

전파천문 및 위성통신업무간의 주파수 공유방안¹⁾

PREFERRED SHARING METHODS BETWEEN THE RADIO ASTRONOMY AND
SATELLITE TELECOMMUNICATION SERVICES

정현수¹, 노덕규¹, 제도흥¹, 김효령¹, 박종민², 안도섭², 오대섭²

¹한국천문연구원 대덕진파천문대, ²한국전자통신연구원

HYUNSOO CHUNG¹, DUK-GYOO ROH¹, DO-HEUNG JE¹, HYO-RYOUNG KIM¹, JONG-MIN PARK²

DO-SEOB AHN², AND DAE-SUB OH²

¹Korea Astronomy Observatory, 61-1 Hwaam-dong, Yusung-gu, Daejeon 305-348, Korea

E-mail : hschung@trao.re.kr

²Electronics and Telecommunications Research Institute, Yusung-gu, Daejeon, Korea

E-mail : jongmin@etri.re.kr

ABSTRACT

In the past, radio astronomers have sought isolation from man-made signals by placing their telescopes in remote locations. These measures may no longer safeguard scientific observations, since NGSO satellite systems, particularly low-Earth orbit (LEO) systems, are usually designed to provide global or wide regional coverage. Further, radio astronomers have historically made their observations in the frequency bands allocated for their use by the member countries of the International Telecommunication Union (ITU).

The science of radio astronomy could be adversely impacted by the deployment of large constellations of new non-geostationary orbiting (NGSO) satellites for telecommunications, navigation and Earth observation, and the proliferation of new, high-power broadcasting and telecommunication satellites in geostationary (GSO) orbits. Radio telescopes are extremely sensitive, and, in certain situations, signals from satellites can overwhelm the signals from astronomical sources. This paper describes the problem in detail and identifies ways to mitigate it without adversely affecting the continued vigorous growth of commercial space-based telecommunications.

keywords: ITU, NGSO, GSO, active service, passive service, radio astronomy

1. 서론

1999년 OECD에서는 전파천문학의 주파수대역 이슈를 다루기 위해 비공식적인 하이레벨의 준비(task force) 팀을 운영하기로 권고하였다. 이 권고는 그 해 6월 OECD국가의 과학 주관의 장관에 의해 승인되었다.

이러한 준비팀이 운영된 배경으로는 과거와는 달리 전파자원의 활용이 적극화됨에 따라 위성의 발사가 빈번해지고, 비정지궤도위성 (Non-GeoStationary Orbit, NGSO 위성) 특히 저궤도위성(Low-earth Orbit, LEO) 시스템이 등장함에 따라 우주에서 오는 전파를 수신하는 전파천문학의 관측자료에 간섭을 주기 시작하였고, 따라서 OECD 메가사이언스 포럼 (megascience forum)에 참여한 국가대표들이 이에 대한 적극적인 해결이 필요하다는 인식을

가지게 되었기 때문이다.

그 후 이 준비팀은 관련 이슈를 해결하기 위해, 영국의 전파통신 주관청의 Goddard, M(의장)을 중심으로, 전파천문분야 및 위성분야의 고위직 관료(Globalstar, Iridium의 부사장)를 구성하여, 15인의 위원을 구성하여 2004년 2월 까지 운영되었다. 그 결과, OECD의 글로벌 사이언스 포럼에서는 2004년 1월에 전파천문 및 주파수 관련 준비팀의 최종 보고서를 공개하였으며, 전파천문업무는 통신용 비정지궤도위성이라든지, 무선향행, 지구관측, 정지궤도에서의 고출력의 방송/통신위성의 증가로 인해 심각한 영향을 받고 있다고 밝혔다. 즉, 전파망원경은 매우 미약한 우주전파를 수신하기 위해 고감도로 설계되어 있기 때문에 위성으로부터의 신호는 우주의 전파원에서 오는 신호를 뒤덮어버리는 결과를 초래하게 되므로, 전파천문업무의 입장에서는 이에 대한 적절한 연구가 필수적이라고 할 수 있다.

¹⁾이 연구는 한국전자통신연구원의 공동연구비지원에 의한 것임 (A1100-0401-0077)

주파수의 자원은 한정되어 있으며, 이 자원은 다른 천연자원과 마찬가지로 공유되어야 한다. 그러므로 상기 준비팀의 목표는 두 종류의 특수한 분야(전파전문업무 및 위성통신업무)의 요구를 조사하고, 이들의 주파수 요구에서 충돌을 일으킬 수 있는 잠재적인 요인을 분류하며, 문제를 개선시키거나 또는 악화시킬 수 있는 요인을 찾아냄과 동시에 상호간의 부적절한 상황을 개선시키기 위한 현실적인 방안을 권고함에 있었다.

