

직접대역확산방식 기술조사 및 분석

임유철*, 마근수**, 김명환***, 이재득****

Technical Survey and Analysis of DSSS

You-Chol Lim*, Keun-Soo Ma**, Myung-Hwan Kim***, Jae-Deuk Lee****

Abstract

This paper is technical review about Direct Sequence Spread Spectrum(DSSS) to apply in launch vehicle system. First, we introduce communication protocol(carrier frequency, code length, process gain, data rate, chip rate etc) about several application system using DSSS. And then, we survey and summarize the effect of doppler shift to the DSSS. The doppler shift is important error factor for PN code tracking in the fast moving system like launch vehicle. So, spread spectrum code acquisition technique for a direct sequence system in the presence of doppler effect must be investigated.

초 록

본 연구는 직접대역확산방식(DSSS)에 대한 기술검토 자료로서 현재까지 직접대역확산방식이 적용되고 있는 통신시스템들을 알아보고 각각의 주파수, 코드길이, 확산이득, 데이터 전송속도 등의 대역확산 규격에 대하여 소개한다. 또한 발사체에 직접대역확산방식을 적용하기 위해 고려되어야 하는 사항에 대하여 알아보고 특히 도플러천이(Doppler Shift)가 직접대역확산방식의 동기획득에 미치는 영향에 대하여 기존에 연구된 사례들을 조사하고 정리하였다. 도플러천이에 대한 영향을 다루는 이유는 발사체와 같이 빠르게 이동하는 시스템에 있어서 도플러천이는 DSSS시스템의 코드추적에 주요오차요인으로 작용한다. 따라서 시스템에 적용을 위해서는 이에 대한 검토가 필요하다.

키워드 : 대역확산방식(spread spectrum), 코드추적(Code Tracking), 동기(Synchronization), 도플러천이(Doppler Shift)

1. 서 론

직접대역확산방식은 특정 신호의 주파수 대역을 넓히는 기술로, 디지털 전송 신호에 주기가 훨씬 짧은 펄스열을 곱하여 주파수 대역폭을 많

이 차지하도록 확산시켜 전송하고, 확산 신호를 수신한 후에는 전송에 사용된 펄스열과 완전히 일치하는 펄스열을 다시 곱해주어 원래의 신호가 복조되게 된다. 여기서 변복조에 사용되는 펄스열 자체가 일종의 암호가 되어서 이 암호가 없으

접수일(2010년 12월 24일), 수정일(1차 : 2011년 5월 20일, 2차 : 2011년 6월 24일, 게재 확정일 : 2011년 7월 1일)

* 전자팀/yclim1002@kari.re.kr

** 전자팀/kma@kari.re.kr

*** 전자팀/micele@kari.re.kr

**** 전자팀/jdlee@kari.re.kr

면 이론적으로 원신호의 복조가 불가능하도록 구성되므로 인접주파수에 의한 간섭 신호에 강한 특성을 가지게 된다. 이러한 대역확산 방식을 이용하면 비행초기 지상 반사파 등에 의해 형성된 멀티패스(Multi-path) 영향에 덜 민감하게 되는 장점이 있으나, 장거리 비행에 의한 신호지연이나 도플러편차(Doppler Shift)등에 의해 형성된 주파수 편이를 보상하기 위한 회로가 구성되어야 하고 송신부와 수신부의 동기가 정확히 일치해야 하는 등의 구성이 복잡해지는 단점이 있다. 하지만 원래의 명령 신호를 제외한 주변의 신호들은 잡음신호의 크기 레벨로 확산되므로 수신 신호의 신뢰도를 높일 수 있고 명령 신호의 간섭에 의한 오동작을 막을 수 있는 방식이다.

본 문서는 참고문헌[1-3]의 연장선 관점에서 실제로 직접대역확산방식(DSSS)의 응용사례 및 각각의 규격에 대하여 조사해 보고 그러한 직접대역확산방식을 발사체에 적용한다면 고려해야 할 사항에 대하여 기술적 검토를 수행하는데 있다. 더 나아가 참고문헌[1-3]에서 설계된 직접대역확산 규격을 재검토하여 발사체시스템에 적합한 통신규격을 도출해본다. 참고로 참고문헌[1-3]에서 설계된 DSSS방식 FTS(Flight Termination System)통신 규격은 다음과 같다.

