ISO/IEC 18000-6 Type-B RFID 리더의 태그 응답신호 검출 성능 향상

정회원 최 우 석*, 준회원 서 기 환*, 종신회원 김 형 남*

Improvement of Detection Performance of a Tag response signal in ISO/IEC 18000-6 Type-B Readers

Woo-Seok Choi* ***Regular Member***, Ki-Hwan Suh* ***Associate Member***,
Hyoung-Nam Kim* ***Lifelong Member***

요 약

본 논문에서는 ISO/IEC 18000-6 Type-B RFID 시스템에서 태그 응답신호, 즉 리더 수신신호에서 허용오차(Tolerance)와 잡음이 미치는 영향에 대해서 알아보고, 이에 대한 영향을 최소화하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 오버 샘플링된 수신 신호를 가지고 가변천이검출윈도우를 이용하여 허용오차에 의한 영향을 제거하고 비트가 천이되는 위치를 검출하며, 이전의 비트 천이에서 현재 비트 천이까지의 윈도우 내 수신 신호를 평균하여 잡음의 효과를 줄인다. 제안된 방법을 적용하여 자체 제작한 리더에서 성능 테스트한 결과를 상용리더와의 비교 실험결과로 제시한다.

Key Words : RFID; 태그; Type-B; 잡음; 검출

ABSTRACT

This paper proposes a windowing method to reduce noise effect and bit synchronization error caused by tolerance of a tag-response signal for ISO/IEC 18000-6 type-B readers. A tag response signal has very weak power because of a back-scattering modulation scheme and thus may be sensitive to noise. In addition, bit tolerance admitted in a tag response signal requires robust timing synchronization because it affects readers' detection performance. To reduce the two undesirable effects in a tag signal, we acquire bit transition position by using variable windows from over-sampled data, and average whole data in one bit duration. With a hardware system adopting the proposed method, we tested and verified its performance.

Ⅰ. 서 론

RFID (Radio Frequency IDentification) 시스템은 유비쿼터스 시대의 가장 핵심적인 기술로서 국방, 의료, 유통, 교통, 보안, 제조, 서비스, 행정 등의 다양한 응용분야에 적용될 수 있다[1][2]. 태그(Tag), 리더(Reader), 안테나로 구성되는 RFID 시스템은 사물이나 제품에 부착된 태그의 정보를 리더로 수신하여 네트워크에 전송, 처리하는 비 접촉형 자동식별 기술이다[3]. RFID 기술은 주파수 대역별로 여러 분야에 사용되는데, 125 kHz 수동형은 출입통제/보안, 동물관리에 사용되고, 13.56 MHz 수동형 RFID는 교통카드, 대규모 물류창고, 제품유통에 사용된다. 그리고 433 MHz RFID는 컨테이너와

※ 이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업 (차세대물류IT기술연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음
* 부산대학교 전자공학과 통신 및 신호처리 연구실 (hnkim@pusan.ac.kr)
논문번호 : KICS2006-09-384, 접수일자 : 2006년 9월 16일, 최종논문접수일자 : 2006년 12월 18일

타이어 압력 센서에 사용되고 있고, 900 MHz 대역의 수동형 RFID는 물류유통에 사용되고 있다.

900 MHz RFID 시스템은 신호로부터 에너지를 공급 받아 동작 에너지와 송신 신호를 만드는 수동형 태그를 사용하는데, 다른 대역의 수동형 시스템에 비해서 상대적으로 인식거리가 길다. 반면에, 리더에서 수신되는 태그 신호의 파워가 매우 약하기 때문에 주위 환경, 리더의 수신 회로, 그리고 태그의 송신회로에서 발생하는 잡음에 매우 민감하다. 이와는 별도로 태그 신호에서의 비트길이에 대한 허용오차가 존재하는데, 이로 인해 리더에서는 타이밍에 둔감한 데이터 검출방법이 요구된다. 허용오차의 최대치는 ISO/IEC 18000-6 Type-B의 경우에 ±15%로 되어있다. 참고문헌[4]에서는 허용오차 및 잡음 등에 의해서 비트의 왜곡이 발생할 경우, 응답신호의 검출 시작 위치 변화와 FM0의 파형 특성을 이용하여 왜곡된 비트를 복원하는 방법을 제시하고 있다. 여기에서 제시하고 있는 리더는 각각 I 채널의 수신신호와 Q 채널의 수신신호를 두 개의 CPU로 검출하고, 또 하나의 메인 CPU를 두어 FM0의 형식, 노이즈가 발생한 비트 길이, 다음 비트의 길이를 파악하여 신호를 검출하는 방식을 사용한다. 그러나 세 개의 CPU로 검출하는 방식보다 하나의 CPU로 검출이 가능하다면 하드웨어 제작비용을 줄일 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 하나의 DSP와 하나의 FPGA로 제작된 리더를 사용하여 수신되는 신호에서 효과적으로 잡음과 허용오차에 의한 오류를 줄일 수 있는 방법을 제안한다.