따라서 본 논문에서는 OECD 메가사이언스 포럼의 준비팀에서 최종 보고한 결과를 중심으로 전파전문업무와 위성통신업무간의 주파수를 공유하기 위한 방안을 알아보고자 한다.

2. 각 업무별 특성 조사

전파전문 및 위성통신업무는 각각의 분야별로 볼 때, 수행하고 있는 업무의 중요성 등에 따른 특성들이 전혀 다르다. 예를 들어 보면, 아래 그림 1에서와 같이 머나먼 우주를 보기 위해서는 전파전문업의 주파수 특성이 어떻게 바뀌게 되며, 이에 대한 국제전기통신연합(ITU)의 법적인 분배현황을 통해 전파전문에서 사용하는 주파수할당과 보호가 어떠한 상태인지 한 눈에 알 수가 있다.

한편 위성통신의 경우에도 그 중요성을 무시할 수 없으며, 고정위성업무 (FSS, Fixed Satellite Service)에서 출발한 상업위성사업이 현재는 이동위성업무(MSS, Mobile Satellite Service)를 비롯하여 방송위성업무(BSS, Broadcasting Satellite Service), 무선험행위성업무(RNSS, RadioNavigation Satellite Service; 여기에는 미국의 GPS 시스템이라든지 러시아의 GLONASS가 대표적으로 들어있다) 등등 위성을 이용한 다양한 통신업무로 발달함으로써 인하여 인류의 복지와 안전을 위해 기여하고 있음을 알 수 있다.

한편 준비팀의 보고서에서는 제한된 전파자원의 효율적인 사용을 위해 전세계의 주파수 사용을 관장하고 있는 ITU (국제전기통신연합)의 활동과 전파규칙(Radio Regulations) 및 이를 제정하기 위한 세계전파통신회의(WRC, World Radiocommunication Conferences)에 대한 소개와 WRC에서의 결정이 미치는 영향, 전파전문업무를 위한 주파수 할당과 관련 중요 전파각주에 대한 소개(S5.149, S5.340 등등), 그리고 어떠한 경향을 가지고 이러한 업무별 주파수할당이 이루어지는지에 대한 소개가 되어 있다.

3. 이슈사항

전파전문대의 전파망원경은 기본적으로 우주에서 오는 미약한 전파 ($1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W/m}^2 \text{ Hz}$)를 수신하기 위한 안테나로 구성되어 있으며 모든 하늘을 자유로이 볼 수 있고

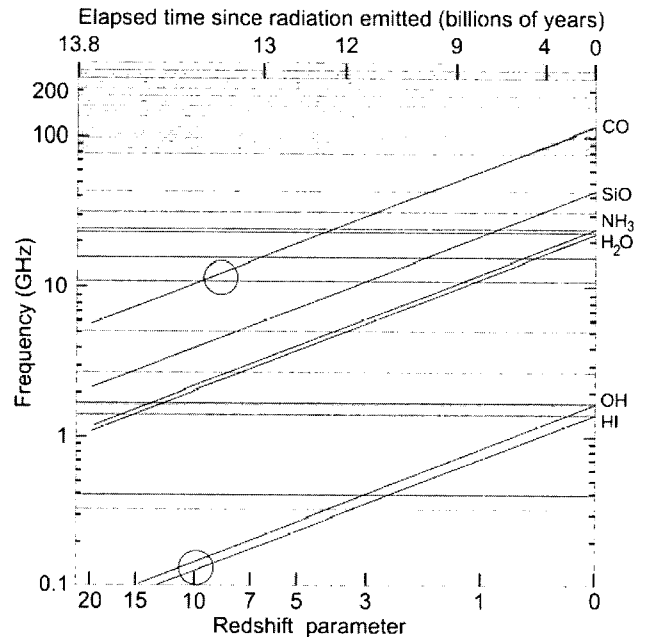


그림 1. 주요 분자의 정지상태 주파수(오른쪽 가로축)와 천체의 거리에 따른 적색이동(세로축) 결과 변화하는 주파수의 이동축(그림 내의 사선)의 상관관계. 그림 내의 가로방향의 선들과 음영 영역들은 ITU의 주파수 분배표에 할당되어 있는 전파전문용 대역들이다.