표 1. 참고문헌[1-3]에서 설계된 DSSS방식 통신규격

RF Freq	Band Width	Code Length	Chip Rate	Data Rate	Process Gain
UHF band	10 MHz	256	5 Mcps	19.5 kbps	24 dB

2. 직접대역확산방식의 응용사례 조사를 통한 규격 도출

군사용 비밀 통신방식으로 발전해 온 직접대역확산 통신방식은 GPS(Global Position System)나 Space shuttle, 보이저호 등과 같은 우주과학용으로도 이용되고 있으며, 현재는 상업분야인 휴대전화 서비스에서도 DSSS통신방식의 CDMA(Code Division Multiple Access)방식이 널리 활용되고 있다. 더구나 OA(Office Automation),

FA(Factory Automation)등의 민수용 통신에도 활용되기 시작하여 빠른 속도로 보급되고 있는데, 그 일례가 900MHz대나 2400MHz대의 ISM(Industrial Scientific and Medical)밴드에 있어서 실용화된 코드리스폰과 무선 LAN이며, 특히 무선 LAN에 있어서는 DSSS방식에 의한 통신이 주류를 이루고 있다. 참고로 미국의 연방통신위원회 FCC(Federal Communication Commission)에서 정의한 내용[4]에 의하면 DSSS방식이 대역확산의 효과를 발휘하기 위한 최소대역, 최소코드길이, 최소확산이득은 다음과 같다.

표 2. DSSS방식의 최소 요구규격

Direct Sequence	
Minimum bandwidth	500 kHz
Minimum code length	128 chips
Minimum process gain	10dB

표 3. DSSS방식을 이용한 시스템들의 통신규격

	GPS (C/A code)	TDRSS (Space shuttle)	IS-95A (2G CDMA)	W-CDMA (UMTS)
RF Freq	1575.42 MHz	S-band Ku-band	800 MHz 1.7-1.8 GHz	1.9-2.1 GHz
Code length	1023	1023	32768	262143 (Down link)
Chip rate	1.023 Mcps	3.08 Mcps	1.2288 Mcps	3.84 Mcps
Data rate	50 bps	32 kbps 216 kbps	9.6 kbps	144-384 kbps
Process Gain	43 dB	19.8 dB 11.5 dB	21 dB	14.2-10 dB
Bandwidth	2.046 MHz	6 MHz	2.6 MHz	5 MHz

* TDRSS : Tracking and Data Relay Satellite System

* UMTS : Universal Mobile Telecommunication System

표 3에서 보면 알 수 있듯이 응용시스템들의 대역폭(Bandwidth)은 2~6MHz로 설정한 것을 알 수 있다. 이론상 DSSS방식은 대역폭이 넓을수록 이상적이기는 하지만 데이터 처리 및 주파수 할당 등의 현실적인 상황을 고려했을 경우 6MHz 이내로 설정하는 것이 구현상 유리할 것으로 예상된다. 코드길이의 경우도 CDMA와 같은 다중통신을 하기위한 경우가 아니면 동기취득 시간을 고려할 때 1023길이 이내로 잡으면 될 것으로 판단된다. 물론 앞에서 언급했듯이 FCC의 권고사항인 128보다는 크게 선정해야 할 것으로

생각된다. 대역폭이 결정되면 칩레이트(chip rate)가 자동으로 결정되고 칩레이트를 고려하여 데이터 전송속도를 결정하게 된다. 데이터전송속도에 대한 칩레이트의 비율을 나타낸 것이 처리이득 또는 확산이득(Process Gain)이라고 하며 이는 표에서 보듯이 적게는 10dB에서 많게는 43dB로 설정한 것을 알 수 있다. 확산이득이 클수록 데이터를 주파수영역에서 더 넓게 확장시킬 수 있게 되며 이는 잡음 및 방해파로부터 피해를 줄일 수 있는 효과를 가져다준다. 따라서 데이터속도와 방해파에 대한 여유도(margin)사이에 적절한 조절을 통하여 데이터전송속도를 결정해야 한다.

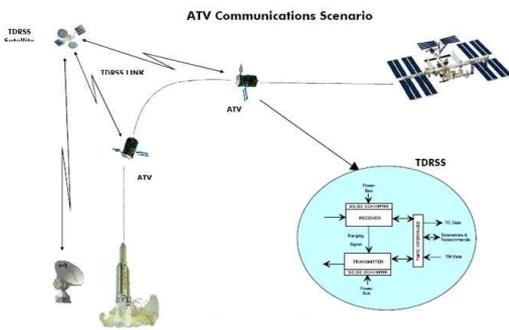


그림 1. TDRSS 통신관계도

표 3에서 언급된 응용시스템들중 발사체시스템의 환경과 유사한 경우가 바로 TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System)이다. 그림 1은 TDRSS의 통신개념을 보여 준다. TDRSS는 지구 저궤도(LEO; Low Earth Orbit) 위성과 우주왕복선, 국제우주정거장(ISS), 허블 우주망원경(HST), 그리고 미국의 스파이 위성등과 지상의 위성 지구국간의 송수신 데이터를 중계할 목적으로 미 항공우주국(NASA)에서 운영하는 특수한 목적의 정지궤도 통신위성인 TDRS (Tracking & Data Relay Satellites) 위성을 나타냅니다. TDRSS는 양방향 통신이 가능하며 주파수 대역은 S-밴드와 Ku-밴드를 사용한다. TDRSS의 경우 현재 외국에서 제품으로 판매되고 있으며 그 중 한 제품을 소개하면 그림 2와 같다.

