

충돌방지 알고리즘 성능 평가를 위한 900 MHz RFID 프로토타입 기저대역 보드 구현

조용구, 이영준, 윤경식, 김형남
부산대학교 전자전기공학과

Implementation of 900 MHz RFID Prototype Baseband Board for Performance Analysis of Anti-collision Algorithm

Yong-Gu Jo, Young-Jun Lee, Kyung-Sik Yoon, Hyoung-Nam Kim
Dept. Electronics & Electrical Engineering, Pusan National University

hnkim@pusan.ac.kr

Abstract: 물류 및 유통산업 분야에서 기존의 바코드 시스템의 대체 기술로 각광받고 있는 900 MHz RFID 시스템의 조속한 도입을 위해, 시스템의 성능개선을 위한 다양한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 도출된 연구 결과가 실제 시스템에 적용가능한지 여부를 판단할 수 있는 테스트베드의 구축에 관한 연구는 상대적으로 미흡하여 개발된 기술들을 검증하거나 평가하기가 매우 어렵다. 본 논문에서는 관련 연구 결과물들을 용이하게 탑재하여 성능 평가할 수 있는 900 MHz RFID 프로토타입 기저대역 보드를 구현하고, 실제 ISO 18000-6 Type C 표준안에서 제시된 태그 충돌방지 알고리즘을 적용하여 성능을 분석한다.

Keywords: RFID, Reader, ISO 18000-6 Type C

I. 서론

Radio Frequency Identification (RFID) 시스템은 유비쿼터스 사회 구현을 위한 핵심기술 중 하나로, IT839 전략에 포함되어 우리나라의 중추적 성장 동력으로 주목 받고 있는 핵심기술 중 하나이다. 다양한 RFID 시스템 중에서 특히 900MHz RFID 시스템은 물류 및 유통산업분야에서 기존의 바코드 시스템을 대체할 획기적인 차세대 기술로 각광받고 있다 [1]. 그러나 다수의 태그를 인식해야 하는 경우 발생하는 태그 응답 충돌과 충돌에 따른 태그 응답률 저하문제는 RFID 시스템의 시장도입에 심각한 장애요소로 작용하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 태그 응답 충돌의 방지하고 응답률을 개선하기 위해 다양한 연구들이 활발히 이루어지고 있으나, 개발된 결과물의 성능을 검증할 수 있는 테스트베드가 부족하여 대부분의 연구가 이론적 결과제시에 국한되고 있는 실정이다. 따라서 RFID 시스템의 실질적인 성능향상을 위해서는 개발된 알고리즘을 탑재하여, 그 성능을 검증하고 문제점을 분석할 수 있는 테스트베드의 개발이 필수적으로 요구된다.

다양한 알고리즘을 탑재하여 실험할 수 있는 테스트베드를 구축하기 위해서는 반드시 고려되어야 할 몇 가지 사항들이 있다. 첫째는 다양한 알고리즘의 탑재가 용이하도록 시스템을 설계해야 하는 것이며, 둘째는 실

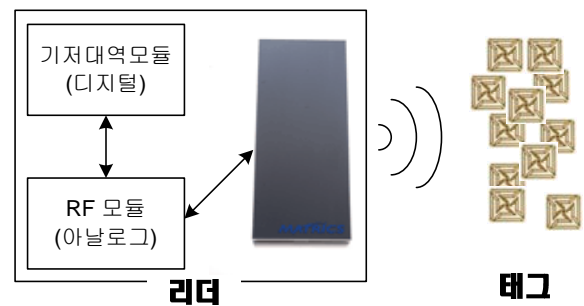


그림 1. RFID 시스템.

험결과에 영향을 미치지 않도록 테스트베드 자체의 신뢰성이 높아야 한다는 것이다. 상기의 조건을 만족하는 테스트베드를 구현하기 위해 본 논문에서는 DSP와 FPGA를 채택해 시스템 변경이 용이한 시스템을 설계하고 제작하였다. 그리고 제작된 900 MHz RFID 프로토타입 기저대역 보드의 신뢰성을 검증하기 위해, ISO 18000-6 Type C 표준안에 제시된 충돌방지 알고리즘인 Q-selection 알고리즘을 보드에 탑재한 후 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 비교, 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 900 MHz RFID 시스템의 기본 구성 및 표준 프로토콜에 대해 간단히 설명하고, 제 3 장에서는 제작된 프로토타입 기저대역 보드에 대해 살펴본다. 제 4 장에서는 900 MHz RFID 표준인 ISO 18000-6 Type C 에 제시된 충돌방지 알고리즘에 대해 간략히 살펴보고, 제작된 기저대역 보드를 이용하여 측정된 성능을 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 비교·평가한다. 마지막으로 제 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 900 MHz RFID 시스템