Ⅱ 절에서는 900 MHz RFID 시스템에서의 잡음과 허용오차가 수신신호 미치는 영향에 대해서 알아보고, Ⅲ 절에서는 이를 개선하기 위한 방법으로 윈도우를 사용해서 잡음효과를 줄이고, 허용오차에 의한 영향을 없애는 방법을 제안한다. 그리고 Ⅳ 절에서는 상용리더와 제작된 리더를 사용하여 거리 테스트, 다중 리더환경에서 수신능력 테스트를 하여 성능을 분석하고, Ⅴ 절에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 리더 수신신호에서의 잡음효과와 허용오차(Tolerance)의 영향

900 MHz RFID 태그는 역산란 변조 방식을 사용하는 수동형으로 리더에서 송출되는 전파의 일부를 정류하여 직류전원을 재생한다. 재생된 직류전원만이 태그가 동작하기 위한 에너지로 사용되고, 파워 경로손실이 상대적으로 크기 때문에 태그의 응답신호는 매우 약하며, 따라서 리더 내의 열잡음 또는 주위 신호의 간섭이 수신신호의 복조에 큰 영향을 미치게 된다. 또 다른 문제로 ISO/IEC 18000-6 Type-B에서는 표 1에 제시된 것처럼 태그 응답신호의 허용오차를 ±15%까지 두고 있어 태그 응답신호의 일부분이 연속적으로 -15%의 허용오차를 가지고 리더로 수신될 경우, 허용오차를 고려하지 않은 신호 검출방법으로는 정확한 데이터의 검출이 어렵다.

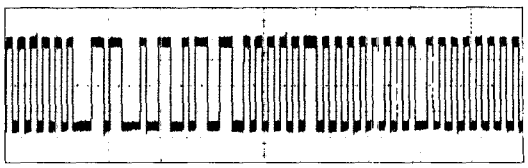


그림 1. 잡음의 영향을 받지 않은 정상 수신신호 (전체 1000 μs 구간).

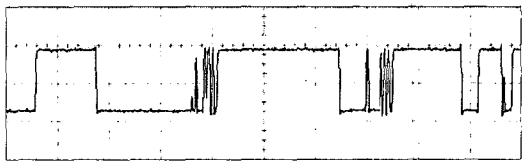


그림 2. 임펄스잡음에 의해 변형된 신호 (전체 100μs 구간).

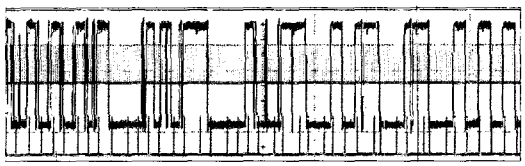


그림 3. 랜덤잡음에 의해 변형된 신호 (전체 500μs 구간).

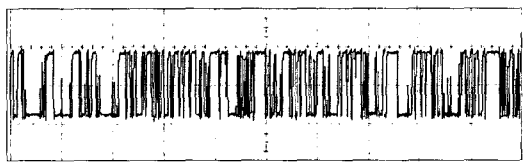
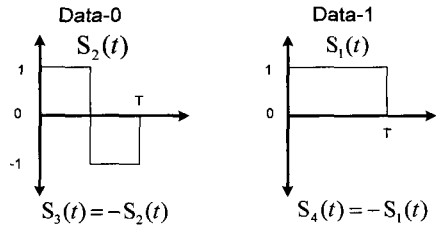
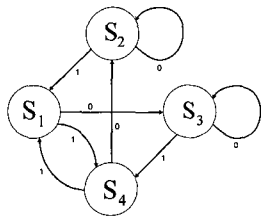


그림 4. 잡음에 의해 변형되어 복구가 불가능한 신호 (전체 200μs 구간).

그림 1은 리더에서 보낸 명령에 따라 태그가 정상적으로 응답한 신호를 나타낸 것이고, 그림 2는 그림 1의 정상수신신호가 임펄스잡음에 의해 영향을 받아 변형된 것을 나타내었고, 그림 3은 주위환경의 영향으로 랜덤잡음이 발생하여 그림 1의 정상수신신호가 변형된 경우를 나타낸 것이다. 잡음의 영향이 수신신호에 나타날 때 오버샘플링만으로 신호를 검출하는 경우는 그림 2와 그림 3과 같은 신호의 임펄스잡음이나 랜덤잡음의 영향이 큰 순간에 샘플링을 할 경우, 정상적인 신호검출이 어려워진다



(a) FM0 basis function



(b) generator state diagram.

