space communications for Korean Lunar Explorer and the analysis of its performance, depending upon the explorer's position within the moon's orbit after being launched from earth. As per each scenario, we would like to propose the analysis of the possible communication times and total transmission throughput data per day in two cases: one for using DSN and another for using only Korean's ground station.

I. 서론

우리나라는 2020년을 전후하여 달 탐사선 및 착륙선 발사를 계획하고 있다. 이러한 계획을 성공적으로 수행하기 위해서 고차 변조방식, 최대 전송속도 분석 등 다양한 연구가 진행되어 왔으나 기존에는 Deep Space Network(DSN)만을 이용하여 최대 전송속도를 제시하거나 변복조 방식의 성능 향상에 대한 연구를 수행하였다¹⁻³⁾. 따라서 다양한 채널 부호화 및 변복조 방식을 고려하여 달 탐사선이 달 공전 궤도에 진입한 후 다양한 시나리오에 따른 통신 링크 성능에 대한 분석이 필요하다.

본 논문에서는 달 탐사선의 공전 궤도에 따라 DSN을 사용한 경우와 국내 지상국만을 사용한 경우로 나누어 통신 가능시간을 분석한다. 또한 지상국과 달 탐사선 사이의 통신링크 설계에 따른 하향링크에서의 최대 전송속도를 도출하고 최종적으로 하루 동안 전송 가능한 총 데이터 처리량을 제시한다.

II. 통신 링크 설계

본 장에서는 지상국과 달 탐사선의 궤도상 위치에 따른 각각의 링크 시나리오에서의 통신 가능 시간을 도출한다. 달 탐사선이 달 공전 궤도에 안정적으로 안착 한 후에는 DSN을 사용하는 경우와 국내 지상국만을 사용하는 경우 두 가지로 나누어 통신 링크를 설계할 수 있다. 먼저, DSN을 사용하는 경우에는 지상국이 24시간 달을 향하고 있으므로, 달 탐사선의 공전만을 고려하여 통신 가능 시간계산이 가능하며, 달 탐사선의 공전 궤도에 따라 최대 통신 가능 시간과 최소 통신 가능 시간을 계산할 수 있고 그림 1에 나타내었다.

달 탐사선이 지상국과 수평으로 달을 공전하는 경우, 24시간 통신 가능하며, 달 탐사선이 지상국과 수직으로 달을 공전하는 경우, 달 탐사선이 달의 뒷면으로 들어가는 시간이 가장 길어지게 되어 지상국과의 통신 가능시간이 최소가 된다. 이 때, 지구와 달의 거리, 지름, 달 탐사선의 고도 및 공전 속도에 따라 최소 통신 가능 시간의 계산이 가능하다.

달 탐사선은 셀레네 1호와 같이 고도 100km에서 달을 공전한다고 가정하며, 이 경우 공전 주기는 120

* First Author : Dept. Electronics and Computer Engineering, Hanyang University, jhjeong@hanyang.ac.kr, janghoh.hanyang.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : Dept. Electronics and Computer Engineering, Hanyang University, dwyoon@hanyang.ac.kr, 종신희원

* 한국항공우주연구원, 39kim@kari.re.kr

논문번호 : KICS2014-01-023, Received January 28, 2014; Revised April 15, 2014; Accepted April 15, 2014

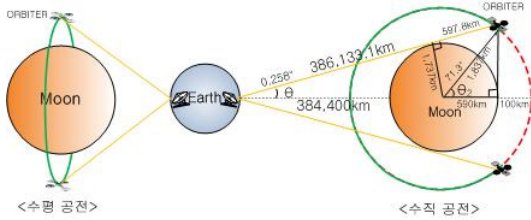


그림 1. 달 탐사선 공전 궤도 시나리오
Fig. 1. Scenarios for Revolution Orbit of a Lunar Explorer

분으로 가정한다⁴⁾.

지구에서 달에 그은 접선, 달 탐사선에서 달에 그은 접선 지구와 달의 중심을 이은 연장선 등을 이용하면 최소 통신 가능 시간은 약 72분이며, 하루 중 통신 가능한 시간은 864분이 된다.

