

일반논문-10-15-1-08

900MHz 대역의 효율적 이용을 위한 FM 방송 링크 시스템 주파수의 재배치에 대한 기술적 분석

서 경 환^{a)‡}, 이 주 환^{b)}

Technical analysis of frequency reallocation to FM broadcasting link system for effective use in 900 MHz band

Kyoung-Whoan Suh^{a)‡}, Joo-Hwan Lee^{b)}

요 약

본 논문에서는 FM 방송 링크용 M/W 시스템의 주파수 재배치 시 동등 수준의 전송 품질이 유지되기 위한 기술적 분석 방법론을 제안한다. 실제 각 주파수 대역에서 동작하는 M/W 중계 장치에 대한 수치 계산을 하였으며, 그 결과를 페이드 마진으로 표현된 링크 가용율로 평가하였다. 1700 MHz 대역에서 2.6 dB 이상의 상대적 페이드 마진이 확보가 되면 주파수 재배치 후에도 동일한 품질을 얻을 수 있음을 보였다. 제안된 방법은 M/W 장치의 주파수 재배치에 관한 서비스 품질 평가에 크게 활용될 것으로 여겨진다.

Abstract

In this paper, the technical analyzing methodology has been suggested to preserve the same transmission quality of a M/W system used for FM broadcasting link after the frequency reallocation. The simulation was also performed for the actual M/W system operating in each frequency band, and its results were evaluated in terms of an availability based upon a fade margin. It was confirmed that only if the relative fade margin of more than 2.6 dB at 1700 MHz is provided, the equivalent service quality may be obtained regardless of the frequency reallocation. The suggested method will be expected to be widely used for accessing service quality of the M/W system concerned with the frequency reallocation.

Keyword: M/W relay system, fade margin, availability, frequency reallocation, link budget

1. 서 론

제한된 주파수 자원의 이용률 및 경제성 제고를 위해 정

부에서는 2000년에 전파법 개정을 통해 주파수 회수 및 재배치의 근거 규정을 마련하였고, 2006년 7월까지 전파법령 개정을 통해 회수, 재배치 요건 및 손실보상 재원 등의 규정을 보완하였다^[1]. 기준은 물론 신규 또는 차세대 이동통신 서비스의 수요에 따른 필요한 주파수 자원의 확보가 정부 차원에서 매우 큰 문제로 대두됨에 따라 상대적으로 주파수 이용률이 미흡하고, 산업 활성화에 미치는 영향이 저조한 주파수 대역을 우선적으로 개정된 전파법을 적용하고

a) 강남대학교 전자공학과

Electronics Engineering, Kangnam University

b) 한국전자통신연구소 전파기술연구부

Radio Technology Research Department, ETRI

‡ 교신저자 : 서경환 (kwsuh@kangnam.ac.kr)

※ 본 연구는 강남대학교 2008학년도 교내 연구비 지원에 의한 것임.

· 접수일(2009년11월13일), 수정일(2010년1월6일), 게재확정일(2010년1월26일)

있다^[2]. 실제로 주파수 대역 (3.9 ~ 11.2 GHz)을 이용하여 음성, 데이터, 영상 등 전송을 위해 적용해오던 장거리 마이크로웨이브(M/W) 중계 장치에 대해 6 GHz 이하 대역을 그 상위 주파수 대역으로 이전 및 재배치하였으며, 또한 다양한 전송용량 수용을 위해 관련 대역의 채널링도 보완하였다^[3].

한편 최근 정부에서는 GSM 이동통신용의 국제 로밍에 필요한 대역폭 20 MHz 확보를 위해 기존 950 MHz 대역에서 운용 중이던 FM 방송 중계를 위한 M/W 장치를 1.7 GHz 대역으로 이전 및 재배치를 추진하고 있다. 이는 정부 요구에 따라 방송사들이 운용 중이던 장치를 이전하게 되어 정부에서 손실보상금을 지급하게 되어 있다. 이 보상에는 1.7 GHz 대역의 신규시설 취득에 따른 금융비용도 포함하고 있으며, 신규 시설의 범위를 기존시설과 동등한 수준의 서비스를 제공하는 것으로 법으로 정하고 있다^[4,5].

하지만 이러한 950 MHz 대역의 FM 방송 중계용 무선국이 1.7GHz 대역으로 이전함에 따라 전파특성의 변화로 인한 방송중계 서비스의 성능 변화가 예상된다. 즉, 신규시설이 기존시설과 동등한 수준의 서비스 제공이 되는지 여부를 판별하기 위해 전파특성으로 인한 성능 변화를 객관적으로 산출할 수 있는 기술적 분석 방법의 필요성이 요구되고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 필요성을 충족하기 위해 페이드 마진 의존을 갖는 연중 가용을 접근에 의한 기술적 분석 방법을 제안한다. 제시된 방법은 주파수 이전에 따른

M/W 중계 장치의 동등 수준 서비스에 대한 해석적 의미를 부여하고, 이를 실제 업무에 적용할 수 있는 이론적 방법론 도출 및 전파환경 분석에 따른 결과를 제시한다.

