

상용 CAD 툴을 이용한 RFID 에뮬레이터 시스템 구현

임형무*, 배성우, 정명섭, 장병준, 김준오, 박준석, 성영락, 오하령
국민대학교
유컴 테크놀로지

An Implementation of a Virtual RFID Emulator System using a Commercial CAD tool

Hyung Mu Lim*, Sung Woo Bae, Myung Sub Jung, Byung-Jun Jang, Juno Kim, Jun-Seok Park,
Yeong Rak Seong, Ha Ryoung Oh
KOOKMIN UNIV.
U-comm Technology
E-mail : moo2580@paran.com

Abstract

With the growth of RFID market in logistics industry, such as post office, airline, shipping etc., development of RFID readers and tags becomes crucial. Especially, 860~960MHz RFID is worth noticing because of its long identification range and low production cost. Therefore, performance tests and verification of reader and/or tag under development are very important. In this paper, a RFID emulator system is designed and implemented using a commercial CAD tool, a signal generator and a data acquisition device. With the RFID emulator system, many parameters such as spectrum masks, transmit power levels, data waveform and other RF characteristics can be analyzed. Furthermore it can be applied to the verification of real RFID Readers or Tags.

I. 서론

현재 국내외 학계와 산업계에서 수많은 RFID 관련 기술이 활발히 연구되고 있다^[1-6]. 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 유통물류산업을 중심으로 RFID 기술의 표준화와 비즈니스에 적용하기 위한 노력들이 진행되고

있으며 이런 노력들과 함께 RFID 시스템의 기본이라고 할 수 있는 리더와 태그가 주요 국제표준규격(ISO, EPC)에 기초하여 개발되고 있다^[7,8]. 따라서 수많은 업체와 연구기관에서 개발된 리더와 태그가 국제표준규격과 각국의 RF 규격에 부합되는지를 판단하는 것이 중요한 요소로 부각되고 있다. 또한 개발기간을 단축하고 시행착오를 줄이기 위해서는 개발 중인 리더 및 태그의 성능 평가도 중요한 사항이다.

본 논문에서는 이러한 요구에 부합되도록 상용 CAD 툴 및 신호 발생기/데이터 수집 장비를 연동하여 RFID 리더 혹은 태그의 성능검증 및 모의실험을 할 수 있는 리더-태그 에뮬레이터 환경을 개발하였다.

II. 에뮬레이터 시스템 개요

그림 1 은 본 논문에서 개발하고자 하는 RFID 에뮬레이터의 구성 및 동작 과정을 나타낸다. 개발된 에뮬레이터 시스템은 가상의 리더와 태그의 역할이 모두 가능하다. 태그의 적합성을 테스트하거나 개발 중인 리더의 성능을 에뮬레이션 하려면 가상의 리더 모델을 적용할 수 있고 리더의 적합성을 테스트하거나 개발 중인 리더의 성능을 에뮬레이션 하기 위해서는 가상의 태그 모델을 적용할 수 있다. 본 논문에서 에뮬레이터 시스템은 PC 에 연동하는 상용 CAD 툴인 Agilent 사의

ADS(Advanced Design System)^[9,10], 신호발생기(Signal Generator)^[11], 데이터 수집 장비 VSA (Vector Signal Analyzer)^[12], 실험 대상 RFID 리더 또는 태그 등으로 구성된다.

에뮬레이터의 동작 원리는 다음과 같다. ADS 를 이용하여 ISO 18000-6 Type B 의 리더모델과 태그모델에 해당하는 프로토콜을 구현하고 ADS 에서 생성된 신호를 신호발생기에 연결된 안테나를 통하여 대상 리더 혹은 태그로 실제 무선 신호를 방사한다. 그러면 성능검증 대상 리더 또는 태그는 방사된 전자기파를 수신하고 프로토콜에서 정의된 응답을 출력한다. 출력된 응답을 VSA에서 신호를 수집하여 이를 다시 ADS 로 전송하여 개발된 리더 및 태그의 응답의 적합성을 판단하고 실제 리더 및 태그 설계에 대한 테스트를 할 수 있다.

