

위성망에 의한 지상망 간섭 분석 기법에 관한 연구

강희조

목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부

목 차

I. 서 론	III. 위성망과 지상망간 간섭분석
II. 위성망과 지상망간 간섭 시나리오	시뮬레이터 구현 및 분석
	IV. 결 론

I. 서 론

지금까지 전파를 이용한 통신망으로는 크게 위성을 이용하는 위성망 통신과 지상에서 이루어지는 지상망 통신이 이용되고 있다. 그 중 위성망 통신은 국제적으로 한정된 자원인 위성궤도와 위성주파수를 특정 국가가 사용하려면, 인접 국가와의 조정이 선행되어야 한다.

이는 전파의 특성상 지역적 경계를 벗어나 다른 지역의 통신망에 영향을 줄 가능성을 배제할 수 없기 때문이다. 특히, 전파자원의 확보는 관련 통신방송 사업권의 확보를 의미하기 때문에 세계 각국은 자국의 통신주권 확보를 위해 ITU-R (International Telecommunication Union-Radio communication, 국제전기통신연합)의 WRC (World Radiocommunication Conference, 세계전파통신회의) 등에 적극적인 참석과 함께 관련 연구를 수행하는데 중점을 두고 있다. 앞으로의 통신시스템은 갈수록 증가하는 통신 수요를 만족시키기 위해 많은 연구가 진행 중이다. 즉, 지상망 또는 위성망 통신의 경우에도 사용자가 늘어남에 따라 향후 새로운 통신망 시스템이 제기될 것이다. 그러나 개발을 앞둔 시점에 전파의 특성상 타 시스템에 미치는 간섭의 보호기준이 확실히 성립되지 않고 있어 효과적인 해결 방안이 부족한 시점이다. 이는 위성국에서 지구국으로 통신 시 지상의 타 통신시스템 및 인접한 국가에 큰 피해를 안겨다 줄 것으로 예상된다[1],[3].

따라서, 본 고에서는 국내의 고정 위성망 또는 국내의 위성을 이용한 DMB로부터 지상망을 보호하기 위해 고정 궤도 위성시스템의 위성 궤적에 따른 간섭 시나리오에서

위성망으로부터 지상망으로 미치는 간섭 영향을 분석하고 고정 위성 PFD 제한값 및 허용 간섭량에 관하여 연구하였다. 분석을 위한 방법으로 간섭 시나리오에 따른 간섭량 및 위성 PFD값, 또한, 희망하는 간섭 대 잡음 비에 대한 조정되어야 할 거리를 산출하고 분석할 수 있는 위성망과 지상망간 간섭분석 시뮬레이터를 구현하였다.

II. 위성망과 지상망간 간섭 시나리오

2.1 위성망 Down-link 간섭 시나리오

본 절에서는 위성망 위성체로부터 지상의 위성 지구국으로의 통신 시, 지상망 수신 지구국으로 유입되는 간섭 시나리오를 모델링한다.

위성체로부터 지상망 수신 지구국으로 유입되는 간섭 신호의 크기를 알기 위해서는 각 지점에 대한 좌표값을 통해 고도 거리 및 고도각, 위성체로부터의 PFD 값을 산출해야한다. 아래의 그림은 지구 표면에서 위성체까지의 거리, 고도각 계산을 위한 3차원 기하구조도를 나타낸다 [4].

그림 1에 나타난 "L"은 위성체 경도 좌표와 관측점 경도 좌표의 차를 나타낸다. 즉,

$$L = \lambda - \psi \quad [\text{deg}] \quad (1)$$

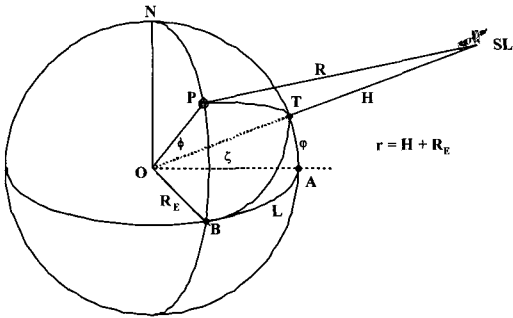


그림 1. 3차원 기하구조도

여기서, λ 는 Sub-satellite 지점 경도 좌표 [deg], 동경 좌표는 +값, ψ 는 지표면 관측점에 대한 경도 좌표 [deg]이다.

