

차세대 위성항법체계 갈릴레오 센서스테이션 유치 후보지 전파  
수신환경 조사: II. 실제 예정 부지에 대한  
2007년 한국천문연구원과 ESA 공동조사 결과

조중현<sup>1†</sup>, Michel Comte<sup>2</sup>, Moises Gonzalez<sup>3</sup>, 박종욱<sup>1</sup>, 이창훈<sup>4</sup>, 박필호<sup>1</sup>, 황정욱<sup>4</sup>, 최남미<sup>5</sup>

<sup>1</sup>한국천문연구원 우주측지연구부

<sup>2</sup>Thales Alenia France

<sup>3</sup>Thales Alenia Espana

<sup>4</sup>한국천문연구원 전파천문연구부

<sup>5</sup>한국항공우주연구원 정책개발팀

RF ENVIRONMENT TEST ON A PROPOSED SITE FOR THE SENSOR  
STATION OF THE NEXT GENERATION SATELLITE NAVIGATION  
SYSTEM, GALILEO: II. THE RESULT OF THE TEST ON THE  
CANDIDATE SITE IN THE YEAR OF 2007 BY KASI AND ESA

Jung Hyun Jo<sup>1†</sup>, Michel Comte<sup>2</sup>, Moises Gonzalez<sup>3</sup>, Jong-Uk Park<sup>1</sup>,  
Chang-Hoon Lee<sup>4</sup>, Phil-Ho Park<sup>1</sup>, Jungwook Hwang<sup>4</sup>, and Nammi Choe<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Space Geodesy Division, Korea Astronomy & Space Science Institute(KASI), Daejeon 305-348, Korea

<sup>2</sup>Thales Alenia France, BP1187 31037 Toulouse Cedex 1, France

<sup>3</sup>Thales Alenia Espana, 28760 Tres Cantos, Madrid, Spain

<sup>4</sup>Radio Astronomy Division, Korea Astronomy & Space Science Institute(KASI), Daejeon 305-348, Korea

<sup>5</sup>Policy Development Team, Korea Aerospace Research Institute(KARI), Daejeon 305-600, Korea

E-mail: jhjo39@kasi.re.kr

(Received January 10, 2008; Accepted February 14, 2008)

요 약

갈릴레오 센서스테이션 유치 후보지에 대한 전파 환경 조사가 유럽 우주국(ESA)과 계약된 알카텔 알레니아사와 한국천문연구원의 우주측지연구부에 의해 제주 탐라대학교 한국 우주전파관측망(KVN) 사이트에서 2007년에 6월 21일부터 24일까지 이루어졌다. 세 개의 안테나 후보지의 갈릴레오 신호 대역의 전파 간섭에 대한 24시간 전 대역 및 대역내 관측, 정밀 측위, 다중경로 오차 조사가 이루어졌다. 이번 조사의 주목적은 2006년도에 한국천문연구원에서 수행한 조사 결과를 재검검하기 위한 것이다. 조사 결과의 예비분석과 전체적인 조사는 2007년 7월말까지 한국천문연구원과 ESA에 의해 공동수행 되었다

ABSTRACT

A RF environmental field test for the proposed Galileo Sensor Station site was done by Alcatel Alenia technical team contracted by European Space Agency (ESA) and the Space Geodesy division of Korea Astronomy and Space Science Institute at the Korean VLBI Network (KVN) site in Tamla University Campus, Jeju from June 21, 2007 to June 24, 2007. Full band and in-band 24 hour observation for radio frequency interference, precise positioning, and multipath on three proposed antenna locations

<sup>†</sup>corresponding author

for Galileo signal were executed. The main purpose of this survey is to verify the results of previous test on 2006 by KASI. The preliminary analysis of the results and a full investigation also had been done by ESA under the permission of KASI until the end of July, 2007.