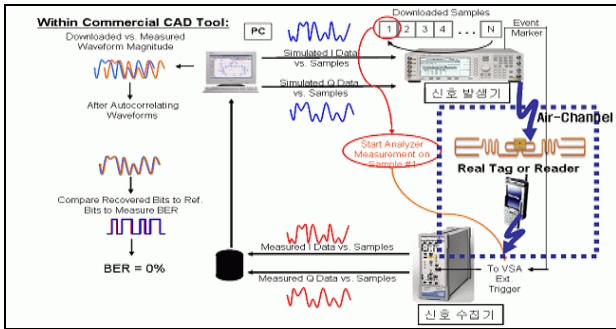


그림 1 상용 툴 장비를 이용한 에뮬레이터 구성도

III. 시스템 구현

3.1 가상의 RFID 리더 및 태그 모델링

가상의 RFID 리더 및 태그 모델링을 위하여 Agilent ADS Ptolemy 언어를 사용하였다. ADS Ptolemy 언어는 UC 버클리에서 개발한 UC Berkeley Ptolemy 언어를 ADS 시뮬레이션을 위해 변형한 버전으로서 RF/DSP 시뮬레이션을 위한 다양한 컴포넌트를 제공하고 사용자가 정확히 원하는 모델을 설계하도록 도와준다.^[13]

3.1.1 리더 Tx 모델

ADS 로 구현한 리더 Tx 모델은 실제 리더의 명령어를 전송하는 과정과 동일한 역할을 한다. 즉, 실제 리더의 베이스 밴드 신호를 생성한다. Reader Tx 모델에서 설정 가능한 주요 파라미터들은 다음과 같다

- 1) 캐리어 주파수(FCarrier) : 모델에서 생성한 베이스밴드 신호의 캐리어 주파수 정의.
- 2) 출력 진폭(Amplitude) : 베이스밴드 신호의 진폭을 정의.
- 3) 리더 명령어(Command) : ISO 18000-6 Type B 에 해당하는 명령어 선택.
- 4) 데이터 레이트(Data Rate) : 리더 명령어 중 Delimiter 를 설정해 줌으로써 역방향 링크의 데이터 송신 속도 정의. (40Kbps or 160Kbps)
- 5) 변조지수(Mod_Index) : 리더 ASK 신호의 변조지수 선택. (100% or 18%)

3.1.2 리더 Rx 모델

리더 Rx 모델은 실제 리더의 데이터 처리 과정과 동일한 역할을 한다. 태그로부터의 응답을 디코딩하여 태그의 UID 를 추출하고 다음 명령어를 선택하여 베이스 밴드 신호를 생성한다. 리더 Rx 모델의 주요 기능은 다음과 같다.

- 입력 진폭(Input Amplitude) : 태그 신호의 크기를 정의하는 요소이다. 실제 상황에서는 거리, 자유공간 상에서의 감쇄, 주위 환경, 태그 특성에 따라 리더 수신 모델로 입력되는 태그 신호의 크기가 다르기 때문에 임계값을 계산하여 고 레벨(Level high)과 저 레벨(Level low) 구분.

3.1.3 태그 Rx/Tx 모델

태그 모델은 Rx 와 Tx 를 하나의 모델에 구현하였다. 리더의 명령을 분석하고 명령어에 따라 다음 행동을 결정하기 위해서다. 태그 Rx/Tx 모델에서 설정 가능한 주요 파라미터들은 다음과 같다.

- 1) Data Rate : Data Rate 에 따라 40Kbps 혹은 160Kbps 로 신호를 생성한다.
- 2) UID : 사용자가 임의의 64bit UID 값을 입력해 주면 입력된 값에 따라 태그의 신호가 생성된다.

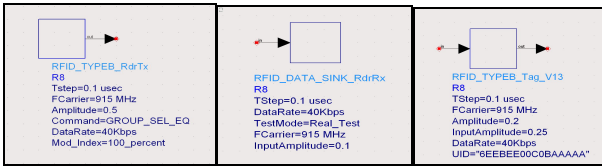


그림 2 설계한 가상의 리더 모델 및 태그 모델

위의 세 가지 모델을 연동하여 ADS 상에서 리더와 태그의 동작을 그림 3 과 같이 시뮬레이션 해 볼 수 있다. 리더 Tx 에서 생성된 리더 명령 신호가 태그 Rx/Tx 모델로 입력되면 태그 모델이 그 신호를 분석하여 명령어에 해당하는 응답을 다음 출력으로 전달한다. 그 신호를 다시 리더 Rx 모델이 받아 분석하고 분석된 데이터를 출력한다. 선두의 신호가 리더의 명령어를 의미하고 그 뒤의 신호는 태그의 응답을 의미한다.

