

지구국 조정영역도 도시 프로그램의 구현

정희원 정미선*, 이영훈*, 황인관*, 안성준**, 김인겸**, 조경현**

Program for the Determination of the Coordination Area Around an Earth Station

Mi-seon Jeong*, Young-hun Lee*, In-kwan Hwang*, Seong-jun Ahn**, In-kyum Kim**,
Kyoung-hyun Cho** *Regular Members*

요약

위성 통신망의 국제 주파수 등록시 요구되는 지상망과의 주파수 조정의 여부를 판단하기 위해서는 일차적으로 조정영역도를 도시하여 판단하여야 하나, 계산에 사용되는 파라미터들이 매우 많을 뿐만 아니라 계산 과정이 또한 매우 복잡하여, 프로그램의 개발이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 Radio Regulation Appendix S7의 알고리즘을 기반으로 하며 IDWM(ITU Digitized World Map)과 연동시켜 개발한 지구국 조정영역도 도시 프로그램의 알고리즘 및 구조를 설명하고, DACOMSAT-2의 조정영역도 분석 예를 통한 조정 기법을 제시한다. 개발된 조정영역도 도시 프로그램은 향후 계속 되어지게 될 위성망과 지상망간의 간섭 분석에 있어서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In the registration international frequency of satellite communication network, we need illustrate coordinate contour for the decision of frequency adjustment. But these illustrations need very complex calculation procedures and require many parameters in calculation. So we need a program development. Therefore, in this paper, we explained an algorithm and structure of the earth station coordinate contour illustration program which based on the algorithm of the Radio Regulation Appendix S7 and IDWM(ITU Digitized World Map), and suggested coordinate method. In this paper, we analysis a coordination contour about the DACOMSAT-2. This coordinate contour illustration program will continue useful between satellite network and earth station network for the interference analysis in the coming days.

I. 서론

주파수 고갈 등의 문제가 심각해지면서, 현재 지구의 정치 체도에 머물고 있는 위성의 수는 날로 증가하여 거의 포화 상태에 이르고 있는 실정이다. 한정된 주파수 자원을 효율적으로 이용할 수 있도록 하기 위하여 ITU에서는 Radio Regulation 및 주파수 조정 및 등록 절차를 규정하고 있으며, 주간

회람 문서를 통하여 신규 통신망들의 전송 제원을 공표하고 기존 통신망들과의 주파수 조정이 이루어질 수 있도록 하고 있으나, 검증에 필요한 많은 자료를 일일이 분석하기란 그리 쉬운 일이 아니다.

그 중 조정영역도는 지구국 주변의 임의의 지상망으로부터 일정한 기준 간섭 이상을 받는 지역을 도시한 것으로 contour 내부에서는 간섭 신호에 의해 간섭을 받는 지역을 의미한다. contour 내부에

* 충북대학교 전파공학과 위성통신시스템연구실(africa27@orgio.net, spegulo@orgio.net, ikhwang@trut.chungbuk.ac.kr),

** 국방과학연구소 (sjahn@sunam.kreco.net, ikkim@sunam.kreco.net, kyungcho@hananet.net)

논문번호 : 00368-0922, 접수일자 : 2000년 10월 26일

* 본 연구는 국방과학연구소 과제 지원으로 수행되었습니다.

포함되는 지구국에 대해서는 주파수 조정 필요성의 여부를 결정할 수 있게 된다.

그러나 조정거리 계산 알고리즘이 매우 복잡할 뿐만 아니라 그 계산량 또한 방대하여 수작업을 하는 데에는 한계가 있으며, 송신국의 제원 또한 복잡하여 조정 필요성의 여부를 결정하기가 어렵다.

본 논문에서는 이러한 일련의 작업들을 쉽게 수행할 수 있도록 하기 위하여 개발한 지구국 주변 조정영역도 도시 프로그램의 알고리즘에 대해 전체적으로 논하고, 프로그램의 구성과 분석 결과 및 조정 방안을 상세히 기술하기로 한다.

