

EPCglobal Gen-2 RFID 시스템 태그와 리더간의 무선 전송 방식 성능 분석

Performance Analysis of Wireless Communications between Tag and Reader in EPCglobal Gen-2 RFID System

윤희석 · 마나르 모하이센 · 장경희 · 배지훈* · 최길영*

Heeseok Yoon · Manar Mohaisen · Kyunghi Chang · Jihoon Bae* · Gilyoung Choi*

요 약

본 논문에서는 모의 실험을 통하여 EPCglobal Gen-2의 리더와 태그간 상·하향 링크에서의 부호화, 변조 방식, 시간 동기 및 주파수 동기, 그리고 preamble 등의 규격에 대한 성능을 분석한다. 리더에서 태그로의 통신에서 사용되는 부호화 및 변조 방식에 의한 파형의 적합성을 확인하고, 태그에서 리더로의 통신에 사용되는 부호화 방식과 backscatter 변조 방식을 설명하며, backscatter 변조된 FM0 code의 BER 성능을 모의 실험을 통해 확인한다. 또한, 하향 및 상향 링크에서의 주파수, 시간 동기 및 preamble과 frame 동기의 필요성 및 역할에 대해 설명하고, 상향 링크 preamble의 정확한 검출 확률에 대한 모의 실험을 통하여 13 dB E_b/N_0 에서 preamble의 detection 확률이 거의 1에 근접함을 확인한다.

Abstract

In this paper, we analyze the performance of the encoding and the modulation processes in the downlink and uplink of the EPCglobal Gen-2 system through the analysis and simulation. Furthermore, the synchronization issues on time and frequency domain and the preamble architecture are evaluated. By incorporating the encoding and the modulation technique in the downlink and uplink, we assess the performance of the EPCglobal Gen-2 system. We also introduce the encoding and backscatter modulation process as well as the BER performance of FM0 code. In addition, the importance and the role of the frequency and time synchronization, such as the preamble and frame synchronization are explained. Through the simulation in the uplink on the detection probability through preamble, we find that the detection probability approaches 1 for 13 dB E_b/N_0 .

Key words : RFID, Passive, EPCglobal, Class-1, Gen-2

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 마이크로칩을 내장한 태그, 레이블, 카드 등에 저장된 데이터를 무선 주파수를 이용하여 리더에서 자동으로 인식하는 기술이다.

EPCglobal Class-1 Generation-2 표준은 태그를 활성화시키기 위해서 CW(Continuous Wave)를 전송하는 리더로부터 태그가 전력을 얻는 수동형 RFID 시스템이다. 이것은 태그가 energy source를 갖고 있지 않다는 것을 의미하며, 리더는 태그가 리더에 보낸 신호에 응답을 하면서 통신을 시작한다.

인하대학교 정보통신대학원(The Graduate School of Information Technology & Telecommunications, Inha University)

*한국전자통신연구원 텔레매틱스·USN 연구단(Telematics & USN Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 논문 번호 : 20070608-060

· 수정완료일자 : 2007년 7월 30일

EPCglobal Class-0와 Class-1 태그는 통신 프로토콜이 다르다. 예를 들어, 하향 링크에서 Class-0는 세 개의 데이터 심볼(Data '0', Data '1', 그리고 'Null')을 duty cycle로 구별하여 사용하지만, Class-1은 단지 두 개의 데이터 심볼(Data '0'와 'Data '1')만을 사용하며, 이 방법에는 심볼 주기가 짧은 복머식과 심볼 주기가 긴 유머식의 두 가지 방식이 있다. 위의 Class-0와 Class-1을 통합한 것이 바로 Class-1 Gen-2이며, 여기에서 off 펄스는 고정되어 있고, Class-1과 같이 두 개의 데이터 심볼(Data '0'와 'Data '1')을 사용한다.

Class-0와 Class-1의 리더는 특정 태그를 선택하기가 어렵고, Class-0 태그인 경우에는 리더와 태그 신호 사이의 큰 offset 때문에 리더기 사이에 충돌 문제가 있으나, Class-1 Gen-2는 이 문제점을 개선하였으며, 하나의 리더로서 두 Class의 태그를 모두 읽을 수 있게 한다^[1].

본 논문에서는 EPCglobal Class-1 Generation-2 RF-ID 표준에 대해 설명하고, 이 표준에 기초한 리더와 태그 간의 무선 전송 방식 성능을 분석한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 리더에서 태그로의 통신에서 사용하는 부호화 방식과 변조 방식을 적용하여 모의 실험을 통한 성능을 확인한다. 3장에서는 태그에서 리더로의 통신에 사용하는 부호화 방식과 backscatter 방식에 대해 기술하며, backscatter 변조에 대해 모의 실험한다. 이어서, 4장에서는 하향, 상향 링크에서의 주파수, 시간 동기 및 preamble과 frame 동기의 필요성 및 역할에 대해 설명하며, 마지막으로 5장에서는 결론을 도출한다.

