

# UHF 대역 RFID 시스템을 위한 충돌방지 알고리즘 분석

김태환\*, 홍원기\*, 이용두\*  
\*대구대학교 정보통신과  
e-mail : thkim76@daegu.ac.kr

## An Analysis of Anti-Collision Algorithm for the UHF RFID System

Tae-Hwan Kim\*, Won-Kee Hong\*, Yong-Doo Lee\*  
\*Dept of Information and Communication, Daegu University

### 요 약

UHF대역의 RFID 시스템을 위한 에어 인터페이스 표준으로 ISO/IEC는 ISO/IEC FDIS 18000-6 국제표준안을 발표하였다. 국내에서는 RFID 시스템을 위한 UHF 대역을 위해 908.8MHz-914MHz 대역을 확정 발표하면서 UHF대역의 RFID 시스템을 위한 연구가 본격화 되고 있다. 특히, 대규모 RFID 시스템에서 태그들의 신속한 인식을 위해 효율적인 충돌방지 알고리즘의 개발이 중요한 연구과제로 등장하고 있다. 본 논문에서는 ISO/IEC 18000-6 국제표준을 기반으로 UHF 대역 RFID 시스템에서 리더와 리더, 리더와 태그 사이의 충돌방지 알고리즘을 소개하고 각 알고리즘의 장·단점을 분석한다.

### 1. 서론

2004년 말 ISO/IEC에서 ISO 18000 국제표준[1]이 확정 발표 되면서 본격적 RFID의 활용을 위한 많은 연구들이 활발히 진행 되고 있다. 특히 전자 물류·유통에서의 RFID 활용을 위한 UHF 대역의 에어 인터페이스 국제표준이 확정됨에 따라 ISO/IEC FDIS 18000-6 Part A, Part B 기반의 RFID 시스템 개발의 중요성이 증가하고 있다. 국내에서는 UHF대역에서의 RFID시스템을 위해 908.5MHz~914MHz 대역을 확정 발표 하면서 국제표준 기반의 RFID 연구가 진행 중에 있다. 또한 사실상 표준(De facto)으로 자리 잡고 있는 EPCglobal Inc<sup>TM</sup>에서 Class-1 Generation-2[2] UHF 대역의 RFID 프로토콜이 발표 되면서, ISO/IEC 18000-6 Part C로의 채택이 유력시 되고 있다[3]. UHF대역의 RFID시스템에서는 다량의 물품을 실시간으로 식별해야 하기 때문에 전자물류 시스템 등과 같은 대규모 RFID 시스템 환경에 적용하기 위해서는 무엇보다 성능과 구현 비용 측면에서 효율적인 다중태그 식별을 위한 충돌방지 알고리즘이 필수적이라 할 수 있다[11]. 충돌방지 알

고리즘은 크게 이진-트리 기반의 결정적 충돌방지 알고리즘과 슬롯-알로하 기반의 확률적 충돌 방지 알고리즘으로 나눌 수 있다[4,5].

본 논문에서는 대규모 RFID 시스템에서의 효율적인 충돌방지 알고리즘의 설계를 위하여 ISO/IEC 18000-6 국제표준을 기반으로 UHF대역에서의 RFID시스템을 위한 충돌방지 알고리즘을 소개한다. 특히 리더와 리더간, 리더와 태그간 충돌방지 알고리즘으로 분류하여 각 알고리즘의 종류와 장단점을 분석한다.

### 2. 리더와 리더간의 충돌방지 알고리즘

대형 마트와 같이 제한된 영역 내에 다수의 RFID 리더가 존재 하는 대규모 RFID시스템에서는 리더와 리더간의 충돌문제는 RFID시스템의 정확한 동작을 보장하기 위해 최소화 되어져야 한다. 특히 UHF 대역의 RFID 시스템에서의 식별거리가 수 미터 임을 감안하면 RF라는 통신 매체의 공유로 인한 리더간 간섭 및 영향을 유발 할 수 있다. 이러한 간

섭에는 다수의 리더가 같은 시간에 같은 주파수를 사용하는 인접한 리더간의 통신에 의해 발생하는 주파수 간섭(Frequency Interference)과 인접한 리더가 같은 시간에 동일한 태그와 통신하려고 시도 할 때 발생하는 태그간섭(Tag Interference)등이 있다.