또한, ζ 는 BOT로 이루어지는 각도이고 ϕ 는 각 POT를 나타낸다. 그림 1의 삼각형 OPS를 고려하면

$$R^2 = R_E^2 + r^2 - 2R_E \cdot r \cdot \cos\phi \quad (2)$$

여기서, R_E 는 실 지구반경(=6378.1 km), r 은 지구 중심에서 위성체까지의 거리[km], $r = H + R_E$ (H 는 위성체 고도[km] 약 36,000 km). 따라서, 거리는

$$R = \sqrt{R_E^2 + r^2 - 2R_E \cdot r \cdot \cos\phi} \quad (3)$$

로 계산할 수 있다. 이 때 각 POT를 나타내는 ϕ 에 대해 구형 삼각형 TPB로부터

$$\begin{aligned} \cos\phi &= \cos\zeta \cdot \cos\chi \\ &+ \sin\zeta \cdot \sin\chi \cdot \cos(PBT) \end{aligned} \quad (4)$$

가 성립하고, 구형 삼각형 TAB에 사인법칙을 적용하면

$$(\sin TAB) / (\sin\zeta) = (\sin TBA) / (\sin\phi) \quad (5)$$

이 때, $TAB = \frac{\pi}{2}$ 및 $TBA = \frac{\pi}{2} - PBT$ 이다.

여기서, χ 는 지표면 관측점(그림의 P)에 대한 위도 좌표[deg], ϕ 는 Sub-satellite 지점(그림의 T)에 대한 위도 좌표[deg](정지궤도 위성의 경우 $\phi=0$).

결국, $\sin\zeta \cdot \cos(PBT) = \sin\phi$ 가 되며, 나아가 삼각형 TAB에서 $\cos\zeta = \cos L \cdot \cos\phi$ 이 성립되어 최종적으로

$$\cos\phi = \cos L \cdot \cos\phi \cdot \cos\psi + \sin\phi \cdot \sin\psi \quad (6)$$

를 얻는다.

지표면 한 지점에서 위성방향으로의 고도각 계산을 위해서는 아래의 그림 2를 참조하여 계산한다[4].

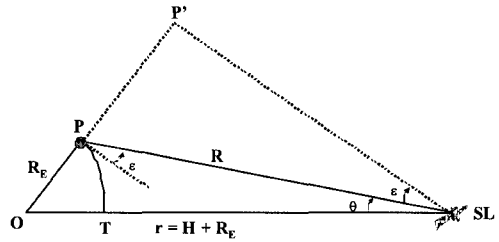


그림 2. 2차원 기하구조도

OPS가 직각이 되도록 OP의 연장선을 그리면 각 PSP의 고도각과 동일한 각도가 된다.

$$\cos\epsilon = \frac{r}{R} \sin\phi \quad (7)$$

가 성립하므로 고도각 ϵ 는

$$\epsilon = \cos^{-1} \left[\frac{r}{R} \sin\phi \right] \quad (8)$$

이고, $\sin\phi$ 는 삼각함수 법칙에 의해 식 (6)에서 구한 $\cos\phi$ 값으로 계산된다. 즉,

$$\sin\phi = \sqrt{1 - \cos^2\phi} \quad (9)$$

만일 실 지구반경 R_E 를 이용해서 고도각을 구하고자 하는 경우

$$\tan \epsilon = \frac{\cos \phi - \left(\frac{R_E}{r}\right)}{\sin \phi} \quad (10)$$

로써 구할 수도 있으며, 식 (10)과 (11)로부터

$$\sin \epsilon = \frac{\cos \phi - \left(\frac{R_E}{r}\right)}{\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (11)$$

이 성립하므로 이로부터도 구할 수 있다. 단, 식(9)를 이용하는 경우 음의 고도각을 계산할 수 없으므로 식 (10)이나 (11)식을 사용하는 것이 유리하다.

