

채널 부호를 적용한 EPC C1 Gen2 RFID 시스템

정회원 전 기 용*, 조 성 호**

EPC C1 Gen2 RFID System with Channel Coding

Ki-Yong Jeon*, Sung-Ho Cho** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 UHF대역에서 EPC C1 Gen2 규격을 지원하는 RFID시스템에 대해, 무선 채널환경에 의한 성능 저하를 극복하기 위한 채널부호 적용 방법 및 이를 지원하는 개선된 태그 구조를 제안한다. 리더는 무선채널 환경의 영향을 지속적으로 모니터링하고, 통화품질이 기준 이하로 나빠졌을 때에만 채널 부호를 적용하도록 효율적으로 설계되었다. 기존의 태그에 비하여 무시하여도 좋을 만큼의 게이트 수 증가만으로도 채널부호 기능을 수행할 수 있음을 확인하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해, 채널부호방식이 적용되지 않은 기존의 태그신호 수신 성능과 다양한 채널부호 방식이 적용된 태그신호 수신 성능을 비교 분석하였고, 뚜렷한 성능 개선이 있음을 확인하였다.

Key Words : RFID, Channel Coding, Convolutional coding, Block coding

ABSTRACT

For the UHF EPC C1 Gen2 RFID system, to overcome the performance degradation in wireless channel environments, we proposed a modified tag structure which supports channel coding and its applied methodology. The reader consistently monitors the wireless channel status and sets to use channel coding functions for tags and reader only if wireless channel is corrupted. Compared with previous tag complexity, only negligible gates are needed to implement channel coding. By simulation we showed an obvious performance improvement of the identification reliability.

I. 서 론

RFID 기술은 현존하는 기술 중에서 supply chain management (SCM)의 최적 운용을 가능하게 하는 핵심적인 기술로 인정받고 있다. 우리는 SCM망에서 RFID 기술을 통하여 얻고자 하는 대상 사물의 식별, 위치 이동 추적 및 이력 관리에 관한 모든 정보를 생성 및 처리할 수 있다. 또한, RFID는 현존하는 다양한 기술들 중에서 유비쿼터스 네트워크 세상을 구현할 수 있는 가장 근접한 기술 중에 하나로서 그 중요성이 갈수록 증대되어가고 있다.

UHF대역 RFID기술은 무선환경하에서 약 8.4m

떨어진 거리에서도 태그를 인식할 수 있으며, 태그는 unique identification number (UID) 정보를 내장하고 있다^[1]. 태그는 각 사물에 부착되어 사물의 UID를 저장하며, 리더는 태그의 UID정보를 식별할 수 있을 뿐 아니라 태그 내부 저장공간에 부가정보를 기록하고 읽을 수 있다. 리더와 태그 사이의 통신방식은 데이터 부호화, 변조방식, 충돌방지 방식, 데이터 복호화 및 복조 방식 등에 있어서 다양한 국제 기준이 존재하지만, 현재 electronic product code (EPC) class1 generation2 (C1 Gen2) 규격이 ISO/IEC에 등록되어 국제적으로 활용범위가 넓어지고 있다. 따라서, 본 논문에서 언급하는 모든 방식

※ 본 연구는 대학 IT 연구센터 육성지원사업의 연구결과로써 HY-SDR연구센터의 연구비 지원으로 수행되었음

* 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 통신및신호처리 연구실 (kyjeon@casp.hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 정보통신대학 (shcho@casp.hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-08-350, 접수일자 : 2007년 8월 7일, 최종논문접수일자 : 2008년 1월 29일

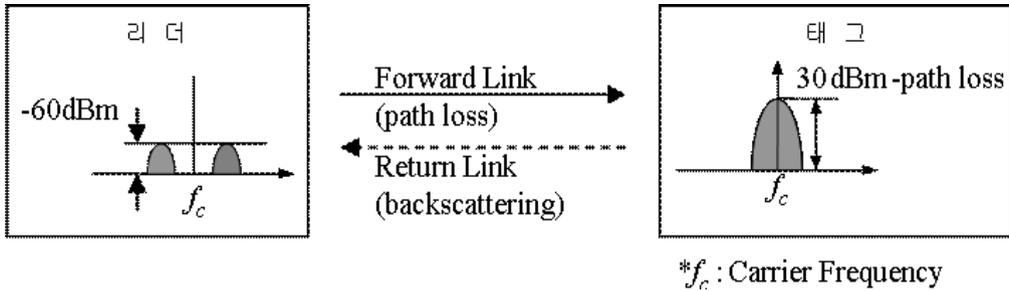


그림 1. UHF 대역 RFID 시스템

은 EPC C1 Gen2 규격에 근거한 RFID 시스템에 기반한다^{1,3)}.

