

GPS 보호비 연구

준회원 유병재*, 정회원 심용섭*, 조현묵**°, 종신회원 이일규**, 정회원 홍헌진***

A Study on the Protection Ratio of GPS

Byeong-Jae Yu* Associate Member, Yong-Sup Shim**, Hyun-Mook Cho**° Regular Members,
Il-Kyoo Lee** Lifelong Member, Heon-Jin Hong*** Regular Member

요 약

GPS(Global Positioning System)서비스는 타 무선서비스보다 중요성을 갖는 서비스로 분류 된다. 따라서, GPS는 간섭신호로부터 보호할 필요가 있으며 이에 본 논문에서는 비트에러율(BER)을 근거로 GPS의 보호비를 제안하였다. 도출된 최대허용 간섭신호는 -190 dBm/Hz 이며 간섭신호 대 잡음비(I/N)값은 -16 dB이다. 도출된 GPS 보호비(I/N)는 GPS의 실제 운용마진을 4 dB로 고려할 경우 -20 dB 로 요구된다. 분석결과는 향후 안정적인 GPS 서비스 운용을 위한 국내 GPS 보호기준 제정에 도움을 줄 것으로 기대된다.

Key Words : GPS, bit error rate, protection ratio, interference

ABSTRACT

GPS(Global Positioning System) service is more important than other wireless services. The GPS is necessary protected from any other interference signals. Therefore, GPS protection ratio was calculated on the basis of bit error rate(BER) in this paper. Simulation results show that the allowable maximum interference power is -190 dBm/Hz and the ratio of interference to noise(I/N) is -16 dB. The achieved protection ratio is available to be applied as the protection criteria of GPS in considering the implementation margin of 4 dB. As a result, the proposed protection ratio of GPS is expected to give standard for a stable GPS service.

I. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 고도 정보화 사회에서 전자시스템 및 멀티미디어의 급속한 보급에 따라 더욱 중요시 되고 있는 산업이며 전기·전자·통신 등 다양한 기술의 융합을 통하여 구현할 수 있는 통합 기술 분야이다. 초창기에는 군용시스템으로 개발되었지만 민간용으로 개방된 이후 다양한 분야에 사용되면서 모든 산업의 기반시스템으로 여겨지고 있다. 현재는 군용보다 민간용으로 더 많이 이용되고 있으며 자동차, 항공기, 인공위성, 선박 등의 측위 센서를 사용하는 시스템들은 지구상 어디에서나 위치를 파악할

수 있다¹⁾. 다양한 GPS 서비스 중에서도 인명·안전 및 항공 GPS 서비스와 관련 산업의 시장은 1990년대 이후 지속적으로 확대되고 있는 추세이다. 최근에는 재난에 대비한 응급구조체계의 확립을 위하여 위치측정 기술이 개발되고 있으며 사람 및 차량추적, 화물추적, 교통정보안내 등 위치정보가 기존 서비스와 접목이 되어 문화생활의 편리함을 주고 있다. 그러나 GPS 시스템은 다양한 무선기기의 등장으로 인한 주파수의 수요증가와 더불어 인접채널 간의 간섭 가능성이 높아지고 있다²⁾. 특히, 공공의 인명안전을 위한 GPS 서비스는 그 목적에 따라 여타 무선서비스보다 중요성을 갖는 서비스로 분류되므로 GPS 시스템과 공간적

* 공주대학교 정보통신공학과, ** 공주대학교 전기전자 제어공학과(hmchov@kongju.ac.kr), (° : 교신저자)

*** 한국전자통신연구원 스펙트럼공학팀

논문번호 : KICS2010-11-571, 접수일자 : 2010년 11월 30일, 최종논문접수일자 : 2011년 2월 21일

으로 인접하여 잠재적 간섭의 가능성을 갖는 무선기 기로부터 GPS 시스템을 보호하는 방안이 요구된다. 또한 최근 차량 내부의 통신용 무선기기가 출현함에 따라 이 무선기로부터 차량에 부착된 GPS 시스템 보호에 대한 중요성이 증가하고 있다. 이에 본 논문은 안정적인 GPS 시스템을 위한 보호비를 제시하고자 한다.