II. 링크 페이드 마진

1. 열 페이드 마진

그림 1의 M/W 중계 장치는 마이크로파 주파수 대역을 이용하여 음성, 데이터, 영상 등 멀티미디어 전송을 위한 점대점 무선중계 장치이다^[6,7]. 전파의 강우에 의한 감쇠의 영향으로 전송거리에 따라 주파수 대역을 달리 적용하며, 대개 20 km 이상을 갖는 장거리 전송의 주파수 대역은 0.5 ~ 11 GHz 이며, 단거리 전송은 18, 23, 38, 60, 70 GHz 대역을 주로 이용한다. 특히 장거리 전송에서는 직접파와 간접파의 수신으로 인해 다중경로에 의한 주파수 선택적 페이딩을 유발하여 전송품질 열화의 주요인이 된다^[8,9].

일반적으로 무선통신 시스템에서 수신 한계레벨 또는 수신기 감도는 다음과 같이 표현된다^[10].

$$P_{th} (dB) = 10\log(kT) + 10\log B + NF + S/N(BER = 10^{-x}) \quad (1)$$

여기서 k 는 Boltzman 상수 ($1.3805 \times 10^{-23} J/K$), T 는 절

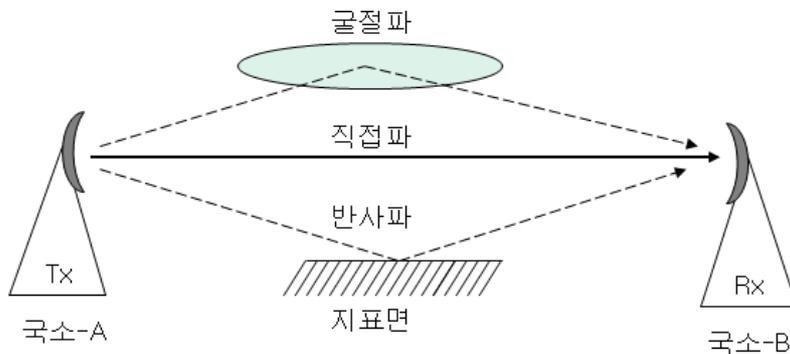


그림 1. M/W 중계 장치의 링크
Fig. 1. Link of M/W relay system

대온도로 상온에서는 $T=290K$ 로 가정한다. B 는 수신기 IF 대역폭(Hz), NF 는 수신기 잡음지수 (dB)이며, S/N 은 시스템의 변조방식에 의존하는 것으로 일반적으로 비트 오류율(BER) 10^{-6} 으로 정의한다.

M/W 중계 장치의 수신전력, P_r 은 다음과 같이 표현된다.

$$P_r (dB) = P_t + G_t + G_r - L_{free} - L_t - L_r - L_{gas} - L_{diff} \quad (2)$$

여기서 P_t 는 송신기의 출력, G_t 및 G_r 은 각각 송신기 및 수신기의 안테나 이득, L_{free} 는 전파의 자유공간 거리에 따른 손실이다. 그리고 L_t 및 L_r 은 각각 송신기 및 수신기의 도파관 등을 포함한 시스템 손실이며, L_{gas} 은 산소나 수증기에 의한 가스 손실, L_{diff} 은 전파 방해물에 의한 비가시 거리의 회절 손실을 의미한다.

M/W 중계 장치에서는 그림 2와 같이 수신 한계레벨과 정상적인 수신 레벨과의 차이를 열페이드마진(TFM: thermal fade margin) 또는 균일페이드마진(FFM: flat fade margin)이라하며, 다음과 같이 표현한다^[11,12].

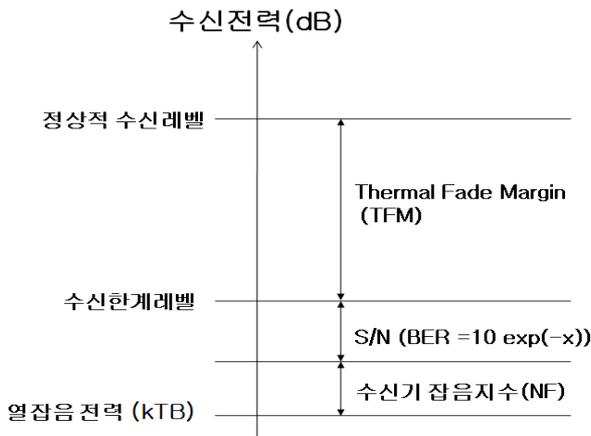


그림 2. 수신신호와 열페이드마진(TFM)
Fig. 2. Received signal and thermal fade margin

$$TFM(\text{열 페이드 마진}) = P_r(\text{정상적인 수신레벨}) - P_{th}(\text{수신한계레벨}) \quad (3)$$

여기서 정상적인 수신 레벨은 장치의 특성과 전파환경을

모두 고려한 수신기에 유입되는 신호레벨이다. 이러한 열 페이드마진은 채널의 동적 특성인 페이딩 발생으로 인해 신호의 레벨이 수신한계레벨 이하로 떨어지면 바로 통신 불능 상태인 불가동(outage)이 발생한다.