*Keywords:* Galileo, GSS, RF Environment, RFI

## 1. 서 론

유럽의 미래 위성항법시스템 갈릴레오 체계의 지상 신호 감시 시설인 Galileo Sensor Station(GSS) 유치를 위한 한국천문연의 전파간섭 측정과 사업 제안서 제출 이후(Cho et al. 2006), ESA와 한국천문연구원(KASI)의 공동 현장 실사가 2007년 6월 21부터 24일까지 있었다. 이 현장 실사는 GSS 예정 부지인 제주의 탐라대학교 내 Korean VLBI Network(KVN)의 제주 관측소 인근 지점에서 유럽 European Satellite Navigation Industries(ESNIS)의 일원인 Alcatel-Alenia사의 기술팀, European Space Operations Centre(ESOC)의 갈릴레오 기술 책임자, British Telecom(BT)의 위성통신 측정 담당자, 그리고 KASI의 담당자에 의해 이루어 졌다.

2006년 KASI에서 제출한 GSS 유치 사업제안서 중 전파환경측정보고서는 예정 부지가 ESA에서 제시한 관측 절차와 관측 장비 설정치(Giraud 2005) 조건 하에서 ESA에서 요구하는 전파 수신 환경 조건(Giraud 2006)을 만족함을 보였다(Cho et al. 2006). 그러나 위성항법 신호 수신대역인 1200MHz에서 1600MHz 부분은 그 인접 대역이 개인용 휴대전화나 레이더 등의 사용으로 현재 매우 그 사용요구량이 높은 대역이다(한국전파진흥협회 2005). 또한 조중현 등(2008)에 의하면 ESA 측정장비 설정치 하에서는 전파 간섭 신호의 세기가 작게 나오지만 KASI의 관측장비 설정치인 zero span mode에서는 상당한 세기의 전파 간섭원이 갈릴레오 신호대역 내에 존재 함을 알 수 있다. 이번 조사에서는 이 측정 절차나 측정장비 설정치의 문제도 점검해야 한다.

GSS 유치 후보지는 GSS 설치 후 20년간 ESA에서 제시한 수신환경 요구 조건을 만족해야 한다(Giraud 2006). 따라서 이번 갈릴레오 신호 수신환경 조사에서는 GSS 예정 부지에서의 전파수신 환경, 전파간섭 요인, 향후 전파간섭 가능성 등을 모두 확인해야 한다.

전파수신환경 조사와 함께 BT 담당자에 의한 very small aperture terminal(VSAT) 통신을 위한 통신 시야 조사도 병행되었다. 이 VSAT은 원 제안 요구서에서는 선택 사항이었으나, ESA가 GSS의 통신 및 자료 보안을 위해서 의무사항으로 변경하였다. KASI 전파천문연구부에서는 수신 전용의 GSS에 상당한 전력을 갖는 위성 통신 장비가 도입됨에 따라, 이 장비에 의한 KVN 수신 안테나의 간섭 영향 조사를 따로 실시 하였다(제도홍과 정현수 2007).

## 2. 부지 환경 및 측정 장비

2006년도에 실시된 전파간섭 측정은 접근성의 이유로 GSS 예정 부지에서 직접 이루어지지 못했다. 이번 ESA측과의 공동 조사에서는 KVN 제주 관측소의 건축과 더불어 차량 진입이 가능하여, 실제 갈릴레오 수신 안테나와 GSS 건물 및 VSAT 설치 예정지에서 직접적인 관측이 이루어졌다. 그림 1은 변경된 GSS 유치 부지 내의 안테나 위치 선정 조건을 만족하는 지점을 ESA팀과 KASI의 실 거

