

소출력 무선기기의 방사에 노출된 AMPS 수신기의 상호변조 간섭 예측

정회원 김 채 영*, 김 당 오**

Prediction of the Intermodulation Interference on the AMPS Receiver Exposed to Radiation from the Low Power Radio Devices

Che-Young Kim*, Dang-Oh Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 AMPS 수신기에게 전파 간섭을 야기시킬 소출력 무선기기의 방사 전계강도를 예측하였다. 제시된 전계 강도 수치는 상호변조 간섭을 일으키지 않을 방사량의 상한치가 되며, 그 수치는 79.13[dB μ V/m] 이었다. 이 상한치의 타당성을 보이고자 상호변조에 근거된 이론 제시, AMPS 수신기의 모델링, 및 해당 IC에 대한 측정을 수행하였다. 그 결과 삼자 간의 수치들은 허용된 범위 내에서 잘 일치됨을 확인할 수 있었다.

Key Words : Intermodulation, Interference, AMPS receiver, Low power radio devices, Interference field strength

ABSTRACT

In this paper, we predicted the radiation field strength from the low power radio devices to force the radio interference on the AMPS receiver. The predicted value of 79.13[dB μ V/m] is the upper value of radiation against the intermodulation interference emanated from the low power radio devices. To show the validity of the suggested values theoretical analysis on intermodulation and modeling of the AMPS receiver are performed, and also measurements on the AMPS receiver IC are carried out. The resultant numerals show the good match between them within the allowable tolerances.

I. 서 론

소출력 무선기기가 포함된 무선기기들은 주파수를 공유하고 있기 때문에, 무선기기 간에는 전파 간섭문제가 발생한다. 무선기기들 사이에 발생하는 전파 간섭을 예측하는 것은 매우 중요한 일이며, 예측과 측정을 통하여 한정된 주파수 자원을 효율적으로 이용할 수 있게 된다. 또한 이러한 예측과 측정 결과는

전파간섭 문제를 방지하기 위한 국내외 법규의 근거가 되며, 법규의 개정 시에도 전파 간섭에 대한 연구가 필요하다. 그러나 소출력 무선기기의 전파 간섭 예측에 관한 기존 연구들에서는 주로 동일채널 간섭에 대한 내용들만을 다루거나, 혹은 이론치가 배제된 측정치만의 제시, 또는 기존 법규 수치와의 직접 비교가 어려운 근거가 없는 수치만을 제시하는 경우가 대부분이었다¹⁻³⁾. 전파간섭 예측은 전파간섭에 대한

※ 본 논문은 2단계 BK21 지원사업연구비로 수행되었음.

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수 (cykim@ee.knu.ac.kr),
논문번호 : KICS2008-07-333, 접수일자 : 2008년 7월 31일,

** 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 대학원 (dangoh@naver.com)
최종논문접수일자 : 2008년 10월 31일

법규와 직결되며, 법규에서 규정하고 있는 수치는 소출력 무선기기 분야에서 매우 중요한 수치이다. 언급된 기존 연구의 문제점을 보완하고자 본 논문에서는 이론적인 수치를 계산하여 제시하였으며, 이를 실제 법규치와 상호 비교하고 또한 분석하였다. 전파 간섭의 종류로는 동일 채널 간섭, 인접채널 간섭 및 상호변조 간섭이 있으며 이외에도 여러 종류의 간섭이 존재한다. 수요자의 목적에 따라서 간섭의 종류가 정해지며 이는 곧 연구 목표가 된다. 본 논문에서는 상호변조에 의한 간섭을 연구 대상으로 하였다. 상호변조를 연구 대상으로 선정할 이유는, 상호변조 간섭은 무선통신기기 내부에 장착된 수신기에서 발생하는 보편적인 간섭이기 때문이다. 본 논문에서는 상호변조 간섭 하에서, USN 환경하의 소출력 무선기기가 다른 무선기기에게 현저한 전파간섭을 야기시킬 전계강도 수치를 예측하였다.

소출력 무선기기는 대부분 허가 없이 사용할 수 있으며, 또한 소출력 무선기기의 종류도 매우 다양하다. 이로 인하여, 소출력 무선기기의 사용 주파수 대역이 기존의 다른 무선기기의 주파수 대역과 중복되거나 혹은 인접하게 되어 전파 간섭 문제가 발생된다. 매우 다양한 종류의 무선기기가 사용되므로, 모든 종류의 무선기기에 관한 전파 간섭 문제를 취급하는 것은 매우 방대한 양의 작업을 요구한다. 따라서, 이를 피하기 위해서 본 논문에서는 피간섭 무선기기로서 AMPS(Advanced Mobile Phone Service) 수신기를 선택하였다. 그 이유는 다른 무선통신기기에 대한 공통적 및 객관적인 접근을 가능하게 하기 위함이며, 현재 주류를 이루고 있는 CDMA와 GSM 수신기의 기본 원리가 AMPS 통신 방식에서 비롯되었기 때문이다⁴⁾. 본 논문에서 계산한 전계강도는 소출력 무선기기가 AMPS 수신기에게 전파 간섭을 일으키지 않는 상한치의 의미를 갖는다. 단, 여기서 다루고자 하는 전파간섭은 상호변조 간섭이며, 간섭원인 소출력 무선기기의 신호를 무변조된 신호(Unmodulated signal)로 간주하였을 경우이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 본 논문에서 다루고자 하는 전파 간섭 현상을 이론적으로 설명하기 위하여 기존의 상호변조 간섭 이론을 제시하였다. 제 III장에서는 상용 AMPS 수신기의 주요 파라미터들을 이용하여 전파 간섭을 일으키는 전계강도 상한치를 계산하였으며, 제 IV장에서는 AMPS IC의 파라미터를 이용한 모의 계산을 수행하였으며, 그 AMPS IC에 대한 동작회로를 구성한 후 측정을 실시하였다. 제 V장에서는 제 III장과 제 IV