그림 5. FM0 basis functions and generator state diagram[6].

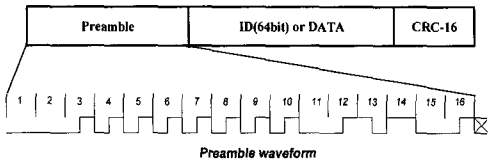


그림 6. 태그 응답신호의 구성 및 Preamble waveform[5].

는 문제점이 발생한다. 마지막으로 그림 4의 경우는 심각한 랜덤잡음의 영향으로 인하여, 신호와 잡음을 제대로 구별할 수 없어 복구가 매우 어려운 신호를 보여주는 파형이다. 그림 1, 그림 2, 그림 3, 그리고 그림 4는 태그 응답신호가 리더로 수신되는 파형을 오실로스코프를 사용하여 직접 측정한 것이다.

ISO/IEC 18000-6 Type-B의 태그 응답신호는 FM0 코드를 사용한다. FM0 코드는 그림 5에서와 같이 연속된 두 개의 비트가 하나의 데이터 비트를 표현한다. 연속된 두개의 비트가 "10" 또는 "01" 이면 디코딩된 데이터 비트는 '0'을 나타내고, 연속된 두개의 비트가 "00" 또는 "11" 이면 디코딩된 데이터 비트는 '1'을 나타낸다. FM0 코드는 그림 5의 Generator State Diagram 과 같은 규칙으로 데이터 비트가 결정되므로 동일한 비트가 3개 이상 연속되지 않는다. 그러나 그림 6과 같은 ISO/IEC 18000-6 Type-B의 태그 응답신호에서 처음에 수신되는 프리

표 1. 연속된 비트에 Tolerance 적용

Data Rate	Return link bit time	허용오차
40 kbps	25μs	±15%

표 2. 연속된 비트에 Tolerance 적용

연속된 비트수	최소시간 (-15%)	평균 시간	최대시간 (+15%)	범위
1 bits	10.625μs	12.5μs	14.375μs	3.75μs
2 bits	21.25μs	25μs	28.75μs	7.5μs
3 bits	31.875μs	37.5μs	43.125μs	11.25μs

앰블은 "00000101010101010101000011011 0001"의 32개의 비트 즉, 16개의 데이터 비트로 구성되어 있고, 태그에서 응답이 없는 경우와 동일한 5개의 '0'비트 구간을 제외하면 연속된 비트가 3개인 것을 확인할 수 있으므로, 연속된 최대 비트수는 3개이다. 리더에서의 수신신호는 태그와 리더간의 거리에 따라 그 위상이 변화되기 때문에 기저대역에서의 수신비트 신호는 송신비트 신호와 동일 위상 또는 180° 위상 천이가 발생한다. 처음에 오는 5개의 '0'으로 시작되는 비트 구간을 제외하면 비트의 중간에 최대 연속된 비트는 "000" 구간으로 세 개의 동일한 비트가 연속되고 있다. 태그 응답신호는 표 1에 제시된 바와 같이 최대 +15%에서 최소 -15%의 비트길이 오차가 허용되는데, 연속되는 동일한 비트구간에 허용오차가 적용되면, 최악의 경우 표 2에서와 같이 그 오차가 누적되는 상황이 발생한다. 이러한 신호가 수신되었을 경우, 허용오차를 고려하지 않고 오버샘플링만을 수행하여 신호 검출하는 방법으로는 정확한 신호의 검출이 어렵다.

Ⅲ. 윈도우방법을 이용한 태그 응답신호의 잡음 효과 감소와 허용오차 제거

태그 응답신호에 잡음이 포함되었을 때, 나타날 수 있는 수신 신호의 형태를 그림 2와 그림 3에서 살펴보았는데, 미약한 수신신호를 가지고 데이터를 정확하게 검출해야 하는 리더에서는 그림 2와 그림 3에서와 같은 잡음효과가 크게 영향을 미칠 수 있다. 또 하나의 검출 영향 요소로서 Ⅱ 절에서 살펴본 최대 ±15%의 태그응답 신호에서의 비트 허용오차가 있었다. 본 절에서는 태그 응답신호의 허용오차와 잡음이 포함되어 있는 신호를 정확하게 복조

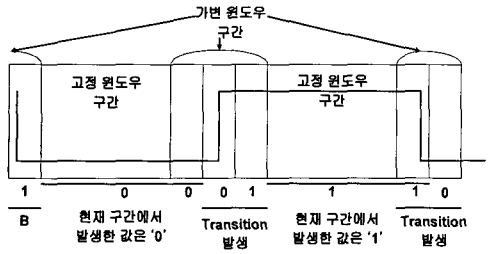


그림 7. FM0 의 데이터 비트'0' 을 윈도우방법으로 검출한 예.