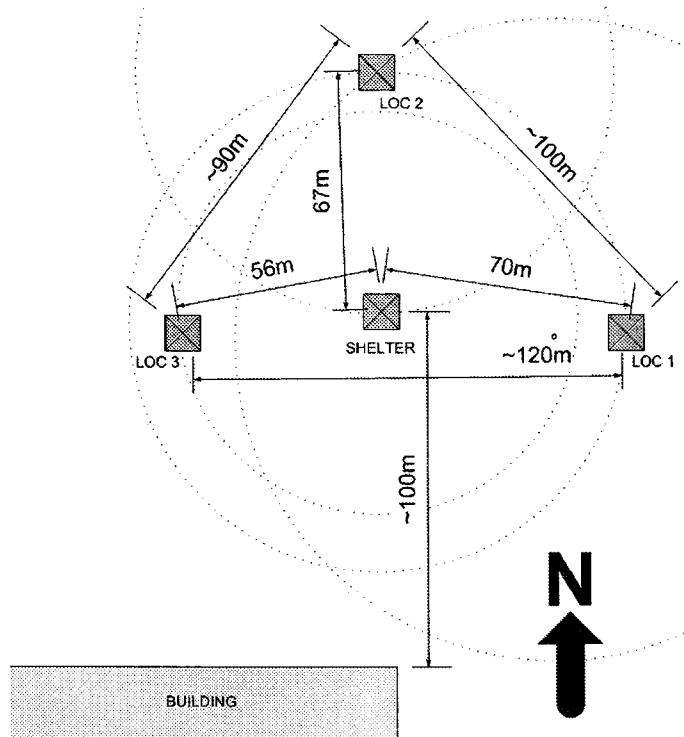


그림 1. GSS 예정 부지와 갈릴레오 신호 수신 안테나 전파 환경 측정 위치(그림 아래 부분의 건물은 탐라대학교 본관, shelter는 관측장비와 보호 텐트 위치, LOC는 GPS 수신 안테나 위치).

표 1. 전파 측정 장비.

측정 장비	제조사	제품 모델	측정 가능 대역폭
Spectrum analyzer	Rohde & Schwartz	FS315	3kHz ~ 3GHz
안테나	SAMA	OMA-430-10	200MHz ~ 2GHz

리 측정에 의해 결정된 안테나 위치를 나타낸다. 그림 1의 아래 부분 건물은 탐라대학교 본관 동쪽 끝 부분이다.

ESA에서 처음 제시한 갈릴레오 신호 수신 안테나의 숫자는 네 개였으나 이번 조사 전에 세 개로 변경되었다. KVN의 전파망원경에 대한 간섭영향, 통신용 위성의 가시성(visibility), 갈릴레오 위성 항법위성의 가시성을 고려하여 부지 내에서 GSS와 안테나의 위치를 정하였다. 이 안테나의 위치는 표시용 말뚝을 사용하여 추후 조사나 공사를 위해 고정하였다.

전파 환경 측정에 사용된 주요 장비는 표 1에 설명되어 있고, 그 외의 장비는 Giraud(2005)에 제시된 규격을 따랐다. 2006년의 전파환경 측정 시에는 강수가 없었으나, 이번 관측 시에는 21일 일일강수량 19mm에서 24일 8mm까지 매일 강수가 있었다(제주 성산기상대 2007; <http://seongsan.kma.go.kr>). 전파 환경 결과 분석 시에 강수에 의한 전파 감쇄 등의 영향은 고려되지 않았다.

### 3. 전파 측정 절차

측정 절차는 Cho et al.(2007)와 같이 ESA에 의해 엄격하게 정의된 절차를 따랐다. 이 연구의 현장 측정시 설정치는 주로 Giraud(2005)를 따랐으나 간섭신호의 세기를 측정하기 위해 미세조정을 했다(Comte 2007). 따라서 측정 절차는 조중현 등(2008)과 일치하나 측정 장비 설정치는 반드시 일치하지 않는다. 측정은 그림 1의 LOC1, LOC2, LOC3 순서로 약 24시간씩 할당하여 이루어 졌으며, 각 안테나 위치에서의 전대역과 각 갈릴레오 신호 대역의 대역 내 측정 절차를 조중현 등(2008)의 측정 절차를 따랐다.

### 4. 전파 환경 실사 결과

#### 4.1 전 대역(full band) 측정 결과

그림 2는 800MHz - 2000MHz 전 대역의 전파수신 요구 조건(Giraud 2006)에 비교된 이번 조사의 전 대역 측정 결과이다. 이 측정 결과는 LOC1의 안테나 위치에서 이루어진 것으로 나머지 두 군데에서의 측정도 같은 결과를 보였다(Comte 2007). GSS 예정 부지 내의 수신환경 차이는 거의 없는 것으로 판단된다.