장의 결과 수치를 국내의 법규와 비교한 결과에 대한 논의를 하고, 마지막으로 제 VI장에서는 본 연구의 핵심 결과를 기술하였다.

II. 상호변조 이론

본 논문에서 취급하고자 하는 전파간섭의 종류는 상호변조에 의한 간섭이다. 일반적인 상용 무선기기의 수신기에서 상호변조 간섭은, 수신기 초단부에 과도한 입력이 인가될 경우 수신기에 사용되는 소자들의 입·출력 전류 또는 전압 특성곡선의 비선형성(Nonlinearity)으로 인하여 발생된다. 이러한 상호변조 간섭을 이해하기 위해서는 임의의 비선형 시스템에 f_1 과 f_2 의 주파수를 갖는 동일 진폭의 무변조 신호가 인가되는 경우를 고려해 볼 수 있다. 고려 대상 비선형 시스템의 전달함수는 식 (1)로 주어지며, 여기에 식 (2)로 주어진 입력 신호가 인가된다.

$$y(t) = a_1x(t) + a_2x^2(t) + a_3x^3(t) + \dots \quad (1)$$

$$x(t) = A \cos(2\pi f_1 t) + A \cos(2\pi f_2 t) \quad (2)$$

여기서 A 는 입력 신호의 진폭이며, 계수 a_1 과 a_2 그리고 a_3 는 비선형 소자의 성질에 의하여 결정되는 계수이다. 식 (2)를 식 (1)에 대입하면 $y(t)$ 의 스펙트럼이 얻어진다. 여기서 상호변조 항은 식 (3)으로 기술된다^{5,6)}.

$$f_{IM} = mf_1 + nf_2 \quad (3)$$

단, m 과 n 은 정수이며, $(|m|+|n|)$ 은 상호변조 항 차수를 가리킨다. 식 (3)에서 볼 수 있듯이 비선형 시스템에 f_1 과 f_2 의 2개의 인가된 신호들은 다수 개의 고조파 신호들을 발생시킨다. 이 중 가장 문제가 되는 것은 3차 고조파 성분인 $2f_1 - f_2$ 과 $2f_2 - f_1$ 이며, 이 성분들이 IMD3(3rd order intermodulation distortion)를 발생시킨다. 식 (2)에 주어진 2개의 신호를 간섭 신호로 간주하면, IMD3의 주파수 성분 $2f_1 - f_2$ 또는 $2f_2 - f_1$ 이 수신기의 신호(desired signal) 주파수 f_s 와 중복되는 경우가 상호변조 간섭이다. 앞의 설명을 나타낸 것이 그림 1이며, 그림에서 시스템의 출력단에 표기되어 있는 f_s 성분의 신호의 크기와 $2f_2 - f_1$ 성분의 신호의 크기의 비는 곧 신호대 간섭비와 같다. 이 신호대 간섭비는 전파간섭의 유무를 결정하는 중요한 파라미터이다.

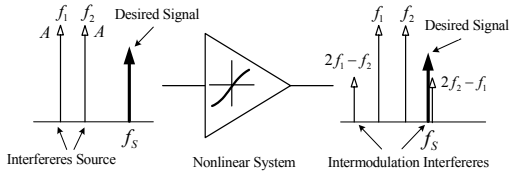


그림 1. 비선형 시스템에서의 상호변조 간섭
Fig. 1. Intermodulation interference in a nonlinear system

III. 상호변조 간섭에 근거한 전계강도 상한치 계산

무선기기에서 상호변조 전파간섭이 일어나는 전계 강도를 계산하기 위해서 앞서 언급하였던 대로 AMPS 수신기를 이용하였다. 적용하고자 하는 상용 AMPS 수신기 IC는 TriQuint Semiconductor사의 TQ5135이며, 그 IC의 주요 특성은 표 1에 주어져 있다⁷⁾.

표 1. TQ5135 AMPS Receiver IC의 제원
Table 1. Electrical specification of the TQ5135 AMPS receiver IC

Parameter	Typical
RF Frequency	881 MHz
Conversion Gain	25 dB
Noise Figure	1.9 dB
IIP3 (Input 3rd Order Interceptor)	-5.5 dBm
DC Supply Current	20 mA

그림 2는 상호변조 간섭이 일어난 상태에서, AMPS 수신기 출력단에서 관측된 스펙트럼이다. 식 (2)에 주어진 간섭신호가 입력신호이며, 두 개 입력 주파수간의 차이는 AMPS 통신의 한 채널 간격인 30kHz 이다⁸⁾. 여기서 상호변조 간섭은, 인가된 두 개의 간섭 신호 주파수 881.03MHz와 881.06MHz로 인하여 발생된 3차 고조파 성분이 신호 주파수인 85MHz와 중복됨으로서 발생된다. LO 주파수는 966MHz이고, 입력신호와 LO 신호의 주파수는 data sheet에서 권장하는 테스트 주파수를 사용하였다⁷⁾.