두 번째, 국내 지상국만을 사용하는 경우이다. 국외 DSN을 이용한 경우와는 달리 통신 가능 시간 계산을 위해서는 달 탐사선의 공전뿐만 아니라 지구의 자전과 달의 공전도 고려하여야 하며, 지구의 자전 및 달의 공전으로 인하여 링크 단절이 더욱 많이 일어나기 때문에 통신 가능 시간을 계산하는 것은 매우 복잡해진다. 따라서 본 논문에서는 STK(Satellite Tool Kit)를 이용한 [2]의 연구 결과를 토대로 하루 동안 지상국에서 데이터 통신이 가능한 시간을 13567.872초로 설정한다.

III. 성능 분석

본 장에서는 하루 동안의 전송량을 도출하기 위하여 하향링크 성능 모델은 [3]에서 설계한 전송 주파수 2295, 8420 및 32000MHz, 송신 전력 20W, 안테나 효율 0.7 등의 통신 링크 모델을 바탕으로 설계한다. DSN은 미국에서 운용중인 3기의 34m 안테나를 설정하고, 달 탐사선의 송신 안테나 직경은 0.5m, 목표 비트 오류율은 10^{-5} , 각 대역별 최대 대역폭은 S, X, Ka 대

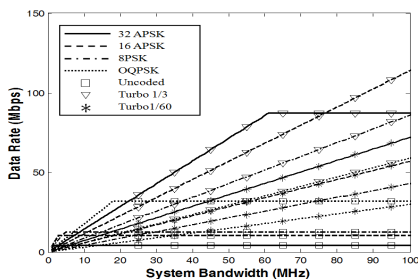


그림 2. S 대역 전송속도(DSN)
Fig. 2. S-band Data rate(DSN)

역에서 100, 100, 500MHz를 가정하여 변조 및 채널 부호화 기법 별로 그림 2~7에 각각 나타내었다.

그림 2~7에 따라 각 대역에서 전송대역폭이 증가함에 따라 전송속도가 증가하나, 증가된 전송속도에

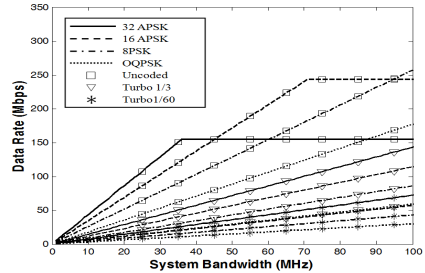


그림 3. X 대역 전송속도(DSN)
Fig. 3. X-band Data rate(DSN)

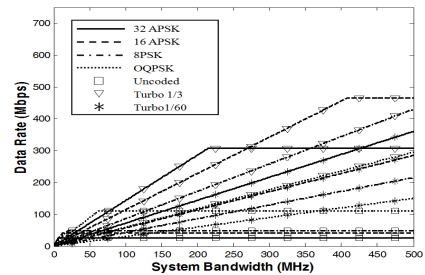


그림 4. Ka 대역 전송속도(DSN)
Fig. 4. Ka-band Data rate(DSN)

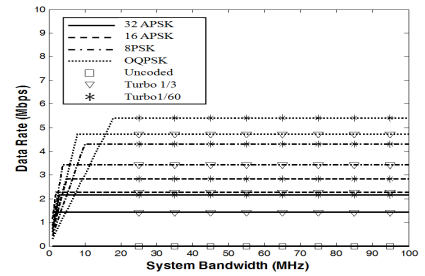


그림 5. S 대역 전송속도(국내 지상국)
Fig. 5. S-band Data rate(Domestic)

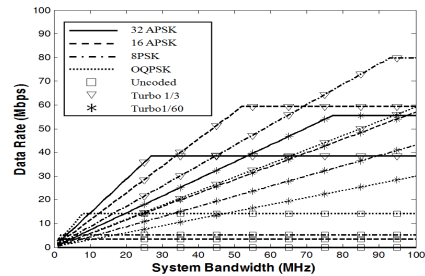


그림 6. X 대역 전송속도(국내 지상국)
Fig. 6. X-band Data rate(Domestic)

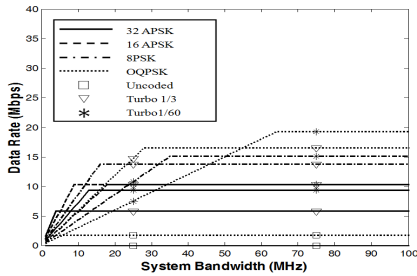


그림 7. Ka 대역 전송속도(국내 지상국)
Fig. 7. Ka-band Data rate(Domestic)

따라 요구되는 E_b/N_0 가 증가되어 대역폭이 증가하더라도 링크마진이 0 이하가 되어 전송속도가 더 이상 증가하지 않음을 확인할 수 있으며, 각 대역에서 채널 부호화 및 변복조 방식에 따라 필요한 대역폭을 확인할 수 있다. 이를 바탕으로 최대 대역폭에서 하루 총 데이터량을 표 1과 2에 나타내었다.