II. 리더에서 태그로의 통신

그림 1은 리더 송신기에서 태그 수신기로의 통신을 위한 블록 다이어그램을 나타내며, 채널로는 일단 AWGN 채널만을 고려한다.

2-1 부호화

리더는 PIE(Pulse Interval Encoding) encoding을 사용한다. Data-0의 길이는 1 Tari이고, 여기서 Tari는 signaling의 시간 기준 단위이며, 식 (1)과 같은 값을 가진다.

$$6.25 \mu s \leq Tari \leq 25 \mu s \quad (1)$$

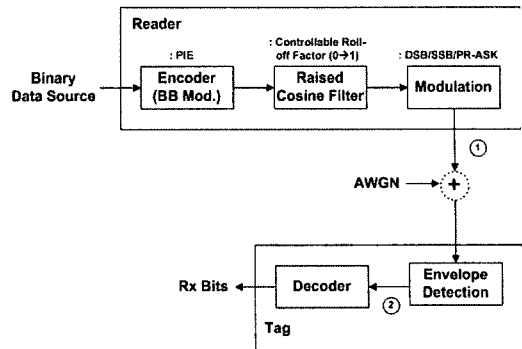


그림 1. 리더에서 태그로의 통신

Fig. 1. Reader to tag communications.

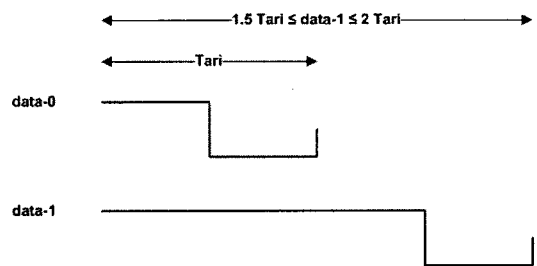


그림 2. PIE 심볼

Fig. 2. PIE symbols.

Data-1의 길이는 1.5와 2 Tari 사이에서 변화하며, 그림 2는 PIE encoding에 사용되는 심볼을 나타낸다.

2-2 변조

리더는 DSB-ASK(Double Side Band-Amplitude Shift Keying), PR-ASK(Phase Reversal ASK) 또는 SSB-ASK(Single Side Band ASK)의 변조 방식을 사용할 수 있다. 이 절에서는 이러한 변조 방식과 표준 RF 파형을 얻는 방법을 소개한다.

그림 3은 ASK와 PR-ASK 변조 방식의 표준파형을 나타내며, 리더에서 태그로의 통신에서 modulation depth는 최소 80 %, 보통 90 %를 갖는다. 여기에서 modulation depth는 $(A - B)/A$ 로 정의된다^[1].

2-2-1 DSB-ASK 변조

DSB-ASK 변조는 데이터를 부호화하면서 얻어진 파형을 변조하는 통상적인 ASK 변조 방식이다. 표 1은 DSB-ASK 경우, 그림 4의 변조된 반송파와 그림

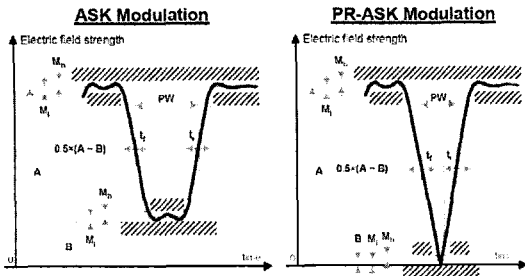


그림 3. 리더에서 태그로의 통신 RF 포락선
Fig. 3. Reader to tag RF envelope.

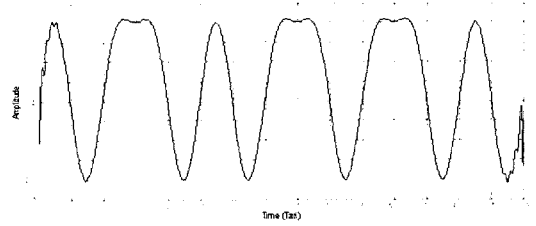


그림 5. 검출된 포락선(그림 1. ②)
Fig. 5. Detected envelope(Fig. 1. ②).

표 1. 모의 실험 매개 변수(DSB-ASK)
Table 1. Simulation parameters(DSB-ASK).

매개 변수	값
Data	[0 1 0 1 1 0]
Filter	Raised cosine
Alpha(Roll-off factor)	0.99
Envelope detection	Hilbert transform

5의 포락선 검출을 위하여 사용되는 모의 실험 매개 변수들이다.

그림 4는 [0 1 0 1 1 0]이라는 일련의 데이터를 EPC Gen-2 표준의 PIE encoding에 따라 부호화하고, 이를 raised cosine 필터를 통과시켜 DSB-ASK 방식으로 변조한 그림 1의 ①에서의 반송파를 나타낸다.

그림 5는 수신기에서 수신된 신호를 Hilbert 변환을 이용, 원 신호를 복원하기 위하여 검출된 그림 1의 ②에서의 포락선(envelope)을 나타낸다.