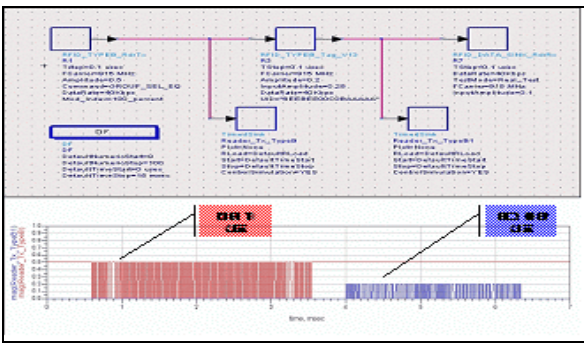


그림 3 리더-태그의 전체 시뮬레이션 구성과 결과 파형

3.2 리더 송신 시스템의 설계

ADS 에서의 리더 송신 시스템 설계는 위에서 언급했던 리더 Tx 모델과 함께 실제의 리더 송신 시스템을 간략화 하여 설계하였다. ADS 에서 생성된 데이터를 신호발생기에 입력하며 이 때 신호발생기와의 인터페이스는 ADS 에서 제공하는 ESG_SINK 컴포넌트를 사용한다. 리더 송신 시스템에서 만들어진 데이터는 ESG_SINK 컴포넌트를 통해 실수와 허수의 형태로 신호발생기에 저장되고 신호발생기는 저장된 데이터를 900MHz 대역으로 변조한 뒤 실제 태그에 방사한다. 사용자는 임의의 소자나 환경을 고려하여 송신 시스템을 구현할 수 있고 따라서 실제의 리더를 개발하는데 있어서 유용한 수단이 될 것이다. 그림 4 는 상용 CAD 틀에서 설계한 간략화 된 리더 송신 시스템을 타낸다.

3.3 리더 수신 시스템의 설계

ADS 에서의 리더 수신 시스템 설계는 리더 Rx 모델과 함께 실제의 리더 수신 시스템을 간략화 하여 설계하였다. ADS 에서 제공하는 VSA_SOURCE 컴포넌트를 이용하여 ADS 와 데이터 수집 장비를 연동시키고 수집된 태그 응답 데이터를 리더 수신 시스템에 입력한다. 입력된 태그 신호는 저잡음 증폭기 컴포넌트를 거쳐 복조 과정을 거친다. 베이스밴드 신호로 변형된 태그 응답 신호를 리더 RX 모델에 입력하면 아날로그-디지털 변환 과정을 거쳐 태그의 UID 정보를 추출한다. 리더 수신 시스템 역시 사용자가 임의의 회로나 환경 변수를 추가함으로써 보다 현실에 가까운 리더 수신 시스템을 구현할 수 있다. 따라서 시스템 각 단계에서 스펙트럼 마스크, 신호 레벨 등 사용자가 원하는 특성을 분석할 수 있다. 그림 5 는 간략화 된 리더 수신 시스템을 나타낸다.

설계된 리더 송신 시스템과 수신시스템에서 1 번 모듈은 본 논문에서 개발 된 베이스 밴드 모델이고 2 번 모듈은 사용자가 목표로 하는 임의의 RF 회로이다. 마지막 3 번 모듈은 계측기와 연동 컴포넌트이다.