그림 2에서 빨간 실선(흑백 표시의 경우 [800MHz, -10dBW]에서 시작되는 회색 실선)은 주파수 별 GSS의 간섭전파 최대 허용치를 표시한 것이다. 1200MHz부터 1400MHz까지에 매우 강력한 간섭 신호가 수신됨을 알 수 있다. 갈릴레오 신호 E5 대역 일부와 E6 대역 대부분에 상당한 세기의 간섭 신호가 수신되고 있다. 같은 주파수 대역에서 2006년 측정에서도 신호가 검출됐었으나 신호 세기는 허용 범위 내에 있었다. 갈릴레오 신호 L1 대역에 해당하는 1550MHz에서 1600MHz까지 대역에서는 간섭신호가 허용범위 내에 있음을 볼 수 있다.

#### 4.2 대역 내(in-band) 측정 결과

대역 내 측정 대상 신호의 대역은 갈릴레오 신호 중 L1, E5, E6 대역에 각각 대응하는 주파수 대역으로써, 그림 3, 4, 6에 이번 조사의 측정 결과를 제시했다. L1 대역의 경우는 전 대역 측정 결과와 같이 대역 내 측정 결과도 갈릴레오 수신 요구조건을 충분히 만족하고 있다. 갈릴레오 E5 대역의 측정 결과는 그림 4와 같이 높은 주파수 대역에 두 개의 강한 간섭 신호가 수신됨을 알 수 있다. 이는 갈릴레오 E6 대역까지 연속으로 분포하고 있다. 그림 5와 7은 각각 갈릴레오 신호의 E5와 E6 대역의 신호 수신 측정을 주파수 별 시간에 따른 변화를 보여주고 있다. L1 대역은 전 대역 측정 및 대역 내 수신 측정에서 이미 갈릴레오 신호 수신 요구 조건을 만족하여 여기에는 E5와 E6에 대한 결과만 3차원으로 제시했다.

그림 4에서 그림 7까지의 결과를 종합하면 갈릴레오 신호 E5와 E6 대역에서 수신되는 주 간섭 신호의 발신원은 double tone frequency hopping 형태의 레이더로 추정된다(Comte 2007). 이 대역은 대한민국 정보통신부의 공식 주파수 표에는 위성항법 신호 송수신으로만 할당(한국전파진흥협회 2005)되어 있어, 이러한 강한 전파 간섭신호의 수신은 예상치 못한 결과다.

#### 4.3 간섭 신호 세기 밀도(Noise Power density)

4.1과 4.2절에서 보는 바와 같이 갈릴레오 신호 E5와 E6 수신 대역에서의 전파 수신환경이 ESA의 요구조건을 만족하지 않음이 발견되었다. GSS 예정 부지의 허용 대역 내 간섭 신호 세기 밀도는

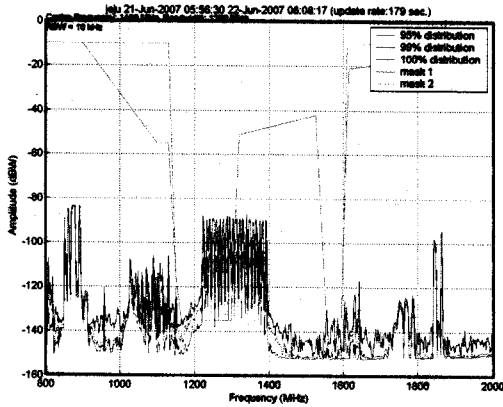


그림 2. 800MHz - 2000MHz 전 대역 24시간 누적 최대치 측정 결과(RBW = 10kHz, Refresh rate = 179sec).