지금까지 언급한 DSSS 응용시스템들의 규격을 바탕으로 발사체에 적용하기 위한 DSSS 통신규격을 개략적으로 다음과 같이 도출할 수 있다.

표 4. DSSS 응용시스템을 통해 발사체적용을 위한 통신규격 도출

RF Freq	Band Width	Code Length	Chip Rate	Data Rate	Process Gain
UHF band	1~2 MHz	256 / 512	800kcps ~ 1Mcps	5~10 kbps	18~20 dB

* 요구조건 : 1Frame = 64bit기준, 최소 25Frame/sec

TDRSS Compatible S-Band Transponder



Applications

- Data relay links via TDRSS satellites (Compliant with 4th generation specification).
- High performance TT&C and navigation subsystems.
- Continuously operational TT&C links.

Receiver	Transmitter
<ul style="list-style-type: none"> S-Band frequency range: 2000-2120 MHz. Noise Figure: <2 dB. RF Acquisition Threshold: -140dBm (31.5 dBHz, Command channel). Telecommand Acquisition Threshold: 36 dBHz at 1Mbps CV at BER< 10⁻³ Dynamic range: 33 ~ 120 dBHz. Acquisition Frequency Ranges: ± 1500 Hz of threshold. Acquisition times: <ul style="list-style-type: none"> Short Code at 33 dBHz (190): <5 s. Short Code at 37 dBHz (190): <1 s. Carrier at 33 dBHz (190): 2 s. Long Code at 23 dBHz (190): <4 s Tracking range: ± 160 kHz. Tracking range rate: up to 390 Hz/s. Reacquisition & dropout: 50 ms. Telecommand data rates: 250bps, 500bps, 1kpbs and 2 kbps. (Convolutional decoder is optional) PN Code Length: 1023. PN Code chip rate: $\frac{31}{221} \times 96F_{Tx}$ (3 Mcips/s approx.). 	<ul style="list-style-type: none"> S-Band frequency range: 2200-2300 MHz. Coherent mode: $F_{Tx} = \frac{240}{221} F_{Tx}$ TM Data rate: 0.1 to 256 kbps. (Convolutional encoder optional) PN Code chip rate: $\frac{31}{240} \times 96F_{Tx}$ RF Output Power: 26 dBm (up to 37 dBm available). Modulation regrowth processing. Signal linearization as per SNU/G530, compatible with MAVSSA TDRSS return link.
Ranging	General
<ul style="list-style-type: none"> PN code length: 1023/256 (truncated 18-state shift register sequence). 	<ul style="list-style-type: none"> Mass: 4 Kg. Dimensions: 300 x 198 x 110 mm³ (LxWxH) Power consumption: <ul style="list-style-type: none"> Rx: 7 W Tx: 7 W (26 dBm RF power) 25 W (37 dBm RF power)

그림 2. TDRSS 상용제품 규격

발사체의 경우 8km/sec이상의 빠른 속도로 움직이기 때문에 고정된 지상안테나와 통신시 도플러효과에 의해 주파수편차가 발생하게 되며 이러한 도플러 효과가 개략적으로 도출된 DSSS시스템에서 PN코드 동기획득에 미치는 영향에 대한 분석이 필요하다. 즉 DSSS시스템은 다른 통신시스템과 달리 반송파의 주파수의 복조 이외에도 PN 코드로 확산된 데이터를 다시 비확산시켜 복원하기 위해 코드동기작업이 수행되어야 하는데 도플러효과에 의해 코드동기화가 이루어지지 않으면 통신을 전혀 수행할 수 없게 된다. 따라서 DSSS 통신방식을 발사체에 적용하기 위해서는 반듯이 도플러효과에 대한 분석이 검토되어야 한다.

3. 도플러효과의 영향분석

DSSS통신은 전송할 신호의 대역폭을 넓은 대역폭의 코드를 이용하여 넓게 확산시켜 전송하고, 수신시 수신기에 내장된 확산부호를 이용하여 역확산 시킴으로써 반사파에 의한 간섭, 잡음에 의한 영향을 감소시키는 이점이 있다. 역확산을 위해서는 수신신호의 코드와 국부발진자(local generator)의 코드 위상이 일치하여야 하는데, 이러한 코드 동기화 문제는 DSSS수신기의 중요한 역할이다. 정확한 동기를 위해서는 다음 두 가지 조건이 요구된다. 첫째, 송신 시 사용한 확산부호의 정확한 패턴과 칩(chip) 간격을 수신자가 알고 있어야 하고 둘째, 수신된 부호와 기준 확산부호사이의 위상차(phase offset)를 없애주어야 한다. 만일 두 가지 조건 중 하나라도 만족이 되지 못한 경우에는 DSSS의 존재 자체가 의미 없게 된다. 이러한 DSSS통신을 발사체에 적용할 경우 발사체의 빠른 기동에 의해 발생하는 도플러효과는 2번째 조건에 해당되는 코드동기를 저해하는 요소로 작용하게 된다.