UHF대역 RFID 시스템을 리더와 태그에서 각각 수신되는 신호 전력과 함께 그림 1에 도시하였다. 기존 무선통신 시스템대비 RFID 시스템의 특징은 리더에서 태그로의 송신신호 전력(30 dBm)에 비하여 태그에서 리더로의 응답전력(-60 dBm)이 매우 작다는 데 있다. 따라서, RFID 시스템의 전체적인 성능은 미약한 전력으로 수신되는 태그 신호를 리더 수신부에서 어느 정도까지 복원할 수 있느냐에 달려 있다. 이와 같은 환경은 휴대형 RFID의 경우 더욱 주요한 성능 결정 요인으로 작용한다. 휴대형 RFID의 경우 사용자의 사용환경이 다중경로 페이딩이 발생하는 이동통신 환경과 유사하기 때문에 고정형 리더보다 운용환경이 열악하다^{4,5)}. 또한, 고정형 RFID 리더의 경우도 사용하는 환경에 따라 휴대형 리더와 비슷한 운영환경이 발생할 수 있다. 예를 들어, 창고 또는 매장에서 고정형 리더기를 운영시 주변 사물 및 사람들에 의한 다중경로 페이딩 현상으로 RFID 시스템의 성능이 저하될 수 있다^{4,5)}.

따라서, 우리는 본 논문에서 EPC C1 Gen2 규격 RFID 시스템에 대해, 전체적인 시스템 성능 향상이 가능한 방안을 모색하였다. EPC C1 Gen2 규격에는 태그로부터 리더로의 return link에 대하여 데이터 전송시 오류를 검출할 수 있는 cyclic redundancy code (CRC) 기능은 지원하지만, 오류를 정정할 수 있는 기능은 지원하지 않는다. 따라서, 기존 태그 구조에 채널 부호 기능을 추가하면서 사용여부를 리더가 제어할 수 있는 구조를 제안한다. 이 경우, 채널 부호기능을 사용하지 않으면 EPC C1 Gen2 규격으로 동작하고, 부호기능을 사용하면 채널 부호화된 데이터들이 FM0 부호화되어 리더로 전송된다. 여기에서 FM0는 ISO/IEC 18000-6 A, B, C 및 EPC C1 Gen2 규격의 UHF 대역 RFID에서 정의된 태그 데이터 부호화 방식이다^{1,2,3)}.

RFID 분야의 태그와 리더 기능에 대하여는 현재에도 기능 정의 및 규격화가 진행 중이다. 또한, EPCglobal에서는 EPC C1 Gen2 규격에 security 기능 및 인식 성능 향상을 위한 기능을 추가하기 위한 위원회가 조직되어 연구활동을 진행하고 있다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 방식은 RFID 시스템의 성능향상을 위한 방안 제안으로서 의미를 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 UHF대역 RFID 태그 및 리더의 수신부 구조를 설명하고, 기존 시스템의 문제점에 대해 살펴본다. 3장에서는 제시된 문제점을 해결하면서 전체적인 RFID 시스템의 성능을 향상시키기 위한 새로운 방식을 제시하고, 제안하는 방식에서 사용되는 채널부호에 대해 설명한다. 4장에서는 제안하는 방식과 기존의 EPC C1 Gen2의 성능을 비교하기 위한 시뮬레이션 환경에 대해 설명하고, 제안하는 방식이 우수한 성능을 가지고 있음을 보인다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. UHF 대역 RFID 시스템 구조

일반적인 UHF대역 RFID 태그의 내부구조를 그림 2에 도시하였다. Voltage multiplier는 리더로부터 RF신호를 받아 자체 전원 (VDD)을 발생시킨다. RFID 리더에서 태그로 송신된 명령 및 정보는 태그 안테나를 통하여 복조기 (demodulator)에서 clock 정보인 clk 신호와 리더 명령 데이터 정보인 data 신호로 복원된 후 제어회로 (control logic)에서 처리된다. 태그에서 리더로의 응답신호는 난수 발생기 (random number generator) 또는 EEPROM에 저장된 태그 정보를 제어 회로에서 FM0 또는 Miller 부호로 변환함으로써 생성된다. 부호화된 데이터는 변조기 (modulator)를 거쳐 안테나에서 역산란되어 리더에 전송된다.

UHF대역 RFID 리더의 일반적인 내부구조를 그

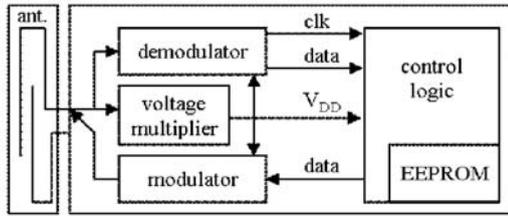


그림 2. UHF대역 RFID 태그의 일반 구조

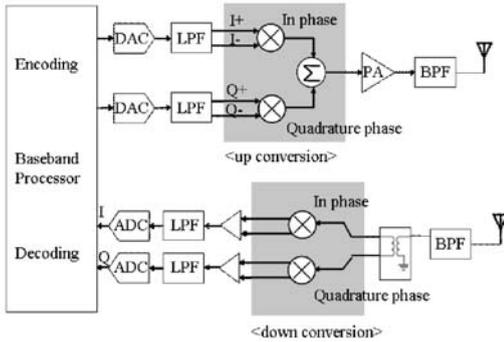


그림 3. UHF대역 RFID 리더의 일반 구조

림 3에 도시하였다. RFID 리더 송신부에서는 변조기에 의하여 기저대역신호의 반송과 변조 및 진폭변조를 수행한다. RFID 리더 수신부에서는 역산란을 통하여 변조된 태그 응답신호를 복조기(demodulator)에 의하여 복조한 후, I/Q 채널 기저대역신호로 출력한다. 현재 860-960 MHz 대역 RFID 리더는 일반적으로 homodyne 수신기를 사용한다. 이 수신기는 복조기 내부에 in-phase 복조기와 $\pi/2$ radian의 위상차를 나타내는 quadrature-phase 복조기로 구성된다⁶⁾.

