

지상파 TV 방송의 디지털 전환에 따른 전계 강도 예측에 대한 연구

A Study on the Prediction of Electric Field Strength for Terrestrial TV Broadcasting by Digital Adoption

서 경 환 · 정 혁 · 장 정 석*

Kyoung-Whoan Suh · Hyuk Jung · Jeong-Seok Jang*

요 약

본 논문에서는 아날로그 및 디지털 TV 수신기의 만족스러운 서비스 품질을 보장하기 위해 요구하는 서비스 거리를 계산하는 방법론을 제안하였다. ITU-R 권고 P.1546에 근거한 TV 수신기의 전계 강도 수식을 이용하여 두 TV 시스템에 대한 수치 계산 결과를 제시하고 고찰하였다. 또한, ATV에서 DTV 전환에 따라 만족해야 하는 동등한 수준의 서비스 관점에서 시스템의 중요한 변수에 대해서도 고찰하였다. 제시된 방법은 전송 품질의 만족 여부를 확인하기 위한 수신 지역의 전계 강도 예측 값을 제공할 뿐만 아니라 동일 및 인접 채널로부터 보호비 또는 이격 거리 도출에도 적용될 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a calculation methodology of the service distance to assure the satisfactory quality of service for analogue and digital TV receivers. Using the field strength formulation for TV receiver based upon Rec. ITU-R P.1546, computational results are presented and discussed for both systems, and some important factors are reviewed in terms of the equivalent level of service, which must be kept due to ATV to DTV conversion. The presented method provides the predicted values of field strength at receiver areas to check whether transmission quality can be satisfied or not, and it can be also used for obtaining the protection ratio or separated distance from co-channel or adjacent interference signal.

Key words : Rec. ITU-R P.1546, Field Strength, Digital TV Receiver Sensitivity, ATSC/NTSC

I. 서 론

2000년 이후 세계적으로 지식정보화 사회의 추세에 따라 산업 전반에 디지털 혁명이 일어나고 있으며, 특히 정보 통신 기술의 급격한 발전은 방송과 통신의 융합 서비스를 창출하게 되었다. 이러한 변화는 지상파 방송 분야에서도 아날로그에서 디지털로

의 전환을 촉진하고 있다. 이러한 추세에 부응하여 정부에서는 2013년 1월 1일부터 아날로그 TV(ATV)에서 DTV 방송 전환을 계획하고 있어, 기존의 아날로그 주파수를 디지털 TV(DTV) 전환에 따른 주파수 이전 및 채널 재배치에 대한 연구를 수행하고 있다.

디지털 방송 전환은 방송 신호 형태의 차이를 가져오므로 송신소에서 TV 수신기에 도달하기까지의

「본 연구는 한국전파진흥원의 위탁과제 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사를 드립니다.」

강남대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kangnam University)

*광운대학교 전파공학과(Department of Wireless Communication Engineering, Kwangwoon University)

· 논문 번호 : 20101004-144

· 교신저자 : 서경환(e-mail : kwsuh@kangnam.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 11월 23일

전파 환경에 의해 방송 품질의 변화가 예상된다. 즉, 기존 ATV에서 DTV 전환에 따른 주파수 변경 및 전파 환경의 변화에 기인한 시스템의 성능 변화가 있게 마련이다. 이러한 변화에 필수적으로 충족되어야 하는 것은 전파법에 명기된 주파수 이전 및 재배치 전후에 있어서 동등한 수준의 서비스 제공이다^[1]. 이러한 요구조건에 대해 기술적 분석 방법론이나 판단에 필요한 기준의 설정 등에 대한 연구가 거의 전무한 실정이다.

한편, 유사 서비스에 대한 사례의 연구로는 FM 방송 링크용 M/W 중계 시스템의 주파수 재배치 시 동등한 수준의 전송 품질이 유지되기 위한 기술적 분석 방법론이 제시되었다^[2]. 이는 GSM 이동 통신용의 국제 로밍에 필요한 주파수 대역을 확보를 위해 기존의 950 MHz 대역에서 운용 중이던 FM 방송 중계를 위한 M/W 중계 장치를 1.7 GHz 대역으로 이전 및 재배치 시, 신규 시설에 대한 범위를 기존 시설과 동등한 수준의 서비스 제공으로 정의하고 이에 대한 기술적 해법을 제시하고 있다.

따라서 ATV에서 DTV 전환에 따른 주파수 이전 및 재배치에 발생하는 서비스 영역의 변화 즉, 수신 한계 거리에 차이가 발생하며, 이에 대한 동등한 수준의 서비스 제공을 위한 해석적 방법론의 도출이 선행되어야 한다. 이러한 접근의 일환으로 최근에 ITU-R 권고 P.1546 전파 모델을 이용하여 지상파 방송의 전계 강도 예측에 관한 연구가 발표되었다^{[3],[4]}.