그림 3은 위성망 Down-link로부터 지상망 수신 기지국으로 유입되는 간섭 신호에 관한 구성도를 나타낸다.

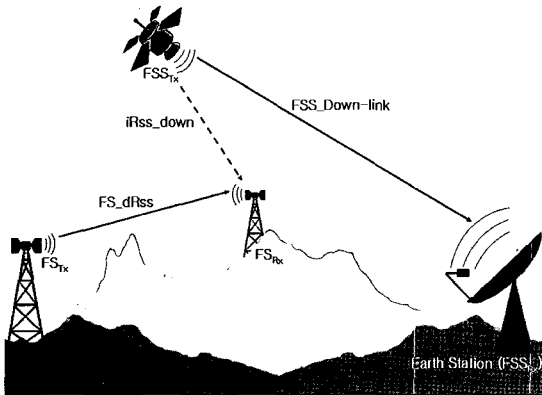


그림 3. 위성망으로부터 지상망 간섭 시나리오 1

그림 3에서 $iRss_down$ 링크의 경우 위성으로부터의 수신 신호와 수신경로에 따른 지상망 수신 기지국의 경로 안테나 이득을 통하여 간섭량을 산출하게 되는데 이 때, 기지국 안테나 패턴은 ITU-R F. 1245 권고안을 모델로 계산하였다[5].

2.2 위성망 Up-link 간섭 시나리오

본 절에서는 위성 지구국으로부터 위성체로의 통신 시, 지상망 수신 지구국으로 유입되는 간섭 시나리오를 모델링한다.

위성 지구국으로부터 지상망 수신 지구국으로 유입되는 간섭신호의 크기를 알기 위해서는 위성 지구국과 지상망 수신 기지국의 각 지점에 대한 좌표값을 통해 간섭 경로 거리 및 경로 방위각을 산출해야한다. 간섭신호로 유입되는 경로각에 따른 수신 안테나 이득 계산은 ITU-R F.699 권고안을 모델로 계산하였다[6]. 또한, 지상망 간 통신 또는 위성 지구국으로부터 유입되는 간섭신호 경로의 경우는 경로손실로써 자유공간손실 뿐만 아니라, ITU-R 에서 권고한 육상 전파손실 모델인 ITU-R P.452 모델을 적용하여 두가지 경로손실환경에 대하여 분석할 수 있도록 구현하였다[7].

그림 4는 위성망 Up-link로부터 지상망 수신 기지국으로 유입되는 간섭 신호에 관한 구성도를 나타낸다.

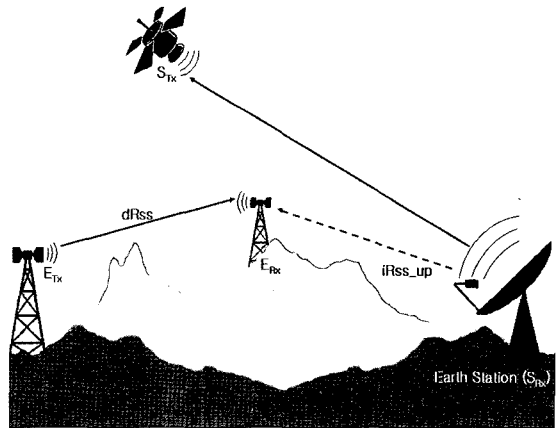


그림 4. 위성망으로부터 지상망 간섭 시나리오 2

III. 위성망과 지상망간 간섭분석 시뮬레이터 구현 및 분석

3.1 위성망과 지상망간 간섭분석 시뮬레이터 설계

본 고에서는 고정 위성망과 지상에서의 고정 서비스망과의 간섭영향을 분석하기 위한 간섭 분석 시뮬레이터를 구현하였다. 간섭 환경으로는 위성망 Down-link에서 지