수신부에서 복조된 I/Q 채널 신호는 증폭기와 low pass filter (LPF)를 통과한 후 analog digital converter (ADC)를 거쳐 디지털 신호로 변환된다. 각 I/Q 채널의 디지털 신호는 프로세서로 입력되어 태그 응답신호의 프레임 정보를 찾는다. 프로세서는 프레임 정보를 기반으로 태그 응답 데이터를 사용하여 cyclic redundancy code (CRC)를 계산하고, 계산된 CRC값과 태그 응답 정보 내에 존재하는 CRC값을 비교한다. CRC값이 서로 차이가 나는 경우 태그의 응답은 무시되며 이와 같은 경우 태그 응답신호에 전송된 전체 데이터를 잃게 된다. Type-B의 경우는 이와 같은 경우 resend 명령을 통하여 해당 태그만 다시 응답하도록 처리할 수 있지만, EPC C1 Gen2의 경우 resend 명령이 없기 때문에 추가적으로 anti-collision 과정을 수행하여 태

그 정보를 받아야 한다^{1,2,3)}.

이와 같이, 무선채널상의 데이터 오류는 해당 프레임 전체 데이터 손실 및 추가적인 인식 시간 요구로 이어지기 때문에, RFID 시스템의 성능은 태그의 응답신호를 리더에서 어느 정도까지 복원할 수 있는가에 의존한다. 특히, 주변환경 및 잡음에 의하여 영향을 받는 상황이라면 RFID 시스템의 성능이 크게 저하될 수 있다⁵⁾. 이와 같은 무선환경에서 왜곡된 태그 응답신호에 대한 처리 성능을 향상시킬 수 있다면 RFID 시스템의 성능저하를 방지할 수 있다. 그리고, 처리 성능의 향상은 동일한 태그 인식 성능을 가정할 때 기존 규격 태그에 비하여 응답신호에 필요한 전력을 감소시킬 수 있으며, 동일 전력으로 응답하는 태그들에 대하여는 기존 규격의 태그에 비하여 인식 가능한 거리를 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

기존에 ISO/IEC 18000-6 A 규격의 RFID 리더에 채널부호 기능을 적용하여 무선환경에 효율적인 시스템을 구현한 연구가 진행되었다⁷⁾. 하지만, 기존 연구에서는 무선채널에 상대적으로 영향을 거의 받지 않는 리더 전송 신호에도 길쌈부호를 추가하였다. 따라서, 태그에 Viterbi 복호기의 구현이 필요함으로써 실제 태그를 구현하기 위한 하드웨어 복잡도가 크게 증가한다. 또한, 현재는 거의 사용되지 않은 ISO/IEC 18000-6 A 규격을 사용하여 구현하였기 때문에, 국제 규격으로 결정된 EPC C1 Gen2 시스템에서의 성능비교는 추가적으로 수행되어야 한다. 마지막으로 실제 태그를 실험에 사용하지 않고 리더와 동일한 모듈을 사용함으로써 무선 환경에 민감한 태그 역산란 (back-scattering) 신호의 실제적인 모델링이 불가능하다. 따라서, EPC C1 Gen2 시스템을 좀더 현실적으로 반영하여 모델링을 수행한 성능 분석이 필요하다.

III. 제안하는 태그의 구조 및 동작 방식

EPC C1 Gen2에 규정된 리더와 태그의 송수신 프로토콜에는 CRC를 정의하고 있다^{1,3)}. CRC에는 오류 정정 기능이 없기 때문에, 반사 및 주변 잡음에 의한 간섭이 발생하는 일반적인 무선통신 환경하에서 RFID 시스템의 성능 저하는 피할 수 없다⁵⁾. 따라서 우리는 본 논문에서 기존 EPC C1 Gen2 RFID 시스템에 대해, 성능을 향상시킬 수 있는 방안으로 오류 정정 방식의 도입을 제안한다. EPC C1 Gen2 규격 이후에도 RFID 분야의 태그와 리더

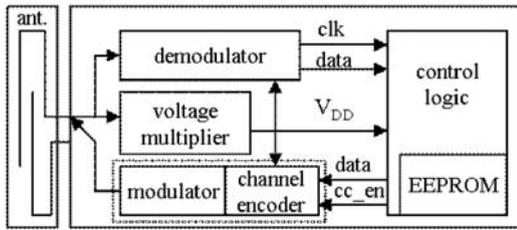


그림 4. 제안하는 UHF대역 RFID 태그의 구조

기능에 대하여는 EPCglobal을 중심으로 기능 정의 및 규격화가 진행 중이므로, 본 논문에서 제안하는 방식은 RFID 시스템의 성능향상을 위한 방안 제안으로서 의미를 가진다.