II. 반송파 대 잡음비

2.1 최소수신전력과 반송파 대 잡음비

열잡음은 수신기, 전송선로 혹은 전파매체 내에서 열교란에 의해 발생하는 잡음으로 열에너지에 의해 발생하는 것이므로 온도가 높을수록 잡음 전압이 커지며 주파수분포가 넓은 범위에 이른다. 저항에서 많이 발생하며 기기 내부 잡음의 주요한 원인이 된다. 이 열잡음은 반송파 대 잡음비(carrier to noise ratio : C/N)를 구하기 위한 기준 잡음 레벨로써 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$N(dBm) = 10\log(KTB) + 30 \quad (1)$$

여기에서 N은 열잡음, K는 볼츠만 상수 1.38×10^{-23} , T는 절대온도 300, B는 대역폭, 30은 dBW에서 dBm으로 단위를 변환하기 위한 값이다. 시스템의 대역폭을 고려하지 않은 열잡음(N_0)은 대역폭을 1 Hz로 놓고 식 (1)에 대입하여 -174 dBm/Hz의 열잡음을 구할 수 있다. 이 열잡음 레벨을 GPS 시스템의 대역폭 (2.046 MHz)에 대한 스펙트럼 밀도로 환산하기 위해 식 (2)를 이용한다³⁾.

$$N = -174 + 10\log(2.046 \times 10^6) \quad (2)$$

식 (2)로부터 GPS 시스템의 대역폭을 고려한 열잡음은 -111 dBm/2.046 MHz로 얻어진다.

2.1.1 대역폭을 고려하지 않은 반송파 대 잡음비

C/N_0 는 반송파(Carrier) 대 열잡음(Noise/Hz)의 비로써 주파수대역폭을 고려하지 않은 반송파 대 잡음 전력밀도의 비율이다. 이 C/N_0 값은 원하는 신호와 잡음신호의 차이를 알 수 있는 지표이다.

$$\frac{C}{N_0}(dB) = C - N_0 \quad (3)$$

여기에서 C는 GPS 시스템 반송파의 최소수신전력이며 N_0 는 열잡음이다. 식 (3)을 이용하여, 주파수와 코드에 따른 각각의 GPS 최소수신전력과 위에서 구한 -174 dBm/Hz의 열잡음으로부터 표 1과 같이 C/N_0 값을 구할 수 있다.

GPS 시스템의 일반적인 최소수신전력은 주파수와 코드에 따라서 -131.5 dBm/Hz를 기준으로 ± 3 dB의 차이를 보임을 알 수 있다.

표 1. GPS 반송파 대 잡음전력밀도비(C/N_0)
Table 1. GPS Carrier to Noise Power Density Ratio(C/N_0)

주파수 및 코드	수신 전력(dBm)	C/N_0 (dB)
L1 C/A code	-128.5	45.5
L1 P code	-131.5	42.5
L2	-134.5	39.5

2.1.2 대역폭을 고려한 반송파 대 잡음비

C/N 은 C/N_0 와 구별되는 개념으로 잡음의 단위에 있어 1 Hz 단위를 시스템의 대역폭으로 환산하여 얻어진다. 즉, -174 dBm/Hz는 GPS 시스템의 대역폭 (2.046 MHz)을 고려하여 -111 dBm/2.046 MHz의 잡음전력을 구할 수 있다. 대역폭을 고려하지 않은 열잡음(N_0)대신 대역폭을 고려한 열잡음(N)을 적용하여 도출된 C/N 값은 표 2에 나타내었다.

표 2. GPS 반송파 대 잡음비(C/N)
Table 2. GPS Carrier to Noise Ratio(C/N)

주파수 및 코드	수신 전력(dBm)	C/N (dB)
L1 C/A code	-128.5	-17.5
L1 P code	-131.5	-19.5
L2	-134.5	-21.5

2.2 비트에러율(BER)과 반송파 대 잡음비

비트에러율은 통신시스템에서 총 전송한 비트수 중에 에러가 발생한 비트수를 나타낸다. 이는 디지털 통신의 품질을 표현하는 중요한 지표로써, 일반적으로 GPS는 최소 성능요구규격 BER을 10^{-5} 로 규정하고 있다⁴⁾. 따라서 GPS의 최소수신전력을 근거로한 C/N_0 와 C/N 과는 다르게 BER을 이용하여 보다 정확한 C/N_0 , I, I/N 값을 도출할 수 있다. 결과적으로, BER과 E_b/N_0 의 관계를 분석하고 분석된 결과를 바탕으로 간섭원으로 부터 최적의 보호비를 도출하고자 한다.