일반적인 RFID 시스템은 그림 1과 같이 크게 태그와 리더로 구성되며, 리더는 다시 디지털 신호처리를 담당하는 기저대역 보드와 아날로그 신호처리를 담당하는 RF 보드 그리고 아날로그 신호를 방사하는 안테나로 구분된다. 기저대역 보드에서는 태그와의 통신에 필요한 신호를 생성하고 이를 RF 모듈에서 전송신호로 변환시킨 후 안테나를 통해 신호를 방사한다. 태그에서는

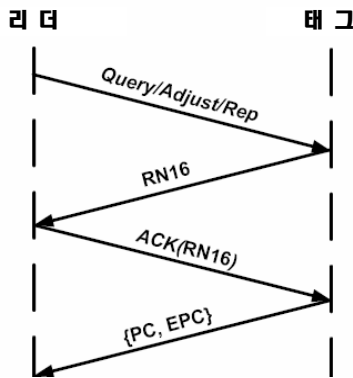


그림 2. ISO 18000-6 Type C의 태그 인식과정 [1]

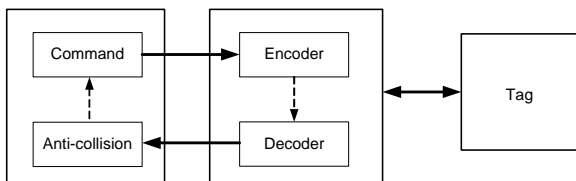


그림 3. 기저대역 보드의 기능블록 별 구성도

리더에서 방사되는 전자파를 정류하여 내부회로를 동작시키고, 리더에서 전송된 명령어를 해독해 역산란(backscatter) 방식으로 정보를 전송하는 일련의 과정이 반복적으로 수행된다. 이러한 통신과정에 대해 좀더 자세히 살펴보면 다음과 같다. 단, 900 MHz RFID 시스템에서는 리더-태그간 통신에 필요한 프로토콜을 정의한 복수의 표준안이 존재하는데, 표준안에 따라 프로토콜이 상이하기 때문에 본 논문에서는 현재 널리 쓰이고 있는 ISO/IEC 18000-6 Type C를 기준으로 설명한다.

그림 2는 Type C 에 정의된 리더와 태그간에 정보를 교환하는 과정을 나타내고 있다 [3]. Query, QueryRep, 또는 Query Adjust 명령어를 수신한 태그는 16비트 크기의 RN16 (Random Number 16)을 생성하고, 이를 리더로 전송한다. 리더가 태그로부터 RN16 신호를 수신하게 되면, 해당 RN16을 가지는 태그에게 Ack 명령어를 재전송한다. Ack 명령어를 수신한 태그는 실제 태그 정보인 EPC에 오류 확인을 위해 CRC-16 (Cyclic Redundancy Check-16)을 추가하여 리더로 전송하고, 최종적으로 리더가 96 비트의 EPC를 수신하면 태그 인식 과정이 종료된다.

이러한 인식과정을 기초로 기저대역 보드에 필요한 기능블록들을 고려해보면 그림 3과 같다. 우선적으로 태그와의 통신상황에 맞게 명령어를 생성하는 명령어 생성부와 이를 제어하는 제어부가 필요하다. 그리고 생성된 명령어를 프로토콜에 맞게 인코딩하는 인코더, 태그응답을 처리하는 디코더가 요구되며, 태그간에 충돌이 발생했을 때 이를 중재하기 위한 충돌 처리부도 필요하다.