하지만, 태그에 추가되는 기능에 따라 태그의 칩 복잡도는 매우 크게 영향을 받기 때문에 태그에 대한 기능 추가는 매우 제한적으로 고려되어야 한다. 일반적으로 오류정정 방식은 부호화에 필요한 하드웨어 복잡도대비 복호화에 필요한 하드웨어 복잡도가 매우 크다. 따라서, 우리는 하드웨어 복잡도를 감안하여 현 규격의 태그 구조에 채널부호 기능을 추가하고, 리더에 채널복호 기능을 추가하였다. 이 경우, 리더는 DSP, ARM 프로세서 등을 사용하여 성능이 매우 향상되고 있기 때문에 복호기와 같은 기능의 추가는 시스템 복잡도 및 처리시간에 큰 영향을 미치지 않는다.

제안하는 RFID 태그 구조를 그림 4에 나타내었다. 도시한 그림은 태그 정보를 채널부호 기능 및 FM0/Miller 부호 처리 후 변조기로 입력되는 구조를 나타낸 것이다. 이때 채널부호 기능과 FM0/Miller 부호 기능을 channel encoder블록에서 처리하였고, 채널부호 기능의 사용 유무는 리더로부터 제어되는 channel coding enable indicator (cc_en) 신호에 의하여 설정하도록 하였다. cc_en 신호를 '1'로 설정하여 채널부호를 사용하면 태그의 출력 데이터는 본래 데이터대비 증가하게 된다. 하지만, EPC C1 Gen2의 경우 태그의 응답 속도가 40 Kbps에서 640 Kbps로 가변이므로 FM0/Miller 부호의 선택을 제어함으로써 사용자가 원하는 응답속도를 구현할 수 있다.

또한, 태그에 추가되는 채널부호를 위한 하드웨어 복잡도는 기존 태그 회로대비 충분히 수용 가능하다. 예를 들어 부호화를 R=1/2 또는 1/3, constraint 길이 K=7인 길쌈부호를 사용하는 경우, 추가되는 하드웨어는 레지스터 7개이다. 현재 태그의 제어회로 구현에 필요한 게이트 수가 약 10,000 게이트

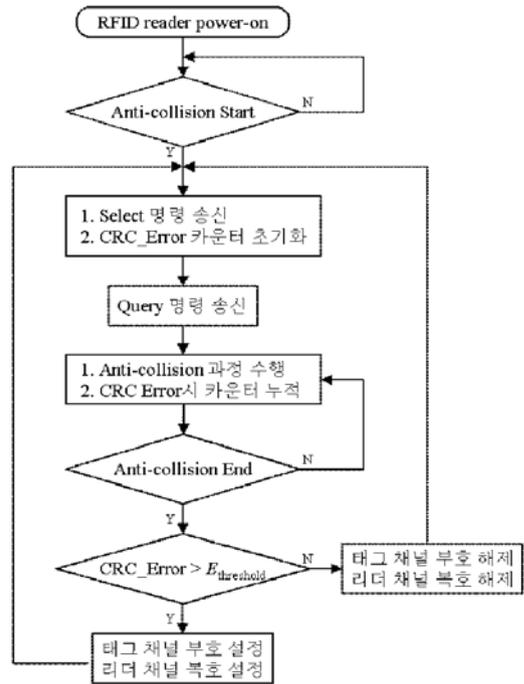


그림 5. 제안하는 RFID 리더의 채널부호화 제어 흐름도

정도임을 감안할 때 추가되는 하드웨어는 1% 이하이며 이 정도의 추가는 충분히 수용할 수 있다.

그림 4에 나타낸 cc_en 신호를 리더가 설정함으로써 태그의 채널부호 기능을 리더가 설정 및 해제할 수 있다. 그림 5와 그림 6에 무선채널 환경에 따른 리더의 채널부호 기능 제어 흐름도 및 제어 타이밍도를 각각 예시하였다. EPC C1 Gen2의 규정에 의하면 리더는 anti-collision과정을 수행할 때 먼저 태그들 중 inventory 과정에 포함시킬 태그들을 선정하기 위하여 select 명령을 전송한다^{1,3}. 제안하는 방식에서는 이때 select 명령 전송과 함께 anti-collision 과정에서 발생한 CRC 에러 개수 산출을 위한 CRC_Error 카운터 값을 0으로 초기화한다. Select 명령 전송으로 inventory 과정에 포함될 태그들을 선정 후, 리더는 선정된 태그들과 리더와의 통신방식 및 추가적인 인자들을 설정하기 위하여 Query 명령을 전송한다^{1,3}. 이후 선정된 태그들이 모두 리더에 의해 인지될 때까지 anti-collision 과정이 수행된다. 제안하는 방식은 이 과정에서 발생한 CRC 에러를 CRC_Error 카운터에 누적한다. Anti-collision 과정이 완료되면 CRC_Error카운터 값과 호스트에서 설정한 $E_{threshold}$ 값을 비교하여 현재 채널환경 상태를 판단한다. 만일 CRC_Error 카

운터의 값이 $E_{threshold}$ 값보다 큰 경우 채널상태가 태그 응답신호를 왜곡시키는 환경으로 판단한다. 따라서, 이 경우 그림 6에 도시한 바와 같이 다음 anti-collision 과정을 시작하는 시점에 태그의 채널부호 기능 및 리더의 채널복호 기능을 설정한다. 반대의 경우 채널상태가 문제되지 않으므로 채널부호 및 채널복호 기능을 해제한다.