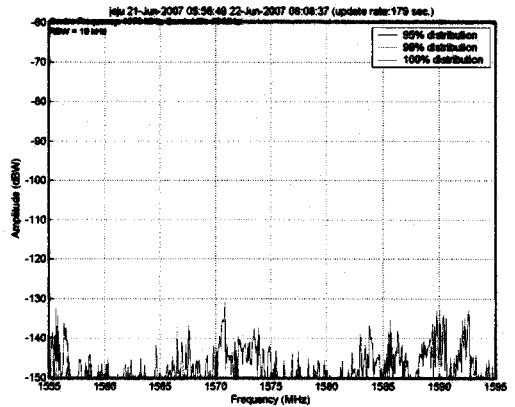


그림 3. 갈릴레오 신호 L1 대역 24시간 누적 최대치 측정 결과(RBW = 10kHz, Refresh rate = 179sec).

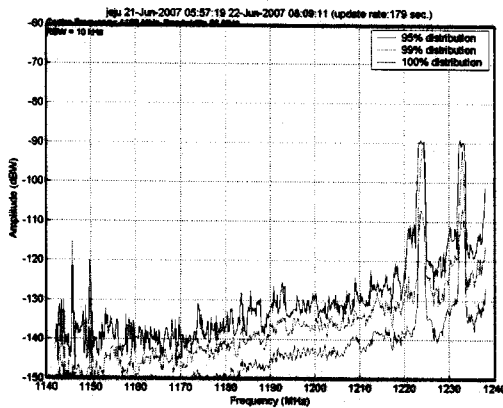


그림 4. 갈릴레오 신호 E5 대역 24시간 누적 최대치 측정 결과(RBW = 10kHz, Refresh rate = 179sec).

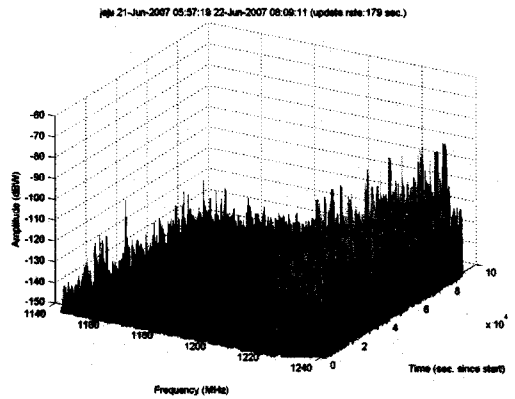


그림 5. 갈릴레오 E5 대역 24시간 시간영역-주파수영역 측정 결과.

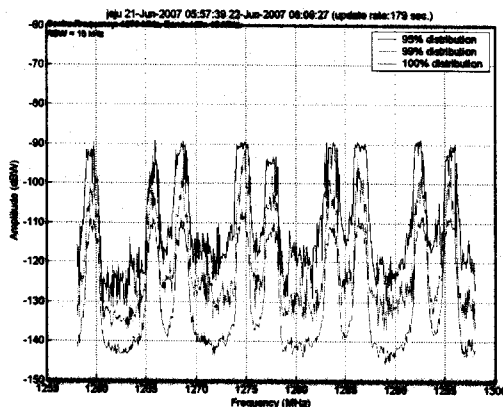


그림 6. 갈릴레오 신호 E6 대역 24시간 누적 최대치 측정 결과.

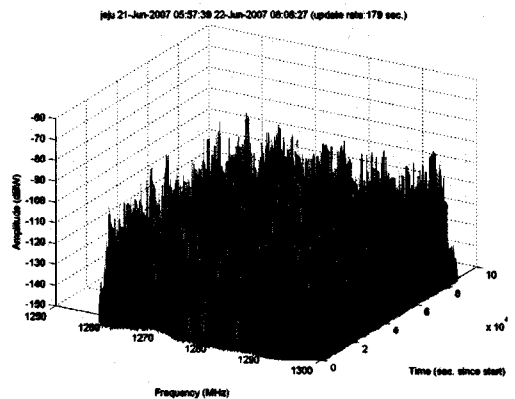


그림 7. 갈릴레오 신호 E6 대역 24시간 시간영역-주파수 영역 측정 결과.