수신기에서 전파간섭의 발생을 판단하는 기준은 출력단에서의 신호대 간섭비로 판단할 수 있으며, 이는 식 (4)로 표현할 수 있다⁹⁾.

$$S/N = \frac{A_{os}}{A_{on}} = \frac{A_{IIP3}^2}{A^3} A_s \quad (4-1)$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{(A_{IIP3}^2) \cdot A_s}{(A_{os}/A_{on})}} \quad (4-2)$$

여기서 A_s 와 A_{os} 는 입력신호와 출력신호의 진폭을 나타내며, A_{on} 은 출력단에서의 간섭신호의 진폭이다. A_{IIP3} 는 IIP3를 주기 위한 입력 신호의 진폭이며, A 는 입력 간섭 신호의 진폭이 된다.

전파 간섭을 판단하는 신호대 간섭비는 무선기기마다 다르다. AMPS 수신기가 필요로 하는 신호대

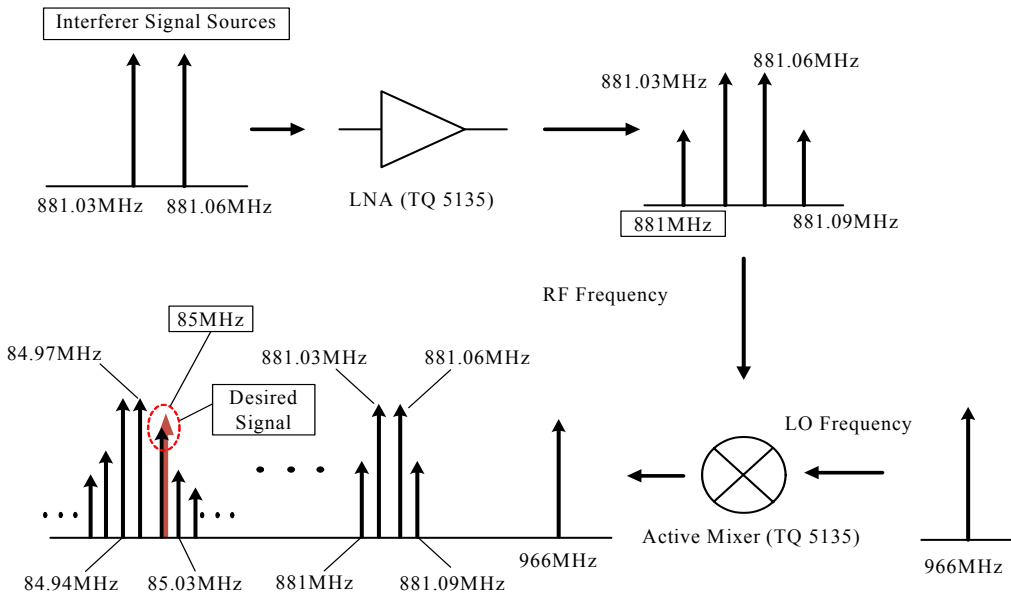


그림 2. TQ5135 AMPS 수신기 출력단의 주파수 스펙트럼
Fig. 2. Frequency spectrum at the output of AMPS receiver IC TQ5135

간섭비는 통상적으로 S/N (Signal to Noise) 또는 C/I (Carrier to Interference)로서 주어진다. AMPS는 전형적인 아날로그 통신 방식이며, 수신기 회로의 성능을 평가하고자 할 때 수신 음성을 청취하는 사람에 의한 5개의 CM(Circuit Merit)이 사용된다. 이 CM레벨에는 1부터 5까지 레벨이 있는데 이중 레벨 5가 가장 좋은 청취 상태이며, 보통은 CM레벨 4 이상을 요구한다. CM 4 이상의 레벨은, 18dB 이상의 CNR (Carrier to Noise Ratio)에 해당된다. 즉 AMPS 통신 방식에서 현저한 간섭인지 혹은 아닌지를 판단하는 신호대 잡음비 수치로서 18dB (S/N = 7.943)를 사용하기에, 본 논문에서는 이 값을 신호대 간섭비의 기준치로 사용하였다^{10,11)}.

식 (4-2)에서 A_{os}/A_{on} 에 AMPS의 18dB 값인 7.943을 대입하였을 때 구해지는 A는 전파간섭이 일어나는 입력 간섭 신호의 진폭이 된다. A_{IIP3} 는 표 1의 IIP3에 해당하는 -5.5[dBm]의 전압값인 0.1187[V]이며, A_s 는 식 (5)로 표현되는 수신기의 최소감지신호 (MDS : Minimum Detectable Signal) 전력 $P_{m_{ds}}^{RX}$ 의 진폭 값을 대입하여 구할 수 있다. 변환된 진폭값은 0.096[μ V]이다.

$$P_{m_{ds}} [dBm] = -174 [dBm] + 10 \log B_n + NF [dB] \quad (5-1)$$

$$P_{m_{ds}}^{RX} [dBm] = -174 [dBm] + 10 \log (30 \times 10^3) + 1.9 [dB] = -127.33 [dBm] \quad (5-2)$$