본 논문에서는 DTV의 주파수 이전 및 재배치에 따른 전파 품질 및 동등한 수준의 서비스 제공을 위해 요구되는 기술적 분석 방법을 제시하였다. 이를 위해 전파 강도 예측 모델인 ITU-R 권고 P.1546을 기반으로 ATV와 DTV의 수신 한계 레벨 및 수신 거리를 수치 해석을 통해 결과를 제시하며, 또한 동등한 수준의 서비스를 위한 시스템 변수의 보정 방법을 제시하고, 그 결과를 고찰하였다.

II. 전파 모델 및 수신 전계 강도

2.1 전파 모델 개요

ITU-R P. 시리즈에서는 서비스 대역마다 적절한 전자파의 전파 모델을 제시하고 있다. 본 논문에서는 해당 주파수 및 서비스 용도에 적절한 ITU-R 권

고 P.1546을 적용하였다^[4]. 이 권고서는 지상 서비스의 점-대-지역 전파 특성 예측 방법에 관한 것으로 적용 대상은 주파수 30~3,000 MHz, 거리 1~1,000 km(육상 경로, 해상 경로 또는 육상 지상의 혼합 경로), 유효 송신 고도 3,000 m 이하이다. 제시된 전계 강도 곡선은 1 kW ERP 방사 시, 수신 고도 10 m 지점에서의 전계 강도, 주파수 100, 600, 2,000 MHz, 경로는 육상 및 해상(cold/warm), 시간율은 1 %, 10 %, 50 %가 적용된다. 또한, 적용하고자 하는 주파수, 시간율, 송신 안테나 높이가 주어진 곡선 그래프와 일치하지 않는 경우, 보간법과 외삽법을 이용하여 전계 강도를 산출한다. 뿐만 아니라 송신 안테나 높이, 수신 안테나 높이 등에 대해서도 전계 강도 보정을 할 수 있도록 되어 있다.

그림 1은 하나의 예로 ITU-R 권고 P.1546에 제시된 장소율 50 %, 시간율 50 %, 주파수 600 MHz에 대한 전계 강도 특성 곡선을 보여 주며, 표 1은 관련 변수의 적용 한계를 나타낸다. 이러한 전파 모델을 이용하여 VHF 대역의 레이더 간섭에 의한 양립성 분석에 적용한 연구 결과가 제시된 바가 있다^[5].

2.2 전계 강도 보정

먼저 방송 송신 및 중계국 안테나 높이 h_1 은 다음

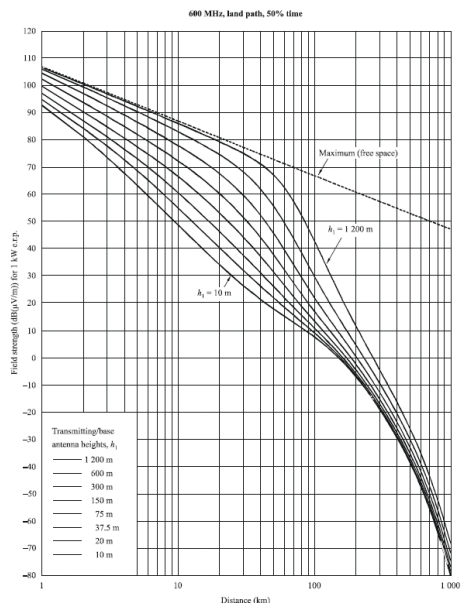


그림 1. 주파수 600 MHz에 대한 전계 강도 곡선
Fig. 1. Field strength curves for frequency 600 MHz.

표 1. ITU-R 권고 P.1546 모델의 변수

Table 1. Parameters of Rec. ITU-R P.1546 model.

변수	정의	한계
f (MHz)	동작 주파수	30~3,000 MHz
d (km)	경로 길이	1~1,000 km
p (%)	퍼센트 시간(부록 1-8)	1~50 %
h_1 (m)	송신/기지 안테나 높이 (부록 5-3), 한계(부록 5-4.1)	육상: 상한 3,000 m, 하한 없음 해상: 1~3,000 m
h_a (m)	지상 송신기 안테나 높이 (부록 5-3.1.1), 한계(부록 5-3)	지역의 클러터(clutter) 높이보다 커야 함
h_b (m)	0.2 $d \sim d$ (km) 내에 지형 평균 높이 위의 기지 안테나 높이 (단, $d < 15$ km, 지형정보 가능 경우)	제한은 없으며, 단지 $d < 15$ km 육상 경로 한함
송신기 주변 클러터 높이	송신기 주변의 상대적 클러터 높이	없음
R (m)	수신기 주변의 상대적 클러터 높이	없음
θ_{tca} (도)	지형 정화(clearance) 각	0.55~40 도
$\theta_{eff}, \theta_{eff1},$ θ_{eff2} (도)	송신기/기지 유효 지형 정화 각(부록 5-9)	양(+의 값)