본 논문은 Radio Regulation Appendix S7을 기본으로 알고리즘을 개발하였고 안테나의 방사 패턴 등 기타 상세한 기술적인 사항들에 대해서는 ITU-R Rec. S 580-5, ITU-R Rec P 837-2, ITU-R Rec IS 850-1 등을 준용한다.

II. 조정영역도 계산 알고리즘

1. 최소 허용 기본 전송손실

조정구역은 지구국으로부터 모든 방위각에서 조정거리를 계산하고, 조정동고선을 해당 지도상에 일정한 비율로 도시한다. 조정거리는 간섭신호의 감쇠가 거리의 단순 증가 함수임을 전제로 한다. 간섭 송신국과 피간섭 수신국간의 요구되는 감쇠치는, 다음과 같이 시간률 $p\%$ 에 대한 최소 허용 기본 전송손실(dB)로 계산된다.

$$L_b(p) = P_t' + G_t' + G_r - P_r(p) \quad (1)$$

여기서,

$L_b(p)$ 는 시간률 $p\%$ 에 대한 최소 허용 기본 전송손실(dB)로써 이것은 시간률(100-p)%에서 예상되는 기본 전송손실 보다 큰 값이 된다.

P_t' 는 간섭국의 안테나 입력단에서 최대가용송신 전력레벨(dBW)이며, G_t' 는 간섭국의 송신동방 안테나 이득(dB), 그리고 G_r 은 피간섭국의 수신동방 안테나 이득(dB)으로 각각 입력 파라미터로 사용된다.

$P_r(p)$ 은 피간섭국 수신 안테나 출력단의 시간률 $p\%$ 이내 범위에서의 간섭방사허용레벨(dBW)로 아래와 같은 일반적 공식으로 구한다.

$$P_r(p) = 10 \log(kT_e B) + J + M(p) - W \quad (2)$$

여기서 T_e 는 수신 시스템의 잡음온도로써 다음과 같이 계산한다.

$$T_e = T_a + (e-1)290 + eT_r \quad (3)$$

T_a 는 수신 안테나의 잡음온도(K)로 지구국의 종류에 따라 가변하는 값이다. e 는 수신 안테나와 수신기간 전송손실을 나타내는 파라미터로, 이 값이 알려지지 않은 경우는 일반적으로 $e = 1.0$ 의 값을 사용한다.

T_r 은 전송 지구국에 관련되는 제원으로 주파수 대역과 서비스 타입에 따라 몇 개의 값으로 분류하며 RR Appendix S7의 표 I, 표 II에 그 값이 명시되어 있다. 예를 들어 주파수 대역이 7.9 ~ 8.4GHz 이고 고정위성의 경우는 이 값이 750° (K)이다.

$J, M(p), W$ 도 몇 개의 주파수 대역과 서비스 타입에 따라 분류되는 값으로 RR Appendix S7의 표 I, 표 II에 명시되어 있다.

신호의 감쇠는 두 가지 서로 다른 감쇠구조에서 일어나며, 이때 조정 거리는 동일 방위각에서의 두 모드에 의해 계산되어진 값 중 큰 값이다.

- 전파모드(1): near-great circle paths를 통한 대류권 전파에 따른 신호 감쇠
- 전파모드(2): hydrometeors에 의한 산란에 따른 신호의 감쇠

2. 전파모드(1)

2.1 전파기후 지대

전파모드(1)에 대한 조정거리의 계산에 있어, 세계는 A, B, C 지대의 세 가지 기본 전파지대로 나누어진다.