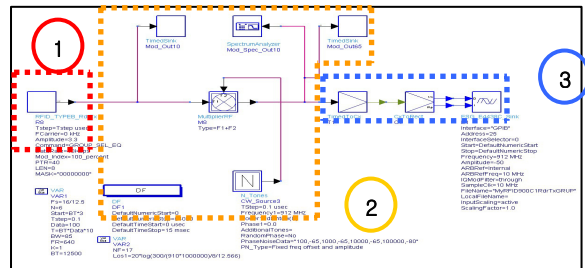


그림 4 간략화 된 이상적인 리더 송신 시스템

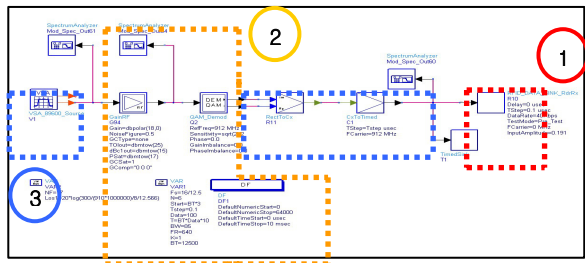


그림 5. 간략화 된 이상적인 리더 수신 시스템

IV. 실험 및 응용

리더 Tx 모델을 데이터 생성 장치 및 데이터 수집 장치와 접목하면 개발된 태그가 국제 표준 규격에 적합한지를 시험해 볼 수 있다. 또한 개발 중인 리더를 모의 실험하여 실제 구현 전에 성능을 분석할 수도 있다. 한 예로 리더 Tx 모델에서 신호를 신호 발생기와 연동하여 생성한 신호를 개발된 태그에 방사하면 그 태그에서 역산란된 신호를 VSA 에서 수집하여 리더 Rx 모델에 입력할 수 있다. 따라서 국제표준규격에 명시되어 있는 데이터 인코딩 시 오차허용 범위를 조절하거나 CAD 툴 상에서 임의의 잡음 성분을 넣어줘 태그가 인식할 수 있는지를 테스트 할 수 있다. 또한 VSA 를 이용하여 태그나 리더의 주파수 응답 특성을 살펴볼 수 있고 송신-수신 소요시간 (Transmit-to-Receive turn around time) 그리고 수신-송신 소요시간 (Receive-to Transmit turn around time) 등의 각종 시간 파라미터 들이 규격에 맞는지를 확인해 볼 수 있는 등의 장점을 가진다. 본 논문에서는 RFID 리더 및 태그의 에뮬레이션 시 가장 중요한 항목인 거리와 송신 전력에 대해 실험한 결과를 기술한다.

4.1 실험 구성도

본 논문에서는 상용 CAD 툴로 설계한 리더 송신 시스템과 리더 수신 시스템을 계측장비(신호발생기, 데이터 수집 장비)와 연동하여 실제 태그의 주파수 응답 특성을 거리별, 송신 전력 별로 실험하였다. 실험 구성은 그림 6 에서와 같이 상용 CAD 툴과 신호발생기, 데이터 수집기, -20dB 커플러와 900MHz 대역의 세라믹 패치 안테나, 그리고 실험 대상 태그로 이루어진다.

신호발생기는 ADS 에서 생성된 리더 명령 데이터를 내부 메모리에 적재한 뒤 900MHz 대의 주파수로 변조하여 안테나를 통해 방사한다. 이 때 태그에 송신하는 전력을 dB 단위로 조절한다.

본 실험에서는 리더 송신 시스템에서 생성한 신호를 -20dB 커플러를 통해 방사하고 역산란된 태그 신호를 커플링 포트를 통해 데이터 수집 장비에 입력함으로써 태그 신호를 캡처 한다. 데이터 수집기는 리더의 신호와 태그의 응답 신호를 실시간으로 캡처하여 주파수 영역과 시간 영역으로 나누어 보여주는 기능을 수행한다. 이 중 태그의 응답

구간만을 시간 영역에서 선택하면 태그의 주파수 응답 특성을 자세히 살펴 볼 수 있다.