상망으로 간섭신호가 유입되는 경우와 위성망 Up-link에서 지상망으로 간섭신호가 유입되는 경우의 두 가지 시나리오를 가정하였다. 이 때, 위성체에서 방사되는 전송 신호는 한반도를 커버하는 main 빔쪽으로 방사된다는 가정 하에 위성체의 안테나 방사 패턴은 고려하지 않았다.

그림 5는 본 고에서 구현한 위성망과 지상망간 간섭 분석 시뮬레이터 메인 화면을 보여주고 있다.

그림 5에서 주파수는 위성망과 지상망의 공유 주파수를 입력하고 희망경로(dRss) part에서 송신 기지국(Tx)에 관련된 파라미터를 입력한다. 이때 송출전력(EIRP)은 별도의 파라미터를 통해 입력하게 되는데 송신 기지국의 송신기 전력, 송신 안테나 직경, 방위각, 송신 안테나 최대이득 값을 입력한다.

송수신 기지국의 좌표값을 통해 dRss 링크의 경로거리를 산출하고 수신 기지국의 안테나 직경과 최대안테나 이득 값을 통해 두 지점간의 경로손실을 계산한다. 이 때, 경로손실은 자유공간 손실과 육상 전파손실 모델로 ITU-R에서 권고한 ITU-R P.452 전파손실모델을 선택사항으로 선택하여 분석할 수 있다.

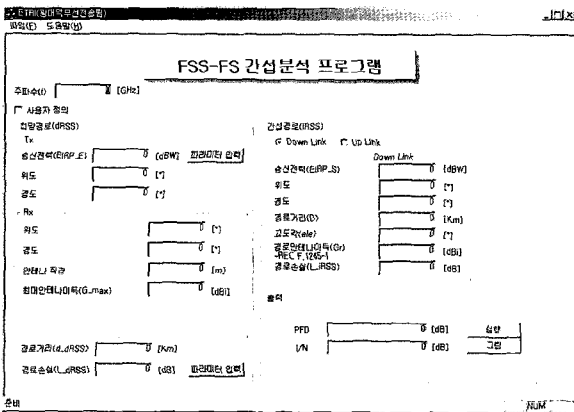


그림 5. 위성망과 지상망간 간섭분석 시뮬레이터 메인화면

간섭 경로의 경우 위성망의 Down 링크와 Up 링크의 두가지 환경으로 모델링되고 각각의 링크에 따라 위성체 또는 위성 지국국의 좌표값과 송신 전력 값을 통해 dRss 수신 기지국과의 고도각, 경로각을 산출하고 각에 따른 경로 안테나 이득을 계산하여 경로손실량을 구하게 된다. 또한, Down 링크의 경우 위성체로부터 희망 수신 기지국으로 유입되는 PFD 값을 산출하고 간섭량 I/N을 구한다.

상위 프로토콜부는 노트북 컴퓨터나 PDA 장치에서 구현되는 기능으로써 Mobile IP 기능, 사용자 인증 기능, IP 형상 설정 기능, 무선 상태 출력 기능, 카드 정합 기능으로 구성된다.