물론 이러한 도플러효과에 의해 발생하는 문제를 보상하기 위한 기법들이 여러 연구를 통해 제시되었으며 가장 보편적인 방법이 AFC (Automatic Frequency Control)에 의한 도플러추적 기법이 있다. 이외에도 Squared Law Device에 의한 PN코드 제거기법, 보조신호(Coherent Beacon 또는 CW preamble)를 이용한 보상기법 등이 있다. 하지만 보상기법 이외에도 확인해야 할 것은 만약 도플러효과에 의해 코드동기가 깨질 경우 다시 코드동기화작업을 수행하는데 걸리는 시간 또한 중요한 요소이다. 따라서 이러한 관점에서 기존에 소개된 연구논문들[5,6,7]을 살펴보고 이를 바탕으로 발사체에 적용가능성을 검토해 보도록 한다.

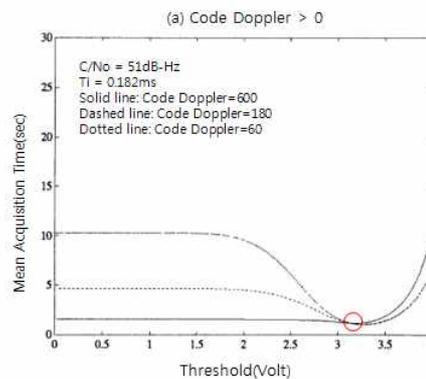
DSSS에서 도플러효과의 영향은 DSSS의 통신 규격 설정 및 채널상태(신호대잡음비)에 상호 연관되어 있어 보편적인 분석이 아닌 구체적인 규격을 설정하고 이에 대한 분석이 필요하다. 즉 시뮬레이션 조건에 따라 다양한 결과가 나올 수 있다. 우선 참고문헌[5]에서 소개된 조건에 대하여 도플러효과의 영향을 살펴보도록 한다. 참고

문헌[5]에서 소개된 DSSS통신규격은 다음과 같다. 반송파는 2GHz이며, 대역폭은 20MHz, 코드 길이는 2047, 데이터전송률은 19.5kbps, 확산이득은 24dB로 가정하였다.

표 5. 도플러효과의 영향분석을 위한 DSSS규격 예

RF Freq	Band Width	Code Length	Chip Rate	Data Rate	Process Gain
2GHz	20MHz	2047	11.232 Mcps	19.5 kbps	24 dB

표 5의 규격에 대하여 도플러영향을 분석하기 위해 크게 2가지 변수에 대하여 접근하였다. 즉 코드동기에 영향을 줄 수 있는 중요한 조건인 신호대잡음비(C/No : input power to single-sided noise spectral density ratio)와 코드동기를 검출하기 위해 코드를 비교하는 시간(Ti : Dwell Time)에 대해서 각각 C/No는 51dB, 46dB로 구분하고 Ti는 PN코드의 1주기에 해당되는 0.182msec와 3주기에 해당되는 0.546msec로 구분하여 수행한 4가지 조합의 시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 파형의 가로축은 코드동기를 결정하는 비교기준점압을 나타내고 세로축은 동기획득 시간을 나타내며 실선(solid), 중간점선(dashed), 가는점선(dotted)은 도플러에 의한 코드천이량의 조건을 나타낸다. 우선 그림3의 C/No가 51dB, Ti=0.182msec인 경우에 대해서 살펴보면 코드천이량이 600, 180, 60의 경우 비교기준점압이 2V까지 동기획득시간이 대략 10초, 5초, 1.3초로 유지되다가 2V이상부터는 감소하기 시작하여 3V 근처에서 1초정도의 최소값을 갖는 것을 알 수 있다.



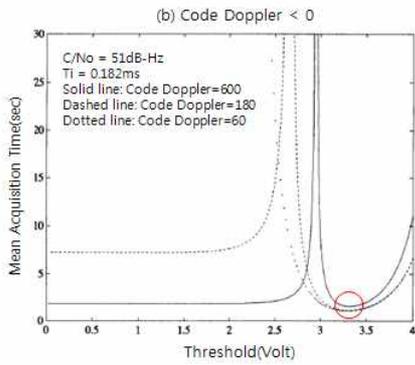


그림 3. C/No = 51dB-Hz, Ti=0.182msec일 경우 데이터취득 성능

마찬가지로 그림 4, 5, 6은 다른 조건에서 동일하게 그래프로 표시된 결과를 보여준다.