2. 합성페이드마진

주어진 M/W 링크에서 통신 불능을 유발하는 요인은 다중경로 페이딩과 간섭 신호로 볼 수 있다. 이러한 요인들을 포함한 합성페이드마진(CFM: composite fade margin)으로 표현된 통신 불능에 대한 예측 모델은 다음과 같이 표현된다^[13,14].

$$CFM = -10 \log_{10} [10^{-FFM/10} + 10^{-DFM/10} + 10^{-IFM/10}] \quad (4)$$

여기서 FFM은 균일페이드마진으로 열페이드마진과 동일한 의미이며, CFM에 가장 크게 영향을 미치는 변수이다. DFM(dispersive fade margin)은 분산페이드마진, IFM(interference fade margin)은 간섭페이드마진이다. 이러한 페이드 마진 값은 일반적으로 장치 제조사가 측정된 자료로부터 제공한다.

DFM은 변조방식 및 등화기의 함수로 얻어지는 시그니처(signature) 특성에서 구할 수 있으며, 식 (5)로 표현된다. 시그니처는 채널에 다중경로에 의한 주파수 선택적 페이딩이 있는 경우, 적응 등화기로 보상하여 어떤 특정한 오류를 나타내는 노치(notch) 깊이를 주파수 영역에서 찾아 연결한 선을 말한다^[15,16].

$$DFM = 17.6 - 10 \log(S_w / 158.4) \quad (5)$$

$$S_w = \int_{-f1}^{+f1} [e^{-B_n(f)/3.8} + e^{-B_m(f)/3.8}] df \quad (6)$$

여기서 $f1$ 및 $-f1$ 은 신호 점유대역폭의 가장자리를 의미하며, B_n 및 B_m 은 비최소 위상 및 최소 위상 페이딩에 대한 시그니처의 주파수 함수로 주어지는 노치 값(dB)이다.

IFM(interference fade margin)은 수신하고자 하는 주반송파와 동일한 스펙트럼이 외부에서 유입될 경우, 발생하

는 신호감쇠 현상으로 수신기의 신호 대 간섭의 비(C/I)로 비교된다. 외부간섭의 원인은 레이더 또는 타 국소의 M/W 중계 등이 있다. ITU-R 에서는 간섭원의 신호 세기를 피해 수신기의 잡음 전력에 대해 I/N 으로 정의하고 있다. 일반적으로 $I/N=-10, -6, -3$ dB로 정의하고 있으며, 이들의 값은 각각 수신기의 감도를 0.5, 1.0, 2.0 dB 열화를 주는 등가 레벨을 의미한다. 고정 무선중계 링크에서는 $I/N=-6$ dB로 적용하고 있어, 이 값은 앞에서 언급한 TFM 보다 더 큰 값이 된다.

III. 가용율 및 예측 모델링

1. 가용율

그림 3에서 불가동(outage)은 다중경로 페이딩과 같은 간단한 원인으로 발생하며, 지속시간은 10초 미만의 수초로 정의하고 있다. 한편 비가용(unavailability)은 강우, 장치고장 및 덕트(duct) 현상 등의 사건에 기인하며, 복조부의 동기손실이 발생하여 10초 이상의 오래 지속되는 경우이다. 불가동 시간은 주어진 측정 시간에 불가동이 발생한 총 사건의 누적된 시간으로 가용율에 대한 백분율의 정의는 다음과 같다^[12,14].

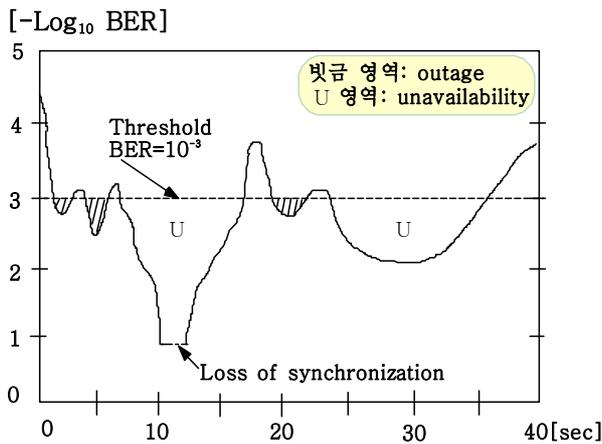


그림 3. 특정한 링크에 대한 비트 오류 특성
Fig. 3. BER characteristic for a specific link

$$P_a(\%) = [1 - \frac{T_{out}}{T_m}] \times 100 \quad (7)$$

여기서 P_a 는 가용율이며, T_{out} 과 T_m 은 각각 불가동 및 측정 시간(sec)이다.

2. 예측 모델링

1.1 Vigant 방법

장치 운용에 있어 연중 통신 불능을 예측하는 모델은 최초로 Vigant에 의해 제안되었으며, 이는 중심 주파수 페이드 깊이, F_m (dB)이 F (dB) 보다 클 확률, P_{ns} 은 레일리(Rayleigh)분포로 다음과 같이 표현된다^{[17][18]}.

$$P_{ns}(F_m > F) = P_0 10^{-F/10} \quad (8)$$

여기서 P_0 는 다중경로 페이드 발생 인자로 다음과 같이 주어진다.

$$P_0 = 6cfd^3 \cdot 10^{-7} \quad (9)$$

여기서 c 는 기후-지형 인자이며, 건조한 기후의 산악 지형($c=0.25$), 적절한(temperate) 기후의 평균 지형($c=1$), 해월 및 만의 해안 또는 습기 기후이거나 기후변화가 매우 큰 사막지역($c=4$)으로 나누며, 그리고 f 는 동작 주파수(GHz), d 는 경로 길이(km)이다.