2.2.1 비트에너지 대 잡음비

E_b/N_0 는 잡음전력밀도에 대한 비트 에너지의 비율

혹은 비트에너지로 정의할 수 있다. E_b 는 비트 수준의 에너지로써, 신호 전력과 비트 지속시간을 곱한 값이고 E_b/N_0 는 디지털통신시스템 성능 평가시에 기준이 되는 양으로 비트 수준의 에너지이다. GPS 시스템에서 E_b/N_0 는 BER을 결정하는 중요한 파라미터가 되므로 E_b/N_0 값을 바탕으로 BER 값을 도출하였다. E_b/N_0 와 BER과의 관계는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다⁵⁾.

$$BER = \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) \quad (4)$$

여기에서 erfc는 에러함수, E_b 는 비트에너지, N_0 는 열잡음이다. 식 (4)를 이용한 GPS 시스템의 BER 값과 E_b/N_0 의 상관관계에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 1에 나타내었다.

그림 1에서 보는바와 같이 GPS 시스템의 요구 BER(10^{-5})을 만족하는 E_b/N_0 값은 약 9.9 dB이다.

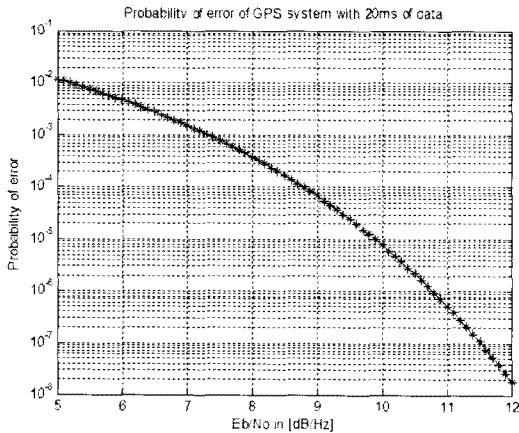


그림 1. E_b/N_0 와 BER의 관계
Fig 1. Relationship between E_b/N_0 and BER

2.2.2 반송파 대 잡음비

BER과 E_b/N_0 의 관계식으로부터 BER과 C/N_0 의 관계를 도출하기 위해 E_b/N_0 는 식 (5)와 같이 표현할 수 있다⁶⁾.

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C \times B}{N \times f_b} = \frac{C \times B}{N_0 \times B \times f_b} \quad (5)$$

여기에서 B는 대역폭, f_b 는 데이터속도(data rate)를 나타낸다. 대역폭을 1 Hz로 적용할 때, 결국 $1/f_b$ 은 데이터 길이(20×10^{-3} sec)로 변환되어 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N_0} \times DL \quad (6)$$

여기에서 DL은 데이터길이(data length)를 나타내며 최종적으로 BER과 C/N_0 의 관계를 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$BER = \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{C}{N_0} \times DL}\right) \quad (7)$$

식 (7)을 이용하여 GPS 시스템의 BER과 C/N_0 의 상관관계에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 2에 나타내었다.

그림 2에서 알 수 있듯이 GPS 시스템의 요구 BER(10^{-5})을 만족하기 위한 C/N_0 는 최소값은 약 27 dB가 됨을 알 수 있다.

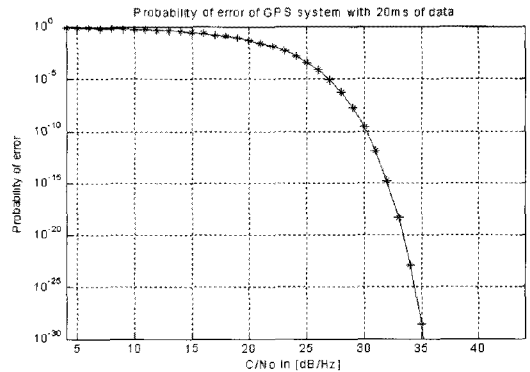


그림 2. C/N_0 와 BER의 관계
Fig. 2. Relationship between C/N_0 and BER

III. 간섭신호 대 잡음비

간섭이 발생했을 때 간섭신호는 열잡음의 레벨에 더해진다. 이를 식으로 나타내면 식 (8)과 같다⁷⁾.

$$BER = \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{C}{N_0 + I} \times DL}\right) \quad (8)$$

또한, I/N 값의 변화에 따른 BER의 변화를 보기 위해 다음 식 (9)를 이용할 수 있다.

$$\frac{C}{N_0 + I} = \left(\frac{C}{N_0}\right) / \left(\frac{N_0 + I}{N_0}\right) \quad (9)$$