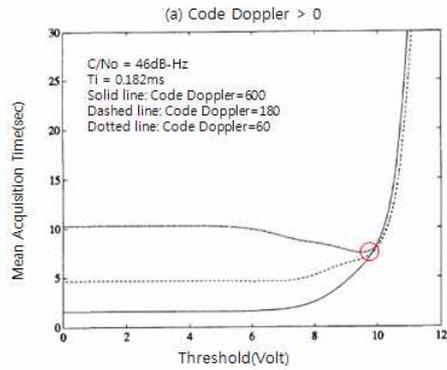


그림 5. C/No = 46dB-Hz, Ti=0.182msec일 경우 데이터취득 성능

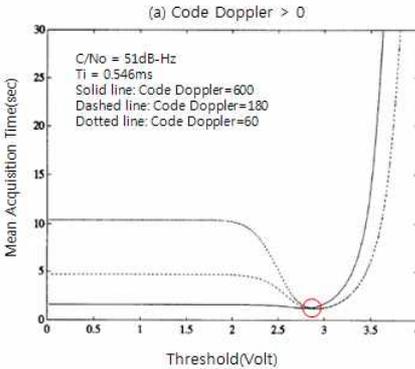


그림 4. C/No = 51dB-Hz, Ti=0.546msec일 경우 데이터취득 성능

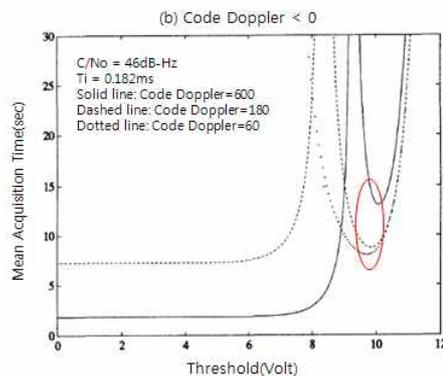


그림 5. C/No = 46dB-Hz, Ti=0.182msec일 경우 데이터취득 성능

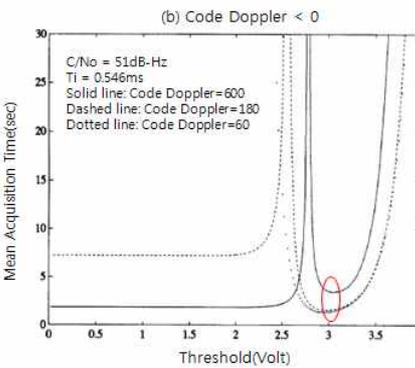


그림 4. C/No = 51dB-Hz, Ti=0.546msec일 경우 데이터취득 성능

위의 결과과형들을 최소 동기획득시간 기준으로 하여 표로 요약정리하면 표6과 같다. 표6에서 보듯이 도플러효과의 영향은 C/No가 클수록 즉 잡음이 적을수록 동기획득 시간은 단축되며 같은 C/No=51dB에서는 Ti의 차이가 동기획득이 영향을 크게 주지 않지만 C/No=46dB에서는 Ti를 크게 설정한 경우에 동기획득시간이 줄어든 것을 알 수 있다. 따라서 참고문헌[5]의 시뮬레이션 결과를 통해 도플러의 영향은 신호대잡음비가 작은 환경일수록 동기획득시간이 증가하게 되며 이런 경우 코드비교식간(Dwell Time)을 증가시키는 것이 상대적으로 유리할 수 있음이 확인되었으며 이러한 결과를 설계 제작시 반영해야 할 것으로 판단된다.

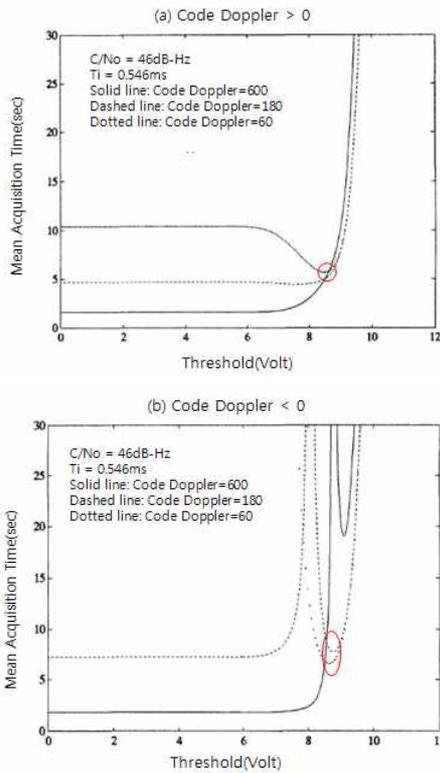


그림 6. C/No = 46dB-Hz, Ti=0.546msec일 경우 데이터획득 성능

표 6. 도플러효과의 영향분석을 위한 예1 결과요약

Mean Acquisition Time (sec)		C/No = 51dB-Hz		C/No = 46dB-Hz	
		Ti = 0.182ms	0.546ms	0.182ms	0.546ms
$\Delta f_c = 600$ (Hz)	$\Delta f_c = 100$ (kHz)	VT = 3.28V	2.96V	9.86V	8.46V
180	30	1.270	1.545	7.567	4.788
60	10	1.089	1.208	7.464	4.926
-60	-10	1.112	1.281	7.845	5.698
-180	-30	1.116	1.384	8.156	7.059
-600	-100	1.149	1.563	8.729	10.366
		1.584	3.728	14.241	5.474

두 번째 예로서 참고문헌[6]에서 소개된 DSSS 통신규격은 다음과 같다. 대역폭은 2.6MHz, 코드 길이는 256, 칩레이트는 1.2288Mcps, 데이터전송률은 19.5kbps, 확산이득은 18dB로 설정하였으

며, C/No와 Dwell Time은 각각 50dB와 2.0833msec로 가정하였다.