식 (5)에서 -174[dBm]은 1Hz 대역폭의 백색 잡음, B_n 은 수신기의 잡음 대역폭이며, NF [dB]는 수신기 전체의 잡음지수이다^{12,13)}. 식 (5-2)에서는 AMPS 통신의 한 채널 대역폭인 30kHz와 표 1에 나타나 있는 잡음지수가 사용되었다. 위의 과정을 통해서 계산된 신호대 간섭비 18dB에 대응되는 입력 간섭신호의 크기는,

$$A = \sqrt[3]{\frac{(0.1187)^2 \cdot 0.096 \times 10^{-6}}{7.943}} = 554.28 [\mu V] = 54.78 [dB\mu V] \quad (6)$$

이다. 이 전압 값을 전계강도로 변환하기 위해서는 안테나 인자 K가 필요하다. 안테나 인자 K는 식 (7)로 주어지며, 식 (8)에 의하여서 전계강도 E가 계산된다¹⁴⁾.

$$K [dB/m] = 20 \log f [MHz] - G [dB] - 29.78 \quad (7)$$

$$E [dB\mu V/m] = K [dB/m] + V [dB\mu V] \quad (8)$$

여기서 G는 안테나의 이득이며, V는 전압 값이다. 식 (7)과 (8)을 이용하여 입력 간섭신호의 크기를 전계강도로 변환하면,

$$K [dB/m] = 20 \log (881) [MHz] - 2 [dB] - 29.78 = 27.12 [dB/m] \quad (9)$$

$$E [dB\mu V/m] = 27.12 [dB/m] + 54.78 [dB\mu V/m] = 81.99 [dB\mu V/m] \quad (10)$$

가 된다. 식 (10)으로부터 전계강도 수치는 81.99[dB μ V/m]가 된다. 계산과정에서 AMPS 단말기의 안테나가 무지향성이므로 안테나 이득은 2[dBi]로 가정하였으며, TQ5135의 중심주파수는 881[MHz]로 두었다. 식 (10)에 보인 전계강도 수치는 AMPS 수신기에게 전파 간섭을 야기시킬 소출력 무선기기의 방사량이다.

IV. 전계강도 상한치의 모의 계산 및 측정 결과

식 (10)에 주어진 81.99[dB μ V/m] 수치의 타당성을 보이기 위하여 TQ5135 IC에 대한 모의계산과 측정을 각각 수행하였다. TQ5135에 대한 모의 계산을 위하여 Agilent사의 ADS(Advanced Design System) 시뮬레이터로 수신기를 모델링 하였다. 그림 3은 모델링 회로도이다. 모델링된 회로는 한 개의 LNA와 한 개의 active mixer로 구성되어 있으며, 이것은 그림 2의 구조와 동일하다. 그림 4는 모의 계산된 결과로써, 가로 축은 간섭원 신호의 전계강도이고 세로 축은 신호대 간섭비이다. 이 그림을 보면 간섭원의 전계강도가 증가함에 따라서 신호대 간섭비가 감소되는 것을 볼 수 있는데, 이는 식 (4)로부터 예측된 결과이다. 결과 그림에서 볼 수 있듯이, 신호대 간섭비 18dB를 만족하는 간섭전계강도는 82.2[dB μ V/m]로 주어져 있다. 이 수치는 이론값과 0.21[dB]차이에 불과하다. 본 결과의 도출 시는 아래식 식 (11)과 (12)를 사용하였다.

$$S/N = \frac{A_{os}}{A_{on}} = \frac{1.776 [\mu V]}{A_{on}} \quad (11)$$

$$P_{os} = P_{m_{ds}}^{RX} + S_{21} (\text{Total}) = (-127.33) [dBm] + 25 [dB] \quad (12)$$