2-2-2 PR-ASK 변조

PR-ASK는 symbol(bit)들 사이 경계 지역에서 기저 대역 위상을 반전시켜 얻어진다. PR-ASK 변조 방식

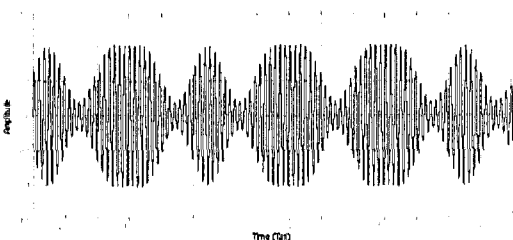


그림 4. 변조된 반송파(그림 1. ①)
Fig. 4. Modulated carrier(Fig. 1. ①).

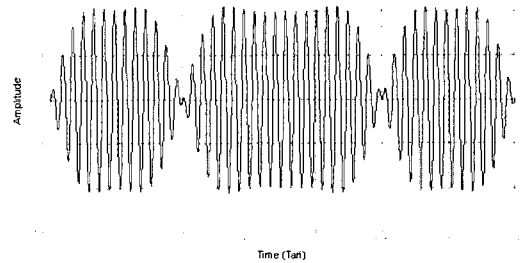


그림 6. 변조된 반송파(PR-ASK)(그림 1. ①)
Fig. 6. Modulated carrier(PR-ASK)(Fig. 1. ①).

에 쓰인 데이터 시퀀스는 [0 1 0]이고, roll-off factor가 0.99인 raised cosine 필터를 사용하였으며, Hilbert 변환을 사용하여 포락선 검출을 하였다. 그림 6은 데이터 [0 1 0]이 부호화되어 raised cosine 필터를 거쳐 PR-ASK 방식으로 변조된 그림 1의 ①에서의 반송파를 나타낸다.

그림 7은 Hilbert 변환에 의해 검출된 그림 1의 ②에서의 포락선을 나타낸다.

2-2-3 SSB-ASK 변조

SSB-ASK 변조 방식은 Hilbert 변환을 사용하여

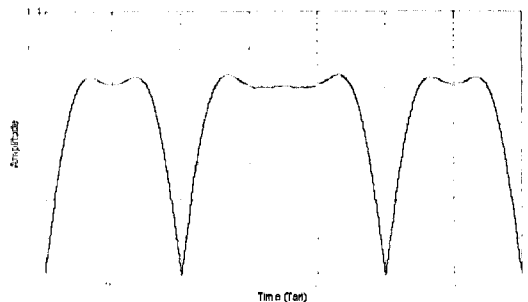


그림 7. 검출된 포락선(그림 1. ②)
Fig. 7. Detected envelope(Fig. 1. ②).

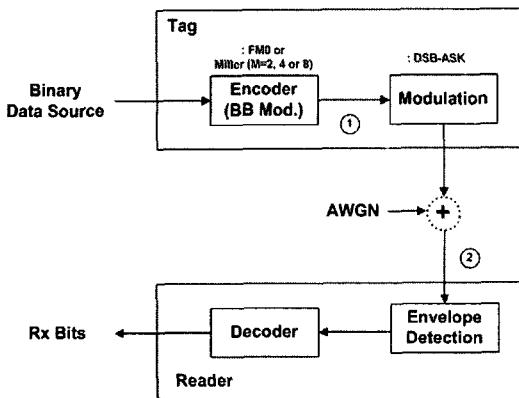


그림 8. 태그에서 리더로의 통신
Fig. 8. Tag to reader communications.

Signal PSD Two Sides의 한 부분을 제거하여 얻어진 다^[2].

Ⅲ. 태그에서 리더로의 통신

그림 8은 태그 송신기에서 리더 수신기로의 통신을 위한 블록 다이어그램을 나타내며, AWGN 채널만을 고려한다.

3-1 부호화

태그에서 리더로의 통신 encoding을 위해 FM0 또는 Miller sub-carrier tones의 부호화 방법을 사용한다. 태그의 메모리에 저장된 정보 또는 데이터를 바로 변조할 경우 넓은 주파수 스펙트럼이 요구되어 리더에서 높은 인식률을 보장하기 어려우므로, 두 개의 주파수 스펙트럼이 발생될 수 있는 Bi-phase 형태의 Manchester 코드 또는 FM0 코드로 부호화를 한다.

3-1-1 FM0 부호화

위상 반전은 심플들간 경계에서 발생하나, Data-0는 심플 중간에 위상 반전이 생긴다.