수신기의 비-다이버시티(non-diversity) 경로에 대해 최악의 평균 불가동 확률, P_{nd} 은 중심 주파수 페이드 깊이가 합성페이드마진(CFM)을 초과할 확률, P 이므로 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} P_{nd} &= P(F_m > CFM) \\ &= P_0 \times 10^{-CFM/10} \end{aligned} \quad (10)$$

따라서 비-다이버시티에서 연간 단방향 불가동, O_{nd} 은

다음과 같이 주어진다.

$$O_{nd} = P_{nd} \times T_{fs} \quad (11)$$

여기서 T_{fs} 는 다중경로 페이딩 계절의 길이(sec)를 의미한다.

$$T_{fs} = \left(\frac{t}{50}\right) \times 8 \times 10^6 \text{ (sec)}, \quad 35 \leq t \leq 75 \quad (12)$$

여기서 t 는 연평균 온도($^{\circ}F$)이다.

1.2 ITU-R 권고 방법

ITU-R P.530-6에 의하면 선정된 불가동 시간 백분율에 대해 요구되는 페이딩 깊이는 최악 월의 평균적으로 식 (13)과 같이 주어지며, 주파수, 지형, 전송거리, 송수신 안테나의 높이의 함수로 주어진다.

$$FM(dB) = 10 \log(K d^{3.6} f^{0.89} (1 + |\epsilon_p|)^{-1.4}) - 10 \log(p_w) \quad (13)$$

여기서 K 는 지형기후 인자로 표 1과 같으며, f 는 주파수 (GHz), d 는 경로 길이(km), $|\epsilon_p| = |h_r - h_e|/d$ 는 경로 경사각(milliradians), h_r 및 h_e 는 바다표면에서의 각각 송신 및 수신 안테나의 높이(m), 그리고 p_w 는 시간 백분율로써 $100 - P_a(\%)$ 로 표현된다. 표 1의 P_L 은 ITU-R Rec. P.435-9에서 세계 지형에 대해 값이 주어져 있으며, 우리

표 1. 지형기후 인자 및 조건
Table 1. Terrain-climate factor and condition

변수 K	조건
$K = 10^{-6.5} P_L^{1.5}$	송수신 안테나 중에 더 낮은 위치에 있는 안테나가 바다표면으로부터 700m 아래에 존재하는 링크
$K = 10^{-7.1} P_L^{1.5}$	송수신 안테나 중에 더 낮은 위치에 있는 안테나가 바다표면으로부터 700m 이상에 존재하는 링크
$K = 10^{-5.9} P_L^{1.5}$	링크가 중규모의 물의 분포, 다수의 호수 또는 해안 영역을 지나 는 구간
$K = 10^{-5.5} P_L^{1.5}$	링크가 대규모의 물의 분포 또는 해안 영역을 지나 는 구간

나라는 $P_L = 1, 5, 10$ 으로 명기되어 있다. 이 값의 물리적 의미는 높이에 따른 대기의 밀도 변화와 관련 있으며, 하절기(7월 ~ 9월)에 가장 큰 값을 갖는데, 이 시기에는 대기의 밀도가 상대적으로 고르지 못해 페이딩 발생이 빈번하다.

한편 최근에 ITU-R P.530-10에서는 기존 가용율 예측 모델링에 보완한 형태로 제시되었는데, 이는 다음과 같다.

$$p_w(\%) = K d^{3.0} (1 + |\epsilon_p|)^{-1.2} \times 10^{0.033f - 0.001h_L - L_{fade}/10} \quad (14)$$

여기서 지형기후 인자 $K = 10^{-4.2 - 0.0029dN_1}$ 이며, dN_1 은 연 1% 시간율에 대한 최하층 대기의 굴절을 증분이다. 그리고 h_L 은 송신 및 수신 안테나 중 낮은 고도의 안테나 해발고(m)이며, L_{fade} 는 시간 백분율 $p_w(\%)$ 을 주는 페이드 깊이(dB)를 의미한다.

IV. 동등 수준의 서비스 분석

1. 동등수준의 서비스 도출

방송사의 송신기에서 송출된 신호의 품질은 시변 채널의 영향을 받으며, 때로는 심한 페이딩으로 순간적인 전송품질의 열화가 발생하기도 한다. 이러한 품질의 변화에 대해 ITU-R에서는 링크 구간에 대해 허용할 만한 수준의 가용율을 제시하고 있다. 따라서 주파수 대역의 재배치로 연간 가용율이 동일한 수준으로 확보가 될 때 비로소 동등 수준의 서비스 제공이 되었다고 볼 수 있다. 이러한 동일한 가용율의 확보는 시스템이 갖는 페이드 마진으로 접근이 가능하며, 이를 근거한 기술적 분석 흐름을 그림 4에 나타내었으며, 각 구성에 대한 설명은 다음과 같다.