과 같이 정의된다. 바다 경로의 h_1 은 해수면 위의 안테나 높이이다. 육상 경로의 경우는 방송 송신 및 중계국 안테나 유효 높이, h_{eff} 는 방송 송신 및 중계국 안테나가 방송 수신 및 이동 단말 안테나 방향으로 거리 3~15 km 사이에서 지상 평균 레벨 위의 높이로 정의한다. h_{eff} 를 모르는 경우에는 일반적인 지형 정보로부터 산출된다. 만약에 방송 송신 및 중계국 안테나가 주변 클러터(clutter)의 높이 아래에 있다면 이 권고는 타당하지 않다. 단, 육상 경로에서 거리가 15 km보다 작은 경우에 대해서는 h_1 을 달리 정의하고 있다.

다음은 방송 수신 및 이동 단말 안테나 높이에 대한 전계 강도 보정은 다음과 같다. ITU-R 권고 P.1546에서 제시된 전계 강도 곡선들은 기준 방송 수신 및 이동 단말 안테나 높이, R (m)에 대한 것이며, 이는 방송 수신 및 이동 단말 안테나를 둘러싼 지면 덮개의 높이를 대표하는 것으로 최소 10 m이다. 예를 들면 도심 지역은 20 m, 밀도가 높은 도심 지역은 30 m, 부 도심 지역은 10 m, 그리고 바다 경로는 10 m이다.

방송 수신 및 이동 단말 안테나가 육지에 있는 경

우, 도착하는 전파의 양각을 고려해야 하는데, 이는 수정된 대표적 클러터 높이 R' (m)는

$$R' = (1,000 dR - 15 h_1) / (1,000 d - 15) \quad (1)$$

이다. 여기서 h_1 와 R 은 m이며, 거리 d 는 km이다. 또한, $h_1 < 6.5d + R$ 이면 $R' \approx R$ 이다.

방송 수신 및 이동 단말 안테나가 도심 환경 속에 있을 때, 전계 강도 보정은 다음과 같이 주어진다.

$$Correction = 6.03 - J(\nu), \quad h_2 < R' \quad (2a)$$

$$= K_{h_2} \log(h_2/R'), \quad h_2 \geq R' \quad (2b)$$

여기서 h_2 (m)는 지면 위의 방송 수신 및 이동 단말 안테나의 높이이며, 이는 방송 수신 및 이동 단말 안테나가 위치한 둘레에 지표 덮개의 대표적 높이이다.

$$J(\nu) = [6.9 + 20 \log(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1)] \quad (3a)$$

$$\nu = K_\nu \sqrt{h_{dif} \theta_{dut}} \quad (3b)$$

$$h_{dif}(m) = R' - h_2 \quad (3c)$$

$$\theta_{dut}(\text{degree}) = \arctan(h_{dif}/27) \quad (3d)$$

$$K_{h2} = 3.2 + 6.2 \log(f) \quad (3e)$$

$$K_v = 0.0108 \sqrt{f} \quad (3f)$$

여기서 f (MHz)이다.

특히 방송 수신 및 이동 단말 안테나가 시골 또는 개방 환경에 있을 때, 보정은 식 (2b)로 주어진다. 이때 모든 h_2 값에 대해 $R' = 10$ m로 고정한다. 그리고 $R' < 10$ m인 도심 환경에서는 식 (2)로 주어지는 보정은 $K_{h2} \log(10/R')$ 로 대체된다.

또한, 지형 정보가 가능하며, 대류권 산란에 의한 추가 손실이 발생하는 경우에는 육상 경로에 대해 유효 송신 안테나 높이, h_{eff} 가 음(-) 값을 가질 수 있는데, 이는 3~15 km 거리에서 평균 지형 높이에 근거하기 때문이다. 따라서 h_1 은 음값이 될 수 있으며, 이 경우에는 근처의 지형 방해물에 의해 회절의 효과가 고려되어야 한다. 이에 대한 손실 보정도 ITU-R 권고 P.1546에서 상세히 기술하고 있다^[4].