3-1-2 Miller 코드

Miller code는 'Miller Subcarrier Sequences'라 불리는 sequence를 사용할 수 있다. 레벨 M값이 커지면, 하나의 비트 안에 같은 주기가 2, 4 또는 8개가 포함되며, 이렇게 되면 전송 주기가 길어져 전송률이 떨어지게 된다. 전송률(또는 link frequency(LF))은 리

더에 의해 태그로 보낸 매개 변수와 사용된 부호화 형식에 의해 결정된다. 식 (2)는 LF의 범위를 나타낸다.

$$5 \text{ kbps} \leq LF \leq 640 \text{ kbps} \quad (2)$$

가장 낮은 전송률 5 kbps의 데이터는 $M=8$, $TR_{cal}=200 \mu s$ 과 $DR=8$ 의 Miller Code를 사용시, 전송되며 (여기서, $M=2^k$ 은 심플 크기, k 는 비트 개수, DR 은 divide ratio이며, 64/3와 8 중에서 하나의 값을 갖는다.), 최대 전송률 640 kbps는 FM0 부호화, 매개 변수 $TR_{cal}=33.3 \mu s$ 와 $DR=64/3$ 을 사용하여 얻을 수 있다. 식 (3)과 (4)는 각각 전송률(data rate)과 TR_{cal} 의 범위를 나타낸다.

$$DataRate = LF = \frac{DR}{TR_{cal} \times M} \quad (3)$$

$$1.1 \times RT_{cal} \leq TR_{cal} \leq 3 \times RT_{cal} \quad (4)$$

3-2 Backscatter 변조

그림 9의 backscatter 변조 방식은 수동형 태그의 데이터 전송 방식으로 사용하며, 동작 원리는 리더에서 방사된 RF 신호로부터 태그의 칩을 구동시킬 수 있는 직류 전류를 정류하여 자체 칩을 구동시켜서 리더가 원하는 응답을 하는 방식이다^{[3]-[5]}.

이 때 태그의 안테나와 칩이 정합되었을 경우, 칩으로 공급되는 전력은 반사되는 전력과 동일하게 수신 전력의 절반이 되고, 태그의 안테나부가 단락되었을 경우, 입사 전력과 반사 전력이 같은 위상이 되어 수신 전력의 2배가 반사된다. 이와 같은 형태로 ASK 변조를 구현할 수 있고, 부하 변조 회로를 구현하여 FSK와 같은 데이터 변조도 가능하다. EPC Gen-2에서는 진폭을 변화시키는 ASK와 위상을 변화시키는 PSK 방식으로 부호화된 비트를 전송한다^[6].

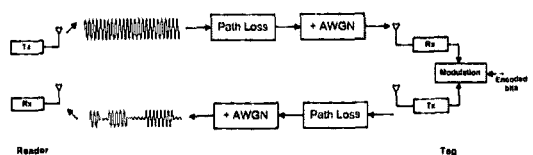


그림 9. Backscatter 변조
Fig. 9. Backscatter modulation.

표 2. 모의 실험 매개 변수(Backscatter 변조)
Table 2. Simulation parameters(Backscatter mod).

매개 변수	값
Reader Tx	CW(Sine Wave)
CW frequency	896 MHz
Sampling frequency	5 * 896 MHz
Tx bits	8 Random Bits
Rx lowpass filter(LPF)	Butterworth 1st Order
Tag coding	FM0
Tag modulation	ASK(100 %)
Tag data rate	320 Kbps

그림 9는 FM0 부호화와 ASK 변조를 이용한 backscatter 변조를 나타내고 있으며, 리더와 태그간의 통신을 단순화시킨 그림이다. 태그에서 backscatter 되어, 태그의 변조기에서 RF 반송파로 사용될 정현 신호를 리더는 전송한다. 부호화된 데이터는 반송파를 변조하고, 변조된 반송파는 태그 안테나로부터 전송된다. 표 2는 backscatter 변조를 위한 모의 실험 매개 변수를 나타낸다.

그림 10은 단순화된 리더 수신기 구조이다. 태그로부터 backscatter 된 수신 신호는 송신기에서 사용되는 정현 신호와 합쳐지고, 혼합기 출력 신호는 LPF(Low Pass Filter)에서 고주파 성분이 제거된 후, 낮은 주파수 대역 성분만이 통과된다. 발생된 신호는 태그 송신기에서 사용된 부호화의 역과정에 의하여 디코딩된다.

그림 11은 기저 대역에서 [1 1 0 0 1 0 0 1]의 순서로 생성된 데이터의 그림 8의 ①에서 부호화된 펄스이다.

그림 12는 태그에서 반사된 backscatter된 그림 8의 ②에서의 신호이다.

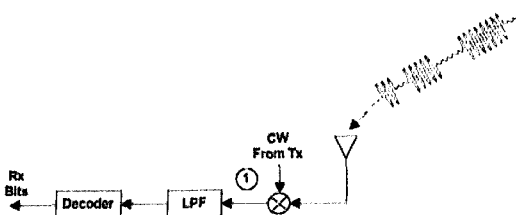


그림 10. 단순화된 리더 수신기 구조
Fig. 10. Simplified reader receiver structure.

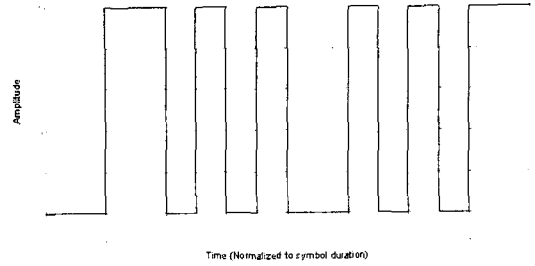


그림 11. FM0로 부호화된 데이터(기저 대역)(그림 8. ①)
Fig. 11. FM0 encoded data(BB)(Fig. 8. ①).