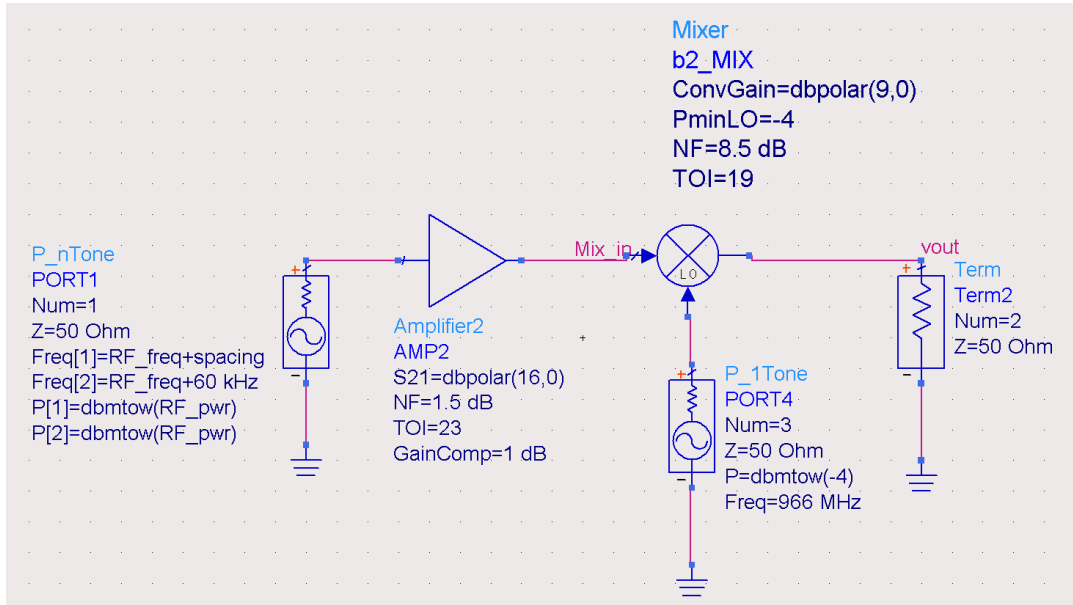


그림 3. ADS로 구현한 AMPS 수신기 모델링 회로
 Fig. 3. Circuit model of the AMPS receiver using ADS simulator

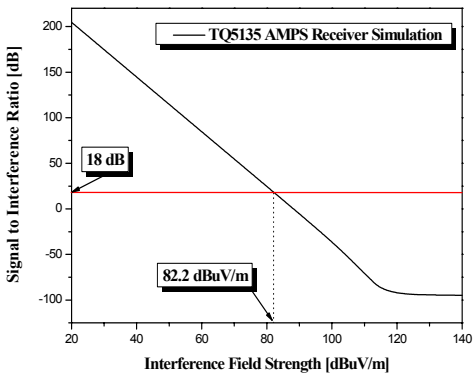


그림 4. 모의 계산된 간섭 전계강도에 따른 신호대 간섭비의 변화 수치
 Fig. 4. Simulation result on signal to interference ratio in terms of interference field strength

$$= -127.33[\text{dBm}]$$

식 (11)에서 $1.776[\mu V]$ 는 수신기 출력단에서의 신호의 크기로서 식 (12)의 $-102.33[\text{dBm}]$ 의 전력값을 전압값으로 변환한 값이며, 식 (12)의 25dB 는 TQ5135 수신기의 전력 이득이다⁷⁾.

제 III장과 그림 4에서 도출된 이론 수치 및 모의 계산 수치의 타당성을 검증하고자 TQ5135 IC에 대한 측정을 수행하였다. 그림 5는 TQ5135 IC 및 그 회로의 구동(驅動)에 필요한 주변 회로와 기판위에 제작된 구동회로, 그리고 측정도를 보이고 있다. 제

작된 구동회로는 Rogers 4003 ($\epsilon_r = 3.38, h = 0.5\text{mm}$) 기판을 사용하였으며, 임출력 변환이득이 22.55dB , V_{dd} 는 2.8V , IIP3는 7dBm 으로 data sheet에 규정된 정상적 동작조건을 충족하였다⁷⁾. 그림 5-(c)는 그림 5-(b) 회로에 대한 측정 구성도이다. Two-tone 용 간섭원 신호와 LO 용 신호 발생기로서 Agilent사의 E4432B와 E8257C를 각각 사용하였으며, IF 출력신호의 측정 시는 Agilent사의 Spectrum Analyzer인 E4448A를 사용하였다. 측정은 그림 2에서 설정하였던 주파수와 동일한 주파수를 사용하였으며, 간섭원 신호의 크기는 IMD 신호 레벨이 Spectrum Analyzer에서 측정되는 간섭레벨과 동일하게 되는 -95dBm 에서 포화상태의 레벨 -5dBm 사이까지의 범위에서 변화시켰으며, 케이블 손실도 고려하였다. 변화시킨 간섭원 신호의 크기를 전계강도 값으로 변환하고, IMD 신호 레벨을 진폭값으로 변환하여 식 (11)의 A_{on} 에 대입하면 원하는 측정 결과 그림을 얻을 수 있으며, 이것이 그림 6이다. 그림 6에서 가로 축은 외부에서 인가된 간섭원의 전계강도이고, 세로 축은 대수 단위로 주어진 신호대 간섭비이다. 신호대 간섭비 18dB 에 대응되는 소출력 무선기기의 전계강도 수치는 매우 낮은 전력이다. 실제 측정은 측정 장비가 인식할 수 있는 범위 내에서 측정하였으며, 그 범위는 그림 6에서 “Real Measurement”로 표기된 데이터 군이다. “Extrapolation Measurement”로 표기된 데