첫째, 시스템 특성은 송신 및 수신 시스템을 구성하고 있는 모든 전기적 특성(이득, 손실 등)을 반영하며, 둘째, 전파 환경 특성은 자유공간손실, 강우감쇠, 회절손실, 가스 손실을 포함한다. 셋째, 수신한계레벨은 수신기의 대역폭, 열잡음, 잡음지수, S/N (BER 10^{-x})로 결정되며, 넷째, 정상적 수신레벨은 시스템 및 전파환경 특성을 반영한 수신측의

정상적인 수신레벨(nominal level)을 의미한다. 다섯째, 열 페이드마진(TFM 또는 FFM)은 위 정상적 수신레벨과 수신 한계레벨과의 차이를 의미하며, 여섯째, 가용율 계산은 Vigant 또는 ITU-R 권고 방법을 적용하며, 일곱째, 동등 수준의 서비스 인자 산출은 주파수 이전에 따른 동일한 가용율을 확보를 위해 필요한 페이드 마진 계산을 하는 것이다. 끝으로 장치의 공동 기준 도출은 제조사별로 페이드 마진 조사 및 요구 조건의 만족 여부를 판단하는 것이다.

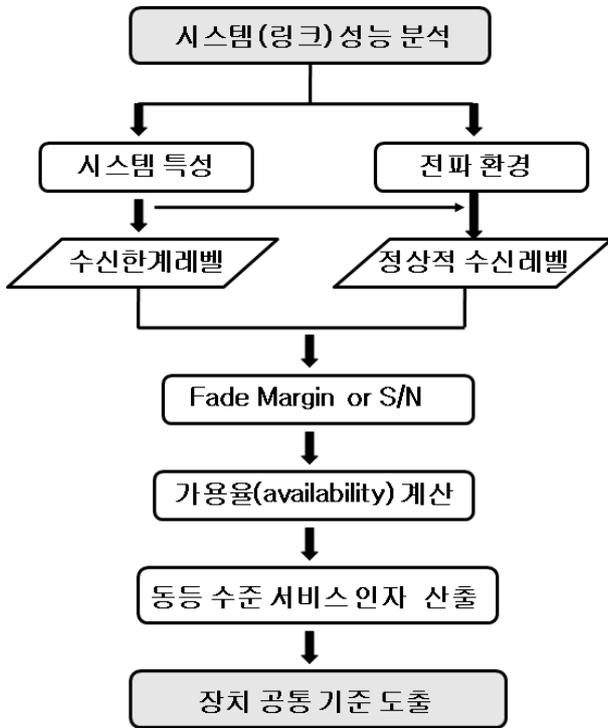


그림 4. 동등 수준의 서비스에 대한 개념
Fig. 4. Concept of equivalent level of service

2. 페이드 마진 산출

2.1 Vigant 방법

주파수 재배치에 따라 연간 단방향 통신 가용율에 관련된 변수 중에는 단지 주파수 만 변화가 있다. 따라서 동등한 서비스 제공에 요구되는 상대적 페이드 마진을 구하기 위해 식 (8)과 (9)로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_0 10^{-F/10} = \frac{1700}{950} P_0 10^{-X/10} \tag{15}$$

식 (15)는 950 MHz 와 1700 MHz 장치의 동일한 불가동을 주기 위한 것으로 미지수 X에 대해서 풀면 요구되는 페이드 마진인 TFM 또는 FFM 을 구할 수 있다. 현재 FM M/W 중계 장치의 전송 대역폭은 0.4 MHz 보다 적고, 또한 일반적으로 DFM과 IFM은 TFM 보다 훨씬 크기 때문에 CFM 계산에서 무시해도 된다. 따라서 식 (15)에서 F는 단지 TFM 만 고려해도 무방하며 다음과 같이 주어진다.

$$X = F + 10 \log_{10}(1.79) = F + 2.53 (dB) \tag{16}$$

따라서 최종적으로 950 MHz에서 1700 MHz 이전에 따른 동일한 가용율을 보장하기 위해서는 TFM이 최소 2.53 dB 이상 되어야 함을 알 수 있다.

2.2 ITU-R 권고 방법

주파수 이전에 따른 동등한 서비스 제공에 필요한 상대적 페이드 마진을 구하기 위해 식 (13)에서 편의상 경로 경사각 $|\epsilon_p| = 0$ 로 가정하고 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta FM &= FM(1700MHz) - FM(950MHz) \\ &= 10 \log \left(\frac{1.7}{0.95} \right)^{0.89} \approx 2.25 dB \end{aligned} \tag{17}$$

이 값의 물리적 의미는 동일한 가용율을 유지하기 위해서는 1.7 GHz 대의 장치는 950 MHz 대의 장치보다 약 2.25 dB 페이드 마진을 더 가져야 함을 시사한다.

그림 5는 주파수 이전에 따른 동등 수준의 서비스 확보를 위해 M/W 중계 시스템의 페이드 마진을 비교하였으며, 단 잡음지수는 동일하다고 가정하였다.