$E_{threshold}$ 값은 RFID 채널환경 상태에 따라 CRC_Error 카운터 값의 변화를 고려하여 설정한다. 실제 채널환경에서 발생하는 CRC_Error 카운터 값을 측정하고 시간에 따른 CRC_Error 카운터 값의 평균으로부터 $E_{threshold}$ 값을 산출한다. 이 방식 이외에도 CRC_Error 카운터 값과 anti-collision 시간을 동시에 고려하여 채널 환경에 좀더 최적화된 $E_{threshold}$ 값을 산출할 수 있다.

EPC C1 Gen2 규격에서 정의된 select 명령을 사용하여 채널부호 설정 및 해제를 위한 리더 명령 구현 예를 그림 7에 도시하였다^{[1][3]}. Select 명령의 각 설정 영역의 기능은 참고문헌 [1]과 [3]에서 정의된 기능과 동일하다. 참고문헌 [1]과 [3]에 정의된

바와 같이 Select 명령의 3비트의 Target 영역은 anti-collision에 참여하게 되는 대상 태그들이 내부의 어떤 flag를 수정할 것인지에 대한 정보를 전송한다. 이때, 이 값이 “110”, “111”이면 reserved for future use (RFU)로 규정되어 있다^{[1][3]}. 이 값을 태그 채널부호화 설정 값으로 사용할 수 있다. 즉 “111” 이면 선정된 태그들이 태그 채널부호 기능 설정, “110” 이면 태그 채널부호 기능 해제로 정의할 수 있다. Select 문은 복수 개로 전송하여 태그 그룹을 선정하기 때문에 제안하는 방식의 채널부호 설정 및 해제 기능 정보를 전송하기에 적합하다. 또는, 리더에서 태그로의 전송 명령 중에서 RFU로 규정된 명령들을 채널부호화 설정 및 해제 명령으로 정의할 수도 있다^{[1][3]}. 이와 같은 방법으로 무선 환경 상태에 따라 EPC C1 Gen2 규격 사용 또는 채널부호 기능 사용을 리더가 결정할 수 있다.

모든 태그 응답은 프레임의 시작을 알리는 preamble 과 데이터 부분으로 구성된다. 데이터 부분은 리더에서 송신한 명령의 형태에 따라 5종의 응답 형태로 구분된다^{[1][3]}. 일례로 리더가 Query,

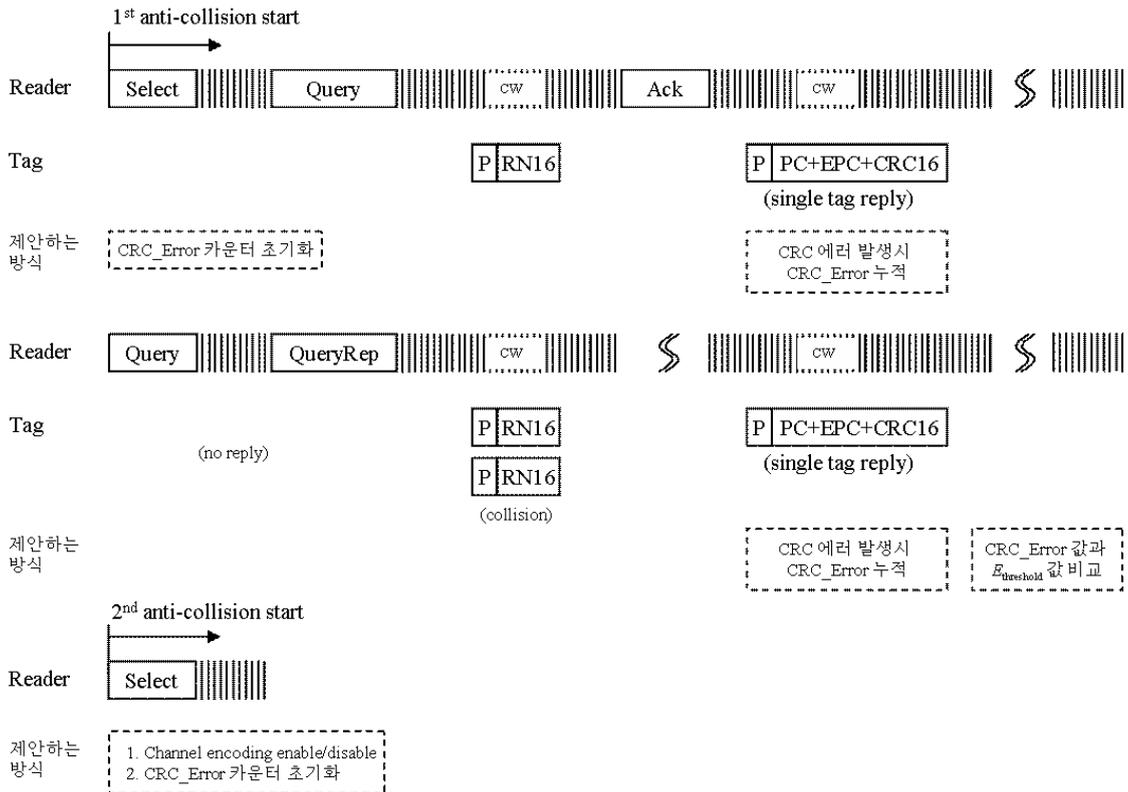


그림 6. 제안하는 RFID 리더의 채널부호화 제어 타이밍도

필드	command	Target	Action	MemBank	Pointer	Length	Mask	Truncate	CRC-16
비트수	4	3	3	2	EBV	8	variable	1	16
내용	1010	000~ 101 : Same with EPC C1 Gen2 *110 : Channel encoder disable *111 : Channel encoder enable	Same with EPC C1 Gen2						