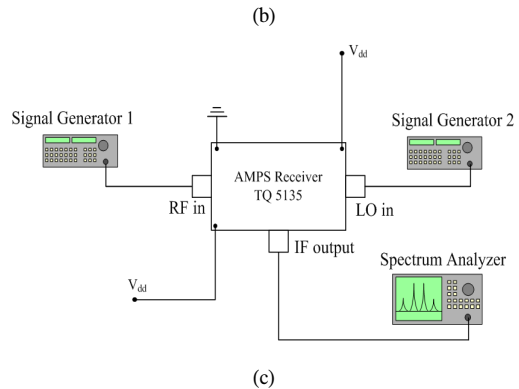
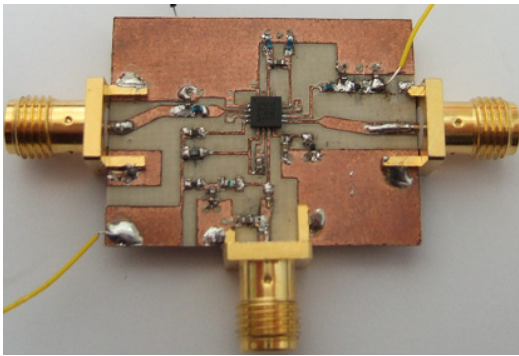
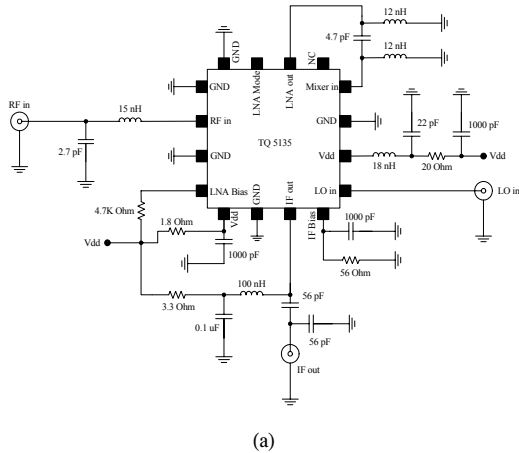


그림 5. TQ5135 AMPS Receiver IC 구동회로 (a) 구동회로도 (b) 제작된 구동회로 (c) 측정도
 Fig. 5. The driving circuit for TQ5135 AMPS Receiver IC (a) Driving circuit (b) Fabricated driving circuit (c) Measurement diagram

이러는 측정된 선형 영역에서의 데이터를 기반으로 하여 외삽으로 구해진 데이터 군이다. 측정된 데이터는 간섭원의 전계강도가 증가하면 신호대 간섭비가 감소하는 형태로써, 그림 4에서 보였던 모의 계산의 형태와 동일한 패턴을 갖는다. 그림 6에 명기된 측정 결과치 79.13[dBμV/m]는 신호대 간섭비 18dB 하에

서, 상호변조 간섭이 일어나는 간섭신호의 임계 전계강도 수치이다.

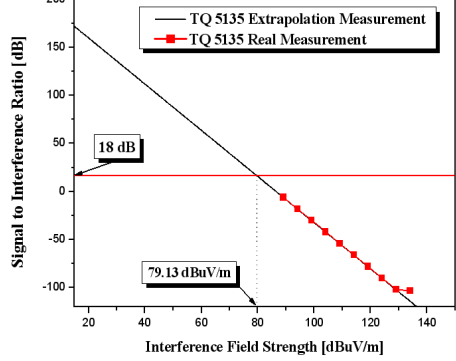


그림 6. 간섭전계강도에 따른 신호대 간섭비 변화의 측정 결과
 Fig. 6. Measurement result on the signal to interference ratio in terms of interference field strength

V. 국내의 소출력 무선기기의 전계강도 기준과 비교 분석

본 절에서는 도출된 결과의 타당성 검토와 국내의 법규와의 비교를 통한 의미를 논의하고자 한다. 표 2는 신호대 간섭비 18dB 하에서 얻어진 전계강도 수치이며, 여기에는 이론 수치, 모의 계산 수치, 및 측정치가 주어져 있다. 여기서 “Calculation”은 식 (10)에 주어진 상호변조 이론에 근거하여 계산된 값이며, “Simulation”은 그림 4에 보인 값이다. 그리고 “Measurement”는 그림 6에 주어져 있다. 삼자 간의 수치들은 약 2dB 이내의 범위에서 서로 잘 일치되고 있음을 알 수 있다. 표 2의 결과는 상호변조 이론에 근거한 이론적 계산법, 그리고 ADS 시뮬레이션에서 사용되었던 수신기 모델링이 정확하였다는 것을 의미하고 있다.

표 3과 그림 7은 한국과 일본, 그리고 미국의 소출력 무선기기의 전계강도 기준 수치를 상호 비교한 것이다^{15,16}. 국내의 경우는 일본의 규정과 동일하며, 전파법에서는 3미터 거리에서 측정한 소출력 무선국

표 2. 상호변조 간섭하의 상한치 비교
 Table 2. Comparison of upper value under the situation of intermodulation interference

Calculation	81.99 [dBμV/m]
Simulation	82.2 [dBμV/m]
Measurement	79.13 [dBμV/m]

표 3. 한국, 일본, 미국의 소출력 무선기기 전계강도 기준
Table 3. Technical regulation for the low power radio devices in Korea, Japan and United States of America

Parameter	Typical
RF Frequency	881 MHz
Conversion Gain	25 dB
Noise Figure	1.9 dB
IIP3 (Input 3rd Order Interceptor)	-5.5 dBm
DC Supply Current	20 mA

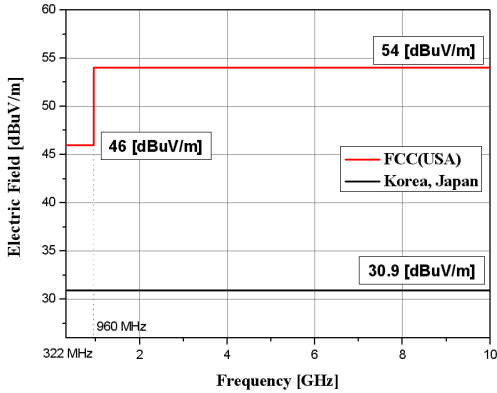


그림 7. 322MHz ~ 10GHz 대역의 한국, 일본, 미국의 소출력 무선기기의 전계강도 기준
Fig. 7. Technical regulation for the low power radio devices in Korea, Japan and United States of America at 322MHz ~ 10GHz