하기 위한 윈도우방법을 제시한다.

태그 응답신호의 허용오차에 의한 신호검출 실패를 방지하기 위해서는 정확한 신호 천이의 검출과 허용오차에 의한 비트 폭의 변화를 감지할 수 있어야 한다. 먼저 정확한 신호천이를 검출하기 위해서 일정 크기의 샘플집합을 사용한다. 이를 위해, 기본 윈도우 내에서 수신신호를 오버샘플링하여 하나의 샘플 집합을 구성한다. 이 때 기본 윈도우의 크기는, 크게 잡았을 경우에 평균에 의한 검출로 잡음에는 강인하지만, 비트천이 검출에 있어서는 오류가 발생할 가능성이 높다. 한편, 기본 윈도우의 크기를 작게 잡으면, 좀 더 정확한 비트천이를 검출할 수 있지만, 잡음에 의한 비트 천이를 검출하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 상황을 고려하여 본 논문에서는 기본 윈도우의 크기를 태그응답 신호의 최대 허용오차인 3.75μs보다 조금 작은 2μs로 하였다. 이렇게 결정된 각각의 기본 윈도우에서 빈도가 큰 값을 대표값으로 나타내어 비트 천이를 검출하고 비트 천이가 발생한 기본 윈도우까지를 천이검출 윈도우로 정한다. 여기서 천이검출 윈도우는 허용오차에 의해 변화하는 비트 종료시점을 검출하기 위한 기본 윈도우의 집합이다. 이러한 천이검출 윈도우는 고정윈도우가 종료되는 시점 이후부터 시작한다. 여기서 고정윈도우에 대한 정의는 다음 단락에 제시되어 있다. 비트 천이는 이전의 기본 윈도우 값과 현재 기본 윈도우의 값을 비교하여 비트 천이를 검출한다. 그림 7의 첫 번째 기본 윈도우 B 에서 결정된 비트 천이는 이전 비트의 종료를 나타내고, 비트 천이를 결정하기 위해서 B에 1μs 이상 2 μs 이하의 현재 비트 값이 포함되어 있다. B에서 신호천이 검출 구간 중에 시작된 현재 비트의 크기는 허용오차 ±15% 크기로 가변이 되며, 전체 비트 구간 중 허용오차에 영향을 받지 않는 구간을 비천이 구간이라 한다.

비 천이 구간은 최대 15%의 값을 제외한 나머지 구간이 되며, 그 크기는 표 2에서 제시된 바와 같이 10.625μs이다. 비 천이 구간에서는 어떠한 신호의 천이도 발생하지 않아야 하며, 비 천이 구간에서 발생하는 신호 천이로 오인될 수 있는 신호는 잡음으로 간주하여 비 천이 구간을 하나의 큰 윈도우로 묶고 이 윈도우를 고정윈도우라고 한다. 한 비트의 비 천이 구간은 10.625μs이나, 그림 7의 B에서 신호 천이를 판단하기 위해 포함된 최대 2μs의 현재 비트 값으로 인해서 고정윈도우의 크기를 8μs로 결정한다. 고정윈도우가 종료되면 현재 비트의 종료시점인 비트 천이를 판단하기 위해서 천이검출 윈도우를 시작한다. 이때 천이검출 윈도우의 최대 길이는 한 비트 12.5μs의 30%에 해당하며, 천이검출 윈도우의 시작점은 12.5μs인 한 비트 구간의 15% 전인 약 10.625μs에서 시작하여, 15% 초과되는 범위인 약 14.375μs까지 비트천이를 검사한다. 비트 천이가 발생하는 윈도우가 종료하면 천이검출 윈도우도 같이 종료하고 다음 비트를 검사하기 위한 고정윈도우가 시작된다.

그림 6과 그림 5에 따라 수신신호의 비트 형태는 2개에서 최대 3개까지 동일형태로 비트가 수신될 수 있고, 연속된 동일형태의 비트는 비트와 비트사이에 천이가 발생하지 않는다. 그러므로 표 2에서와 같이 연속된 비트의 수에 수신신호의 허용오차의 비율은 동일하지만 그 크기는 커지게 된다. 예를 들어 두 개의 비트가 동일형태의 비트로 수신될 때의 허용오차의 크기는 7.5μs이고, 세 개의 비트가 동일형태의 비트로 수신될 때의 허용오차의 크기는 11.35μs이다. 이와 같이 허용오차의 범위가 비트 수만큼의 비율로 증가하기 때문에, 연속된 비트의 수가 증가할수록 오버샘플링만으로 신호를 검출하는 방법으로는 정확한 신호검출이 어렵다. 그림 8과 그림 9는 프리앰블에서 발생하는 세 개의 비트가 연속해서 올 때, 세 비트 모두 -15%의 값을 가질 때와 +15%의 값을 가지는 최악의 경우를 가정하고, 윈도우 방법을 통해 세 비트의 복원 과정을 보인 예이다.