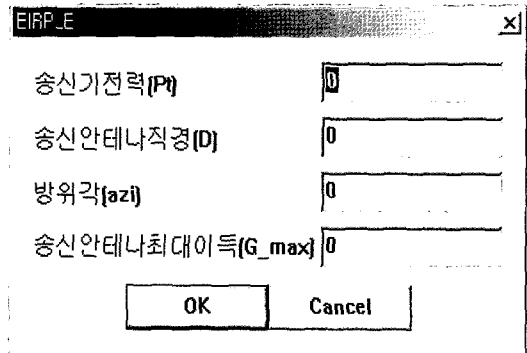


그림 6. dRss Tx 송출전력(EIRP) 입력 파라미터

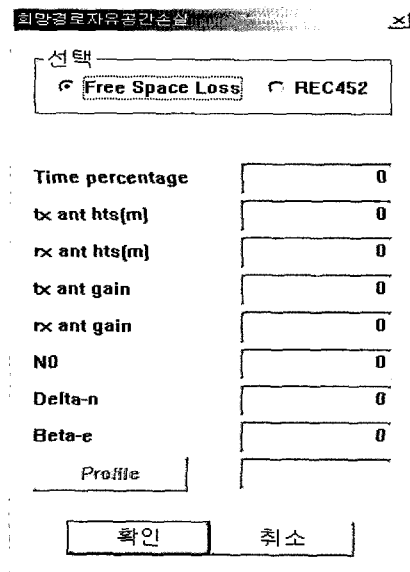


그림 7. 경로손실 파라미터 입력 창

3.2 시뮬레이터를 이용한 위성망과 지상망간 간섭분석 예

본 절에서는 국내 고정 위성의 파라미터와 대표적 지상망 파라미터를 이용하여 본 고에서 구현한 시뮬레이터를 통한 위성망과 지상망간 간섭 분석을 수행하였다

[8],[9].

표 1은 간섭 분석을 위한 대표적인 국내 위성에 관한 시스템 파라미터와 지상망 고정 중계 방송용망의 시스템 파라미터를 나타낸다.

표 1. 분석을 위한 위성망과 지상망 파라미터
(a) 국내 고정위성 파라미터

구 분	무궁화 위성 2호	무궁화 위성 3호
고도(Km)	36,000(35,786) (정지궤도 동경 113)	36,000(35,786) (정지궤도 동경 116)
주파수대 (GHz)	14/12GHz	14/12GHz (Ku밴드) 30/20GHz (Ka밴드)
최대 출력	120 W (방송용) 14 W (통신용)	120W(방송용) 45W(통신용)
EIRP	방송용 : 59.4dBW 통신용 : 50.2dBW	방송용 : 59.4 dBW 통신용 : 50.2 dBW

(b) 지상망 고정 중계 방송망 파라미터

송신국	수신국	전송거리 (km)	송신출력 (dBm)	사용주파수 (MHz)	사용안테나 (직경)	안테나이득 (G _{max})
남산 KBS	여의도 KBS	6.8	30.0	12825.00	P-8(2.4m)	30
Tx						
경도-도	경도-분	경도-초		위도-도	위도-분	위도-초
126	59	25		37	32	53
Rx						
경도-도	경도-분	경도-초		위도-도	위도-분	위도-초
126	55	6.7		37	31	21.1

위성망의 위성 지구국이 경도 126, 위도 37의 지상망과 인접한 지점에 위치한다고 가정할 경우, 표 1의 파라미터를 이용하여 iRss 링크로부터의 유입되는 간섭량과 PFD 값을 그림 8과 같이 구할 수 있다.

그림 8에서와 같이 파라미터 입력을 통해 본 고에서 구현한 FSS-FS 간섭분석 시뮬레이터를 실행하면 각 링크에 대한 시나리오 구성도를 나타내는 Figure 창이 뜨게 되고 각 링크에서의 경로거리 및 위성으로부터의 PFD값과 간섭량 I/N, C/I 값을 보여준다. 따라서, 도식화된 윈도우 창을 통해 쉽게 간섭 시나리오를 이해하고 보여지는 결과 값을 각 링크 경로에서 확인할 수 있으므로 훨씬 더 쉽게 간섭분석을 수행 할 수 있다.