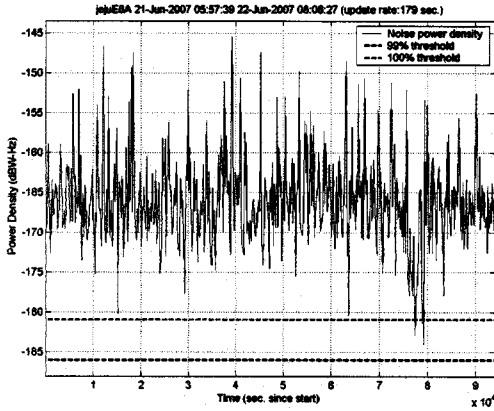


그림 8. 갈릴레오 신호 E6 대역에서의 전파 간섭신호 세기 밀도 측정 결과.

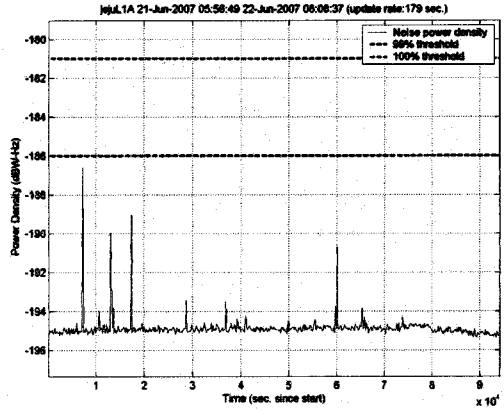


그림 9. 갈릴레오 L1밴드에서의 전파 간섭신호 세기 밀도 측정 결과.

100퍼센트 수준 기준으로 모든 신호 대역에서  $-181\text{dBW}/\text{Hz}$ 이다. 그림 8과 9는 갈릴레오 신호 E6 대역과 L1 대역의 간섭신호 세기 밀도를 측정한 결과로써 ESA에서 요구하는 조건을 E6 대역에서 충족하지 않음을 알 수 있다.

### 5. 결론

한국천문연과 ESA의 GSS 유치 예정 부지에 대한 공동 전파 환경실사 결과 GNSS 신호 대역에 대한 전파 간섭 요구 조건이 만족되지 못함이 발견되었다. 한국천문연구원에서 2006년도에 실시한 현장 전파간섭 측정(조중현 등 2007a)에서는 ESA의 조건 하에서는 표시되지 않았던 강한 신호가 E5와 E6 대역에서 GSS 관측 요구조건에 부합하지 않게 수신되었다(제도홍 2006a). 조중현 등(2008)에서 밝혔듯이 zero span mode에서는 이 신호가 측정되어서 표 2와 같이 확인되었다(부록 참조). 실제적으로 제도홍(2006b)에서 확인된 신호는 그림 4와 6에서 동일한 주파수에서 발견된다. 이 두 조사에서의 측정 결과는 전계강도만 다를 뿐이며 이 차이는 관측 지점의 차이에 기인한 것으로 추정된다. 두 관측 지점의 거리는 직선거리 150미터 내외지만 이번 관측 장소는 2006년 조사 위치보다 약 30여 미터 높았다(조중현 등 2007b). L 밴드 신호 특성상 이러한 지형의 영향으로, 간섭전파원(RFI source)이 2007년 조사 위치에서는 강하게 수신된 것으로 추측된다. 한국천문연구원은 현장 실사에서 발견된 전파 간섭의 근원과 그 해소를 위해서 관계당국에 문의 및 조사 요구를 하였다. 그러나 이 조사 요구에 대한 정보통신부의 2007년 답변서(공문서 번호 주파수정책팀-1006)에 의하면 이 주파수 대역은 적법한 절차에 의해 허가된 항공관제 및 방공용으로 주파수 할당되어 있어, 해당 신호의 주파수 변경이 불가했다. 따라서 한국천문연구원에서 ESA에 GSS 예정 부지로 제안한 제주 탐라대의 KVN관측소 인근은 GSS 요구조건을 만족하지 못하는 것으로 판단된다.