다음은 그림 8과 그림 9와 같이 수신신호가 최대 최소의 허용오차를 가지고 수신이 될 때, 수신신호를 윈도우방법을 사용해서 검출하는 예를 각 Step 별로 나타낸 것이다.

Step 1. 그림 8에서 B의 천이검출윈도우로 비트 천이를 검출 후, 고정윈도우를 시작한다.

Step 2. 고정윈도우는 B의 비트 천이 검출에 사

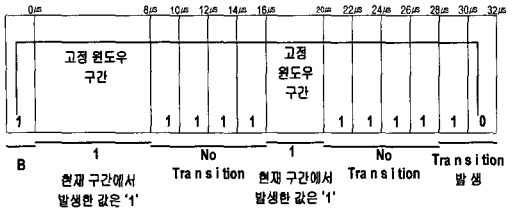


그림 8. 연속된 세 비트가 -15%의 허용오차를 가질 때 윈도우방법으로 검출한 예.

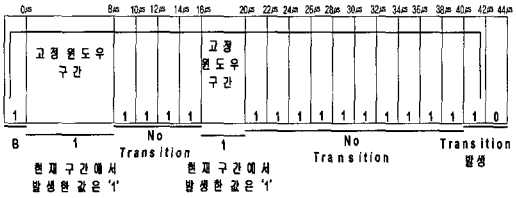


그림 9. 연속된 세 비트가 +15%의 허용오차를 가질 때 윈도우방법으로 검출한 예.

용된 최대시간을 비트의 비 천이 구간에서 제외하고, 비 천이 구간동안 고정윈도우가 유지된다. 비 천이 구간 8μs가 종료되면, 비트의 천이를 검출하기 위해서 천이검출윈도우가 시작된다. 8μs에서 고정윈도우가 끝남과 동시에 천이검출윈도우가 시작되어 비트의 천이가 발생하면 천이검출윈도우가 종료된다. 하지만 동일한 비트가 연속되면, 한 비트 구간 12.5μs에서 +15% 만큼의 허용오차를 가지게 되고 그 크기는 14.375μs이다. 여기에 그림 8의 B 에서 최소 1μs 이상의 구간이 신호 천이 검출에 사용되었기 때문에, 실제적으로 8.625μs에서 13.375μs의 허용오차구간을 가지게 된다. 13.375μs에서 발생하는 비트 천이를 검출하기 위해서는 12μs에서 14μs에 걸치는 윈도우로는 불가능하다. 그러므로 그 다음 블록인 16μs 구간까지 천이검출윈도우 구간이 설정되어야 한다.

Step 3. 16μs까지 비트의 천이가 발생하지 않았다면, 첫 번째 비트를 결정하고, 두 번째 비트 검출을 위한 고정윈도우를 시작한다. 두 번째 비트검출을 위한 고정윈도우는 두 비트 중에서 두 번째 비 천이구간인데, 표 2와 같이 실제 두 비트의 길이 25 μs에서 -15%이다. 이는 21.25μs 구간이며, B에서 천이검출구간 2μs를 제외하면 19.25μs가 된다. 그러므로 20μs까지의 고정윈도우블록을 가지게 되며, 천이검출윈도우 종료 시점부터 20μs 구간까지는 비 천이 구간이다.

Step 4. 두 번째 비 천이 구간이 종료되면 비트 천이를 검출하기 위한 천이검출윈도우가 시작되고, 천이검출윈도우는 최소 비트 천이가 발생하는 구간까지 최대 실제 두 비트 구간 25μs에서 +15% 만큼의 허용오차를 가지게 되고, 그 크기는 28.75μs이다. 여기에서 그림 8의 B에서 최소 천이검출구간을 제외하면, 27.75μs이며, 27.75μs 에서 발생하는 비트 천이는 26μs에서 28μs의 구간에서 검출이 불가능함으로 30μs 구간까지 천이검출윈도우 구간으로 설정하고, 여기에서 비트 천이가 발생하지 않으면, 두 번째 비트를 결정한다.

Step 5. 세 번째의 비 천이 구간은 세 비트 37.5 μs에서 -15%이다. 이는 31.875μs이며, B에서 발생하는 천이검출구간을 제외하면 29.875μs이다. 그러므로 이전의 비트 천이검출구간에서 30μs까지 비 천이 구간을 가지며, 이는 두 번째의 천이검출윈도우 구간과 중첩이 되기 때문에 의미가 없다. 세 번째 천이검출윈도우 구간은 30μs에서 시작되고, 그림 8과 같이 -15%의 최소 허용오차에서 비트 천이가 발생하였을 경우, 비트의 검출이 가능하며, 그림 9와 같이 +15%의 최대 허용오차에서 비트 천이가 발생하였을 경우에도, 비트의 검출이 가능하다. 하지만, +15% 구간의 허용오차인 44μs 구간까지 비트 천이가 발생하지 않는다면, 수신신호는 잘못된 신호를 수신한 경우로 판단한다.