- A 지대: 대륙
- B 지대: 흑해와 지중해를 제외한 북위 23도 30분 또는 남위 23도 30분 이상의 위도에 위치한 바다, 대양 및 직경 100km의 내륙수
- C 지대: 흑해와 지중해를 제외한 북위 23도 30분 또는 남위 23도 30분 이하의 위도에 위치한 바다, 대양 및 직경 100km의 내륙수

2.2 최소 허용 기본 전송손실

최소 허용 기본 전송손실은 조정거리와 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$L_b(p) = A_0 + \beta d_1 + A_h \quad (4)$$

여기서,

$A_0 = 120 + 20 \log f$ (dB)이고, β 는 감쇄율(dB/km)을 나타내는 파라미터로 다음 세 가지 요소의 합이다.

$$\beta = \beta_x + \beta_v + \beta_o \quad (5)$$

β_x 는 전파기후지대, 주파수 및 시간률 p 에 의해 결정된다.

$$\beta_{xA} = 0.154(1 + 3.05 \log f)^{0.4} \times (0.9028 + 0.0486 \log p)^2 \quad (6)$$

$$\beta_{xB} = \beta_{xC} = (0.272 + 0.047 \log p)^2 \quad (7)$$

β_v 는 아래와 같이, 주파수와 수증기 밀도에 의해 결정되며 15GHz 이하일 경우 무시할 수 있다.

$$\beta_v = 3.5 \times 10^{-4} \rho \left[\frac{1}{(1 - \frac{22.3}{f})^2 + \frac{9}{f^2}} + \frac{1}{(1 + \frac{22.3}{f})^2} \right] + 3 \times 10^{-6} \rho^2 \quad (8)$$

여기서 ρ 는 수증기 밀도(g/m^3)로, 전파기후지대에 따라 다음과 같은 값을 가진다.

$$\rho_A = 1, \rho_B = 2, \rho_C = 5$$

β_o 는 다음과 같이 주파수에 의해 결정된다.

$$\beta_o = 68 \times 10^{-4} \times f^2 \times \left\{ \frac{1}{(60-f)^2} + \frac{1}{(60+f)^2} + \frac{1}{(f^2 + 0.36)} \right\} \quad (9)$$

A_h 는 수평각(ϵ)에 따른 조정계수(dB)로,

$$\begin{aligned} A_h &= 20 \log(1 + 4.5f^{1/2\epsilon}) + f^{1/3\epsilon}, \quad \epsilon > 0^\circ \text{ 일 경우} \\ A_h &= 8\epsilon, \quad -0.5^\circ \leq \epsilon \leq 0^\circ \text{ 일 경우} \\ A_h &= -4, \quad \epsilon \leq -0.5^\circ \text{ 일 경우} \end{aligned} \quad (10)$$

로 계산한다.

따라서 전파모드(1)에서의 조정거리 d_1 (km)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$d_1 = (L_s(p) - A_0 - A_h) / \beta \quad (11)$$

3. 전파모드(2)

전파모드(2)에서는 표준화 전송손실을 다음과 같이 계산한다.

$$L_2(0.01) = P_i + \Delta G - P_r(p) - F(p, f) \quad (12)$$

여기서,

ΔG 는 지상국 안테나의 최대 이득과 42(dB) 차이이며, $F(p, f)$ 는 시간률 0.01%에 대한 시간률 p 에 관한 교정치로써 RR Appendix S7의 그림 7을 준용한다.

3.1 전파기후 지대

전파모드(2)에서 세계는 아래의 그림과 같이 크게 5가지 영역으로 나누어진다.

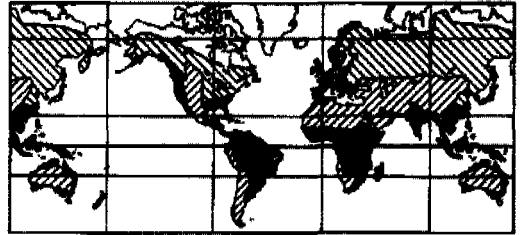


FIGURE 8
Regions corresponding to the five radio-attenuation zones (see 3.4.2)

3.2 최소허용기본 전송손실

표준화 전송손실은 아래와 같이 표현된다.

$$L_2(0.01) = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 - A_5 + A_6 \quad (13)$$

여기서,

$$A_1 = 157 + 20 \log d_r - 20 \log f \text{ (dB)} \quad (14)$$

이고 d_r 은 강우 산란 거리(km)이다.