표 7. 도플러효과의 영향분석을 위한 DSSS규격 예2

C/No	Band Width	Code Length	Chip Rate	Data Rate	Process Gain	Dwell Time
50dB	2.6MHz	256	1.2288 Mcps	19.2 kbps	18dB	2.0833 msec

참고문헌[6]에서는 참고문헌[5]와 달리 C/No와 Dwell Time은 고정시키고 동기획득을 위해 수신된 코드신호 내부에서 생성된 코드를 곱한 결과를 처리하는데 사용되는 대역통과필터(BPF: Band Pass Filter)의 통과대역과 동기획득시간 사이의 관계를 확인하는데 주안점을 두고 있다. 여기서 말하는 대역통과필터는 다음 그림의 동기획득 구성도에서 BPF를 의미한다.

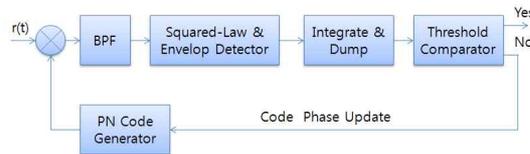


그림 7. 기본적인 동기획득 구성도

다음 결과는 표7의 DSSS규격에 대하여 우선 도플러현상이 없는 경우 비교기준전압에 따른 동기획득확률과 평균 동기획득시간을 나타낸다. 각각의 그래프에서 Optimum, Normal, Worst경우로 구분한 것은 동기획득을 위해 상관관계(Correlation)를 취하는 과정에서 나타날 수 있는 경우로 세 가지 경우 중 한 가지에 반듯이 해당하게 되어 있으며 분석의 편의상 구분하여 도시하였다. 결과에서 보듯이 비교기준전압이 대략 0.5~0.8V사이에서 도플러천이가 없는 경우 동기획득확률 1이 되며, 그 때의 평균동기획득 시간은 0.55초 이내임을 알 수 있다.

그림 8의 도플러천이가 없는 경우의 동기획득 시간을 기준으로 도플러천이가 존재하는 경우 동기획득시간이 어떻게 변경되는지 살펴보면 다음과 같다. 먼저 도플러천이가 ± 60 chips/sec 발생시의 자기상관관계(Autocorrelation)값을 보면 그

림 9와 같다. 도플러천이가 없는 파형을 기준으로 각각 좌우로 이동되어 있으며 최대값도 상대적으로 줄어들어 있음을 알 수 있다. 이러한 도플러천이 조건에서 BPF의 대역폭에 따른 동기획득시간의 변화는 그림 10과 같다.