그림 7에서 윈도우방법으로 수신신호를 복원하는 예를 보았고, 그림 8과 그림 9에서 동일한 세 비트가 연속해서 모두 -15%의 허용오차를 가질 때와 모두 +15%의 허용오차를 가질 때, 윈도우방법을 이용하여 성공적으로 복원하는 예를 보았다. 이때

고정윈도우에 잡음이 발생하거나, 천이검출윈도우 내의 2μs 구간의 윈도우에서 샘플링 된 수신신호 가운데 잡음의 비율이 50% 미만일 때, 정상적으로 복원이 가능하다. 그러므로 잡음이 포함된 수신신호 복원에 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

다음은 각종 전자기기가 비치 된 실험실 환경에서, 제안된 윈도우방법으로 제작된 리더를 사용하여 송신한 명령어의 태그 응답신호를 오실로스코프로 측정하여 잡음이 포함된 것을 확인하고, 잡음에 의해 변형된 신호를 윈도우방법으로 정확하게 복구하는 것을 그림 10과 그림 11에 나타내었다.

그림 10에서 A 신호는 수신한 태그의 응답신호이고, B 신호는 2μs마다 한 번씩 발생하는 신호, C 신호는 수신된 신호가 비트로 결정되어 데이터비트

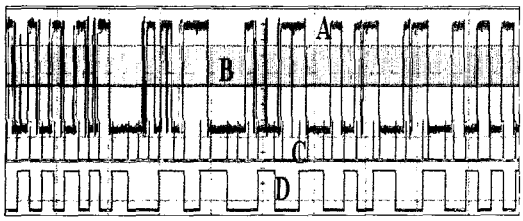


그림 10. 잡음이 포함된 수신신호를 윈도우방법으로 검출한 파형 (전체 500㎲ 구간).

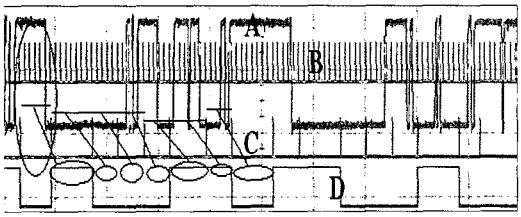


그림 11. 잡음이 포함된 수신신호를 윈도우방법으로 검출한 파형 (전체 200㎲ 구간).

로 디코딩하기 위해서 쉬프트 레지스터로 저장될 때마다 발생하는 플래그 신호이다. 그리고 D 신호는 수신된 A 신호가 플래그 신호에 따라 레지스터에 저장된 하나의 비트를 검출한 것이다. 그림 11은 그림 10의 신호를 확대하여 측정하였고, 여기에서 C 신호가 발생할 때 마다 C 신호의 각 간격만큼 A 신호 값을 평균하여 비트단위로 레지스터에 저장된다. 레지스터에 저장된 수신비트는 D 신호로 확인할 수 있고, 검출된 비트는 "01000110110001"로서 프리앰블의 일부분이 정확하게 복원된 것을 확인할 수 있다.

Ⅳ. 실험 결과

Ⅱ 절과 Ⅲ 절에서는 ISO/IEC 18000-6 type-B 프로토콜에서 제시하는 허용오차를 분석하고, 허용오차 조건을 만족시키면서 잡음이 더해진 수신신호 중 검출 가능한 두 가지 형태의 신호를 보였다. 그리고 허용오차와 잡음으로 인해서 변형된 수신신호를 정확히 검출하는 방법을 제시하였다.

본 절에서는 제안된 방법의 성능을 검증하기 위해 제안된 방법을 적용하여 자체 제작된 리더와 상용리더를 가지고 성능 실험을 수행하였다. 각각의 리더는 다음과 같은 사양을 가지고 있다. 먼저 제작

표 3. 자체 제작된 리더의 사양

항 목	내 용	규 격	
CPU	TI 320C33	150MFLOPS 75MIPS	10 MHz (동작속도 50 MHz)
ROM	29C040	4Mega bit Memory	
FPGA	Xilinx Spartan 2E	93,000-300,000 System gate range	40 MHz
RF Module	900 MHz RFID Reader Module	1W ERP	ISO/IEC 18000-6B, EPC C1 지원

표 4. 상용 리더의 사양

항 목	내 용	규 격	
운영체제	Linux 2.6.11.5		
Ethernet 지원	10BaseT/100 BaseTx (twisted-pair)		
802.11g Radio 지원	Data rate 11,5,2,1 Mbps	Frequency band 2.4 to 2.5 GHz	
RF Module	865~868 MHz 908.5~914 MHz	1W ERP	ISO/IEC 18000-6B, ISO/IEC 18000-6C etc.