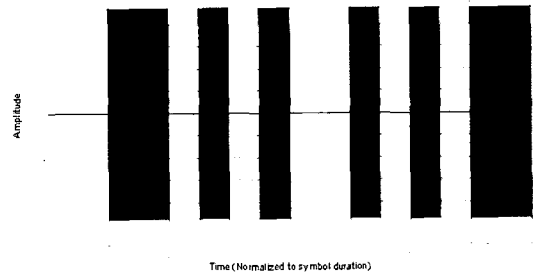


그림 12. Backscatter된 신호(그림 8. ②)
Fig. 12. Backscattered signal(Fig. 8. ②).

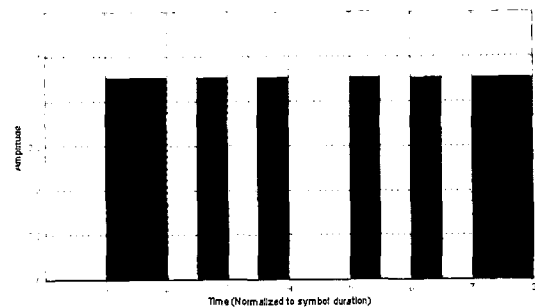


그림 13. 혼합기 출력 신호(그림 10. ①)
Fig. 13. Signal at the output of the mixer(Fig. 10. ①).

그림 13은 그림 10의 ①에서의 혼합기를 거친 출력 신호이다.

3-3 FM0/Miller 코딩의 BER 성능

상향 링크(태그→리더)의 부호화 방법인 FM0와 Miller 부호화에서 같은 구조의 basis function이 사용

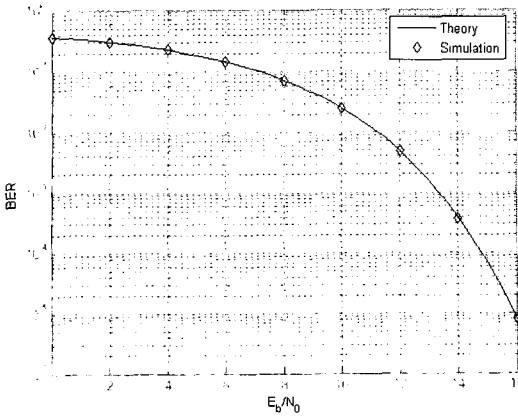


그림 14. FM0의 BER 성능
Fig. 14. FM0 BER performance.

된다. 결과적으로 BER 성능은 symbol-by-symbol 검출을 적용한다면 같아지나, 이는 최적의 검출 방법은 아니며, differential 검출에 비하면 구현이 쉽다는 장점이 있다. 수신기의 decision rule은 아래와 같다^{[7],[8]}.

$$\begin{cases} \text{Choose } H_1, & \text{if } \left(\int_0^{T/2} \tilde{r}(t) dt \cdot \int_{T/2}^T \tilde{r}(t) dt \right) \geq 0. \\ \text{Choose } H_0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (5)$$

여기에서, H_1 이 선택되면 Data-1이 전송된 것이고, 그 밖의 경우 Data-0가 전송되었음을 나타낸다. \tilde{r} 는 기저 대역 수신 신호이고, T 는 심볼 주기이다. 심볼 에러율 SER(또는 BER)은 식 (6)과 같이 주어진다.

$$P_e = 2Q\left(\sqrt{\frac{E}{N_0}}\right) \left[1 - Q\left(\sqrt{\frac{E}{N_0}}\right) \right] \quad (6)$$

여기에서, E 는 심볼 에너지이고, $N_0/2$ 는 AWGN의 two-sided PSD(Power Spectral Density)이다. 그림 14는 FM0 code의 BER 성능을 나타낸다. FM-0 BER 성능 그래프에서는 target BER 10^{-3} 을 만족시키기 위하여 약 13 dB의 E_b/N_0 가 요구되며, 이론적인 커브와 모의 실험 커브가 일치함을 확인할 수 있다.

IV. 주파수 및 시간 동기

수신된 데이터를 복조하기 전 주파수와 시간은 동기화 이루어져야 하며, 송신기와 수신기의 동기화 방법은 통신 시스템에 사용된 구조와 기술에 의해

결정된다. 다음에는 RFID 시스템에서 동기화를 얻는 방법에 대해 소개한다.

4-1 하향 링크 동기화

4-1-1 주파수 동기

RFID 시스템에서 태그는 backscattering 변조 방법을 이용한다. 이는 local carrier를 생성하기 위한 local VCO(Voltage Controlled Oscillator)를 갖지 않음을 의미한다. 수신된 정현 신호는 부호화된 비트에 의해 변조된 후 리더로 backscatter 되어 재전송된다. 하향 링크에서 첫 번째 복조 과정은 포락선을 검출하여 반송파를 억제하므로, 주파수 동기화를 하향 링크(리더→태그)에서는 필요로 하지 않는다.