의 전계강도가 정보통신부 고시 제2007-49호 제 3조에 규정되어 있다. 미국의 경우는 소출력 무선기기에 대한 별도의 기준은 없지만, FCC의 Part15.209에서 면허 없이 사용할 수 있는 무선기기에 관한 조항이 표 3과 그림 7의 수치에 해당한다. 통신용으로 가장 많이 사용되고 있는 322MHz ~ 10GHz 대역에서 국내의 전계강도 기준 수치는 30.9[dBμV/m]이며, 미국 FCC의 전계강도 기준 수치는 46[dBμV/m]과 54[dBμV/m]이다. 즉 전파 간섭을 피하기 위해서는 해당 무선기기는 이들 수치 이하의 조건을 만족해야만 한다는 의미가 된다.

기준 수치인 국내의 30.9[dBμV/m]와 FCC의 881MHz 대역에 해당하는 46[dBμV/m]는 한 대의 소출력 무선기기에 대한 방사제한 즉, "Emission Limit" 값이다. 본 연구 결과의 최종 결과인 표 2의 수치 79.13[dBμV/m]는 피간섭 무선기기인 AMPS 수신기에 상호변조 전파간섭이 일어나지 않을 상한치가 된다. 여기서 계산된 상한치는 기준 수치보다 항상 높아야 하며, 본 연구결과는 이 조건을 만족하고 있다. 만약 표 2의 수치가 국내외 기준 수치보다 작

게 되면, 소출력 무선기기의 방사량이 범규 범위 이내임에도 불구하고 AMPS 수신기에는 간섭이 발생하며, 이것은 두 수치 사이에 모순이 발생함을 의미한다. 또한 기준 수치와 본 논문의 결과 수치는 간섭원이 될 수 있는 소출력 무선기기들의 사용에 있어서 피간섭원인 AMPS 수신기에 대한 전자파 양립성(EMC : Electromagnetic Compatibility)이 성립되기 위한 수치를 의미한다. 단, 이 수치는 상호변조 간섭에 대한 결과이며, 소출력 무선기기가 AMPS 수신기에 대하여 전자파 양립성이 완전히 성립되기 위해서는 다른 종류의 전파 간섭 또한 고려되어야 한다.

최근 국내에서 소출력 무선기기의 출력을 제한하는 국내 전파법 시행령의 전계강도 기준치가 국외에 비해 기준치가 낮게 설정되어 있으며, 이로 인하여 소출력 무선기기의 전계강도 기준치를 현실적인 수치로 상향 조정하고자 하는 주장들이 제기되고 있다^[17-20]. 따라서 본 연구 결과를 범규 수치와 비교하였을 경우 이러한 상향 조정에 대한 주장들에 대한 근거가 될 수 있으며, 또한 표 2의 수치가 국내의 범규에서 규정하고 있는 수치보다 크기 때문에 범규 수치가 전파 간섭을 발생시키지 않는 범위 내에서 설정되어 있음을 기술적인 측면에서 보여주고 있다.

본 논문에서 제시한 수치는 AMPS 방식의 수신기에 해당하는 내용이지만, 보편적인 수신기 구조로 인하여 타 무선기기에도 적용 가능하다. 이것은 AMPS 이외에 WLAN의 전파 간섭에 관한 연구 결과^[21]에서 전송 속도가 0이 되는 통신 불능 상태에 해당하는 간섭 전계강도의 수치와 아날로그 방식의 코드없는 전화기(Cordless Telephone)에 대한 전파 간섭 측정^[17]에서 통신 불능 상태에 대응되는 간섭 전계강도 수치와 비교하였을 때도 7dB 이내의 범위에서 유사한 값을 가지며, 이것은 본 연구 결과가 타당함을 보여준다.

VI. 결 론

본 논문에서는 소출력 무선기기의 방사에 노출된 AMPS 수신기가 겪는 상호변조 간섭 현상을 분석하여 전파 간섭이 발생하는 방사 전계강도의 수치를 예측하였다. 예측된 방사 전계강도의 수치는 79.13[dBμV/m]로써, 상호간섭 전파 피해 관점에서 설정된 신호대 간섭비인 18dB를 충족시킬 전계강도의 상한치이다. 이 수치의 정확성을 보이고자 이론적 접근, 모의 계산 및 측정을 시도하였으며, 이 과정을 통하여 도출된 결과를 표 2에 정리하였다. 그 표에서 보인 것처럼 이론치, 모의 계산 수치 및 측정치는 상

호간에 서로 잘 일치되었다. 79.13[dB μ V/m]는 AMPS 수신기가 이 수치 이상의 방사 전계강도에 노출이 되었을 때 전파 간섭이 발생하는 것을 의미한다. AMPS 수신기는 상용제품인 TQ5135 AMPS Receiver IC를 사용하였으며, 전파 간섭 분석시 본 논문에서 채택한 기본 접근법은, 과도한 입력 신호의 인가 시에 발생하는 수신기의 비선형성에 기인된 상호변조 현상이었다.