여기에서 C는 수신 신호전력, N₀는 수신기의 열잡음 전력, I는 간섭신호의 전력이다. 양변에 10log를 취하면 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$10\log\frac{C}{N_0+I} = 10\log\frac{C}{N_0} - 10\log\frac{N_0+I}{N_0} \quad (10)$$

$$= 10\log\frac{C}{N_0} - 10\log\left(1 + \frac{I}{N_0}\right)$$

C/(I+N₀)은 반송파 C 대 간섭 I 및 잡음신호 N₀의 비(Ratio)로써 이를 dB로 표현할 경우에는 식 (11)과 같이 표현할 수 있다.

$$10\log\frac{C}{N_0+I} = 10\log\frac{C}{N_0} - 10\log\left(1 + 10^{\frac{[I/N_0]_{-dB}}{10}}\right) \quad (11)$$

식 (11)을 식 (8)에 대입하여 식 (12)를 얻을 수 있고 최종적으로 BER은 식 (13)과 같이 표현할 수 있다.

$$BER = \text{erfc}\left(\sqrt{10^{\frac{10\log\left(\frac{C}{N_0}\right) - 10\log\left(1 + 10^{\frac{[I/N_0]_{-dB}}{10}}\right)}{10}} \times DL}\right) \quad (12)$$

$$BER = \text{erfc}\left(\sqrt{10^{\frac{[\frac{C}{N_0}]_{-dB} - 10\log\left(1 + 10^{\frac{[I/N_0]_{-dB}}{10}}\right)}{10}} \times DL}\right) \quad (13)$$

식 (13)과 같이 BER은 I/N 값에 따라서 결정되며 간섭신호(I)와 BER의 상관관계에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 3에 나타내었으며, I/N과 BER의 상관관계에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타내었다.

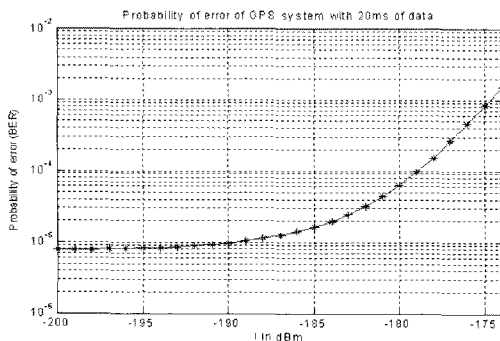


그림 3. 간섭신호(I)와 BER의 관계 (C/N₀ = 27)
Fig. 3. Relationship between I and BER (C/N₀ = 27)

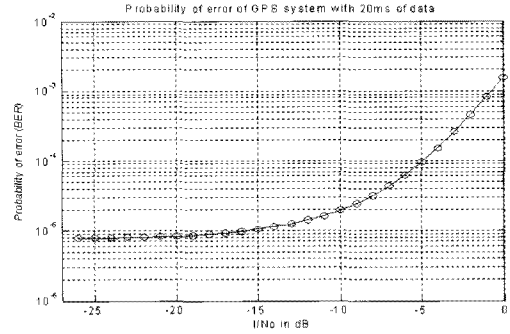


그림 4. I/N₀와 BER의 관계 (C/N₀ = 27)
Fig. 4. Relationship between I/N₀ and BER (C/N₀ = 27)

그림 3에서 알 수 있듯이 GPS 시스템의 BER(10⁻⁵)을 만족하기 위한 간섭신호는 -190 dBm/Hz 이하여야 한다. 또한 그림 4에서 보는바와 같이 GPS 시스템의 BER(10⁻⁵)을 만족하기 위해서는 간섭기준(I/N₀)이 -16 dB 이하여야 한다. 시뮬레이션 결과를 통해 얻어진 -190 dBm/Hz는 대역폭이 1 Hz일 때의 간섭신호전력이다. 그리고 N₀도 대역폭이 1 Hz일 때의 열잡음이다. 일반적인 I/N값은 간섭신호(I)와 열잡음(N) 모두 대역폭을 고려한 간섭신호 대 잡음비이기 때문에 I/N₀ 역시 대역폭을 고려하여 I/N을 구할 수 있다. 또한 간섭신호(I)와 열잡음(N₀) 모두 동일한 대역폭 1 Hz를 이용하여 도출하였기 때문에 대역폭을 고려해도 I/N값은 -16 dB로 동일하다.