4-1-2 시간 동기

하향 링크에서 EPCglobal 표준은 PIE 부호화를 사용하여 데이터를 전송한다. PIE 부호화를 사용하는 이유는 클럭을 포함하고 있기 때문에, 태그에서 비트(또는 심볼) 경계를 검출하기가 용이하다. 클럭은 태그의 아날로그 부분(예, AFE, 변조기 등)과 디지털 부분(예, EPROM과 제어기)간에 상호 작용을 가능하게 해준다.

그림 15는 태그 복조기의 functional block diagram이다^[9]. 부호화된 심볼인 수신 신호의 포락선(기저 대역 신호)을 검출함으로써 반송파를 제거한다. 포락선은 trigger를 통과하며, 여기서 trigger는 포락선의 상승/하강하는 edge를 검출하여 잡음으로부터 기저 신호를 복구한다. Trigger의 출력은 반전이 되어 태그의 디지털 부분에서 사용되는 클럭을 생성하고, trigger의 출력을 적분하는 적분기를 리셋한다. '1' 또는 '0'의 전송 비트를 결정하는 discriminator를 통

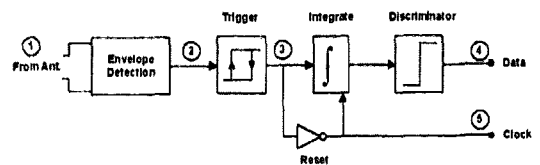


그림 15. 태그 복조기의 functional block diagram
Fig. 15. Functional block diagram of tag's demodulator.

표 3. 하향 링크 시간 동기를 위한 모의 실험 매개 변수

Table 3. Simulation parameters(DL timing synch).

매개 변수	값
Carrier frequency	910 MHz
Reader encoding	PIE
Reader modulation	ASK
Transmitted bits	1 0 0 1 1 0
'1' duration	1.5 Tari
'0' duration	1 Tari
Envelope detection	Hilbert Transform

해 적분기의 출력이 결정되며, 데이터는 후에 처리 될 클럭과 함께 디지털 부분으로 입력된다.

그림 16~19에서는 그림 15의 각각의 functional block 출력에서의 파형 분석을 통하여, 그 적합성 여부를 판단한다. 하향 링크 시간 동기를 위한 모의 실험 매개 변수는 표 3과 같이 주어진다.

태그는 Pivot 값을 이용하여 비트 사이를 구분한다. High level duration이 Pivot보다 작은 비트가 수신 되면 '0'으로 간주하고, 그렇지 않으면 '1'로 간주한다.

$$Pivot = \frac{RT_{cal}}{2} \quad (7)$$

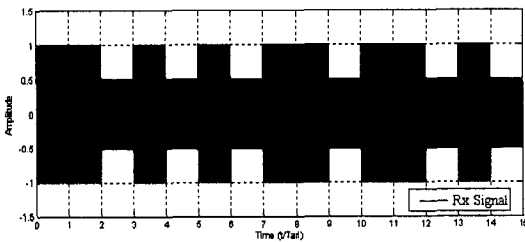


그림 16. 태그 안테나에서의 수신 신호 ①
Fig. 16. Received signal at the tag antenna ①.

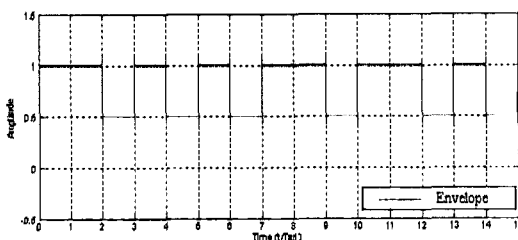


그림 17. 검출된 포락선 ②
Fig. 17. Detected envelope ②.

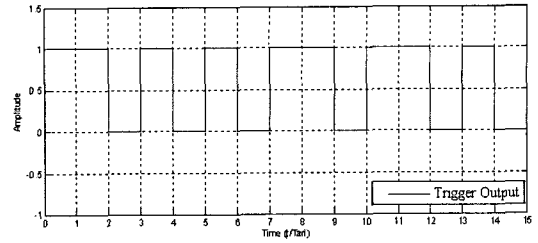


그림 18. Trigger 출력 ③
Fig. 18. Output of the trigger ③.

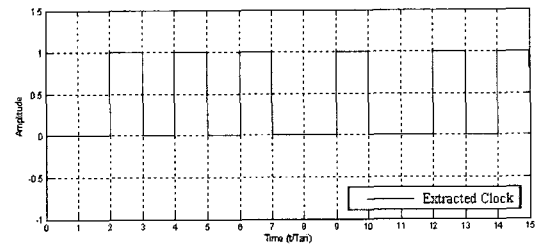


그림 19. 추출된 clock 신호 ⑤
Fig. 19. Extracted clock ⑤.