된 리더의 사양은 표 3과 같고, 표준에 제시된 충돌방지알고리즘에 따라 태그와 통신을 하고, 전 절에서 언급한 허용오차와 잡음으로 변형된 수신신호를 복원하기 위한 윈도우방법이 탑재되어 있다. 그리고 상용리더의 사양은 표 4와 같고, 내부에 자체 충돌방지알고리즘과 운영체제가 탑재되어 있어, 인터넷을 통한 웹으로 태그 ID를 표현하는 고성능의 리더이다. 첫 번째 실험은 32개의 다중태그를 1.5m의 거리에서 측정하여 태그 ID 인식 개수를 파악하여 다중태그 인식 성능 비교를 하는 것이다. 그림 12와 그림 13에서와 같이 상용리더와 제작된 리더는 서로 상이한 안테나를 사용하였지만, 동일한 출력파워와 동일한 실험실 환경에서 실험을 하여 객관성을 유지하였다. 그림 14는 상용리더와 표준에 제시된 충돌방지알고리즘을 사용하는 자체 제작된 리더가 읽은 태그 ID의 수를 나타낸 결과이다. 표 6은 실험결과를 전체 평균하여 나타낸 것인데, 상용

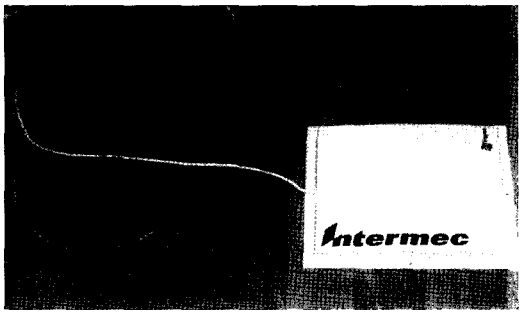


그림 12. 실험에 사용된 상용리더와 안테나.

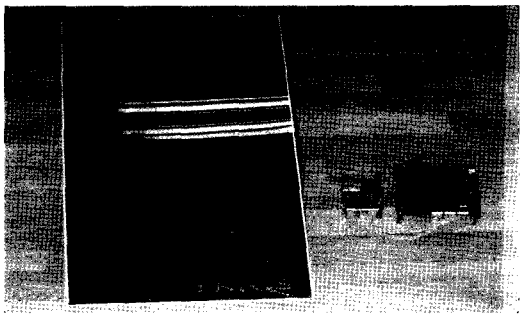


그림 13. 실험에 사용된 제작된 리더와 안테나

리더가 2.7개 정도 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이러한 다중 태그 인식 성능에서 차이가 발생한 이유는 자체 제작한 리더에서는 표준에서 제시하고 있는 충돌방지 알고리즘을 그대로 사용하였고, 상용리더에서는 다중태그 인식 성능을 높이기 위해서 충돌방지 알고리즘을 개선하여 그 알고리즘을 탑재하였기 때문일 것으로 분석된다.

두 번째 실험은 리더의 수신 능력을 파악하기 위해서 단일태그를 사용하여 거리를 측정하는 실험을 하였다. 그림 12와 같은 상용리더와 그림 13과 같은 제작된 리더를 동일 위치에 두고, 각각 리더를 1회씩 반복하여 실험함으로써, 실험 환경에 의해서 각 리더가 다른 영향을 받을 가능성을 최소화 하였고, 리더당 100회씩 반복 실험하였다. 실험 방법은 단일태그의 송신신호를 리더가 무난히 읽을 수 있는 거리에서 측정을 시작하여 태그 ID가 수신되면 20cm 씩 후퇴하여 측정하였다. 그리고 이동 중에서의 태그 상황을 고려하기 위해 태그 ID가 수신된 위치에서 상하좌우로 태그의 위치를 변화시켜가며 리더에서의 태그 ID 수신을 확인하였고, 더 이상 수신되지 않는 거리까지 후퇴시킨 후, 다시 1cm 씩 전진하여 정확한 거리를 파악하고 기록하는 과정을

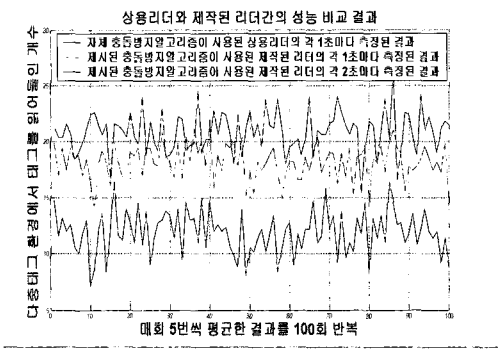


그림 14. 상용리더와 제작된 리더간의 성능비교 결과.