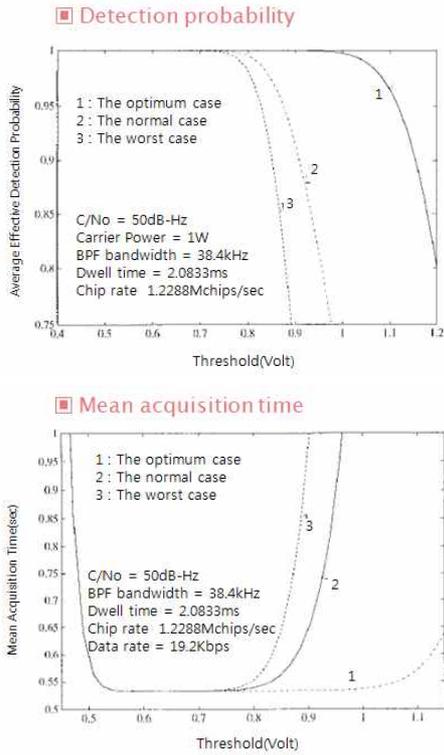


그림 8. 도플러현상이 없는 경우 동기획득 확률 및 평균동기획득 시간

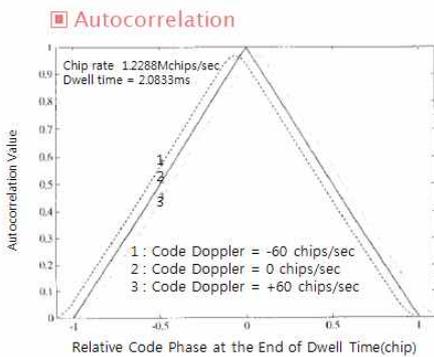


그림 9. 도플러천이에 의한 자기상관관계 (Autocorrelation) 변화

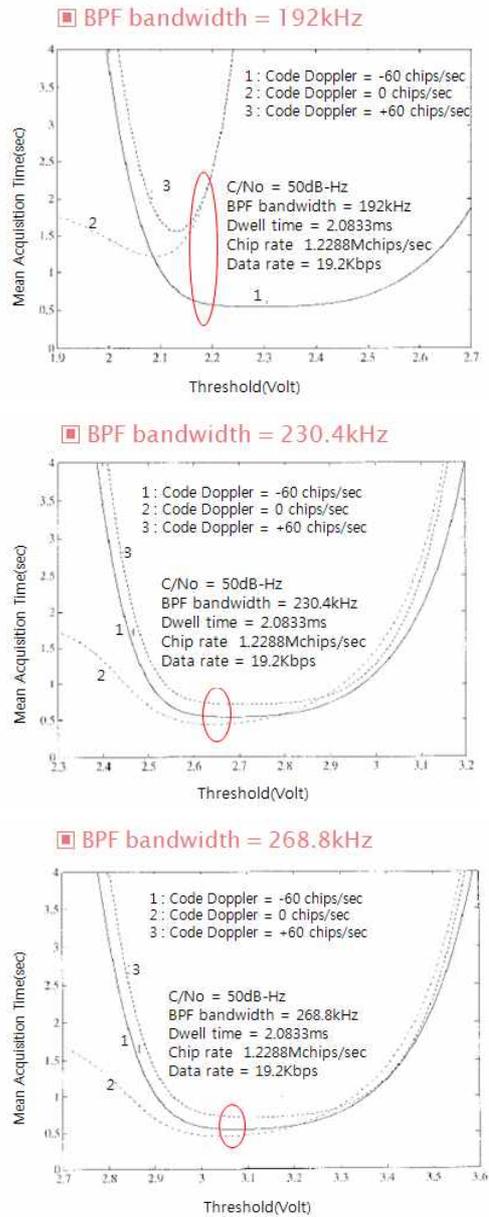


그림 10. BPF의 대역폭에 따른 동기획득시간의 변화

그림 10의 결과 중 최적의 비교기준값을 선정하여 표로 요약정리하면 표 8과 같으며 표 8에서 보듯이 동일한 DSSS통신규격에서 도플러천이가 존재할 경우 BPF의 대역을 키움으로서 동기획득시간이 줄어드는 것을 알 수 있다. 물론 도플러

천이가 없는 경우에는 대역폭에 따른 동기획득 시간은 변화가 없음을 또한 보여준다. 따라서 참고문헌[6]의 시뮬레이션 결과는 도플러천이가 존재하는 경우 대역폭을 조절함으로써 동기획득시간을 개선할 수 있음을 알 수 있으며 이 또한 설계 제작시 반영해야 할 것으로 판단된다. 추가로 참고문헌[5]와 [6]의 결과는 AFC를 고려하지 않는 순수 동기획득회로만의 결과이며 AFC를 도입하면 더욱 개선된 결과를 보일 것으로 예상된다.

라 도플러천이량이 더 많은 경우가 상대적으로 적은 경우보다 동기획득 시간이 줄어들 수도 있다. C/No가 54dB이상의 경우 동기획득시간은 Low data rate의 경우 5초이내에 동기획득이 이루어지며 High data rate의 경우 2초 이내에 동기획득이 이루어지는 것을 보여준다. 따라서 대역확산방식 세부 규격 설정 및 상세 설계는 다양한 조건에 대하여 많은 시험 및 분석을 통해 최종적으로 결정되어야 할 것으로 판단된다.

표 8. 도플러효과 영향분석을 위한 예2 결과 요약

Mean Acquisition Time (sec)	Bandpass Filter Bandwidth (kHz)			
	38.4	192.0	230.4	268.8
Threshold(V)	0.634	2.280	2.680	3.080
Code Doppler= 0	0.533	0.536	0.539	0.543
Code Doppler= -60	-	7.276	0.451	0.456
Code Doppler= +60	-	7.159	0.715	0.718

마지막으로 참고문헌[7]의 내용은 TDRSS의 동기획득성능에 관한 연구로 참고문헌[5]의 관점과 유사하게 코드신호대잡음비(C/No)에 따른 동기획득시간의 변화를 도플러천이량에 따라 분석하였다. 우선 TDRSS의 통신규격은 S-Band와 Ku-Band로 구분되며 각각은 다음과 같다.