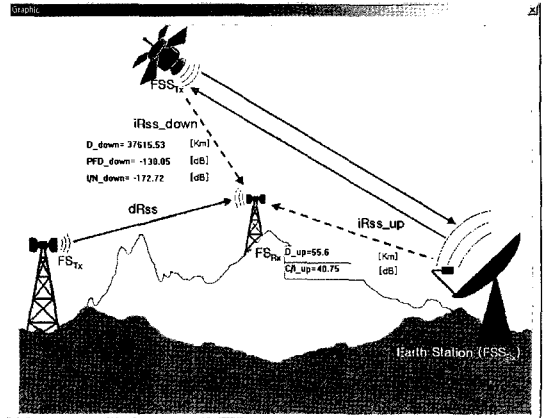


그림 8. FSS-FS 간섭분석 시뮬레이터를 통한 분석 결과 창

IV. 결론

본 고에서는 국내의 고정 위성망 또는 향후 도입이 예상되는 국내의 위성을 이용한 DMB로부터 지상망을 보호하기 위해 고정궤도 위성시스템의 위성 궤적에 따른 간섭 시나리오에서 위성망으로부터 지상망으로 미치는 간섭 영향을 분석하고 고정 위성 PFD 제한값 및 허용 간섭량에 관하여 연구하였다. 분석을 위한 방법으로 간섭 시나리오에 따른 간섭량 및 위성 PFD 값을 산출 분석할 수 있는 위성망과 지상망간 간섭분석 시뮬레이터를 구현하였다.

본 고에서 구현한 간섭 분석 시뮬레이터는 위성망으로부터의 지상망 간섭 조정을 위한 간섭 분석 도구로써 그 활용이 예상되며 향후, 추가적인 보완을 통해 인접 국가의 위성망으로부터 국내 지상망 시스템으로 유입되는 간섭에 관한 분석 또한 가능하도록 추가 구현하여 제 3지역 인접국가의 위성망으로부터의 지상망 간섭 조정 절차의 개발에 적극 활용하고 간섭 조정 기준 협상 시 행정적, 기술적 측면에서 우리나라의 지상망을 보호하며 효율적으로 운용할 수 있도록 하는데 활용하고자 한다.

참고문헌

[1] Struzak R., 'Spectrum Management', ITU News Journal, pp. 27-31, March 1999

- [2] Withers D.J., 'Radio Spectrum Management', Peter Peregrinus, 1991
- [3] 한국전파진흥협회 연구보고서, "세계전파통신회의 (WRC-2003) 대응방안 연구", 정보통신부, Jan. 2004.
- [4] G. Maral, M. Bousquet, "Satellite Communications Systems", John Wiley & Sons, 1998.
- [5] RECOMMENDATION ITU-R F.1245-1, Mathematical model of average and related radiation patterns for Line-Of-Sight Point-to-Point Radio-Relay System antennas for use in certain coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 GHz to about 70 GHz, 2000.
- [6] RECOMMENDATION ITU-R F.699-5, Reference radiation patterns for Line-Of-Sight Radio-Relay System antennas for use in coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 GHz to about 70 GHz
- [7] RECOMMENDATION ITU-R P.452-11, Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the earth at frequencies above about 0.7 GHz
- [8] 강희조, "위성망에 의한 지상망 간섭 분석 기법 연구", ETRI 보고서, 2004. 11.
- [9] 이상헌, 이양선, 강희조, "정지궤도위성망과 고정지상망 간의 공유 환경을 위한 간섭분석 시뮬레이터 구현에 관한 연구", 해양정보통신학회 2005 춘계학술대회, 2005. 5.

저자소개

강희조



1994년 한국항공대학교 대학원 항공 전자공학과 (공학박사)

1996년 8월~1997년 8월 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수

1990년 3월~2003년 2월 : 동신대학교 전자정보통신공학부 교수

2003년 3월~현재: 목원대학교 컴퓨터공학부 조교수

※관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 디지털콘텐츠, RFID 등