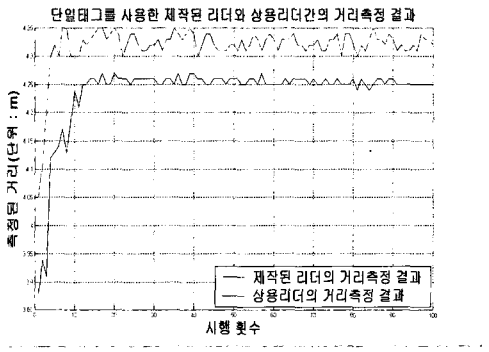


그림 15. 단일태그를 사용한 제작된 리더와 상용리더간의 거리측정 결과

1회로 하였다. 그림 15는 실험에서 얻어진 결과를 그래프로 나타낸 것이고, 표 5는 전체 실험결과를 평균하여 나타낸 것이다. 측정 결과 표 5에서 보는 것과 같이 윈도우방법이 탑재된 리더가 상용리더에 비해서 평균적으로 8cm 멀리 떨어진 곳에서 태그 ID 수신이 가능했다. 이것으로 윈도우방법이 탑재된 제작된 리더의 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

표 5. 유사실험 환경에서의 거리측정 결과의 평균

	상용리더	제작된 리더
평균 수신거리	4m 24cm	4m 32cm

표 6. 유사실험 환경에서 다중태그 수신 결과.

	상용리더	제작된 리더
수신 태그 개수의 평균(개)	20.854	18.174

V. 결 론

본 논문에서는 900 MHz RFID ISO/IEC 18000-6 Type-B에서 제시된 허용오차와 잡음이 태그 응답신호에 주는 영향에 대해서 분석하였고, 이러한 영향을 최소화하기 위해서 윈도우를 이용하는 방법을 제안하였다. 수신된 파형과 예를 이용하여 윈도우방법이 표준에 제시된 수신신호의 허용오차에 의한 오류를 완벽하게 제거하고, 윈도우를 평균하는 방법으로 잡음에 강인한 효과를 주는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 실험을 통하여 상용리더와 제작된 리더의 성능을 비교하였는데, 제안한 방법을 사용한 리더가 상용리더에 비해 다중태그 수신 성능은 떨어지지만, 단일태그 환경에서 태그 ID를 수신할 때, 수신거리에서는 더 나은 성능을 보였다. 제안하는 방법을 우수한 성능의 충돌방지알고리즘이 탑재된 ISO/IEC 18000-6 Type-B의 UHF RFID 리더에 적용하면 다중태그 성능까지 향상될 수 있으므로 리더 성능 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] R. Want, K. Fishikin, A. Gujar, and B. Harrison. Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags. In ACM Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI99). Pittsburgh, PA. May 1999.

[2] K. Romer, T. Schoch. Infrastructure Concepts for Tag-Based Ubiquitous Computing Applications. Workshop on Concepts and Models for Ubiquitous Computing at Ubicomp 2002. Goteborg, Sweden. September 2002.

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

[4] 이우진, 전기용, 조성호, "UHF RFID 시스템 수신성능 향상을 위한 통계적 알고리즘," 제 18회 신호처리합동학술대회논문집, 제 18권, 1호, 2005년

[5] ISO/IEC 18000-6:2003(E), Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz, Nov. 26, 2003.

[6] ISO/IEC 18000-6C, Part 6C: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz, Jan. 7, 2005.

최 우 석 (Woo-Seok Choi) 정회원

2003년 2월 밀양대학교 정보통신공학과 공학사

2006년 8월 부산대학교 전자공학과 공학석사

2006년 8월~현재 (주)도시환경이엔지 연구원

<관심분야> 디지털통신, RFID, LED 조명, LED 방열구조

서 기 환 (Ki-Hwan Suh) 준회원

2006년 2월 부산대학교 전자전기통신공학부 공학사

2006년 3월~현재 부산대학교 전자공학과 석사과정

<관심분야> RFID, 디지털 TV, 디지털 통신

김 형 남 (Hyoung-Nam Kim) 종신회원

1993년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사

1995년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 공학석사

2000년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 공학박사

2000년 4월 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부 박사후 연구원

2003년 2월 한국전자통신연구원 무선방송연구소 선임연구원

2003년 3월~현재 부산대학교 전자공학과 조교수

<관심분야> 적응신호처리, 디지털 TV, 디지털 통신, RFID, 멀티미디어 시스템