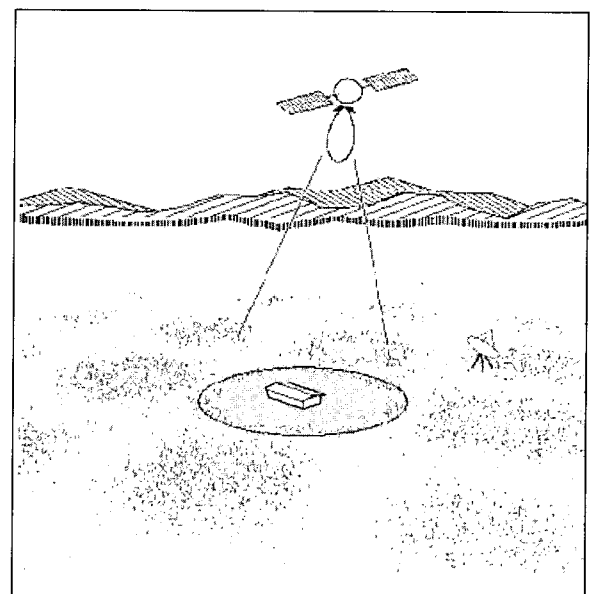


그림 2. 위성통신의 빔 조사 모습

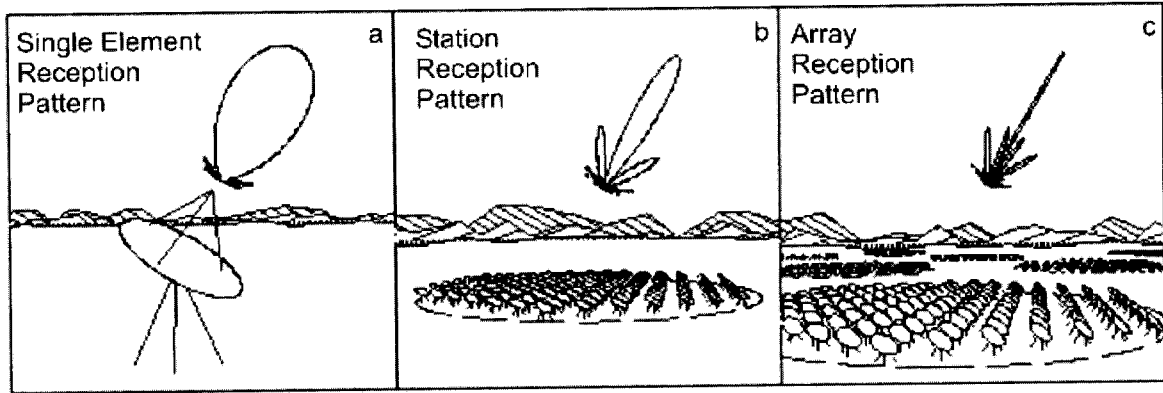


그림 3. 전파망원경의 종류별 주빔과 사이드로브 모습

특 설계되어 있다. 그러나 지상에서 보면, 그러한 하늘의 일부분에 상업위성이 존재하고, 이들 위성들은 당연히 지상서비스 제공을 위하여 인공전파를 지상으로 발사하고 있기 때문에 지상의 전파망원경 입장에서는 도저히 피할 수 없는 상황에 직면하게 된다.

그리고 그림 2는 특정위성이 지상서비스를 위해 전파빔을 조사하고 있는 모습이다. 이 경우의 주빔(main beam)은 서비스영역을 비추고 있지만, 사이드로브(sidelobe)에 의해 새어나가는 전파는 인접 전파천문대의 전파망원경에 수신되어 혼신을 일으키게 된다.

한편 전파망원경의 종류에는 그림 3에서 보는 바와 같이 단일경이라든지 수십 대 이상의 조합을 이루는 전파간섭계 등이 있으며, 이들은 전파망원경의 안테나 특성상 넓은 주빔 또는 좁은 주빔을 형성하면서 사이드로브 또한 가지게 된다. 따라서 전파망원경에 혼신을 일으키는 경우는 첫 번째, 위성의 주빔과 전파망원경의 주빔이 직접 마주보는 경우, 두 번째, 위성의 주빔과 전파망원경의 사이드로브가 부딪치는 경우, 세 번째 위성의 사이드로브와 전파망원경의 주빔이 부딪치는 경우, 그리고 마지막으로 위성의 사이드로브와 전파망원경의 사이드로브가 부딪치는 경우를 들 수 있다. 특히 최근의 저궤도 통신 위성업무의 경우에는 대량의 위성을 군집으로 이루어 서비스를 제공하고 있기 때문에, 전파망원경의 입장에서는 하늘에 떠있는 인공전파의 발신원, 즉 위성의 숫자가 많아지게 되고 이들을 피하다 보면 볼 수 있는 하늘의 범위는 극히 제한적으로 바뀌게 되는 사태를 초래하게 된다.