그림 7. 제안하는 RFID 리더의 태그 채널부호화 제어 예

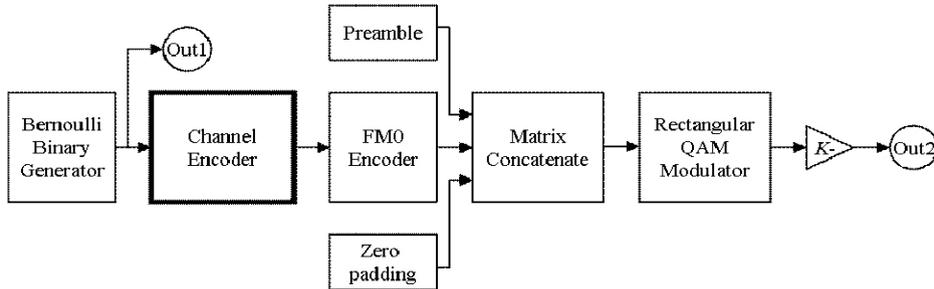


그림 8. 태그 시뮬레이션 모델 (RFID_Tag)

QueryAdjust, QueryRep 명령을 전송시 내부 slot 카운터 값이 0인 태그는 preamble+random number 16비트 (RN16)로 응답한다^[13]. 제안하는 방식을 사용시 리더가 태그의 채널부호 기능을 설정하면 태그는 5종의 응답 형태에 preamble 신호를 제외한 데이터부 전체에 대하여 채널부호를 수행한다.

제안한 방식과 기존 RFID 시스템의 성능 비교는 제안하는 방식에 대하여 항상 채널부호를 수행하면서(Ethreshold = 0 인 경우) 시뮬레이션을 수행하여 비교하였다. 또한, 태그에 추가된 채널부호 기능에 대하여 다양한 채널부호를 선택하여 시뮬레이션하여 비교, 분석하였다.

오류정정 부호의 개념은 우리가 전송하고자 하는 정보에 추가적인 제어 정보를 산출하여 부가하여 송신함으로써, 채널 환경의 잡음에 영향을 받지 않고 수신부에서 송신 정보를 복구하는데 있다^[8]. 이와 같은 오류정정 부호는 송신단에서 디지털 변조 이전에 수행하며 수신부에서는 디지털 복조 후 처리된다. 통신 시스템에서 길쌈부호는 오류정정 부호 방식으로 사용되며 디지털 라디오 방송, 휴대폰, 위성방송 및 bluetooth와 같은 다양한 통신 서비스에 적용되어 사용되고 있다. 특히 Viterbi 복호기와 함께 사용하여 additive white Gaussian noise (AWGN) 환경하에서 가장 적합한 forward error

correction (FEC) 방식이다. Viterbi 복호기는 길쌈 부호와 연동하여 사용하는 두 종류의 복호 방식 중의 하나이다. Viterbi 복호기는 복호 시간이 고정적이라는 장점을 가지고 있어 하드웨어로 구현하는데 적합하다^[9]. 오랜 기간동안 많은 분야에서 길쌈부호와 Viterbi 복호기는 FEC 기법의 가장 대표적인 기술로 사용되고 있다.

또한, 채널부호를 길쌈부호 대신 블록부호로 사용할 수도 있다. 본 논문의 시뮬레이션에 사용한 블록 부호는 일반적으로 많이 사용하는 Hamming 부호이며, 태그 및 리더의 구조를 길쌈부호를 사용한 경우와 동일하게 설계하여 성능을 분석하였다. Hamming 부호는 오류정정기능 및 에러검출기능을 가지고 있으므로 길쌈부호와 마찬가지로 AWGN 채널의 랜덤 에러에 대하여 RFID 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

IV. 시뮬레이션

본 장에서는 시뮬레이션 과정과 결과를 설명하였다. 시뮬레이션은 Matlab Simulink에서 디자인하여 성능을 평가하였다. 그림 8에는 길쌈부호가 추가된 태그의 시뮬레이션 모델을 도시하였다. Bernoulli binary generator에서 태그 정보가 발생하면, 채널부

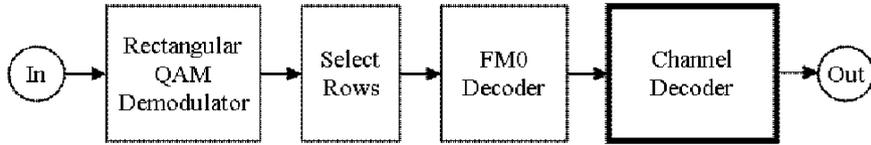


그림 9. 리더 시뮬레이션 모델 (RFID_Reader)