한편 ITU-R P.530-10 에 근거한 식 (14)에 대해 주파수 950 MHz에서 1700 MHz 로 이전할 경우 동일한 가용율을 주는 상대적 페이드 마진을 구하면 약 0.3 dB 을 얻게 된다. 이 값은 vigant 방법에 의한 2.53 dB, ITU-R P.530-6 에 의한 2.25 dB 보다 훨씬 적은 값이다. 따라서 가용율 예측을 위한 요구되는 상한선의 페이드 마진 값을 vigant 방법에

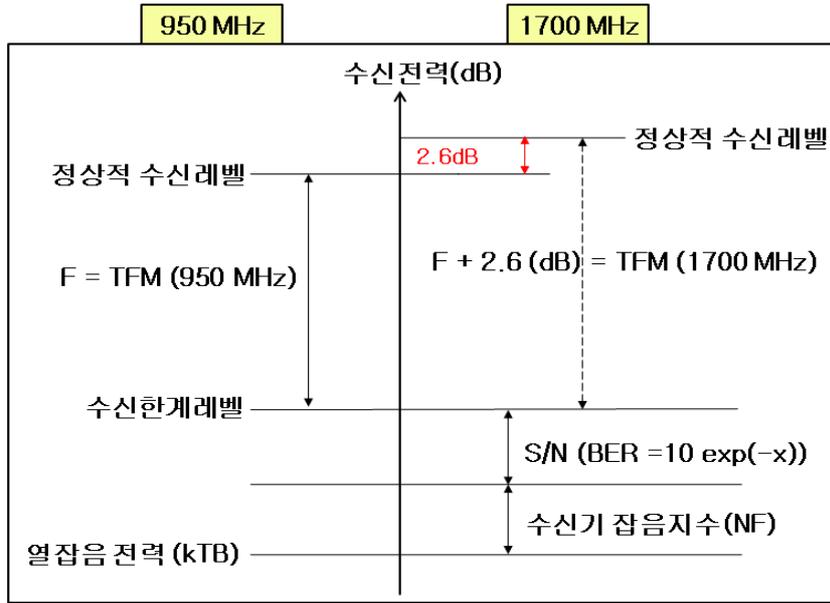


그림 5. 동등 수준의 서비스 확보를 위한 페이드 마진 비교
 Fig. 5. Fade margin comparison of 950 and 1700 MHz

의한 2.53 dB (여기에서 2.6 dB 로 표현)로 정하였다.

3. 수치 계산

먼저 장애물이 존재하지 않는 가시 링크 구간으로 용문

산(경기도)→태기산(강원도) 링크를 설정하였으며, 경로상의 프로파일을 그림 6에 나타내었다. 연두색은 송수신을 직선 연결한 선이며, 초록색은 송수신 사이의 높이(m)를 나타낸 윤곽이며, 빨간색은 시스템 변수를 감안한 송신측을 기준으로 거리에 따른 수신 레벨(dBm)을 의미한다.

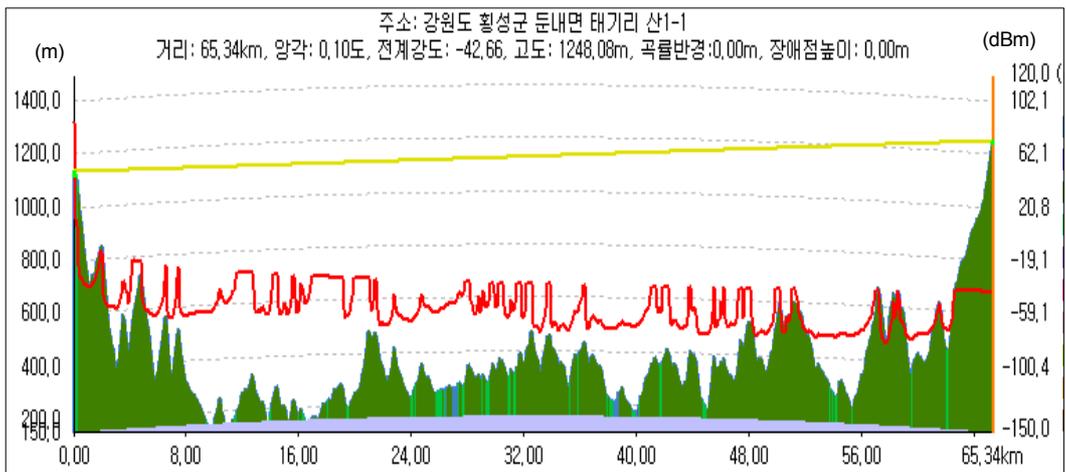


그림 6. 용문산과 태기산 링크의 지형단면도
 Fig. 6. Link profile of Mt. Yongmoon - Mt. Taegi

표 2에서는 현재 운용중인 장치의 특성 및 전파환경을 고려한 링크의 분석을 보여준다. 전파환경에 관련된 변수

표 2. 용문산과 태기산의 링크분석
Table 2. Link analysis of Mt. Yongmoon - Mt. Taegi

주파수 [MHz]	951.875	1707.0
송신 전력 [dBm]	38.5 (7W급)	37.0 (5W급)
송신안테나 직경 [m]	2.4 (추정)	
송신 이득 [dBi]	23.9 (운용 사양)	30.7
급전선 손실 [dB], 100m	-4.0	-5.6
송신단 EIRP [dBm]	59.2	62.5
경로 거리 [km]	65.3	
자유공간 손실 [dB]	-128.3	-133.4
대기 흡수 손실 [dB]	-0.3	-0.4
장애물 회절손실 [dB]	-	-
강우 감쇠량 [dB]	-0.02	-0.05
수신 안테나 직경 [m]	2.4 (추정)	
수신 이득 [dBi]	23.9 (운용 사양)	30.7
급전선 손실 [dB], 100m	-4.0	-5.6
수신 전력 레벨 [dBm]	-50.4	-46.6
수신 한계 레벨 [dBm]	-70	
페이드 마진 [dB]	19.6	23.4

중에 대기흡수, 강우감쇠, 장애물 회절 손실의 값들은 각각 ITU-R P.676-5, P.530-12, P.526-10을 참조하여 얻은 결과이다.