$$A_2 = 26 + 14 \log R - 5.88 \times 10^{-5} (d_r - 40)^2 \text{ (dB)} \quad (15)$$

$$A_3 = 0.005 (f - 10)^{1.7} R^{0.4} \text{ (dB)} \quad (16)$$

$$A_4 = 10 \log \left[\frac{2.17}{\gamma D} (1 - 10^{-\gamma D/5}) \right] \text{ (dB)} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.008 R (f - 5), \quad f > 5 \text{ GHz} \\ \gamma &= 0, \quad f \leq 5 \text{ GHz} \end{aligned}$$

$$A_5 = 10 \log D \text{ (dB)} \quad (18)$$

$$A_6 = d_0 \beta_0 + d_v \beta_v \quad (19)$$

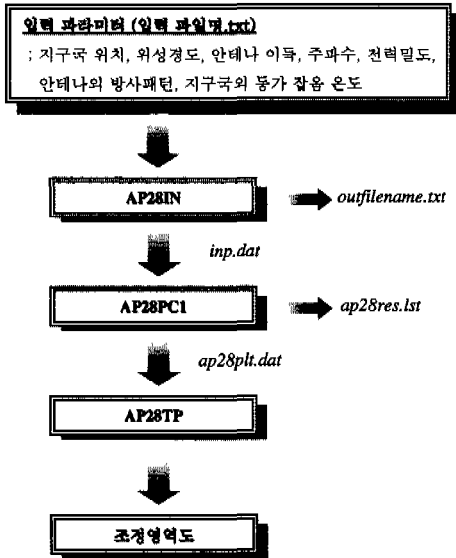
$$d_0 = 0.7 d_r + 32 \text{ km}, \quad d_r < 340 \text{ km} \\ = 270 \text{ km}, \quad d_r \geq 340 \text{ km}$$

$$d_v = 0.7 d_r + 32 \text{ km}, \quad d_r < 240 \text{ km} \\ = 200 \text{ km}, \quad d_r \geq 240 \text{ km} \quad (20)$$

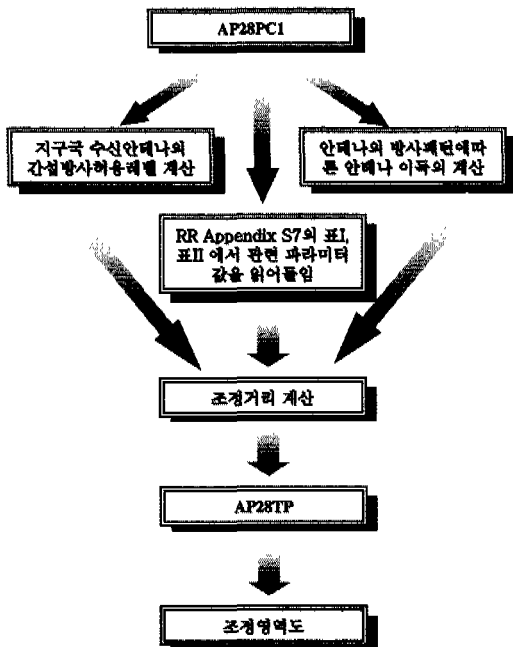
여기서 R 은 표면 강우율(mm/h)이고, D 는 강우셀 직경(km)으로 모두 RR Appendix S7의 표 IV를 준용하며, 강우 산란 거리 d_s 은 위의 절차를 반복하여 얻는다.

Ⅲ. 프로그램 구조

1. 프로그램의 흐름도



아래는 AP28PC1에서 조정거리를 계산하기 위해 수행되는 세부사항들에 대한 흐름도이다.



2. 프로그램의 흐름도

지구국 조정영역도 도시 프로그램은 3단계로 구성된다. 지구국 안테나의 여러 가지 패턴에 따른 세부 계산과정을 프로그램 내부에서 처리함으로써 사용자는 간단한 입력만으로도 필요로 하는 조정영역도를 도시할 수가 있다.