4. 문제점 제시와 해결을 위한 권고사항

보다 먼 우주를 보기 위해서, 전파천문학자들은 ITU에서 전파천문업무용으로 할당된 주파수 대역 이외에도 모든 주파수 대역 (< 1,000 GHz)에 걸쳐 관측하기를 원하고

있다. 반면에 위성사업자들은 고속으로 움직이는 비정궤도위성을 포함하여 다수의 위성군집을 통한 양질의 서비스를 지상에 제공하고자 원하고 있다. 따라서 향후 10-20년을 내다보았을 때, 새로운 저궤도 위성시스템은 지상에서 운용되고 있는 전파망원경의 자료획득에 심각한 영향을 미치게 될 것이다.

그러므로 이들 양 업무, 즉 전파천문업무와 위성통신업무간의 요구를 만족시킬 수 있는 해결책과 방법은 반드시 찾아내어야 하며, 준비팀에서는 이를 위한 문제점과 해결을 위한 권고안을 아래와 같은 네 영역으로 나누어 제안하였다.

- (1) 상호 정보교환, 기술협상 및 공동 R&D를 통해 할당 주파수 대역 바깥에서의 과학적인 관측을 가능토록 한다.
- (2) 위성의 전파송출을 조정할 수 있는 범위 이내에서 향후 전파관측을 수행하게 될 일부 소수 지역에 대한 특성화를 고려한다.
- (3) 기존의 할당된 전파천문대역에 대해 지속적으로 보호활동을 한다.
- (4) 전파천문학자들과 위성 운영자 간에 실시간의 운영 정보와 자료 교환을 위한 방안을 모색한다.

따라서 이들 문제점과 해결을 위한 권고안의 내용을 양 업무의 종사자들이 숙지하고, 해결을 위한 많은 노력을 기울여야 될 것으로 생각된다.

4.1. 문제점 1

광대한 우주 전체에서 나오는 수많은 원자와 분자들의 전파를 수신하기 위해 전파천문학에서는 모든 주파수 대역을 활용하고 있다. 그러나 이러한 활동은 극히 제한된 일부 전파천문대에서 수행하고 있으며, 이들 주파수 대역에는 위성의 하향링크의 주파수도 당연히 포함될 수밖에 없는 상황이다. 따라서 이러한 경우의 간섭의 정도와 형

태 및 간섭을 경감시키기 위한 방법들은 위성 및 전파망원경의 설계, 건설, 운영적인 면에 따라 다양하게 바뀌게 된다. 이를 위해서는 전파천문학에서는 새로운 기술개발을 통한 해결책과 새로운 관측절차를 개발해야만 원하는 과학적인 목표에 도달할 수가 있으며, 여기에는 군사위성이나 타 정부기관을 포함한 비정지궤도 위성시스템의 운영자들과 상호협업의 및 공동협력을 통한 노력이 필요하다.

4.2. 권고안 1

그러므로 이러한 문제점의 해결을 위해 위성제작 종사자들과 과학종사자들간의 전문기술자들로 이루어진 포럼을 조직할 것을 권고한다. 그리고 이러한 조직체를 통해, 초고감도의 장비를 건설하고자 하는 전파천문학자들과 새로운 위성시스템을 계획하고 설계, 제작하고자 하는 위성사업자들간에 정보교환과 상호협력할 수 있는 근거가 마련될 수 있을 것이다. 특히, 양측의 종사자들이 설계 단계 이전에 이러한 접촉을 가져야 하며, 상호 방문을 통해 문제점의 이해를 하는 것이 상호간의 이익을 도모할 수 있는 첩경이 될 것이다. 아울러 준비팀의 보고서에 있듯이, 이러한 프로그램이나 유사한 프로그램을 통해 모든 분야에서 이익을 가져올 수 있는 스펙트럼의 새로운 공유방안을 마련하게 될 것을 희망하고 있으며, 국가에서 운영하는 과학재단에서는 이러한 새로운 상호협력을 위한 펀드를 할당하도록 노력해야만 한다.