III. 900 MHz RFID 기저대역 보드 구현

2장에서 고려된 기능블록들로 토대로 기저대역 보드를 구성하면, 그림 4와 같이 설계할 수 있다. 그림 4에

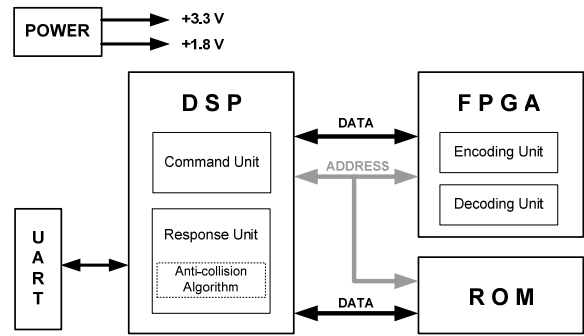


그림 4. 기저대역 보드의 블록도

표 1. 기저대역 보드 IC

IC	품명	특징 및 용도
TMS320VC33PGE	DSP	충돌방지 알고리즘 탑재
XC2S300E-6PQ208C	FPGA	encoder, decoder 탑재
K6R4016VID/TSOP2	RAM	256 Bytes High Speed Ram
XC9572XL/VQ64	CPLD	내부 제어신호 생성
AT29C040A	ROM	DSP 프로그램 저장
SCF02S	PROM	FPGA 프로그램 저장
MAX3232C/TSSOP	UART	미들웨어와의 통신
74VTH16245A	BUFFER	어드레스 및 데이터 버스 버퍼
74HC14/SOIC	RESET	안정된 reset 신호 생성

서 보는 바와 같이 기저대역 보드는 크게 명령어를 인코딩 & 디코딩하고 RF 보드와 통신하는 FPGA 소자와 명령어 종류 및 타이밍을 제어하고 태그 충돌방지 알고리즘을 탑재할 수 있는 DSP 소자로 구성되며, 기저대역 보드를 구현하기 위해 사용된 IC 소자들은 표 1에 제시되어 있다. 사용된 소자들의 구성 및 역할에 대해 자세히 살펴보면 다음과 같다.

FPGA는 Encoding Unit (EU)와 Decoding Unit (DU)로 구성되며, EU는 DSP의 Command Unit에서 선택된 명령어를 나타내는 데이터 (e.g. QueryRep = '00')를 생성한다. 그리고 생성된 데이터에 오류 확인을 위해 CRC-5 또는 CRC-16 데이터를 명령어에 추가함으로써, 최종적으로 전송되는 명령어를 생성한다. 전송 명령어는 PIE (Pulse Interval Encoding) 과정을 거친 후 RF 보드로 전송되고, 안테나를 통해 태그로 전달된다. DU는 EU에서 명령어의 전송이 끝나면 자동적으로 실행되며, 태그로부터 수신되는 신호를 실시간으로 처리한다. 태그로부터 역산란되어 안테나로 입사되는 응답신호는 수신환경에 따라 위상이 반전되는 경우가 발생하므로, DU는 수신신호의 상태 천이를 감지해 그 시간간격을 계산하여 신호를 데이터화 한다. 디코딩 과정이 종료되면 CRC로 응답신호의 오류여부를 확인하고, 태그정보, 충돌여부 등과 같은 정보를 DSP의 Response Unit으로 전달한다.

DSP는 Command Unit (CU)와 Response Unit (RU)로 구성되며, CU는 태그에 전송할 명령어를 결정하고 전송타이밍을 제어하는 역할을 수행한다. ISO 18000-6 Type C 표준에서 태그 인식 시 사용되는 명령어에는



그림 5. 제작된 기저대역 보드.

Query, QueryRep, Ack, QueryAdjust, Select 등이 있는데, CU는 이러한 명령어들을 진행상황에 맞춰 선택하고 명령에 따른 응답 시간과 수신신호 처리시간 등을 고려하여 다음 명령어를 전송할 타이밍을 제어한다. RU는 DU에서 수신신호가 정상으로 판별된 경우 디코딩된 데이터 (UID)를 U-ART 통신을 이용해 모니터에 디스플레이 하고, 충돌 또는 무응답으로 분류된 경우에는 충돌방지 알고리즘을 동작시키는 역할을 수행한다. 태그 충돌방지 알고리즘의 경우 알고리즘 탑재의 편의성을 위해 DSP의 RU 내부에서 C++ 프로그래밍을 통해 구현할 수 있도록 하였으며, 제작된 기저대역 보드는 그림 5와 같다.