950 및 1700 MHz 대역에서 페이드 마진을 비교하면 후자에서 3.8 dB 더 크며, 이는 동등 수준의 서비스 확보를 위한 요구되는 페이드 마진 2.6 dB 보다 더 큼을 알 수 있다. 따라서 기술적 분석 측면에서 주파수 이전에 따른 동등 수준의 전송품질 유지에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

다음은 비가시 링크 구간으로 단일 장애물이 존재하는 관악산(서울)→화성(경기도)을 설정하였으며, 경로상의 프로파일을 그림 7에 나타내었다. 그림에서 청색 선은 송신과 수신사에 장애물이 존재하는 경우, 이들을 연결한 선을 의미한다. 송신 점에서 약 10.8km 지점에 높이 19.01m의 장애물이 존재함을 보여준다.

표 3에서는 현재 운용중인 장치의 특성 및 전파환경을 고려한 링크 분석을 보여준다. 페이드 마진을 비교하면 1700 MHz 대역이 상대적으로 3.1 dB 더 커서, 주파수 이전 후 동등 수준의 전송품질이 유지가 될 것으로 판단된다.

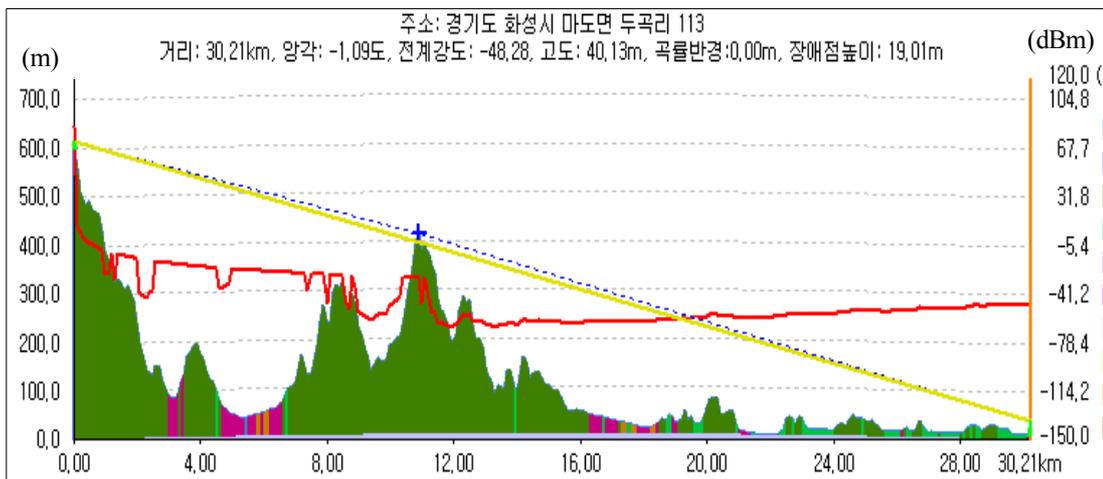


그림 7. 관악산과 화성 링크의 지형단면도
Fig. 7. Link profile of Mt. Guanak - Hwasung

표 3. 관악산-화성 링크 분석
Table 3. Link analysis of Mt. Guanak - Hwasung

주파수 [MHz]	954.7	1707.0
송신 전력 [dBm]	38.5 (7W급)	37.0 (5W급)
송신안테나 직경 [m]	2.4 (추정)	
송신 이득 [dBi]	23.9 (운용 사양)	31.0
급전선 손실 [dB], 100m	-4.0	-5.6
송신단 EIRP [dB]	58.3	62.4
경로 거리 [km]	30.21	
자유공간 손실 [dB]	-121.6	-126.7
대기 흡수 손실 [dB]	-0.1	-0.2
장애물 회절손실 [dB]	-10.9	-12.4
강우 감쇠량 [dB]	-0.0	-0.0
수신 안테나 직경 [m]	2.4 (추정)	
수신 이득 [dBi]	23.9 (운용 사양)	31.0
급전선 손실 [dB], 100m	-4.0	-5.6
수신 전력 레벨 [dBm]	-54.5	-51.4
수신 한계 레벨 [dBm]	-70	
페이드 마진 [dB]	15.5	18.6