4.3. 문제점 2

현재 전파천문 분야에서는 신규 대형 전파망원경 시스템을 건설하기 위해 많은 노력을 경주하고 있다. 특히 ALMA와 같은 밀리미터파-서브밀리터파 대역의 대형 간섭계 장비는 미국과 유럽, 일본이 공동 협력하여 건설이 추진 중이며, SKA, 즉 Square Kilometer Array와 같은 장비에서 보는 바처럼 센티미터파 대역에서 운영될 신규 프로젝트 건설도 추진 중이다. 이러한 장비들은 전세계적으로 적은 숫자에 불과하며, 또한 리모트로 운영될 것이기 때문에, 상기 대형장비의 프로젝트에 참여한 국가에서는 최대한의 과학적인 결과물을 얻기를 희망하고 있기 때문에, 이러한 장비들이 사용할 주파수 대역에 대해서는 특별한 주의를 필요로 하고 있다.

4.4. 권고안 2

문제점 2를 해결하기 위해서는, 극소수의 고감도 우주전파수신을 위한 전파천문대와 전파천문 종사자들 및 저궤도 LEO위성 운영자들의 희망 사이에 발생하는 충돌을 최소화하고 상호협력을 할 수 있는 방법을 모색하기를 OECD의 회원국에 독려하고 있다. 이러한 방법 가운데

에는 원활한 정보교환이라든지, 양 업무간의 특정 법령의 마련, 또는 기술적으로나 경제적인 가능성이 합의된 하나 또는 몇몇 전파천문대에 대해, CEZ(controlled Emission Zones)를 설정하는 방법 등을 들 수가 있다. 이를 위해 전파천문 분야에서는 차기 대형장비를 설치할 장소(2)를 조기에 확정시킬 것을 독려한다. 그리고 희망하는 국가에서는 ITU에서 이러한 이슈를 다루든지, 향후의 WRC 의제로 포함시킬 것인지에 대해 각자 판단할 수 있다.

4.5. 문제점 3

천문학자들은 ITU의 법적인 규정을 통해 보호를 받고 있지만, 현재는 국제적으로 전파천문업무의 사용대역으로 할당되어 있는 주파수 대역 내에서조차도 전파간섭으로 인하여 연구의 어려움을 겪고 있다. 이러한 주파수 대역은 대부분 상대적으로 근거리의 천체에서 오는 방출선들을 관측하기에 적합한 것들이다. 그러나 인접대역의 위성의 하향링크로 인하여, 천문관측에 지장을 주는 불요발사가 종종 수신되고 있다. 이러한 문제는 인접대역에서 운용되고 있는 위성의 수가 많을수록 현저하게 증가하게 된다.

4.6. 권고안 3

준비팀의 보고서에 따르면, ITU에서는 전파천문대역에서 발생되고 있는 현재의 문제점들을 양 업무의 상호간에 인식하고 있기 때문에, 이러한 유형의 전파간섭을 따로 분석하지 않았으며 또한 이러한 문제점들을 찾기 위한 특별한 측정을 제시하지 않았다. 수동업무의 보호와 불요발사로부터 동 업무를 보호하기 위한 이슈에 대해서, ITU에서는 ITU-R(전파통신분야)의 제 1 연구반(SG1)과 제 7 연구반(SG7)을 연결하는 특별연구반 TG 1/7 (Task Group)을 통해 해결의 노력을 한 결과, 지난 2003년의 WRC-03 회의 의제 1.8.2를 통해서 의미있는 결과를 얻게 되었다. 그리고 그 후 ITU에서는 TG 1/9을 통해 같은 유형의 노력을 2007년의 WRC-07회의까지 진행하고 있는 중이다. 따라서 이러한 방향의 노력을 지속적으로 추진할 것과 전파천문 및 위성통신 사업자들이 함께 참여하여 연구할 것을 강력하게 독려하는 바이다.

4.7. 문제점 4

ITU에서 연구된 일부 전파간섭 경감 기법에는 위성신호의 송출방향과 타 실시간 정보를 근거로 하여 전파천문의 관측자료를 보정하는 방법이 포함되어 있다. 이러한 정보들은 전파망원경의 수신출력값에서 위성신호를 제거

2) ALMA의 경우에는 칠레의 고산지역으로 이미 확정되어 있다.