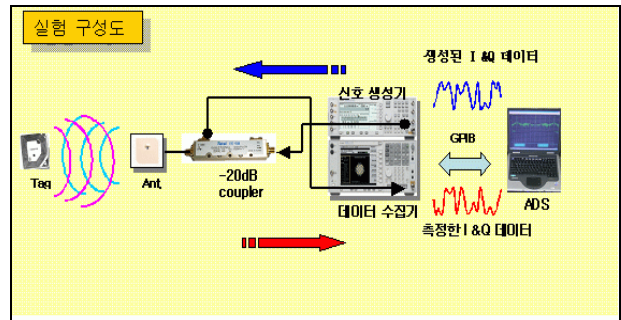


그림 6 실험 구성도

4.2 거리와 송신전력에 대한 태그 응답 특성 실험

실험은 두 종류의 태그로 나누어 실험을 했으며 캐리어 주파수는 912MHz, 100% modulation index 를 기준으로 하였다. 대상 태그를 거리, 송신 전력 별로 변화를 주면서 태그의 응답 신호 전력과 주파수 영역에서의 특성, 그리고 태그의 UID 를 복원 여부에 초점을 맞추어 실험 하였다.

본 실험에서는 태그 응답이 좋은 경우와 나쁜 경우를 예로 보인다. 두 가지 예는 모두 동일한 태그를 대상으로 하였다. 거리는 5cm, 10cm, 20cm, 30cm 4 가지로 나누었고 송신 파워는 5dBm 부터 20dBm 까지 5dBm 씩 차이를 두어 실험하되 태그 응답이 나타나지 않을 때에는 태그 응답이 나타나는 가장 작은 전력을 중간 값으로 설정하고 실험하였다.

그림 7 은 거리 5cm, 송신 파워 20dBm 일 때 데이터 수집 장비에서 캡처한 리더 송신 신호와 실험 대상 태그의 응답 신호를 보여준다. 주파수 영역을 살펴보면 태그의 응답 캐리어 주파수를 가운데에 두고 약 40KHz 떨어진 양측파대에 태그의 데이터 주파수 영역을 볼 수 있다. 하측파대(lower side band)의 크기는 약 -49dB 이고 캐리어 주파수의 크기는 약 -23dBm 정도로 커플링 계수와 전송 선로 손실을 감안하면 각각 -28dBm 와 -2dBm 의 신호로 역산란 하는 것을 알 수 있다.

그림 8 은 태그의 응답 신호를 시간 영역에서 자세히 확대시켜 본 것이다. 태그의 응답 신호를 살펴보면 위상이 반전된 것을 알 수 있다. 실제 상황에서 리더와 태그의 거리에 따라서 응답은 반전 될 수 있다. 따라서 리더를 구현함에 있어서 위상의 반전

유무에는 상관없이 태그의 신호를 디코딩 할 수 있어야 한다. 거리 5cm, 송신 파워 20dBm 에서 측정된 태그 응답 신호의 진폭은 약 3.2mV 이다. 또한 Transmit-to-Receive turn around time 은 약 420ms 로 국제 표준 규격을 준수한 태그임을 알 수 있다.

실험 대상 태그가 가장 나쁜 응답 특성을 보인 것은 거리가 10cm, 송신 파워가 13dBm 일 때이지만 쉬운 비교를 위해 30cm, 20dBm 의 경우를 예로 든다. 그림 9 에서 태그의 주파수 응답 특성은 거리 5cm, 송신 파워 20dBm 과는 차이를 보인다. 양 측파대의 데이터 부분이 일그러진 것을 확인할 수 있다. 태그의 응답 신호를 신호 영역에서 확대시키면 이전 실험과 비교했을 때 신호의 진폭이 약 1.5mV 로 작아진 것을 확인할 수 있다.(그림 10)