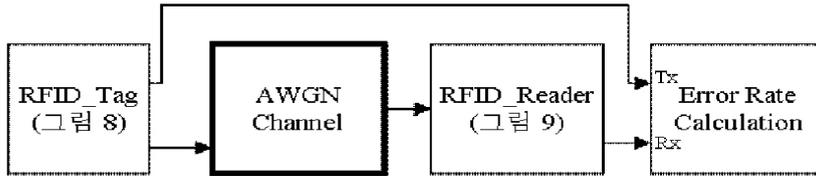


그림 10. UHF대역 RFID 시스템 시뮬레이션 모델

호를 통과 후 FM0 부호화를 거쳐 EPC C1 Gen2 프레임 형식으로 정렬된 후, ASK 변조기를 거쳐 출력된다^{10,11}.

그림 9에는 태그 정보를 입력받아 신호를 복구하는 리더의 시뮬레이션 모델을 도시하였다. 우선 입력된 태그 응답신호는 ASK 복조기와 FM0 복조기를 통과한 후, 채널 복호기에서 처리되어 최종적으로 출력된다.

그림 10에 설정된 시뮬레이션 환경을 도시하였다. 태그에서 응답신호를 생성하여 (그림 8) AWGN 무선채널 환경을 통과한다. 수신 신호는 그림 9의 리더 수신부에서 처리 후, 실제 전송한 데이터와 비교하여 에러율을 측정하였다. 본 논문에서는 기존 RFID 시스템에 채널 부호화기를 추가한 경우의 성능분석이 주 목적이므로 물리계층의 특성은 고려하지 않았다. 즉, 자유공간 손실과 direct Tx coupling 특성은 고려하지 않았다.

본 논문에서 성능분석에 사용한 길쌈부호는 wireless local area network (WLAN) / wireless metropolitan area network (WMAN) 에서 사용하는 R=1/2, 그리고 ultra wideband (UWB)에서 사용하는 R=1/3의 2종 길쌈부호이다. 본 논문에서 사용한 R=1/2인 길쌈부호의 설정 데이터 값은 constraint 길이 K=7이며 생성다항식은 식 (5), (6) 와 같다^{11,12}.

$$G1=171OCT \quad \text{for X} \quad (5)$$

$$G2=133OCT \quad \text{for Y} \quad (6)$$

사용한 R=1/3인 길쌈부호의 설정 데이터 값은

constraint 길이 K=7이고 생성다항식은 식 (7), (8), (9)와 같다^{11,12}.

$$G1=133OCT \quad \text{for X} \quad (7)$$

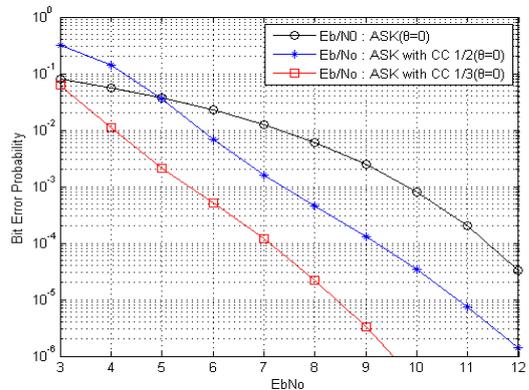


그림 11. AWGN 채널하의 BER 성능(길쌈부호 사용시)

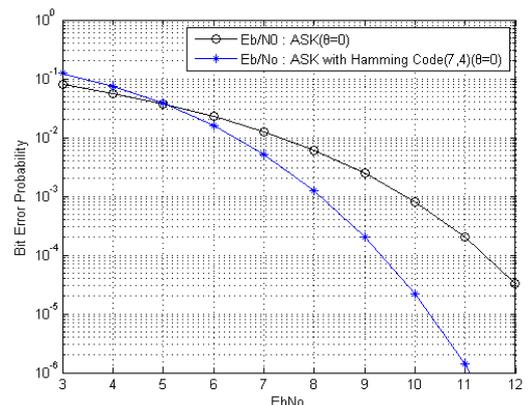


그림 12. AWGN 채널하의 BER 성능(Hamming 부호 사용시)

$$G2=165OCT \quad \text{for } Y \quad (8)$$

$$G3=171OCT \quad \text{for } Z \quad (9)$$

블럭부호는 일반적으로 많이 사용하는 Hamming(7,4) 부호를 사용하였고, 태그 및 리더의 구조를 길쌈부호를 사용한 경우와 동일하게 설계하여 성능을 분석하였다.