한다든지, 전파간섭계의 배열을 움직이거나 재배치한다든지 또는 관측일정을 변경한다든지 할 때 사용되고 있다. 그러나 실시간 운용정보의 공유는 기술적, 진행과정, 또는 법적인 이슈까지 되는 항목들에 대한 일일이 결의를 필요로 하고 있다. 그러므로 지금 현재로서는 이러한 이슈를 해결하기 위한 적절한 해결책이 없다.

따라서 일부 또는 전체적인 전파간섭의 유형, 특히 우주공간에 위치한 인공전파 송출원에 대해서, 100% 효과적으로 전파천문 관측을 가능케 해주는 하나의 방법은 현재 존재하지 않고 있으며 많은 다양한 기술들이 동시에 적용될 것으로 예상되는 바, 전파천문 및 위성통신업무의 종사자들 사이에 많은 연구가 필요하다고 할 수 있다.

4.8. 권고안 4

전파천문에 대한 간섭을 줄일 수 있도록, 위성운영 사업체와 전파천문 종사자들간에 실시간 운용정보를 공유하기 위한 방법을 모색하기 위해서는 전파천문업무에 대한 적절한 보호의 기준 아래 상호협의를 할 것을 권고한다.

5. 결론

본 논문에서는 OECD 글로벌 사이언스 포럼에서 다룬 문제점들의 일부에 대해 제고해 보았으며, 또한 지구 대기권의 상업용 통신의 지속적인 발전에 영향을 주지 않으면서도 지상의 전파천문업무의 수행에 전파간섭을 주지 않거나 간섭을 경감시킴에 있어서 예상되는 문제점과 해결책을 찾기 위한 방안을 향후 순차적으로 제고해보고자 한다.

따라서 본 논문에서는 우선적으로, 위성전파의 간섭으로부터 국내 전파천문을 보호하기 위한 첫 걸음의 자리 매김을 하기 위해 필요한 일반론적인 문제와 이를 위해 필요한 권고안을 유형별로 간략하게 알아보았다. 그리고 통신위성 관련 회사 및 과학계 인사와 주파수 관리를 담당하는 실무진으로 구성되어 작성된 OECD 준비팀의 보고서가 내용적인 측면에서는 비록 OECD 사무국이 회원국 정부에 알리는 권고안 수준에 불과하기는 하지만, 이에 대해 우리나라의 정보통신부와 위성통신 관련 사업체 및 전파천문의 종사자들이 상호 협의를 거치고 그리고 ITU의 기술문서와 권고안의 내용들을 적절하게 준수할 때, 앞으로의 국내 전파천문과 위성 사업자들간의 상호간의 주파수의 자유로운 사용이 보장될 것이다.

물론 우리나라의 경우에는 지상 통신망이 많이 발달되어 있기 때문에 위성 자체의 직접적인 서비스가 향후 급속도로 발전할 가능성이 많지는 않다. 그러나 한반도의 상공을 통과하는 다른 국가의 위성 또는 도심을 직접 겨냥한 위성들에서 내려오는 위성전파의 간섭을 적게 받으

면서 도심지 내에 위치한 전파천문대의 안정적인 운영을 피하기 위해서는 지금부터 상호간에 충분한 협의와 검토를 거쳐야 할 것이다. 가령 위성통신업무와의 충돌 가운데 가장 비근한 예를 들자면, 94-94.1 GHz 대역에서 가까운 미래에 운용될 기상위성레이더(Cloud Profile radar)를 들 수 있다. 따라서 이들 위성으로부터 전파망원경을 보호하기 위해서는 관련 천문대의 종사자들이 우선적으로 준비를 해야 할 것이다.

그리고 향후 본 논문의 내용을 발전시키기 위해서, 우선 전파천문업무와 위성통신업무별 발전 경향과 국제법상의 절차에 대한 분석 및 대응책, 저궤도 위성 송출기와 전파망원경의 수신기 사이의 문제점 도출 및 전파망원경/위성에 대한 실질적인 문제현황과 해결책 등에 대해 순차적으로 연구를 지속해 나가고자 한다. 이러한 결과들을 바탕으로 본 논문 및 향후 작성될 논문들은 향후 고주파수 대역 특히 밀리미터파 대역으로 급성장하고 있는 위성통신의 전파로부터 국내의 전파천문을 보호하기 위한 연구자료 및 기술적인 자료로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- OECD Global Science Forum,
<http://www.oecd.org/dataoecd/54/33/28011602.pdf>, 2004
- WRC-03 Final Acts, 2003
- ITU-R Radio Regulations, 2004