그림 16~19에서와 같이 수신된 신호의 포락선을 검출하며, 클럭은 데이터 심볼로 보내져, 적분기를 설정하고 메모리를 구동시키며, 제어부에 의하여 검출된 비트를 수신하는데 사용된다.

상승하거나 하강하는 edge는 trigger 출력이나 클럭에서 검출할 수 있으며, 그림 19의 클럭 신호를 미분하여 그림 20과 같이 검출할 수 있다. 양의 값은 같은 심볼 내에서 high level에서 low level로의 변화를 의미하는 trigger 출력의 하강 edge이며, 음의 값은 두 심볼(비트)간의 경계를 표현하는 trigger 출력의 상승 edge를 나타낸다.

상승 edge index를 사용하여 적분기를 리셋하고,

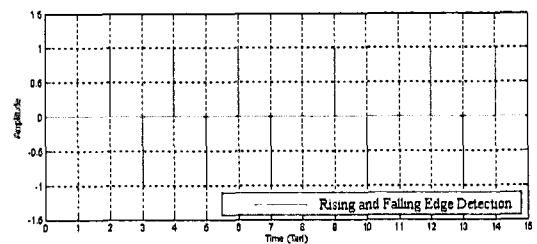


그림 20. 클럭 신호의 falling and rising edges 검출
Fig. 20. Falling and rising edges detection from the clock signal.

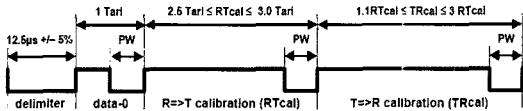


그림 21. 리더에서 태그로의 통신 preamble
Fig. 21. Reader to tag preamble.

적분기 출력은 discriminator로 입력되어 discriminator에 의하여 '1' 또는 '0'이 결정된다.

4-1-3 리더 Preamble과 Frame 동기

모든 리더의 signaling은 preamble 또는 frame 동기가 우선되어야 한다. Query 명령어는 태그 inventory의 시작을 알리는 preamble로 시작되나, 다른 명령어는 frame 동기로 시작된다. 다음 그림은 PIE 부호화를 사용하는 preamble을 나타낸다.

Preamble은 Data-0 앞의 구획문자(delimiter)로 시작되며, Data-0 후에 Data-0와 Data-1을 구분하기 위한 RTcal(Reader to Tag Calibration)이 위치하고, 비교 시 기준이 되는 문턱 값 Pivot은 식 (7)과 같이 주어진다. 여기에서, 심볼이 Pivot보다 짧다면 Data-0로 간주되고, 그렇지 않다면 Data-1으로 간주되며, TRcal(Tag to Reader Calibration)은 Link Frequency(LF)을 계산하기 위하여 식 (3)과 같이 주어진다.

여기에서 DR(Divide Ratio)은 64/3 또는 8의 값을 취하고, 하나의 비트를 사용하는 Query 명령어를 사용하여 리더에서 태그로 보내진다. 즉, 만약 비트 값 '0'이 보내지면, DR은 값 '8'을 취하고, 그렇지 않다면 값 '64/3'을 취한다. Pivot 값은 Query 명령어 전송만을 이용하여 변경할 수 있고, 연속적인 Query 명령어 사이의 최소 시간은 8 TRcal이다.

그림 22는 리더에서 태그로의 frame 동기를 위한

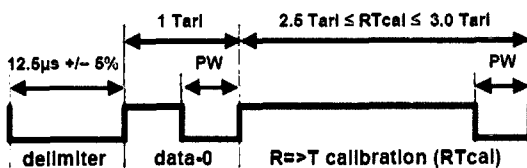


그림 22. 리더에서 태그로의 frame 동기를 위한 signaling
Fig. 22. Reader to tag frame-synchronization.

signaling을 나타낸다. Frame 동기는 preamble 동기와 TRcal이 없다는 것을 제외하고는 같은 구조를 가지고 있다.

4-2 상향 링크 동기화

4-2-1 주파수 동기

RFID 시스템은 주파수 동기화를 고려하지 않는다. 반송파를 억제하고 포락선을 검출하기 때문이다.

4-2-2 시간 동기

클럭은 전 절에서 다루었듯이 기저 대역 신호로부터 생성되며, 부호화 방법에 따라 클럭 추출 방법이 상이할 수 있다.

4-2-3 Preamble 검출 확률

RFID 시스템에서의 preamble 검출은 리더에서 태그로 그리고 태그에서 리더로의 링크를 획득하기 위한 필수 조건이다. 식 (8)에 preamble의 검출 확률을 나타낸다.

$$P_{cp} = (1 - P_e)^N \quad (8)$$

여기에서 P_e 는 심볼 에러 확률이고, N 은 심볼의 수이며, preamble의 경우 N 은 6으로 된다. 앞에서 언급한 바와 같이 FM0와 Miller($M=1$)의 BER은 같으므로, FM0 preamble의 검출 확률은 Miller 코드의 경우와 같다.