2.1 AP28IN

AP28IN은, 사용자가 위성이나 지구국 등에 관련된 파라미터들을 SRS(Space Radiocommunication Stations)로부터 선택하여 입력하는 단계이다. 사용자가 조정영역도를 구하고자 하는 지역의 송수신국의 전송 제원 관련 txt파일을 가지고 있는 경우, 그 파일을 받아들여 조정영역도를 구할 수 있고, 그렇지 않은 경우, 프로그램상에서 직접 키보드로 입력을 받아 조정영역도를 구할 수 있도록 하였다.

2.2 AP28PC1

2단계인 AP28PC1에서는 받아들인 입력 값을 기반으로 조정거리를 계산한 후, 이 값을 AP28TP로 넘겨준다. AP28PC1은 inp.dat파일을 받아들인다. 이 파일은 AP28IN에서의 입력값들이 AP28PC1이 컴파일 할 수 있는 형태로 저장된 파일이다. inp.dat에는 가장 최근에 1단계에서 입력시킨 값들이 저장된다.

2.3 AP28TP

마지막 단계인 AP28TP에서 계산해 낸 조정거리를 사용자에게 보여주는 단계이다. 이는 컴퓨터의 모니터상에 최종 결과 값인 조정영역도를 그려게 되는데, IDWM을 기반으로 그려진 이 지도는 1단계인 입력 파일을 받아들이는 단계에서 축적의 조정이 가능하다. 구역이 좁은 곳에서는 사용자가 지도의 축적을 작게 함으로써 원하는 곳의 데이터를 좀더 세밀하게 도시할 수 있도록 하였다.

2.4 감우 기후 지대

IDWM 함수를 사용하여 PC모니터에 visual하게 조정영역도를 도시하기 위해 프로그램은 아래와 같은 내부 처리 절차를 갖도록 하였다. 프로그램은 사용자가 지구국의 위치, 즉 경도와 위도를 입력했을 경우 GEOPLC 라는 함수를 사용 해당 국가의 코드(CTY)를 찾아낸다. 이 국가 코드는 다시 GEOCTYA (CTY,ADM)이라는 함수에 의해 컴파일러가 인식할 수 있는 ADM(administration code)이라는 코드로 변환한다. 사용자가 선택한 지리적 위치에서의 강우 기후지대는 RR Appendix S7의 규정에 따른 AP28RZ라든지, RR Appendix S8 규정에 따른 AP30ARZ,

ITU-R Rec.837의 규정에 따른 GEOR837 등의 함수에 의해 결정된다.

IV. 조정영역도 분석

본 논문에서는 우리나라의 DACOMSAT-2 위성을 예로, 지구국이 대전에 있는 경우에 대해서 조정영역도를 그려보았다.

지구국은 송신하는 경우와 수신하는 경우 모두를 가정하였으며 상향 링크의 주파수는 7954.5MHz, 하향 링크의 주파수는 7304.5 MHz 로 고정 위성의 경우를 선택하였다. 위성의 빔은 최대 등방 안테나 이득이 31.4dB 인 U2R/D2R 빔을 사용하였다.

아래 그림은 지구국 송신 안테나의 최대 전력 밀도를 달리했을 경우, 조정영역도를 도시한 것이며, 표는 입력 파라미터 값을 나타낸 것이다.

조정영역도는 contour 내부에서 간섭 신호에 의해 간섭을 받는 지역을 의미한다. 위의 그림들은 지구국의 송신 최대 전력 밀도의 크기에 따른 조정영역도를 도시한 것이다.

표 1. 그림 1과 그림 2에 대한 입력 파라미터.