**감사의 글:** 부지 내 활동을 허락해 주신 제주 탐라대학교 관계자 분들과 GSS 유치 예정 부지의 전파환경 측정에 협조해 주신 한국천문연구원 전파연구부원들께 감사 드립니다. 또한 ESA팀의 현장 조사에 처음부터 끝까지 함께한 ESOC의 Carlos Garcia 박사에게도 심심한 감사의 뜻을 전합니다.

참고 문헌

- 제도홍 2006a, 개인서신
- 제도홍 2006b, 한국천문연구원 내부 기술 문서 (Tamna RFI Measurement Report)
- 제도홍, 정현수 2007, 한국천문연구원 내부 기술 문서 (GSS 지구국과 KVN 탐라 전파천문대의 간섭 분석 보고서)
- 조중현, 제도홍, 조성기, 최병규, 백정호, 이대규, 정현수, 임형철, 조정호, 이우경, 정성욱, 박종욱, 최남미 2008, 한국우주과학회지, 25, 43
- 조중현, 제도홍, 최병규, 백정호, 이대규, 조성기, 조정호, 박종욱 2007a, 제 14차 GNSS Workshop 프로시딩
- 조중현, Comte, M., Gonzales, M., 박종욱 2007b, 제 14차 GNSS Workshop 프로시딩
- 한국전파진흥협회 2005, 주요국가 주파수분배표 및 분배표 대비표
- Cho, S., Jo, J. H., & Lim, H.-C. 2006, GSS Tender to ESA by Korea Astronomy and Space Science
- Comte, M. 2007, Private communication
- Giraud, J. 2005, Alcatel Alenia Space Technical Document (Definition of RF environment survey procedure), GAL-TN-AAS-F-V2M-I-0005
- Giraud, J. 2006, Alcatel Alenia Space Technical Document (GSS Site Interface Requirement Document), GAL-DCN-AAS-FGMS-122

## 부록(제도흥 2006b)

1. Interference signals in in-band max hold acquisition: 10kHz resolution bandwidth(RBW)에서  $-110\text{dBm}(-140\text{dBW})$  이상의 신호는 수백개 이상 발견되었으나, 상대적으로 간섭의 영향이 고려되는 1.5MHz 정도의 대역폭 신호가 E5 대역에서 3개, E6 대역에서 14개 정도 꼽힌다. 이 17개의 주파수 중에서 1개를 제외한 16개의 주파수에서 zero span mode 측정 시 펄스가 발견되었다.
2. Analysis: 16개의 광대역 신호에 대해서 RBW를 2MHz, video bandwidth(VBW)를 2MHz로 설정하고 zero span mode 측정시, 수신된 간섭 신호 특성에 대해서 8월 4일 in-band max hold acquisition이 완료된 뒤에 조사하였으며, 조사 결과는 표 2와 같다. 몇 개의 주파수에서는 두 가지 종류의 펄스가 발생되었다.

표 2. 측정된 간섭 전파원의 계원.

Source ID	Source Freq [MHz]	Source Power [dBm]	Source Pulse Width [us]	Source Pulse Repetition Frequency [Hz]
1	1223.95	-65	51	667
1p	1223.95	-76	392	204
2	1232.7	-74	51	667
3	1238.7	-35.3	50	667
4	1241.5	-58.3	60	606
5	1247.7	-60	55	725
6	1250.9	-69	55	741
6p	1250.9	x	400	x
7	1256.6	-42.1	50	741
8	1259.5	-60 51	714	
10	1265.5	-44 51	671	
11	1268.9	-44.5	51.5	704
11p	1268.9	x	400	x
13	1274.5	-51.5	51.5	595
14	1277.8	-43	51.2	741
15	1283.5	-52.5	51.2	704
15p	1283.5	x	400	x
16	1286.5	-44 52	746	
17	1292.7	-43.1	51.7	671
18	1295.5	-47	51.4	741