IV. ISO 18000-6 Type C 충돌방지 알고리즘 및 성능 평가

제작된 기저대역 보드의 성능을 검증하기 위해, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 산출된 ISO/IEC 1800-6 Type C 표준의 충돌방지 알고리즘의 성능과 제작된 보드를 이용한 실험결과를 비교, 분석하였다. 그러나 성능검증을 위해 사용된 Type C의 표준알고리즘의 경우 이론과 실험간의 격차가 심하여 실험의 위해 알고리즘을 일부수정하였다.

1. ISO 18000-6 Type C 충돌방지 알고리즘

ISO 18000-6 Type C 표준에 제시된 충돌방지 알고리즘은 Slotted ALOHA 프로토콜 기반의 Q-selection 알고리즘이다 [3]. 리더에서 태그로 Query 명령어를 전송하면 태그는 Query 명령어에 포함된 Q 값을 이용하여 슬롯범위를 2^Q개로 나눈다. 태그들의 슬롯 카운터를 슬롯범위 안에 랜덤하게 분산되므로 태그가 동시에 응답하여 발생하는 충돌을 줄일 수 있다. 그러나 태그 수에 비해 Q값이 작게 설정되면 인식과정에서 소모되는 시간이 줄어들거나 태그 충돌이 늘어나고, 값이 크면 태그 충돌을 줄일 수 있으나 태그인식에 필요한 소요시간이 매우 길어지게 된다. 따라서 충돌을 최소화하여 인식시간을 줄이기 위해서는 태그 수에 맞게 Q 값을 적절히 조절해야 한다. Q-selection 알고리즘은 충돌과 무응답의 횟수를 이용하여, 이미 설정된 Q값에 가중치 C를 가감하면서 Q 값을 효과적으로 조절한다.

Q-selection 알고리즘 수행함에 있어 두 가지 Q값이 존재하는데, 하나는 실제 태그로 전달되며 0에서 15까

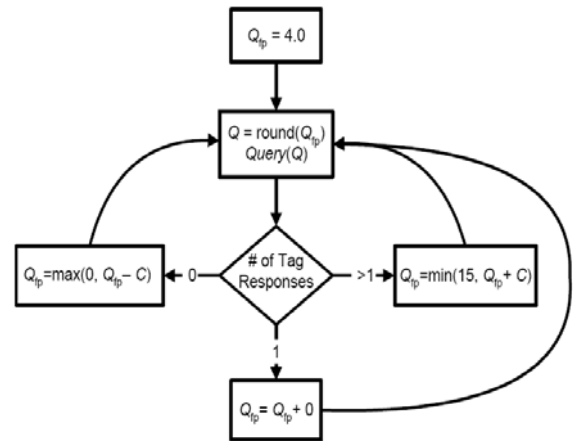


그림 6. Q-selection 알고리즘.

지의 정수 값을 가지는 Q이고, 다른 하나는 프로그램 내부적으로 갱신되는 floating-point에 사용되는 Q_{fp}이다. 여기서 Q는 Q_{fp}의 반올림 값으로 정의된다. 그림 6에서 보는 바와 같이, 리더는 Q_{fp}의 초기값을 4.0으로 설정하고 태그 인식과정을 시작한다. Query 명령에 대해 태그들은 자신의 슬롯 카운터를 0에서 15사이의 정수로 설정하며, QueryRep가 전송될 때 마다 슬롯카운터를 감소시켜 0이 되면 리더에게 자신의 정보를 보낸다.

리더의 Query 명령에 대해 발생할 수 있는 반응은 크게 응답, 무응답 그리고 충돌의 세 가지 경우로 나뉘는데, 하나의 태그만이 응답하는 경우 리더는 해당 태그의 정보를 받아 들이게 되므로 이때 Q-selection 알고리즘은 동작하지 않는다. 반대로 슬롯 카운터가 0인 태그가 존재하지 않아 무응답 상태가 되는 경우, 현재 태그 수에 비해 Q값이 크다고 판단하여 Q_{fp}를 Q_{fp} - C(가중치, 0.1 < C < 0.5)로 변화시켜 Q 값을 줄여 나간다. 마지막으로 둘 이상의 태그가 동시에 응답하는 경우, 리더는 디코딩 과정에서 충돌을 판단하게 되고 현재 태그 수에 비해 Q값이 작다고 판단하여 Q_{fp}를 Q_{fp} + C 변화시켜 Q값을 증가시킨다. 이러한 과정 이후에 리더는 태그에 QueryRep, QueryAdjust 명령어를 보내 태그의 슬롯 카운터를 조절하며 위의 인식 과정을 반복한다.