입력 파라미터	값(단위)
지구국명	TAEJEON
지구국위치	127E0900/36N0800
위성명	DACOMSAT-2
위성의 경도	151(deg)
수신 주파수	7304.5 (MHz)
송신 주파수	7954.5 (MHz)
송신최대전력밀도	-33 (dBW/Hz)
수신 안테나 이득	31.4(dB)
송신 안테나 이득	31.4(dB)
수신 지구국의 등가잡음온도	110 (K)

그림 1과 2의 경우가 그림 3과 4의 경우보다 지구국 송신 최대 전력 밀도가 약 40dB 높은 경우이다. 그림 1과 2의 경우, 조정이 필요한 지역은 송신 지구국인 경우, 우리 나라 전역인 경우이나 수신 지구국인 경우는 중국과 일본을 일부 포함하므로 이 경우에 대해서는 인접국가간 주파수 조정이 필요하다.

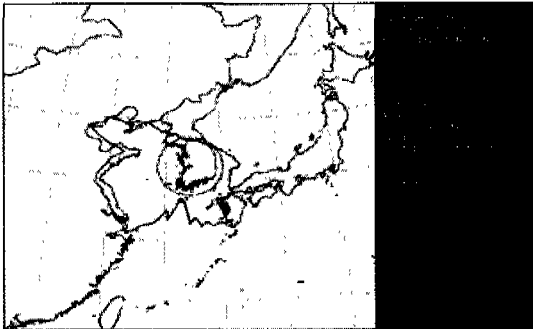


그림 1. 지구국 송신 최대 전력 밀도가 -33dBW/Hz 인 경우, DACOMSAT-2 위성의 U2R/D2R 빔에 대한 송신지구국의 조정영역도

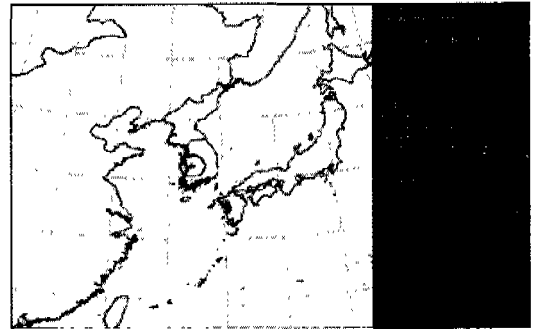


그림 3. 지구국 송신 최대 전력 밀도가 -72.4 dBW/Hz 인 경우, DACOMSAT-2 위성의 U2R/D2R 빔에 대한 송신 지구국의 조정영역도

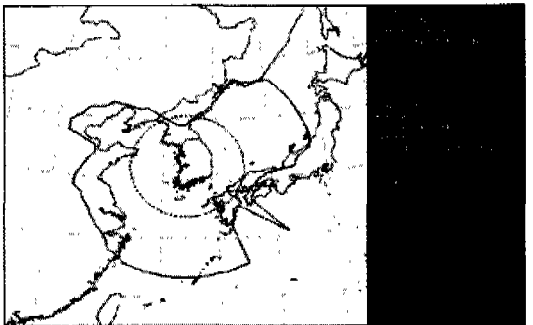


그림 2. 지구국 송신 최대 전력 밀도가 -33dBW/Hz 인 경우, DACOMSAT-2 위성의 U2R/D2R 빔에 대한 수신지구국의 조정영역도

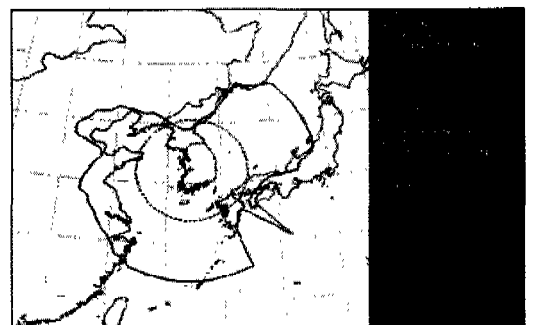


그림 4. 지구국 송신 최대 전력 밀도가 -72.4 dBW/Hz 인 경우, DACOMSAT-2 위성의 U2R/D2R 빔에 대한 수신 지구국의 조정영역도

표 2. 그림 3과 그림 4에 대한 입력 파라미터.