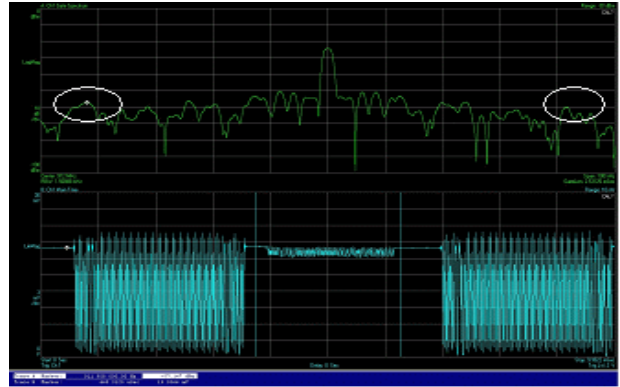


그림 9 거리 30cm, 송신 전력 20dBm 일 때의 실험 대상 태그의 응답 주파수 특성

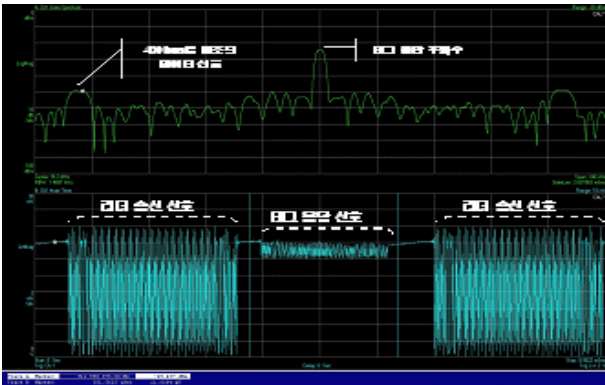


그림 7 데이터 수집기에서 측정한 거리 5cm, 송신 전력 20dBm 일 때의 실험 대상 태그의 응답 특성

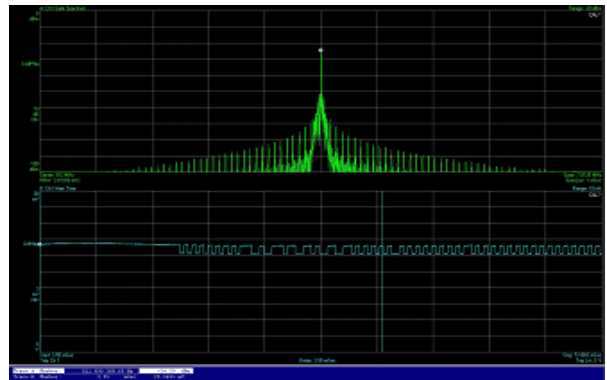


그림 10 그림 9 의 태그 응답 신호를 시간 영역에서 확대한 신호 파형

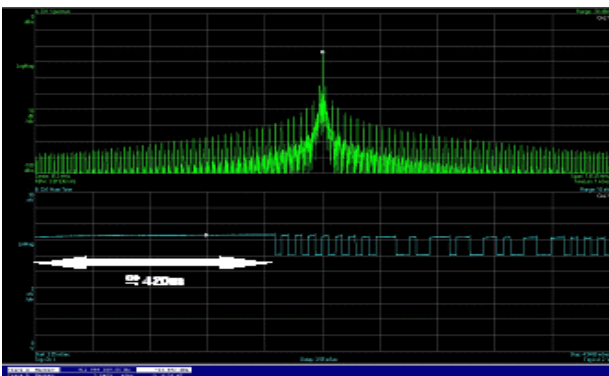


그림 8 그림 7 의 태그 응답 신호를 시간 영역에서 확대한 신호 파형

4.3 변조지수(Modulation Index)에 따른 태그 응답 특성 실험

변조지수의 경우 ISO/IEC 18000-6 Type B 에 명시되어 있는 데로 18%와 100%로 실험 하였다. 실험은 동일한 환경 조건에서 수행하였다. 거리 10cm, 송신 전력 15dBm 의 경우 변조지수를 18%로 바꾸어 보았다. 그 결과 그림 11 과 같이 태그가 동일하게 응답하는 것으로 확인되었다. 또한 100% 변조지수, 거리 10cm 에서 송신 전력을 10dBm 으로 방사 한 경우 태그의 응답이 점멸하면서 불안정한 응답을 보였는데 동일한 조건에 변조지수를 18%로 변경한 결과 꾸준한 태그의 응답을 확인하였다. 이 실험은 각기 다른 회사의 3 개의 태그를 대상으로 진행되었으며 3 개의 태그 모두 100%일 때 보다 18% 일 때의 응답이 안정적이었다. 이 때의 거리와 송신 전력은 태그 마다 상이하다.