시뮬레이션 결과 BER 성능을 그림 11, 12에 도시하였다. 그림 11에서는 현재 EPC C1 Gen2 시스템의 성능과 2중의 길쌈부호를 사용한 경우의 시스템 성능을 도시하였다. R=1/2 길쌈부호를 사용한 시스템은 10-3 BER 조건에서 EPC C1 Gen2 성능 대비 약 2.5dB 이득을 얻을 수 있었다. 이 조건에서 R=1/3 길쌈부호를 사용한 시스템은 10-3 BER 조건에서 2dB의 이득을 추가로 얻을 수 있었다. 동일 환경에서 Hamming(7,4) 부호를 사용한 경우의 성능을 그림 12에 도시하였다. 이 경우 EPC C1 Gen2 시스템 성능대비 10-3 BER 조건에서 약 2dB 이득을 얻을 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서 우리는 UHF 대역 EPC C1 Gen2 RFID 시스템에 대해, 무선 채널환경에 의한 인식 성능 저하를 극복하기 위하여 현재 태그 및 리더의 구조에 채널 부호의 사용 및 적용방법을 제안하였다. 리더는 기본적으로 EPC C1 Gen2 규격으로 RFID 시스템을 운용하면서 무선 채널 환경의 영향을 지속적으로 모니터링한다. 무선채널 환경의 통화 품질이 기준 이하로 나빠졌을 때에는 채널 부호를 적용하며, 적용 여부 및 시점은 리더에 의하여 제어한다. 국제적으로 EPC C1 Gen2 규격 이후에도 EPCglobal을 중심으로 RFID 분야의 태그와 리더에 대하여 기능 정의 및 규격화가 진행 중이므로, 본 논문에서 제안하는 방식은 RFID 시스템의 성능향상을 위한 방안 제안으로서 의미를 가진다.

칩 복잡도에 민감한 태그의 특성을 고려하여 태그에 채널 부호만을 추가함으로써 하드웨어 추가를 기존 복잡도 대비 1% 이하로 최소화하였다. 리더는 DSP, ARM 프로세서 등을 사용하여 성능이 매우 향상되고 있기 때문에 채널 복호기와 같은 기능의 추가는 시스템 복잡도 및 처리시간에 큰 영향을 미치지 않는다. 시뮬레이션 결과, 채널부호를 사용한 경우 기존 EPC C1 Gen2 규격의 성능대비 뚜렷한

성능 개선을 얻을 수 있었다. 따라서, 채널부호를 추가한 RFID 시스템의 구현은 기존 RFID 시스템의 성능 향상 및 저전력 태그 구현, 그리고 태그 인식 거리 확장을 가능하게 할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 RFID 시스템의 무선채널을 AWGN 채널로 설정하였다. 따라서, 다중경로 페이딩 및 주파수 선택적 페이딩을 고려한 실제적인 무선채널에서의 시스템 성능에 대하여 추가적인 연구가 진행 중이다. 또한, 채널 부호를 사용할 경우 태그의 출력 데이터 길이가 증가하게 되므로 전송 시간 및 태그 인식 시간도 같이 증가하게 된다. 이에 따른 채널부호의 이득과 태그 인식시간 증가 사이의 상관관계에 대한 연구도 추가적으로 진행하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] EPCglobal: EPC Radio-Frequency Identity Protocols, Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz, version 1.0.8 December 2004.
- [2] International Standard: ISO/IEC FDIS 18000-6 for RFID Item Management, 2004.
- [3] Radio-frequency identification for item management - part 6C: Parameters for air interface communications at 860MHz to 960MHz. ISO/IEC_CD 18000-6C. January 2005.
- [4] H. Chenling, L. Yuan, H. Yifeng, M. Hao, L. Guohong, "Digital Correlation Demodulator Design for RFID Reader Receiver," Wireless Communications and Networking Conference, pp. 1664-1668, March 2007
- [5] 김성, 전기용, 조성호, "AWGN 환경에서의 RFID EPC Gen2의 anti-collision 성능 분석," 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, vol. 35, pp. 238, 2007. 7.
- [6] David M. Pozar, "Microwave and RF Wireless Systems," WILEY, 2002
- [7] 윤성기, 강병권, "컨벌루션 부호를 적용한 900MHz 대역 RFID 구현 및 성능분석에 관한 연구," 신호처리·시스템 학회 논문지, 제7권 제1호, pp. 17-23, 2006. 1.
- [8] T. McDermott, "Wireless Digital Communications: Design and Theory." Tucson, AZ: Tucson

Amateur Packet Radio Corporation, 1996

- [9] G. D. Forney, Jr., "Convolutional Codes II: Maximum-Likelihood Decoding," Information Control, vol. 25, pp. 222-226, June 1974
- [10] K. Finkenzeller, RFID handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, 2nd Edition, Wiley, 2003.
- [11] Sklar, B: Digital Communications, Fundamentals and Applications, 2nd Edition, Prentice Hall, 2003.
- [12] J. P. Odenwalder, Error Control Coding Handbook. Linkabit Corp., San Diego, Calif., July 15, 1976.

전 기 용 (Ki-Yong Jeon)

정회원



1995년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업
1997년 2월 한양대학교 전자공학과 석사
2003년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
<관심분야> RFID/USN 기술, SoC 기술

조 성 호 (Sung-Ho Cho)

정회원



1978년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1984년 12월 Univ. of Iowa 전자컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
1989년 8월 Univ. of Utah 전자컴퓨터공학과 졸업 (공학박사)
1989년 8월~1992년 8월 한국전자

통신연구원 선임연구원

1992년 9월~현재 한양대학교 정보통신대학 교수

<관심분야> 디지털시스템H/W 및S/W 설계, SDR 시스템 설계, 디지털통신, 이동통신, RFID