입력 파라미터	값(단위)
지구국명	TAEJEON
지구국위치	127E0900/36N0800
위성명	DACOMSAT-2
위성의 경도	151 (deg)
수신 주파수	7304.5 (MHz)
송신 주파수	7954.5 (MHz)
송신최대전력밀도	-72.4 (dBW/Hz)
수신 안테나 이득	31.4 (dB)
송신 안테나 이득	31.4 (dB)
수신 지구국의 등가잡음온도	110 (K)

그림 3과 4의 경우는, 송신 지구국 일때는 우리나라의 일부 지역에서만 조정을 필요로 하고 수신 지구국일 경우는 인접 국가간 주파수 조정을 필요로 한다.

지구국 송신 전력 밀도가 큰 경우, 송신 지구국은 조정 영역도가 커지나, 수신 지구국의 경우에는 거의 변화가 없다. 이는 수신 지구국의 조정영역도는 지구국의 송신 최대 전력 밀도에 영향을 받지 않음을 나타낸다. 일반적으로 주어진 하나의 위성에 대한 빔들은 그 안테나 이득 값이 일정 값으로 정해져 있어서 이 값을 변화시키는 데에는 한계가 있다. 따라서 송신 지구국인 경우, 조정영역도가 인접 국가에까지 영향을 미칠 경우에는 송신 전력 밀도를 줄여 줌으로써 contour를 조절할 수 있으나 수신 지구국인 경우에는 송신 전력 밀도를 조절하는 것이 아무 의미가 없다.

그림 5와 6은 지구국의 등가 잡음온도를 4000K로, 위성의 수신 안테나 이득을 80dB로 했을 경우 송신 지구국과 수신 지구국의 조정영역도를 나타낸 것이다.

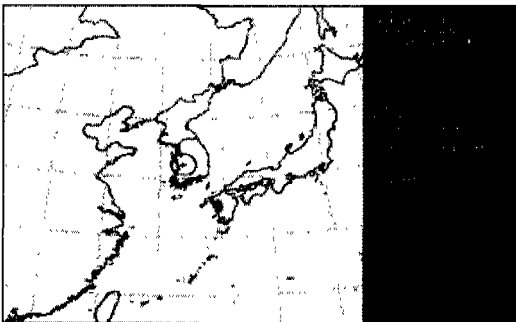


그림 5. 지구국 송신 최대 전력 밀도가 -72.4 dBW/Hz, 위성의 수신 안테나 이득이 80dB, 지구국의 등가 잡음 온도가 4000K인 경우에 대한 송신 지구국의 조정영역도

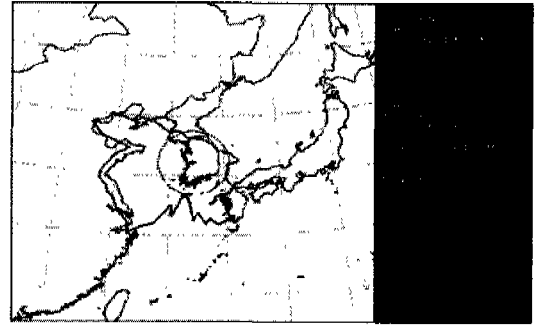


그림 6. 지구국 송신 최대 전력 밀도가 -72.4 dBW/Hz, 위성의 수신 안테나 이득이 80dB, 지구국의 등가 잡음 온도가 4000K인 경우에 대한 수신 지구국의 조정영역도

표 3. 그림 5과 그림 6에 대한 입력 파라미터.