V. 결론

본 논문에서는 950 MHz 대역의 FM 방송 전송용인 M/W 중계 장치를 1700 MHz 대역으로 이전할 경우에 요구되는 동등 수준의 서비스 제공에 대한 해석적 의미를 도출하고, 이를 평가 하는 척도로 동등 수준의 품질을 확보하기 위해 요구되는 변수의 기술적 분석과 관련 페이드 마진에 의한 방법론을 제안하였다. 제안된 방법은 M/W 중계 장치의 전송품질에 관련된 가용율, 즉 시스템의 합성 페이드 마진에 근거하며, 관련 변수 중에 수신한계레벨과 정상적인 수신레벨의 신호차이로 정의되는 열페이드마진 (TFM)에 상대적으로 의존함을 알 수 있었으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 동등 수준의 서비스 제공에 관련된 요구 조건은 현재 운용중인 950 MHz 대역의 페이드 마진에 비해 주파수 재배치 대역인 1700 MHz 에서 요구되는 페이드 마진을 확

보함으로써 가능하며, 계산에 의하면 약 2.6 dB 이상의 열 페이드마진이 확보가 되면 주파수 이전에 상관없이 동등 수준의 전송 품질을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

둘째, 동일한 안테나를 적용할 경우, 선정된 가시 및 비가시 링크에서 계산된 페이드 마진은 주파수 재배치 전후에 대해 요구되는 페이드 마진인 2.6 dB 이상을 확보할 수 있어 동등 수준의 전송 품질이 확보될 것으로 판단되었다.

이상에서 제시된 기술적 분석 방법론은 정부의 M/W 주파수 이전 및 재배치 사업에 적용할 수 있는 한 모델로서 그 활용도가 매우 클 것으로 여겨지며, 실제 적용을 보이기 위해 후속편인 [논문II]에서는 운용중인 가시 링크와 단일 뾰족한 모서리(knife edge) 가 있는 비가시 링크에 대해 수치 및 실측 데이터의 분석이 제시된다.

참 고 문 헌

- [1] 대한민국, 전파법 6조(전파자원의 이용을 개선) 및 7조(손실보상).
- [2] 김창완, 이승훈, "주파수 재분배 정책 해외 사례연구- 손실보상 절차 및 보상 규모를 중심으로", KISDI 이슈리포터, 2004년 5월.
- [3] 한국전자통신연구원, 디지털 M/W 통신망의 주파수 조정절차 연구, 보고서, 2006년 11월.
- [4] 방송통신위원회, "주파수 회수 · 재배치 정책방향 공청회", 2008년 10월 31일.
- [5] 방송통신위원회, "900MHz 대역 손실보상 관련 설명회", 2009년 7월 2일.
- [6] 무선국관리사업단, M/W 중계 시설 및 주파수 이용 개선방안 연구, 보고서, 2002년 3월.
- [7] 서경환, 마이크로파 시스템의 이해와 실험, 홍릉과학출판사, 2004년 2월.
- [8] A. A. R. Townsend, Digital line-of-sight radio links: A handbook, Prentice Hall International(UK), 1988.
- [9] W. D. Rummler, "A new selective fading model: Application to propagation data", Bell Sys. Tech. J.(BSTJ), vol 58, no. 5, pp. 1037-1071, May-June 1979.
- [10] Carlos, Microwave radio link: From theory to design, Wiley-Interscience, 2003.
- [11] 한국전자통신연구원, "디지털 M/W 통신망의 동일 및 인접 채널 허용간섭기준 연구", 보고서, 2004년 11월.
- [12] Roger L. Freeman, Radio system design for telecommunications, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [13] W. D. Rummler, "A new selective fading model: Application to propagation data", Bell Sys. Tech. J.(BSTJ), vol 58, no. 5, pp. 1037-1071, May-June 1979.
- [14] L. J. Greenstein and M. Shafi, "Outage calculation method for microwave digital radio," IEEE Com. Mag., vol. 25, no. 2, pp. 30-39, Feb. 1987.
- [15] 서경환, "디지털 마이크로웨이브 링크 설계를 위한 전송품질 및 주파수이

전에 대한 연구", 한국전자과학회논문지, 제14권 제5호, p. 489-498, 2003년 5월.

[16] Douglas H. Morais, " Fixed Broadband wireless communications", Prentice Hall, 2004.

[17] W. T. Barnett, "Multipath propagation at 4, 6, and 11 GHz", BSTJ, vol. 51, no.2. pp. 321-361, Feb. 1972.

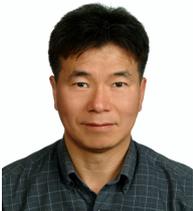
[18] A. Vigants, "Space-diversity engineering", BSTJ vol. 54, no. 1, pp. 103-142, Jan. 1975.

저 자 소 개



서 경 환

- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학 학사
- 1988년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 공학석사
- 1991년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 공학박사 (초고주파 및 안테나 전공)
- 1983년 1월 ~ 1998년 10월 : 삼성전자 정보통신본부 수석연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 강남대학교 전자공학과 교수
- 주관심분야 : 마이크로파 회로, RF 모델 및 무선통신 시스템, 전파 자원 및 간섭 분석 등



이 주 환

- 1988년 2월 : 서강대학교 전자공학 학사
- 2000년 2월 : 충남대학교 전파공학 석사
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2001년 1월 ~ 현재 : 한국 ITU-R 연구위원회 SG5 분과위원
- 주관심분야 : 고정통신, 전파특성, 전파자원, 무선측위 등