표 9. TDRSS통신규격(S-band)

RF Freq.	Band Width	Code Length	Chip Rate	Data Rate	Process Gain	C/No
2000 ~ 2300MHz	20MHz	2047	11.232 Mcps	32 kbps	25.5dB	48 ~ 51 dB-Hz

표 10. TDRSS통신규격(Ku-band)

RF Freq.	Band Width	Code Length	Chip Rate	Data Rate	Process Gain	C/No
13.775 GHz	6MHz	1023	3.028 Mcps	216kbps	11.5dB	60 ~ 63 dB-Hz

이중 S-band에 대한 결과는 그림 11과 같다. 그림 11을 보면 참고문헌[5]의 결과에서도 알 수 있었듯이 C/No의 값이 커질수록 즉 잡음이 상대적으로 줄어들수록 동기획득시간을 감소하게 되는 것을 보여준다. 참고로 도플러천이량은 동기획득시간에 항상 비례하지는 않으며 경우에 따

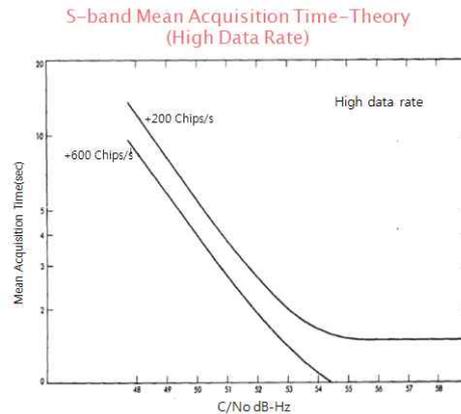
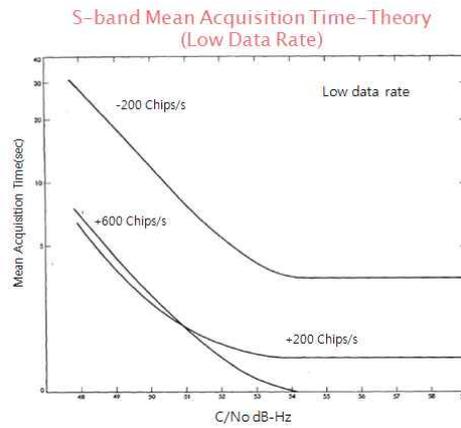


그림 11. TDRSS시스템에서 S-band의 경우 C/No에 따른 동기획득시간 관계

4. 결 론

본 연구는 직접대역확산방식(DSSS)에 대한 기술검토 자료로서 현재까지 직접대역확산방식이

적용되고 있는 통신시스템들을 알아보았으며 각각의 주파수, 코드길, 확산이득, 데이터전송속도 등의 대역확산 규격을 바탕으로 발사체의 FTS시스템에 적용가능한 DSSS규격을 표4와 같이 도출해 보았다. 또한 본 문서는 발사체에 직접대역확산방식을 적용하기 위해 고려되어야 하는 사항에 대하여 알아보고 특히 도플러천이(Doppler Shift)가 직접대역확산방식의 동기획득에 미치는 영향에 대하여 기존에 연구된 사례들을 조사하고 정리하였다. 기존에 소개된 DSSS 연구결과들을 조사한 결과 도플러가 존재할 경우 동기획득에 영향을 주는 주요 변수는 신호대잡음비(C/No), BPF의 대역폭, Dwell Time 등이 있으며 이는 곧 반대로 BPF의 대역폭과 Dwell Time을 조절함으로써 도플러천이에 대한 동기획득시간지연을 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 별도로 도플러영향을 보상할 수 있는 AFC 및 코드추적루프(Code Tracking Loop)의 설계도 함께 고려한다면 발사체에 충분히 적용가능할 것으로 판단된다. 참고로 KSLV-I의 탑재된 GPS의 경우 1차 비행시험 결과 한번 잡은 위성을 놓치지 않고 추적한 이력이 있다. 따라서 기존에 연구된 결과들을 기반으로 볼 때 AFC 및 코드추적루프를 잘 설계할 경우 평균 1초 이내에 코드동기획득을 충분히 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 임유철, 마근수, 김명환, "대역확산방식 FTS디코더 사양설계", KARI-ELT-TM-2007-012-V.1-rev.1, 2007.
2. 임유철, 마근수, 김명환, "대역확산변조방식 FTS인코더/디코더 VHDL코딩", KARI-ELT-TM-2008-013-v.1-rev.1, 2008.
3. 임유철, 마근수, 김명환, "대역확산방식 FTS인코더/디코더 구현", 항공우주기술 제8권 제1호, pp179~186, 2009.
4. Spread Spectrum System with Commercial Applications, John Wiley & Sons, 1994.
5. Szu-Lin Su and Nan-Yang Yen, "Acquisition

- Performance of PN Synchronization Loop for DS-SS Signals with Doppler Shift, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E80-A, No.12, 1997.
6. Szu-Lin Su, Nan-Yang Yen, and Sheng-Cheng Hsieh, "Code Acquisition of Direct Sequence Spread Spectrum Communication with Doppler Shift", IEEE International conference on communication, ICC'95 seattle, 1995.
7. Waddah K. Alem, Gaylord K. Huth, Jack K. Holmes, and Sergei Udalov, "Spread Spectrum Acquisition and Tracking Performance for Shuttle Communication Links", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-26, No. 11, pp.1689-1703, Nov, 1978.
8. Unjeng Cheng, William J. Hurd, and Joseph I. Statman, "Spread-Spectrum Code Acquisition in the Presence of Doppler Shift and Data Modulation", IEEE Transactions on Communication, Vol. 38, No. 2, 1990.