2-3 수신 전계 강도

그림 2는 전형적인 ATSC(DTV) 및 NTSC(ATV)의 규격을 만족하는 TV 스펙트럼을 보여주며, 대역폭은 6 MHz로 동일하다. 현재 한국의 ATV는 NTSC, 그리고 DTV는 ATSC 규격을 준수한다.

먼저 ATV의 수신 한계 레벨은 ITU-R 권고 BT.417-5에 근거하여 간섭이 있는 경우와 없는 경우에 대해 표 2와 같이 제시하고 있다. 이는 간섭을 보호하기 위한 적절한 평균 전계 강도를 의미하며, 모든 값들은 지상 10 m의 높이에서 전계 강도를 언급하였다^[6].

다음은 DTV 수신 시스템의 수신 신호에 대해 살펴보자. 그림 3에서와 같이 TV 송신소에서 송출된

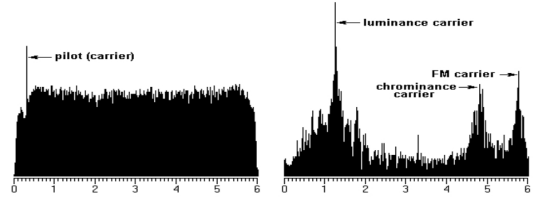


그림 2. 전형적 DTV(ATSC: 왼쪽) 및 ATV(NTSC: 오른쪽)의 스펙트럼

Fig. 2. Typical spectra of DTV(ATSC: left) and ATV(NTSC: right).

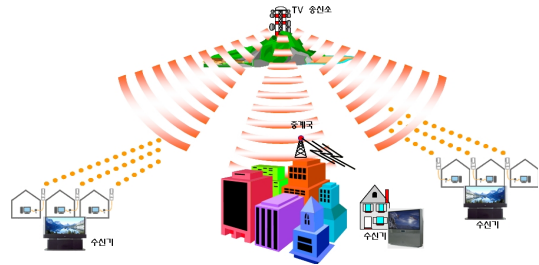


그림 3. TV 송신소 및 수신기

Fig. 3. A simple geometry of TV transmitter and receivers.

신호는 TV 수신기가 있는 위치까지의 거리 및 전파 환경에 따라 수신 신호의 변화가 있으며, 수신 신호의 레벨 P_r (dBm)은 다음과 같이 표현된다^[7].

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_t - L_r - L_p \quad (4)$$

여기서 P_t 는 TV 송신소 송신기의 전력(dBm), G_t 는 송신기 안테나 이득(dBi), G_r 는 수신기 안테나 이득(dBi), L_t 는 송신기에서 삽입 손실(dB), L_r 는 수신기의 삽입 손실(dB), L_p 는 송신소와 수신기 안테나 사이의 전파 경로 손실(dB)이다.

TV 수신기의 수신 감도를 정의하기 위해 어떤 비트 오류 $BER = 10^{-7}$ 을 갖는 신호 대 잡음 비, S/N 에서 DTV 수신기의 감도는 상온에서 다음과 같이

표 2. 아날로그 영상 품질 보증하는 평균 전계 강도

Table 2. Median field strength for assuring analog TV image quality.

대역 명칭	I	III	IV	V	비고
주파수 대역(MHz)	41~68	162~230	470~582	582~960	
전계 강도(dB(μ V/m))	+46	+49	+58	+64	간섭 유
	+40	+43	+52	+58	간섭 무

주어진다.

$$P_{r-th} \text{ (dBm)} = -174 + 10 \log_{10}(B) + NF + S/N \text{ (5)}$$

여기서 $k(=1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})$ 는 Boltzmann의 상수, T 는 Kelvin 온도, B 는 수신기 대역폭(Hz), NF 는 수신기 잡음 지수(dB), S/N 는 일반적으로 선정된 변조 방식의 함수이며, ATSC에서는 SE (segmentation error rate: 분할 오류)를 1.93×10^{-4} 기준으로 하였으며, 이는 초당 2.5 분할 오류가 있을 때이다. 이때 측정된 S/N 은 14.9 dB가 되며, 이 값을 시정 한계(Threshold of Visibility: TOV)라 정의한다^[8].

DTV 수신 한계 레벨의 전계 강도, $E_{P_{r-th}}$ (dB ($\mu\text{V}/\text{m}$))는 전력(dBm)과의 변환 관계로부터 수신 안테나 이득, G_r 및 수신기의 삽입 손실, L_r 을 고려하면 다음과 같이 표현된다.

$$E_{P_{r-th}} = P_{r-th} \text{ (dBm)} + 20 \log f_{MHz} + 77.2 \text{ (dB)} - G_r \text{ (dB)} + L_r \text{ (6)}$$

여기서 f_{MHz} 는 송신기의 중심 주파수(MHz)이다.