리더간 충돌문제 해결을 위한 알고리즘에는 DCS(Distributed Color Selection)알고리즘과 VDSC(Variable-Maxium Distributed Color Selection)알고리즘이 있다[6]. 이들 알고리즘은 리더간 충돌을 피하기 위해 각 리더의 동작 시간을 Time-slot으로 나누어 사용하므로 리더간 충돌을 방지하는 방법이다. Time-slot내에 다른 리더와 충돌이 발생하면 태그와의 통신은 파기되고 새로운 Time-Slot 번호를 큐에 적재하여 다음 사용시간을 예약한다. DSC는 최대 Time-Slot 수가 고정되어 있기 때문에 시스템의 확장성과 유연성에 어려움이 있다. VDSC는 최대 Time-Slot의 수를 큐의 적재량에 따라 변화 시키므로 보다 유연한 성능을 가진다. 그러나 다수의 리더가 인접한 물리적 영역에 존재할 때 리더 수의 추정과 가장 최적화된 Time-slot의 크기를 결정하기 힘든 단점을 가지고 있다.

### 3. 리더와 태그간의 충돌방지 알고리즘

본 절에서는 다수의 태그가 식별 영역 내에 존재할 때 다수의 태그가 리더가 요청한 질의에 동시에 응답할 경우 리더에서 발생하는 다중 태그 식별문제 해결을 위한 리더와 태그간의 충돌방지 알고리즘을 분석한다. UHF 대역 RFID 시스템을 대규모 RFID 시스템에서 사용하기 위해서는 리더의 식별 영역내의 모든 태그는 반드시 식별되어야 하며, 식별 영역 내로 태그가 유입되거나 유출되는 상황에서도 신뢰성 있는 식별 능력을 보장 하여야 한다. 그러나 위의 모든 사항을 충분히 만족하는 충돌방지알고리즘은 아직 소개되고 있지 않다. 본 절에서 소개하는 알고리즘은 아래의 상황을 가정 한다

- 식별영역내의 모든 태그는 수동 태그를 사용함
- 식별 영역 내의 태그들만 인식하며 외부 영역으로의 태그 유입/유출은 허용하지 않음
- 식별 영역 내에는 하나의 리더만 존재함

ISO/IEC 18000-6은 알로하 기반의 충돌방지 알고리즘을 사용하는 Type A와 이진트리기반의 충돌방

지 알고리즘을 사용하는 Type B로 분류하고 있다[1].

### 3.1 슬롯 알로하 기반 충돌방지 알고리즘

본 소절에서는 ISO 18000-6 Type A에 사용될 수 있는 슬롯 알로하 기반 충돌방지 알고리즘들을 소개한다. 이계열의 알고리즘은 식별영역 내의 태그의 수와 식별태그 수를 최대화 하기위한 최적의 프레임 크기를 확률적으로 추론하기 때문에 확률적 충돌방지(Stochastic Collision Resolution)방법이라 한다[4].

#### 1) ID-Slot형 알고리즘

ID-Slot형 알고리즘은 다수의 태그들이 한 프레임 사이클 내의 Time-Slot중 하나를 무작위로 선택하여 Time-Slot 내에 태그의 식별자를 리더에게 모두 전송하는 프레임 알로하 방식을 사용한다. 충돌이 발생한 Time-Slot내의 태그는 다음 프레임 사이클에 동일한 방식으로 재전송을 하게 된다. ID-Slot형 알고리즘에서의 태그는 선택한 Time-Slot내에 식별자를 정확히 전송하여야 하므로 태그 내에 Timing-Circuit을 포함하고 있어야 한다. 이러한 ID-Slot형 알고리즘에는 I-CODE알고리즘[5]과 이를 개선한 STAC알고리즘[7]이 있다.

수동 태그를 사용하는 프레임 알로하 알고리즘에서는 사용할 수 있는 프레임의 크기가 제한되어 있다[5]. 따라서 프레임 내에 충돌이 발생한 Time-Slot의 수, 빈 Time-Slot의 수, 태그가 식별된 Time-Slot의 수의 정보를 이용하여 식별 영역 내에 식별되지 않는 태그수를 추론하여 다음 식별과정에 사용될 프레임의 크기를 동적으로 조절하는 방법이 있다. 또한 식별영역내의 태그를 그룹핑하여 리더에 응답하는 태그 수를 조절하는 방법을 사용하여 태그 식별 성능을 개선하는 방법들이 제시되고 있다. ID-Slot형 충돌방지 알고리즘은 구현은 간단하나 Time-Circuit의 추가에 따른 구현비용과 식별영역내의 태그 수를 정확히 추정할 수 없기 때문에 최적의 프레임 크기를 결정하기 어렵다. 또한 식별영역내의 모든 태그가 식별 되었는지에 대한 식별 종료 시점을 정확히 파악하기 어렵다.

#### 2) Bit-Slot형 알고리즘

Bit-Slot형 알고리즘은 ID-Slot형 알고리즘과 달리 식별자의 비트길이와 동일한 Time-Slot 수를 가지는 프레임을 사용하며, 식별영역내의 태그는 각

Time-Slot내에 한 비트 식별자 정보만을 전송 한다.