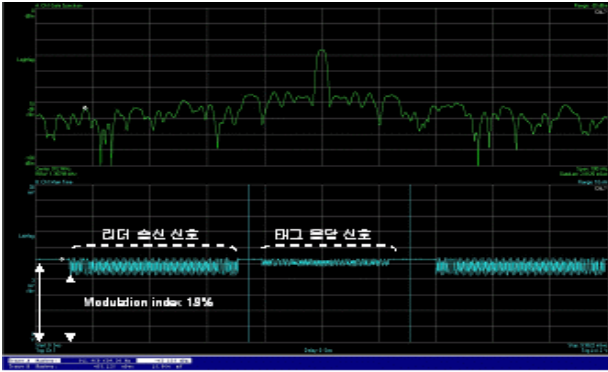


그림 11 modulation index 18%일 때의 태그 응답

V. 결론

본 논문에서는 상용 CAD 툴과 신호발생기, 데이터 수집 장치를 연동하여 최근 활발히 연구 개발 중인 ISO 18000-6의 UHF 대역 RFID 시스템을 설계하는데 필요한 에뮬레이터를 개발하였다. 상용 CAD 툴을 이용하여 가상의 리더와 태그 베이스밴드 신호를 생성해 주는 모델과 신호 분석 모델을 구현함으로써 이를 이용해 임의의 리더 송신 시스템과 리더 수신 시스템을 설계할 수 있음을 보여 주었다. 설계한 리더 송수신 시스템은 사용자가 임의의 회로나 환경 변수를 추가함으로써 실제의 리더를 모의실험 할 수 있다.

실험 결과 태그의 응답이 거리별, 송신 전력별로 다른 특성을 보임을 확인하였으며 데이터 수집 장비를 이용하여 완벽한 태그만의 주파수 특성도 분석할 수 있었다. 또한 태그의 응답 신호를 캡처하여 메모리에 저장한 뒤 리더 수신 시스템에 입력해준 결과 실험 대상 태그의 UID 를 추출할 수 있었다. 이는 태그가 부분적으로 국제 표준 규격을 만족한다고 해석할 수 있는 결과이다. 수집된 태그 데이터는 상용 CAD 툴 내에서 다시 신호로 변환 되는데 이 때 자신이 원하는 포인트에서 주파수 특성이나 시간 영역에서의 신호를 살펴 볼 수 있다. 이는 실제 RFID 리더 및 태그 구현 시 유용하게 사용되어질 수 있을 것으로 사료된다

향후 과제로는 국제표준규격에 정의 되어있는 요소를 더 반영하여 보다 완벽한 RFID 시스템 에뮬레이터를 구현하는 것과 본 논문의 실험과는 반대로 실제 리더와 가상의 태그 모델을 연동하여 실제 리더를 검증하고 임의의 태그 시스템을 구현할 수 있는 환경을 갖추는 것이다. 이를 위해서는 우선 신호 생성기와 실제 리더간의 동기 문제를 해결하는 것이

필요하다. 실제 리더에 동기화 회로가 구현된다면 동기 문제를 어느 정도는 해결할 수 있을 것이라 생각한다.

참고문헌

- [1] 조규조, “RFID 정책 추진 방향“, 한국전자과학회지, 제 15 권 제 2 호 2004 년.
- [2] 표철식 외 2 명, “RFID 시스템 기술“, 한국전자과학회지, 제 15 권 제 2 호, 2004 년.
- [3] 변상기, “RFID Tag 기술“, 한국전자과학회지, 제 15 권 제 2 호, 2004 년.
- [4] 이은곤, “RFID 확산 추진현황 및 전망“, 정보통신정책, 제 16 권 6 호, 2004 년.
- [5] Klaus Finkenzenlle, "RFID Handbook" ,John Wiley&Sons, 2002.
- [6] 장선기 외 1 명, “RFID 의 응용 예와 제작 공정“, 공업 화학 전망, 제 8 권 제 4 호, 2005 년.
- [7] 김현지, “물류유통부문의 RFID 활용방안에 관한 연구“, 유통정보학회지 제 7 권 제 1 호, 2004 년.
- [8] ISO/IEC FDIS 18000-6 "Parameters for air interface communication at 860MHz to 960MHz".
- [9] Agilent, "User-Defined Models", 2003.
- [10] Agilent, "Simulation Expressions", 2003
- [11] Agilent, "ESG Family Signal Generators Programming Guide", 2000.
- [12] Agilent, "PSA and ESA Series Spectrum Analyzer Measurement Guide and Programming Examples", 2000.
- [13] Agilent, "Agilent Ptolemy Simulation", 2003.