입력 파라미터	값(단위)
지구국명	TAEJEON
지구국위치	127E0900/36N0800
위성명	DACOMSAT-2
위성의 경도	151 (deg)
수신 주파수	7304.5 (MHz)
송신 주파수	7954.5 (MHz)
송신최대전력밀도	-72.4 (dBW/Hz)
수신 안테나 이득	80 (dB)
송신 안테나 이득	31.4 (dB)
수신 지구국의 등가잡음온도	4,000 (K)

조정영역도가 인접 국가를 포함하는 경우, 양 국가간 합의에 의한 주파수 협상을 할 수 있다. 또한 상대 지구국의 수신 지구국의 전력의 세기를 줄여 줄 것을 요청하는 경우와, 안테나의 주 비임의 방향을 바꾸는 등 여러 대안이 있을 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 우주 업무와 지상 업무가 공용하는 1GHz 에서 40GHz 사이의 주파수 대역에서 Radio Regulation S7의 알고리즘을 기반으로 하며 IDWM(ITU Digitized World Map)과 연동시켜 개발한, 지구국 조정영역도 도시 프로그램의 알고리즘 및 구조를 설명하고, DACOMSAT-2의 조정영역도 분석 결과를 제시하였다.

조정영역도가 크게 나타나 인접 국가에 영향을 미치는 경우에, 송신 지구국의 경우는 송신 최대 전력 밀도를 조절하였으며, 수신 지구국의 경우에는

위성의 수신 안테나 이득과 지구국의 등가 잡음 온도를 조절함으로써 인접 국가에 미치는 간섭량을 줄일 수 있는 대안을 제시하였다.

개발된 조정영역도 도시 프로그램은 위성망과 지상망간의 간섭 분석에 있어서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Radio Regulations, Appendix S7, "Method for the determination of the coordination area around an earth station in frequency bands between 1GHz and 40GHz shared between space and terrestrial radiocommunication services.", '97 World Radio communication conference(WRC-97).

[2] Radio Regulations, Appendix S8, "Method of calculation for determination is required between geostationary satellite networks sharing the same frequency bands.", '97 World Radiocommunication conference (WRC-97).

[3] Radio Regulations, Resolution No. 46, "Interim procedures for the coordination and notification of frequency assignments of nongeostationary satellite networks in certain space services and other services to which the bands are allocated(in the footnotes to the Table of frequency Allocations).", '97 World Radio communication conference (WRC-97).

[4] ITU-R Recommendations, ITU-R S 465-5, "Reference earth station radiation pattern for user in coordination and interference assessment in the frequency range 2 to 30GHz.", International Telecommunication Union(ITU)

[5] ITU-R Recommendations, ITU-R P 837-2, "Characteristics of precipitation for propagation modelling.", International Telecommunication Union(ITU)

[6] ITU-R Recommendations, ITU-R IS 850-1 "Coordinations areas using predetermined coordination distances.", International Telecommunication Union(ITU)

[7] ITU-R Recommendations, ITU-R S 580-5, "Radiation diagrams for use as design objectives for antennas of earth stations operating

with geostationary satellite.", International Telecommunication Union(ITU)

정 미 선(Mi-seon, Jeong)

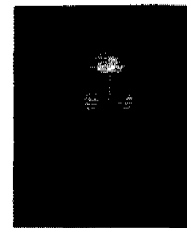
정회원



2000년 2월 : 충북대학교
전기전자공학부 졸업
2000년 2월~현재 : 충북대학교
전파공학과 석사과정
<주관심 분야> 이동통신,
위성통신, 디지털통신

이 영 훈(Young-hun, Lee)

정회원



1998년 2월 : 대전산업대학교
정보통신공학과 졸업
2000년 2월~현재 : 충북대학교
전파공학과 석사과정
<주관심 분야> 이동통신,
위성통신, 디지털통신

황 인 관(In-kwan, Hwang)

정회원



1975년 : 아주대학교
전자공학과 졸업
1987년 : Polytechnic University
공학석사
1990년 : Polytechnic University
공학박사

1982년~1997년 2월 : 한국전자통신 연구원 위성망 연구실

1997년 3월~현재 : 충북대학교 전기전자공학부 조교수
<주관심 분야> 이동통신, 위성통신, 디지털통신

안 성 준(Seong-jun, Ahn)

정회원

국방과학연구소

김 인 결(In-kyum, Kim)

정회원

국방과학연구소

조 경 현(Kyung-hyun, Cho)

정회원

국방과학연구소