한편, 본 논문의 시뮬레이션에서 사용한 전파 손실 모델은 ITU-R 권고 P.1546의 전계 곡선들인데, 이들은 1.0 kW 유효 방사 전력(ERP)에 대한 전계 강도 값(dB ($\mu\text{V}/\text{m}$))이다. 1 kW ERP는 62.1 EIRP에 해당하므로 따라서 전파 손실, L_p (dB)는 ITU-R 권고 P.1546에서 1 kW ERP에 대한 전계 강도, $E_{p,1546}$ (dB ($\mu\text{V}/\text{m}$))로부터 다음과 같이 계산된다.

$$L_p = 139.3 - E_{p,1546} + 20 \log f_{MHz} \text{ (7)}$$

식 (5)~(7)를 이용하여 식 (4)에 대입한 수신 한계 전계 강도 $E_{P_{r-th}}$ 는 $E_{p,1546}$ 의 함수로 다음과 같이 정리된다.

$$E_{P_{r-th}} = E_{p,1546} + P_t + G_t - L_t - 62.1 \text{ (8)}$$

여기서 62.1의 물리적 의미는 1 kW ERP의 dBm 단위로 환산한 결과와 동일하며, 만약 송신 전력(dBm)과 송신 안테나 이득(dBi)의 합이 이 값과 동일하다면 결국 수신 전계 강도는 바로 ITU-R 권고 P.1546의 전계 강도 곡선의 값에서 송신기의 삽입 손실을 감해 주면 구할 수 있다.

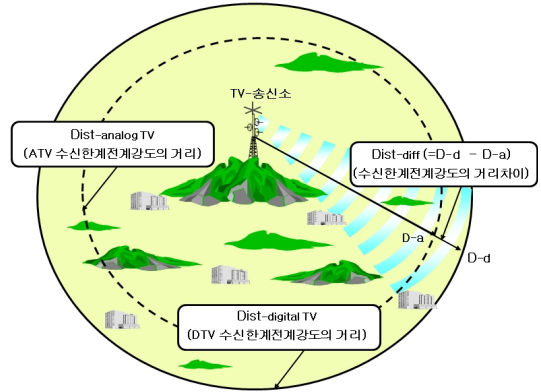


그림 4. 동등 수준의 서비스를 위한 분석 개념
Fig. 4. Concept for analyzing equivalent level of service.

Ⅲ. 동등한 수준의 서비스 도출

3-1 동등한 수준의 서비스 개념

앞에서 ATV 및 DTV의 수신 한계 레벨을 근거로 주어진 송신소 및 전파 환경에 대해 거리에 따른 차이를 분석해 볼 수 있으며, 이를 위해 그림 4에 나타내었다. 먼저 기존의 ATV 서비스에 대해 시스템 특성과 전파 환경을 고려한 수신 한계 전계 강도를 주는 거리를 계산하여 이를 D_a 라 하자. 다음은 동일한 방향에 대해 DTV 서비스에 대한 수신 한계 전계 강도를 주는 거리를 계산하여 이를 D_d 라 하자. 이제 두 서비스 간에 발생하는 거리 차이를 $Dist_{diff} = D_d - D_a$ 가 된다. 동등한 수준의 서비스 제공을 위해서는 수신 한계 거리의 차이인 $Dist_{diff} = 0$ 가 되는 서비스 영역을 찾으면 된다. 따라서 수신 한계 전계 강도의 차이가 발생하는 경우, 이에 대한 시스템의 변수를 보정하여 동일한 수신 거리를 제공함으로써 동등한 수준의 서비스가 도출되었다고 볼 수 있다.

3-2 동등한 서비스 위한 시스템 보정

그림 5에서는 수신 한계 전계 강도와 수신 거리 차이의 상관도를 나타낸 것이다. 그림 5에서 나타낸 바와 같이 DTV와 ATV 간 또는 기존 DTV 채널과 채널 재배치 시의 DTV 간에 발생하는 수신 한계 전계 강도의 차이에 따른 수신 한계 서비스의 거리가

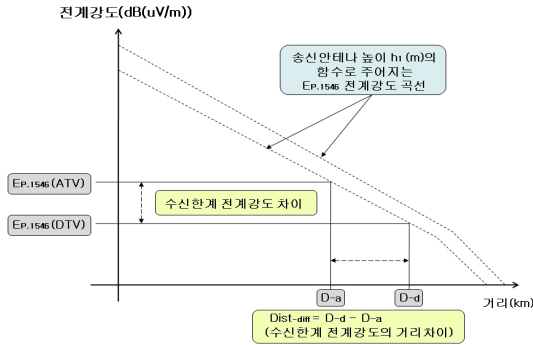


그림 5. 수신 한계 전계 강도와 수신 거리의 상관
Fig. 5. Relation of receive threshold field strength and receiving distance.