리더는 식별영역내의 태그에게 하나의 '1'값만 가지는 식별자 길이와 동일한 랜덤 값을 생성하여 전송해 줄 것을 요청하고 태그는 생성한 랜덤 값을 한 비트씩 Time-Slot내에 차례로 전송한다. 리더는 각 Time-Slot에서 충돌이 발생하지 않는 비트순서의 값을 '1'로 가지는 랜덤 값을 태그에게 다시 전송한다. 각 태그는 수신한 랜덤 값과 송신한 랜덤 값을 비교하여 일치하는 태그만이 식별자를 리더에게 전송하여 충돌을 방지하는 알고리즘이다. Bit-Slot형 알고리즘의 태그식별 시간은 식별영역내의 태그의 개수와 태그의 전송 비트 수에 의존 한다. Bit-Slot 알고리즘에서는 식별영역내의 태그의 수가 증가하면 태그가 전송한 랜덤 값의 충돌 확률이 높아져 잦은 질의-응답으로 인한 성능 저하의 문제점을 가지고 있다. [8]에서는 충돌이 발생한 랜덤 값에서 동일한 랜덤 값을 가지는 태그들을 그룹핑하여 Bit-Slot 알고리즘을 적용시키는 개선된 알고리즘을 제안하여 태그 식별 성능을 개선하였다.

Bit-Slot 알고리즘은 프레임의 크기가 작기 때문에 통신 오버헤드가 상대적으로 작으나, 식별영역내의 다수의 태그들 중에서 하나의 태그를 선택하기 위한 단일화 과정과 식별자 전송과정이 분리되므로 대규모 RFID 시스템에서 높은 성능을 기대하기 어렵다.

### 3.2 트리기반 충돌방지 알고리즘

본 소절에서는 ISO 18000-6 Type B에 사용될 수 있는 트리기반 충돌방지 알고리즘을 소개한다. 이 계열의 알고리즘은 태그 식별자를 이진트리로 구성한 후 태그 식별을 수행하는 방법으로 태그 식별과정이 예측 가능 하다는 점에서 결정적 충돌방지 (Deterministic Collision Resolution)방법이라 한다 [4]. 본 절에서는 태그가 과거의 상태정보를 저장하고 있을 필요가 없어 대규모 RFID 시스템의 구현비용 측면에서 효율적인 메모리레스형 알고리즘을 설명한다.

#### 1) 이진-트리 알고리즘

이진-트리 알고리즘의 다중태그 식별은 프리픽스 값을 갖는 리더기의 질의와 태그로부터의 1비트 응답으로 구성되는 질의-응답의 반복적인 수행으로 이

루어진다[9,10]. 리더의 질의에 대한 태그의 응답은 프리픽스 값과 매칭되는 식별자 이후의 한 비트를 전송한다. 리더는 태그로부터의 응답 결과를 통해 새로운 프리픽스 생성을 정보로 사용하며, 프리픽스를 저장하기 위해 스택 메모리 구조를 가진다.

이진-트리 알고리즘은 한번에 한 비트씩 응답하면서 질의-응답 과정을 수행하기 때문에 태그 식별자 비트길이의 증가에 따라 질의-응답 횟수가 증가 하고 전송비트 수가 늘어나면서 성능 저하가 발생한다[8].

#### 2) 퀴리-트리 알고리즘

퀴리-트리 알고리즘은 이진-트리 알고리즘과 달리 K 비트 길이의 프리픽스 값을 갖는 리더의 질의와 프리픽스 값과 매칭되는 태그의 나머지 식별자 비트의 응답으로 구성되는 질의-응답의 반복적인 수행을 통해 다중식별이 수행 된다[9,10]. 리더는 질의한 프리픽스 값에 대한 태그로부터의 나머지 식별자 정보의 응답결과를 통해 새로운 프리픽스 생성을 위한 정보로 사용하며, 프리픽스를 저장하기 위해 큐 메모리 구조를 가진다.

퀴리-트리 알고리즘은 매칭 되는 프리픽스 값 이후의 나머지 식별자 정보 전체를 전송 하므로 질의-응답 회수를 개선하여 이진-트리 알고리즘에 비해 개선된 태그식별 성능을 보이지만 무응답 태그에 대한 불필요한 질의-응답과정이 발생하여 성능 저하가 발생한다.

#### 3) 개선된 퀴리-트리 알고리즘

퀴리-트리알고리즘에서 리더의 질의에 다수의 태그가 응답하여 충돌이 발생할 경우 질의한 프리픽스 값에 단순히 '0'이나 '1'값을 추가해 새로운 프리픽스 값을 생성한다. 그러나 개선된 퀴리-트리 알고리즘인 충돌 추적 트리알고리즘[11]에서는 리더가 태그로부터의 응답에 충돌이 발생하면 즉시 태그의 전송을 중지 시키고 충돌이 발생한 비트의 위치를 추적하여 충돌 전까지 수신된 모든 비트를 추가하여 새로운 프리픽스 값을 생성한다. 이는 충돌 위치를 분석하여 무응답 노드를 미리계산하고 질의를 하지 않으므로 무응답 노드가 발생하지 않음을 의미한다. 프리픽스 값의 저장을 위해 스택과 큐 구조의 메모리를 사용한다.