본 연구 결과인 79.13[dB μ V/m]는 국내외 법규와 비교하였을 때, 소출력 무선기기 사용 시에 상호변조 간섭을 고려한 AMPS 수신기에 관하여 전자과양립성이 성립되기 위한 수치가 된다. 또한 국내의 소출력 무선기기 전계강도 개정에 대한 연구들의 근거 자료가 되며, 기존의 국내외 법규 수치에 대한 기술적인 근거로도 사용될 수 있다. 본 연구에서는 아날로그 방식인 AMPS 방식 수신기를 선정하였지만, 본 논문에서 채택한 이론적 분석 과정 및 측정 과정은 타 무선기기에 적용 가능한 기법이다. 그러므로 이 관점에서 본 논문의 결과는 전파간섭과 관련된 타 분야에도 적용 가능하리라고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] J.A. Park, S.K. Park, D.H. Kim, P.D. Cho, K.R. Cho, "Experiments on Radio Interference Between Wireless LAN and Other Radio Devices on a 2.4GHz ISM Band," *Vehicular Technology Conference VTC 2003-Spring*, The 57th IEEE Semiannual, pp.1798-1801, 2003.

[2] 김진영, 김은철, 양재수, 류충상, 오성택, "FHSS 및 DSSS 방식 소출력 무선기기간 간섭 분석에 관한 연구," *한국전자과학회논문지*, 19(2), pp.271 -279, 2008년 2월.

[3] M. Lindgren, "Physical Layer Simulations of the IEEE 802.11b Wireless LAN-standard," M.Sc. Thesis, *Lulea tekniska universitet*, Sweden, 2001.

[4] A. Rosenberg, S. Kemp, *CDMA Capacity and Quality Optimization*, New York : McGraw-Hill, pp.71-73, 2003.

[5] J.C. Pedro, N. B. Carvalho, *Intermodulation Distortion in Microwave and Wireless Circuits*, Boston : Artech House, pp.35-39, 2003.

[6] Q. Wang, D. Su, M. Jiang, S. Xie, "A Study on

RF frequency optimization design system related to intermodulation interference," *Environmental Electromagnetics The 2006 4th Asia-Pacific Conference on.*, pp.616-619, Aug. 2006.

[7] Triquint Semiconductor, *TQ5135 datasheet*, <http://www.triquint.com>, 2001.

[8] F.H. Blecher, "Advanced Mobile Phone Service," *IEEE Trans. Vehicular Technology.*, vol. 29, pp.238-244, May. 1980.

[9] B. Razavi, *RF Microelectronics*, New Jersey : Prentice Hall PTR, pp.14-22, 1998.

[10] W. C. Y. Lee, *Mobile Communications Engineering Theory and Applications, 2nd ed*, New York : McGraw Hill, pp.504-508, 1998.

[11] W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications*, New York : McGraw Hill, pp.62-64, 1995.

[12] U. L. Rohde, J. Whitaker, T. T. N. Bucher, *Communication Receivers, 2nd ed*, New York : McGraw Hill, pp.60-62, 1996.

[13] L. Besser, R. Gilmore, *Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems Volume I*, Boston : Artech House, pp.94-98, 2003.

[14] W.L. Stutzman, G.A. Thiele, *Antenna theory and design, 2nd ed*, New York : John Wiley & Sons, pp.422-423, 1998.

[15] 전파법 시행령, <http://www.kcc.go.kr>.

[16] FCC, *Code of Federal Regulations 47, Part 15*, http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_04/47cfr15_04.html

[17] 김채영, 소출력 무선기기의 전계강도 개정 연구, 한국전자통신연구원, 2007년 10월

[18] 강건환, 오세준, 박덕규, "국내 미약 전계강도 무선기기 기술기준 개선 방안 및 제안," *한국전자과학회논문지*, 17(6), pp.574-586, 2006년 6월.

[19] 박진아, 박승근, 조평동, 박덕규, "국내 미신고 무선기기 체계개편에 관한 연구," *ETRI 전자통신동향분석*, 20(6), pp.156-165, 2005년 12월.

[20] 박진아, 김선구, 박승근, 조평동, "국내 소출력 무선산업에 대한 설문조사," *ETRI 전자통신동향분석*, 21(5), pp.196-204, 2006년 10월.

[21] 김채영, 박정근, 박승근, "DSSS 방식용 무선 LAN에 대한 전파 잡음의 영향," *한국전자과학회논문지*, 19(6), pp.630-639, 2008년 6월.

김 채 영 (Che-Young Kim)

정회원



1976년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1978년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1985년 9월~1986년 8월 미국

Syracuse 대학 방문 연구원

1991년 9월~1993년 2월 미국 MIT 공대 연구과학자

1979년 4월~1992년 9월 경북대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수

1992년 10월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

<관심분야> 이동통신 전파환경, 전자파 수치해석, 전자파이론 및 응용, 전자소자 측정기법 개발

김 당 오 (Dang-Oh Kim)

정회원



2007년 2월 한밭대학교 전파공학과 (공학석사)

2007년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정

<관심분야> EMI/EMC, 마이크로파 소자 및 안테나 설계