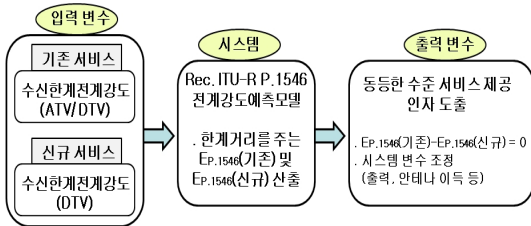


그림 6. 보정 알고리즘의 시스템적인 이해
Fig. 6. Understanding of correction algorithm from a systematic point of view.

표 3. 수치 계산을 위한 시스템 변수
Table 3. System parameters for simulation.

항 목	선정 값	비 고
주파수	600 MHz	ATV 및 DTV의 채널 중심 주파수
DTV	8-VSB	ATSC
송신기 출력	ATV: 1, 10 kW	첨두 전력
	DTV: 1, 10 kW	
수신기 안테나 높이	$h_2 = 10$ m	ATV 및 DTV의 송신기와 수신기의 안테나 이득 및 손실은 동일
수신 한계 전계 강도	$E_{P_{r-th}}(ATV) = 64$ dB (μ V/m)	표 2의 대역 V: 간섭이 있는 경우 식 (6)으로 계산
	$E_{P_{r-th}}(DTV) = 33.4$ dB (μ V/m)	
채널 대역폭	$B(\text{Hz}) = 6 \times 10^6$	ATV 및 DTV 채널 대역폭은 동일
잡음 지수	$NF(\text{dB}) = 2.0$	
신호 대 잡음 비	$S/N(\text{dB}) = 14.9$	@ 시정한계 (TOV), $SE_R = 1.93 \times 10^{-4}$
안테나 이득	$G_t(\text{dBi}) = 20.0$, $G_r(\text{dBi}) = 10.0$	
삽입 손실	$L_t = L_r(\text{dB}) = 0.0$	편의상 가정

달라진다. 그림 5에서 ATV의 수신 한계 거리를 주는 $E_{P_{1546}}$ 모델의 전계강도를 $E_{P_{1546}}(\text{ATV})$ 라 하고, DTV의 수신 한계 거리를 주는 $E_{P_{1546}}$ 모델의 전계강도를 $E_{P_{1546}}(\text{DTV})$ 라 하자. 두 거리의 차이를 주는 $E_{P_{1546}}$ 의 전계 강도 차이를 $\Delta E_{P_{1546}}(\text{dB})$ 라 정의하고, 이는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta E_{P_{1546}}(\text{dB}) = E_{P_{1546}}(\text{DTV}) - E_{P_{1546}}(\text{ATV}) \quad (9)$$

식 (8)을 이용하여 식 (9)의 $\Delta E_{P_{1546}}(\text{dB}) = 0$ 가 될 때 송신기의 출력, P_t 와 안테나 이득, G_t 값을 두 서비스 간에 조정을 하면 된다. 시스템 특성 변화는 수신기도 가능하나, 방송 시스템이 점-대-지역 서비스인 관계로 DTV 수신기 특성 조정에는 한계가 있다. 이상에서 설명한 보정 절차에 대한 흐름을 입력 및 출력의 시스템 관점에서 그림 6에 제시하였으며, 동등한 수준의 서비스 제공을 위한 보정 알고리즘도 내포하고 있다.

IV. 수치 계산 및 고찰

ITU-R 권고 P.1546 모델을 이용하여 수신 한계 레벨 및 전계 강도 계산을 위해 필요한 시스템의 변수 값은 편의상 표 3과 같이 하였다. 수신 전계 강도 한

계에 따른 시골 지역의 육상 경로 거리를 계산하기 위해 시간 확률 및 공간 확률은 각각 50 %, 그리고 기타는 표 3과 같이 가정하였다.

먼저 ATV와 DTV의 수신 한계 거리를 보이기 위해 그림 7은 송신 안테나 높이에 따라 ATV 및 DTV의 출력에 대해 산출된 수신 한계 거리의 개관을 나타내었다. 가로축은 TV 수신 거리의 한계를 나타내며, 세로축은 식 (6)으로 결정되는 TV의 수신 한계 전계 강도 값과 표 3의 변수와 식 (8)로 계산되는 $E_{P,1546}$ 을 구해 나타낸 값이다. 또한, $E_{P,1546}$ 값은 송신 안테나 높이의 함수로 전파 거리가 변화됨을 보여 준다.