2. 수정된 충돌방지 알고리즘

4장 1절에서 언급한 충돌방지 알고리즘은 리더의 인식영역 내에 있는 모든 태그가 응답하는 것을 가정하고 있다. 그러나 실제 필드테스트를 수행하여 보면 안테나의 방사패턴, 태그의 배치, RF 특성 등의 요인들로 인해 인식영역 내에서 반응하지 않는 태그들이 존재하게 된다. 전체 태그 중 일부 태그만이 반응하여 충돌방지 알고리즘을 수행하는 경우, 충돌발생 횟수가 감소하여 Q값이 빠르게 감소하는 문제가 발생해 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 정확한 비교를 수행하기가 어렵다. 이러한 문제를 방지하기 위해 표준 충돌방지에 사용되는 고정값인 가중치 C를 상황에 맞게 유동적으로 사용할 수 있게 충돌방지 알고리즘을 수정하였다. 태그의 충돌이 빈번하게 발생하는 경우 태그의 C_u로 정의되는 큰 C값을 사용하여 슬롯 수를 늘리고, 무응답인 경우 슬롯 수

표 2. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
기저대역 데이터 전송 주파수	40 kHz
태그의 역산란 주파수	80 kHz
태그 인식 거리	1 m
초기 Q 값	7.0
가중치 C_u	0.3
가중치 C_d	0.3×0.01

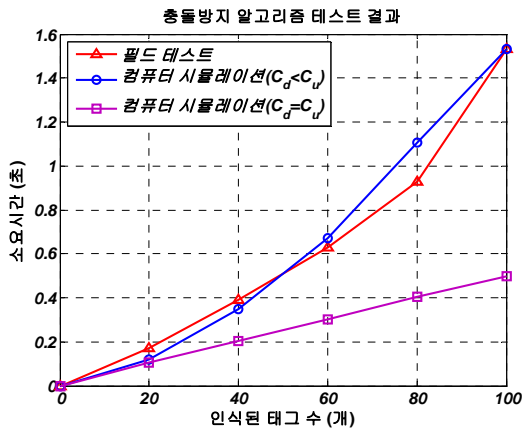


그림 7. Q-selection 시뮬레이션 결과

가 급격하게 줄어드는 것을 방지하기 위해 C_d 로 정의된 작은 C값을 사용하여 알고리즘이 빠르게 종료되는 것을 방지하였다.

3. 성능 평가 및 비교

성능평가를 위한 실험 시 사용된 주요 파라미터들은 표 2에 요약하였으며, 실험결과는 그림 7에 도시하였다. 그림 7에서 보듯이 이론적으로는 100개의 태그를 읽는데 약 0.5초의 시간이 소요되었다. 반면, 제작된 보드를 이용하여 수행한 실험에서는 4장 2절에서 언급한 태그 인식문제 등으로 인해 100개의 태그를 모두 인식하기 전에 알고리즘이 종료되어 결과를 도출할 수 없었다. 그림 7에서 컴퓨터 시뮬레이션 통해 얻은 수정된 Q-selection 알고리즘의 성능을 보면 Q-selection 알고리즘에 비해 인식시간이 증가했음을 볼 수 있는데, 이는 상황에 따라 서로 다른 C값을 적용하여 Q 값의 갱신 속도가 기본 Q-selection 알고리즘에 비해 상대적으로 느리기 때문이다. 그러나 실험환경이 필드테스트와 비슷해지기 때문에, 필드테스트 결과와 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 태그 충돌방지 알고리즘 및 관련 연구결과물들을 직접 적용할 수 있는 900 MHz RFID 프로토타입 기저대역 보드를 구현하고, 900 MHz RFID 표준인 ISO 18000-6 Type C의 Q-selection와 수정된 Q-selection 알고리즘을 탑재하여 실험을 통해 제작된 보드의 성능을 검증하였다. 제작된 기저대역 보드는

충돌방지 알고리즘의 탑재 및 성능평가가 용이하여 향후 연구 개발될 태그 충돌방지 알고리즘의 성능 평가 및 검증에 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1997.

[2] "Information technology automatic identification and data capture techniques - radio frequency identification for item management air interface - part 6: parameters for air interface communications at 860-960MHz," ISO/IEC FDIS 18000-6, Nov. 2003

[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.