IV. 결 론

본 논문은 GPS 서비스 보호비 도출을 위한 이론적 연구와 시뮬레이션을 수행하여 GPS에 대한 보호비를 제시하였다. 이론적인 보호비 도출을 위해 범용수치해석 프로그램인 MATHWORKS의 MATLAB을 이용하였다. GPS의 최소 성능요구규격 BER(10⁻⁵)을 만족하는 비트에너지 대 잡음비(E_b/N₀), 반송파 대 잡음비(C/N₀), 간섭신호전력(I), 간섭신호 대 잡음비(I/N)의 값을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 분석결과 BER을 만족하기 위한 E_b/N₀와 C/N₀는 각각 9.9 dB, 27 dB를 얻었으며 이를 바탕으로 BER과 간섭신호전력, 간섭신호 대 잡음비의 관계에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 결과적으로 GPS의 BER을 만족하기 위한 최대허용가능 간섭신호전력은 -190 dBm/Hz이며 따라서 보호비 I/N값은 -16 dB를 얻었다. 또한 산출된 I/N값 -16 dB는 실제 운용마진으로 약 4 dB 정도로 고려하였을 경우 GPS 서비스 보호비 I/N값은 -20 dB

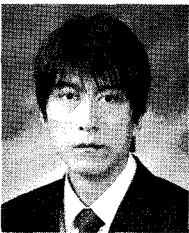
로 요구 된다. 분석결과는 향후 안정적인 GPS서비스
운용을 위한 국내 GPS 보호기준 제정에 도움을 줄 것
으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 성경모 외 2명, "Global Positioning System", 한국과학기술정보연구원, pp.9-13, 2003
- [2] TTA Standard, "전파통신 업무별 보호비", 한국정보통신기술협회, pp.1-5, 2002.12
- [3] Kai Borre, Dennis M. Akos, Nicolaj Bertelsen, Peter Rinder, Søren Holdt Jensen "A Software-Defined GPS and Galileo Receiver", SpringerVerlag, p.54, 2005
- [4] Samper, Jaizki Mendizabal, Lagunilla, Juan Melendez, Perez, Roc Berenguer, "GPS & Galileo : Dual RF Front-end Receiver and Design, Fabrication, and Test", McGraw-Hill, p.41, 2008
- [5] Gerard Maral & Michel Bousquet, "SATEL LITE COMMUNICATIONS SYSTEMS, 5th", Wiley, p.128, 2009
- [6] ITU, "Handbook on Satellite Communications", Wiley-Interscience, p.72, 2002
- [7] Slawomir Stanczak, Marcin Wiczanski, Holger Boche, "Fundamentals of resource allocation in wireless networks: theory and algorithms", SpringerVerlag, p.94, 2008

유 병 재 (Byeong-Jae Yu)

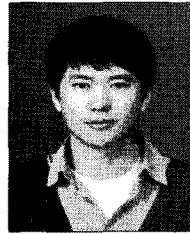
준회원



2008년 8월 공주대학교 전기전
자정보공학과 공학사
2010년 3월~현재 공주대학교
정보통신공학과 석사과정
<관심분야> VLSI, Analog IC

심 용 섭 (Yong-Sup Shim)

정회원



2005년 2월 공주대학교 전기전
자정보공학과 공학사
2010년 2월 공주대학교 정보통
신공학과 공학석사
2010년 9월~현재 한국전자통
신연구원 위촉연구원
2011년 3월~현재 공주대학교
정보통신공학과 박사과정

<관심분야> RF시스템, 전파간섭, EMC

조 현 목 (Hyun-Mook Cho)

정회원



1989년 2월 고려대학교 전자
공학과 공학사
1991년 2월 고려대학교 전자
공학과 공학석사
1995년 8월 고려대학교 전자
공학과 공학박사

2008년 2월~2009년 8월 Georgia Institute of
Technology 교환교수
1995년~현재 공주대학교 전기전자제어공학부 교수
<관심분야> VLSI, Analog/Mixed-Signal IC

이 일 규 (Il-Kyoo Lee)

종신회원



1994년 2월 충남대학교 전자공
학과 공학석사
2003년 2월 충남대학교 전자공
학과 공학박사
1997년~2004년 한국 전자통
신연구원 선임연구원
2007년 1월~2008년 2월 Georgia

Institute of Technology 교환교수
2004년~현재 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수
<관심분야> RF 부품 및 시스템, 안테나 및 전파전
파, 전파 간섭

홍 현 진 (Heon-Jin Hong)

정회원



1986년 2월 충남대학교 전자공
학과 공학사

2005년 2월 충남대학교 전자공
학과 박사수료

1990년~현재 한국전자통신연구
원(ETRI) 책임연구원

2003년~현재 한국전자통신연구
원(ETRI) 스펙트럼공학연구팀 팀장

<관심분야> 스펙트럼공학, 전파전파특성, 주파수 정책