그림 8은 그림 7을 보다 상세히 나타낸 것이며, 이를 표 4에 정리하였다. 여기서 ATV 및 DTV의 전력은 각각 첨두 전력 및 평균 전력을 의미하며, 결과에서 알 수 있듯이 주어진 동일한 송신 출력에 대해 ATV의 수신 거리가 DTV보다 더 짧음을 보여 준다.

다음은 ATV 및 DTV의 송신 전력 기준을 동일하

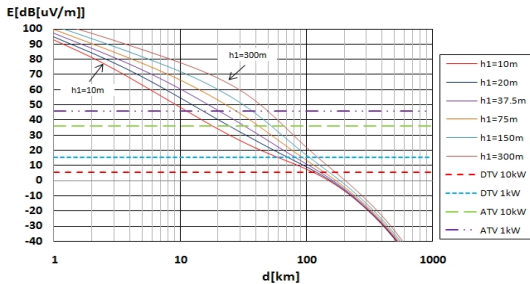


그림 7. ATV 및 DTV에 대한 수신 한계 거리의 개관
Fig. 7. Overview of receiving threshold distance for ATV and DTV.

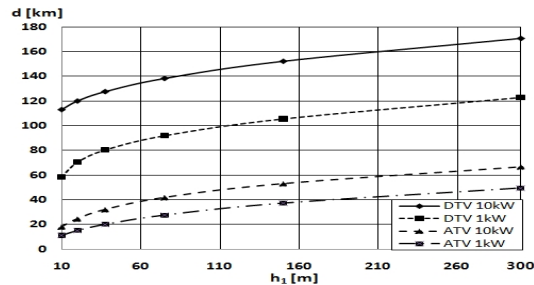


그림 8. 송신 전력 및 안테나 높이에 따른 수신 한계 거리
Fig. 8. Receiving threshold distance for transmitting power and antenna height.

표 4. 계산된 수신 한계 거리

Table 4. Calculated receiving threshold distance.

h_1 (m)	ATV 수신 한계 거리(km)		DTV 수신 한계 거리(km)	
	출력 1 kW	출력 10 kW	출력 1 kW	출력 10 kW
10	11.1	18.0	58.6	113.1
20	15.1	24.5	70.5	120.1
37.5	20.1	32.0	80.5	127.7
75	27.5	41.8	92.0	138.4
150	37.2	53.0	105.6	152.4
300	49.4	66.6	123.0	170.9

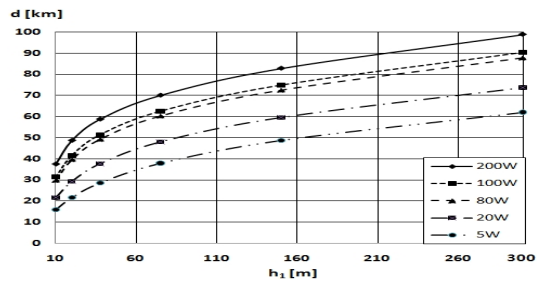


그림 9. DTV 출력 및 안테나 높이에 따른 수신 한계 거리

Fig. 9. Receiving threshold distance of DTV for transmitting power and antenna height.

계 한 경우, 그림 9는 그림 7과 동일한 조건에서 단지 DTV의 송신 출력의 변화에 대해서만 수신 한계 거리를 나타내었다. DTV의 평균 출력은 5~200 W로 변화하며, 출력이 증가할수록 수신 한계 거리도 증가함을 알 수 있다. 한 예로 송신 안테나의 높이가 300 m, 그리고 평균 전력이 100, 200 W인 경우, DTV 수신 한계 거리는 송신소로부터 각각 약 90, 99 km가 됨을 보여 준다.

끝으로 식 (9)를 이용하여 ATV와 DTV가 동등한 수준의 서비스가 제공되는 경우 즉, 동일한 수신 한계 거리를 주도록 살펴보았다. 그림 7 및 8로부터 알 수 있듯이 동일한 출력 및 송신 안테나 높이에 대해 ATV의 수신 거리가 DTV보다 짧다. 따라서 양 TV가 동일한 거리의 서비스가 되도록 DTV 송신 출력, $P_t(DTV)$ 을 계산하면 표 5와 같이 ATV의 첨두 전력이 1, 10 kW 경우에 대해 $P_t(DTV)$ 의 평균 전력은 각각 0.87, 8.7 W가 되었다.

표 5. 동등한 수준의 서비스를 위한 ATV 출력에 대한 DTV 출력 비교

Table 5. Power comparison of ATV and DTV for equivalent level of service.