그림 23으로부터, 13 dB E_b/N_0 에서 preamble의 detection 확률이 거의 1에 근접함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 EPCglobal Class1 Gen-2 수동 RFID 시스템의 표준을 기준으로 AWGN 채널만을 고려하여 무선 전송 방식의 성능을 분석한다. 리더에서 태그로의 통신에서 사용되는 부호화 및 변조 방식에 의한 파형의 적합성을 확인하고, 태그에서 리더로의 통신에 사용되는 부호화 방식과 backscatter 변조 방식을 설명하며, backscatter 변조된 FM0 code의 BER 성능을 모의 실험을 통해 확인한다. 또한, 하향 및 상향 링크에서의 주파수, 시간 동기 및 preamble과

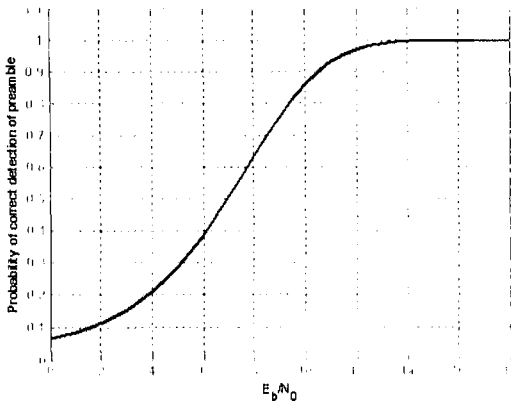


그림 23. 상향 링크 preamble의 검출 확률

Fig. 23. UL preamble's probability of correct detection.

frame 동기의 필요성 및 역할에 대해 설명하고, 상향 링크 preamble의 정확한 검출 확률에 대한 모의 실험을 통하여 13 dB E_b/N_0 에서 preamble의 detection 확률이 거의 1에 근접함을 확인한다.

참 고 문 헌

[1] EPCglobal, *EPC radio frequency identity protocols classe-1 generation-2 UHF RFID, protocol for communications at 860 MHz 960 MHz*, version 1.0.9, 2004.

[2] F. Hussien et al., *Design considerations and trade-offs for passive RFID tags*, Texas A&M University presentation, May 2005.

[3] U. Karthaus, M. Fischer, "Fully integrated passive UHF RFID transponder IC with 16.7-uW minimum RF input power", *IEEE Journal for Solid-state Circuits*, vol. 38, no. 10, pp. 1602-1608, Oct. 2003.

[4] D. Dobkin, "The RF in RFID", Available online at http://www.enigmatic-consulting.com/Communications_articles/RFID/RF_in_RFID_index.html.

[5] Atmel Corporation, "U2270B, read/write base station", 2003. Available online at <http://media.digikey.com/PDF/Data%20Sheets/Atmel%20PDFs/U2270B.pdf>.

[6] 유승화, 유비쿼터스 사회의 RFID, 전자신문사, 2005년 3월.

[7] B. Sklar, *Digital Communications*, 2nd Edition, Prentice Hall PTR, 2002.

[8] A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2005.

[9] Atmel Corporation, "E5551, Standard R/W Identifications IC with Anti-collision", Rev. A3, Oct. 2004. Online at: http://www.rfcard.com.cn/information/jszl/E5551_IN/E5551_IN.pdf, p. 15.

윤 희 석



1999년 8월: 인하대학교 전기공학과 (공학사)
 2006년 9월~현재: 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
 [주 관심분야] 유비쿼터스 네트워크, RFID, OFDM

Manar Mohaisen



2001년 7월: Univ. of Gaza, Gaza, Palestine, 통신 및 제어 (공학사)
 2005년 9월: School of Polytechnic of Nice Univ., Sophia-Antipolis, France (공학석사)
 2006년 2월~현재: 인하대학교 정보통신대학원 박사과정

2001년~2003년: Palestinian Telecommunication Company (JAWWAL)

[주 관심분야] MIMO Detection, Co-Channel Interference Cancellation, RFID

장 경 희



1985년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1992년 8월: Texas A & M Univ., EE Dept. (Ph.D.)
1989년~1990년: 삼성종합기술원 주임연구원

1992년~2003년: 한국전자통신연구원 이동통신연구소 무선전송 방식연구팀장 책임연구원
2003년~현재: 인하대학교 정보통신대학원 부교수
[주 관심분야] 4세대 이동통신 및 3GPP LTE 무선 전송방식, WMAN 및 DMB 시스템 무선 전송기술, Cognitive Radio, Cross-layer Design, Cooperative Relaying System, RFID 및 USN

최 길 영



1987년 2월: 경북대학교 전자전기공학과 (공학석사)
1987년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원
2005년 3월~현재: 한국전자통신연구원 RFID 시스템연구팀 팀장
[주 관심분야] 유비쿼터스 네트워크, RFID 시스템

배 지 훈



2000년 2월: 경북대학교 전자전기공학과 (공학사)
2002년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
2002년 1월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
[주 관심분야] Phased Array Antennas, Optimization Techniques, RFID System