표 1. 하루 총 데이터 처리량(DSN)
Table 1. Total Throughput per day(DSN)

Channel coding and modulation		Total throughput per day[Gbits]		
		S-band	X-band	Ka-band
-	OQPSK	1652.6	9157.7	5780.7
	8 PSK	666.1	13322.9	2531.3
	16 APSK	533.4	12624.6	2133.7
	32 APSK	222.4	8006.2	1334.4
Turbo 1/3	OQPSK	3058.6	3058.6	15292.8
	8 PSK	4458.2	4458.2	22291.2
	16 APSK	5909.8	5909.8	24170.9
	32 APSK	4510.1	7413.1	15864.1
Turbo 1/6	OQPSK	1555.2	1555.2	7776.0
	8 PSK	2229.1	2229.1	11145.6
	16 APSK	2954.9	2954.9	14774.4
	32 APSK	3732.5	3732.5	18662.4

표 2. 하루 총 데이터 처리량(국내 지상국)
Table 2. Total Throughput per day(Domestic)

Channel coding and modulation		Total throughput per day[Gbits]		
		S-band	X-band	Ka-band
-	OQPSK	0	192.1	0
	8 PSK	0	39.7	0
	16 APSK	0	46.5	0
	32 APSK	0	0	0
Turbo 1/3	OQPSK	64.0	800.5	224.1
	8 PSK	46.7	1085.4	186.7
	16 APSK	30.9	804.1	139.2
	32 APSK	19.4	523.8	77.6
Turbo 1/6	OQPSK	73.3	407.0	260.5
	8 PSK	58.4	583.4	204.2
	16 APSK	38.7	773.3	139.2
	32 APSK	29.3	752.2	127.0

DSN을 사용한 경우, S 및 Ka 대역에서 그림 2와 4에서와 같이 가장 넓은 대역폭에서 1/3 터보 부호화된 16 APSK가 가장 빠른 전송속도를 가지기 때문에 하루 동안 가장 높은 처리량을 가짐을 확인할 수 있다. X대역에서는 그림 3과 같이 부호화되지 않은 8 PSK가 높은 전송속도를 가지기 때문에 하루 동안 가장 많은 데이터를 전송할 수 있음을 확인할 수 있다. 이 결과로서 각각의 주파수, 변조 방식 및 부호율에 해당하는 링크마진을 만족시키는 최대 전송속도에 따라 하루 동안 전송 가능한 데이터 처리량이 달라질 수 있음을 알 수 있다. 국내 지상국만을 사용한 경우에는 S 및 Ka 대역에서는 최대 전송 속도가 가장 높은 1/6 터보 부호화된 OQPSK의 처리량이 가장 많으며, X 대역에서는 1/3 터보 부호화된 8 PSK가 가장 높은 데이터 전송률을 가짐을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 달 탐사선이 안정적으로 달 공전 궤도에 안착 후 설계된 공전 궤도에 따라 지상국과 통신 가능 시간을 분석하고, 링크 성능을 도출하였으며, 이에 따른 하루 총 데이터 처리량을 제시하였다. 본 논문의 결과는 향후 계획되어 있는 한국형 달 탐사 통신 시스템 설계의 기초 자료로서 활용 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] J. Lee and D. Yoon, "Constellation design of 4+12 APSK for high-rate data transmission in space communications," in *Proc. KICS WGC*, pp. 183-184, Yongpyong, Korea, Feb. 2012.
- [2] A. Kim, S. Lee, and W. Lee, "Lunar exploration satellite communication link analysis," *J. KSSP*, vol. 6, no. 1, pp. 1-5, Jun. 2011.
- [3] W. Lee, D. Yoon, and J. Lee, "Performance analysis of maximum data rate for telemetry links in space communications for lunar explorations," *J. KSAS*, vol. 39, no. 1, pp. 42-49, Jan. 2011.
- [4] Y. Sim, "Current state for development of lunar explorer," *KARI*, vol. 5, no. 1, pp. 39-55, 2007.