[11]에서 제안한 충돌 추적 알고리즘은 퀴리-트리 알고리즘에서 발생하는 무응답 노드에 따른 성능저하를 충돌 추적 알고리즘을 통해 개선하여 보다 향

상된 태그식별 성능을 보이지만, 식별영역 내의 작은 태그의 유입과 유출에 대해서는 충분한 태그 식별성능을 기대하기 어렵다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 UHF 대역의 RFID 시스템에서 실시간으로 다량의 물품을 식별하기 위한 충돌방지 알고리즘을 소개·분석하였다.

알로하 기반의 확률적 알고리즘은 다수의 태그가 제한된 수의 Time-Slot을 무작위로 선택하여 사용하므로 태그 식별에 있어 초기 프레임 Time-Slot의 수와 식별영역내의 태그수를 알 수 없기 때문에 최적의 프레임 크기를 결정하기가 어렵다. 또한 태그 식별의 완전성을 보장하지 못하는 단점을 갖고 있으나 태그가 식별 영역 내로 유입되거나 유출되어도 식별영역내의 태그수와 프레임의 크기에 따라 성능이 결정되기 때문에 태그의 이동성과 식별성능의 의존성이 낮다. 이진-트리 기반의 결정적 알고리즘은 태그식별과정의 예측이 가능하여 태그식별의 완전성을 갖지만 식별영역내로 유입/유출되는 태그에 대해 최상위 트리부터 최하위 트리까지의 식별과정을 거쳐만 태그의 식별이 이루어지기 때문에 유입/유출되는 태그의 식별자 값이 식별성능에 영향을 미치게 된다.

UHF대역의 에어 인터페이스 국제표준인 ISO/IEC 18000-6에서는 Type A와 Type B의 세부적인 충돌방지 알고리즘은 명시하고 있지 않다. 따라서 향후 연구과제로 대규모 RFID 시스템 환경에서 식별영역에서의 태그 이동성에 대한 각 알고리즘의 성능평가와 태그 식별의 완전성을 보장을 위한 효율적인 충돌방지 알고리즘의 설계가 요구된다.

#### 참고문헌

[1] ISO/IEC FDIS 18000-6:2004(E), "Part 6 : Parameters for air interface communications at 860MHz to 960MHz", 2004.  
 [2] EPC<sup>TM</sup> RFID Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for communications at 860MHz - 960MHz Version 1.0.8, Dec 2004.

[3] EPCglobal Inc<sup>TM</sup>, "Resolution Clears Way for EPCglobal UHF Gen 2 Submission to ISO", <http://www.epcglobalinc.org>, Jan 2005.  
 [4] Vogt H., "Multiple Object Identification with Passive RFID Tags", 2002 IEEE International Conference on , Vol. 3, pp 6-9, Oct. 2002.  
 [5] Vogt H., "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags", Proc. Int. Confer. on Pervasive Computing, LNCS2414, Springer-Verlag. pp 98-113, Aug 2002.  
 [6] Waldrop J., Engels D.W., Sarma SE. "Colorwave: An anti-collision algorithm for the reader collision problem", Communications, 2003. ICC '03. IEEE International Conference on , Vol. 2, pp 11-15, May 2003.  
 [7] Auto-ID Center, "13.56MHz ISM Band Class 1 Radio Frequency Tag Interface Specification: Candidate Recommendation, Ver. 1.0.0", Auto-ID Center, May 2003.  
 [8] C.S. Kim, K.R. Park, S.D. Kim, "An Efficient Stochastic Anti-Collision Algorithm using Bit-Slot Mechanism", Proc. Inter. Confer. on Parallel and Distributed Processing Techniques and Application(PDPTA), pp 652-656, June 2004.  
 [9] Klaus F., "RFID Handbook", Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., England, 2003.  
 [10] Feng Z., Chunhong C., Dawei J., Chenling H., Hao M., "Evaluating and Optimizing power Consumption on Anti-collision Protocol for Applications in RFID Systems", Proc. Int. ISLPED '04, pp 357-362, Aug. 2004.  
 [11] 권성호, 홍원기, 이용두, 김희철, "RFID 시스템에서의 트리기반 메모리레스 충돌방지 알고리즘에 관한 연구", 정보처리학회논문지, Vol. 11-C, No. 6, pp 851-861, Dec 2004.