동등한 수준의 서비스 $\Delta E_{P.1546}(\text{dB}) = 0$	ATV 출력 (첨두 전력)	DTV 출력 (평균 전력)
	1 kW	0.87 W
	10 kW	8.7 W

표 5의 결과에 대한 의미를 살펴보면 양 TV의 송신기 출력에 대한 직접적인 비교는 한계가 있다. 왜냐하면 ATV의 증폭기는 신호의 특성상 아날로그 입력에 대한 첨두 전력을 요구하는 반면, DTV의 증폭기는 디지털 입력 신호의 디지털 변조로 평균 전력 또는 PAR(첨두-대-평균 비)로 표현되는 것이 일반적이기 때문이다. 또한, 앞의 수치 계산 조건에서 공간 확률을 50 %에서 상향 조정을 하게 되면 DTV의 수신 한계 거리는 더 줄어들게 되며, 이는 곧 DTV 송신기의 출력을 더 높여야 함을 의미한다. 따라서 표 5의 제시된 DTV 출력 값보다 더 증가할 것으로 예측된다.

V. 결 론

본 논문에서는 ATV에서 DTV 방송 전환에 따른 주파수 이전 및 채널 재배치 시, 시스템 및 전파 환경의 변화에 따라 수신 한계 전계 강도의 도출과 동등한 수준의 서비스 제공에 대한 기술적 분석 방법론을 제시하였다. 선정된 수신기의 특성에 대해 수치 해석을 통한 결과를 고찰하였다. 전계 강도 예측 모델은 ITU-R 권고 P.1546을 적용하였으며, 이를 기반으로 ATV 및 DTV의 수신 한계 전계에 대한 수식을 정립하고, 두 시스템 간의 동등한 수준의 서비스 제공을 위해 시스템의 변수 보정 방법도 보였다.

제시된 방법은 전송 품질의 만족 여부를 확인하기 위한 수신 지역의 전계 강도 예측 값을 제공할 뿐만 아니라 동일 및 인접 채널로부터 보호비 또는 이격 거리 도출에도 적용될 수 있다. 향후 연구로는 보다 다양한 시스템 조건에 대한 수치 해석과 실측을

통한 비교 및 고찰 등이 남아 있다.

참 고 문 헌

- [1] 대한민국, 전파법 6조(전파자원의 이용을 개선) 및 7조(손실보상).
- [2] 서경환, 이주환, "900 MHz 대역의 효율적 이용을 위한 FM 방송 링크 시스템 주파수의 재배치에 대한 기술적 분석", 방송공학회논문지, 15(1), pp. 89-98, 2010년.
- [3] 서경환, 이주환, 정혁, 최성웅, "DTV 송신 신호의 전계 강도 예측에 대한 연구", 한국방송공학회 2010 하계 학술대회, S14-1, 제주도, 대한민국, 2010년 7월.
- [4] Method for Point-to-area Predictions for Terrestrial Services in the Frequency Range 30 MHz to 3,000 MHz, *Rec. ITU-R P.1546-3*, 2007.
- [5] N. H. Jeong, J. H. Lee, and K. W. Suh, "Analysis of frequency sharing between mobile systems and radiolocation radars in VHF band", *The 12th International Conference on Advanced Communication Technology*, Phoenix Park, Korea, pp. 1179-1183, Feb. 2010.
- [6] Minimum Field Strengths for Which Protection May be Sought in Planning an Analogue Terrestrial Television Service, *Rec. ITU-R BT.417-5*, 2002.
- [7] Roger L. Freeman, *Radio System Design for Telecommunication*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [8] Recommended Practice: Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, including Corrigendum no. 1, *Doc. A/54A, Dec. 2003, Corrigendum no. 1*, Dec. 2006.
- [9] Special Rapporteur's Group "Guide for the use of digital television terrestrial broadcasting systems based on performance comparison of ATSC and DVB-T COFDM transmission systems", *ITU Document IIA/65-E*, May 1999.

서 경 환



1983년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1991년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1983년 1월~1998년 10월: 삼성전자 정보통신본부 수석연구원

1999년 3월~현재: 강남대학교 전자공학과 교수
[주 관심분야] 마이크로파 회로, RF 모뎀 및 무선전송 시스템, 전파자원 및 간섭 분석 등

장 정 석



2005년 2월: 강남대학교 전자공학과 (공학사)
2006년 3월~2008년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
2008년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 박사과정
[주 관심분야] 마이크로파 회로, RF 모뎀 및 무선전송 시스템 등

정 혁



2009년 8월: 강남대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 9월~현재: 강남대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 마이크로파 회로, 안테나 및 전파전파