

EPC global Class1 Gen2 기반 RFID 시스템의 충돌 방지 알고리즘에 관한 연구

준회원 정 윤 식*, 정회원 박 용 민**, 김 경 목**, 오 영 환*

The Study on Anti-collision Algorithm of the RFID System based on EPC global Class1 Gen2

Yun-sick Chung*, Associate Member

Yong-min Park*, Kyung-mok Kim**, Young-Hwan Oh* Regular Members

요 약

본 논문에서는 EPC Class1 Gen2기반 확률적 슬롯 할당 충돌방지 알고리즘에서 사용하는 DFSA(Dynamic Frame Slotted ALOHA)알고리즘에 대한 분석과 이를 이용한 알고리즘을 제안한다. DFSA 알고리즘의 경우 충돌이 발생하여 인식되지 않은 태그들은 이어지는 라운드에서 재인식과정을 수행하며, 이 과정에서 발생하는 충돌 슬롯과 빈 슬롯 수에 따라 Q값을 달리하여 슬롯의 수를 태그의 수와 근접하게 적용해 간다. 하지만 충돌이 발생할 경우 재차 수행하게 되는 인식라운드의 수가 증가하여 총 인식 시간이 길어질 수 있다는 단점을 내포하고 있다. 본 논문에서는 기존의 DFSA알고리즘에 SlotAdj명령을 추가하여 충돌이 발생하게 되었을 경우 충돌 발생태그들에 대한 인식과정을 동일한 라운드 내에서 진행하도록 하여 전체적인 태그 인식시간과, 시스템 효율성, 데이터처리량 측면에서 효율적인 알고리즘을 제안한다. 최초 Q값을 설정하기 위한 인식라운드까지의 과정은 기존의 알고리즘을 적용하여 슬롯과 태그의 수가 근사함을 가정한다. 시뮬레이션을 통해 기존알고리즘과의 성능을 비교 분석하였다.

Key Words : RFID, Anti-Collision, EPC Global, Gen2, DFSA

ABSTRACT

In this paper, we included the analysis of DFSA algorithm which is used in probabilistic slotted collision avoidance algorithm based on EPC Class 1, Generation 2, and propose new algorithm based on this analysis. If collision occurs on the DFSA algorithm processing the tags are not identified and ignored to identify collision tags in the next round. Whenever collisions that occur in the processing, depending on the number of slots and empty slots change Q value range, the number of frame slots be able to go close with the number of tags. But the collisions may increase the number of rounds to be performed again and the total identification time is longer and pose a disadvantage. And we propose more efficiency algorithm in the case of the overall time of total identification, and the system efficiency, and the throughput compare with DFSA algorithm which added SlotAdj command to re-identify collision tags on the same round. compared with the performance. To set the first Q value we follow the first step of DFSA processing also we assume that during first round slot number and tag number are closely. And compare the simulated result of DFSA and proposed algorithm to analyze.

* 광운대학교 전자통신학과 통신망 연구실 (zacard@kw.ac.kr), ** 삼육보건대학 의료정보시스템과
논문번호 : 09042-0726, 접수일자 : 2009년 7월 26일

1. 서 론

RFID 시스템은 무선주파수를 이용하여 태그에 부착된 IC칩에 저장되어 있는 고유 정보를 비접촉식으로 판독하는 식별장치이다. 따라서 RFID는 기존의 바코드나 자기인식 장치의 단점을 보완하고 사용의 편리성을 향상시켜 줄 무선 인식 시스템 구현에 있어 핵심적인 기술로 각광받고 있다. 이러한 RFID 기술의 적용과 사용범위의 확대를 위해서는 태그의 저가격과 저전력, 초소형화 사용자의 보안 및 프라이버시 문제 등과 함께 다중 태그 식별 문제를 해결해야 한다.

RFID 시스템은 리더와 태그 그리고 리더를 지원하는 호스트로 구성된다. RFID 시스템에서의 태그 식별은 리더가 사물에 부착된 태그에 질의하면 해당 태그는 그 질의에 대하여 자신의 식별자를 리더로 전송하는 응답과정을 통하여 수행된다. 이때 리더의 식별영역 내에 한 개의 태그만 존재할 경우에는 각 태그가 동시에 리더에 응답하게 되므로 RF통신채널 상에서 충돌이 발생하게 된다. 이를 태그 충돌이라 한다. 개개의 사물을 인식해내는 RFID의 시스템의 특성상 이러한 태그 충돌은 시스템 자체의 효율성에 있어 매우 중요한 요소이다. 특히 다량의 물품을 실시간으로 식별해야하는 유통·물류와 같은 대규모 RFID 시스템 환경에서는 다중 태그를 식별할 수 있는 효율적인 충돌방지 알고리즘이 필수적으로 요구된다^[1].

개발 초기의 RFID 시스템은 10cm이내의 접촉식 카드(13.56MHz)가 사용 되었으나, 최근에는 900MHz 대역의 RFID 시스템이 인식 속도, 정보 저장 능력, 비접촉식등의 장점으로 인해 각광받고 있다. UHF 대역의 RFID 표준화와 관련하여 ISO/IEC JTC1 SC31 WG4에서 ISO 18000-6의 표준으로 Type-A 및 Type-B 규격이 확정되었으며, MIT Auto ID 센터를 중심으로 EPC표준 Class0과 Class1 규격이 확정되었다. EPC Class1 Generation 2규격은 ISO의 Type-C의 표준으로 채택되었^[2].

EPC Class1 Gen2에서는 슬롯 알로하 기반 충돌방지 알고리즘을 사용하고 있다. 슬롯 알로하 기반의 충돌방지 알고리즘은 전송요구가 있을 때마다 전송하는 알로하와는 달리 전송시간을 여러 개의 타임 슬롯으로 분할하여 각각의 태그들이 슬롯을 임의로 선택하여 전송하는 방식으로 동작한다. 일반적으로 RFID 시스템에서는 리더가 슬롯개수를 파라미터로 질의명령에 포함하여 영역내의 태그로 전

송하면 각각의 태그들은 임의의 랜덤한 수를 생성하여 슬롯을 선택한 후 전송할 정보를 슬롯에 적재하여 리더로 응답한다. 정확히 하나의 정보만 적재된 슬롯, 즉 식별 슬롯은 리더에 의하여 식별되지만 다수개의 정보가 적재된 슬롯, 즉 충돌이 발생한 슬롯은 적재된 정보를 인식할 수 없게 되며 이 슬롯에 정보를 적재한 태그들은 다음 라운드 혹은 프레임에 정보를 재전송해야한다. 또한, 리더로 응답된 슬롯 중 하나의 정보도 적재되지 않은 슬롯, 즉 빈 슬롯도 포함되어 있다. 효율적인 태그 식별을 위하여 슬롯개수는 시스템 효율, 즉 전체 슬롯 중 식별 슬롯이 차지하는 비율이 가장 높게 나올 수 있도록 설정한다. 태그 개수에 비해 지나치게 큰 슬롯개수는 슬롯의 낭비를 초래하고 지나치게 작은 슬롯 개수는 태그들 사이의 충돌 발생율을 증가시킨다.

EPC Class1 Gen2 Air interface에서는 이러한 슬롯수를 Q값을 통해 조정가능하다. 태그들은 리더의 명령에 의해 정해진 프레임 범위 내에서 랜덤하게 슬롯을 선택하여 내장된 SC(Slot Counter)에 적재한다. 또한 리더는 자체적으로 슬롯에 따라 주어진 태그 개수에 대한 최적의 슬롯개수를 결정해 나간다. 하지만 초기 태그를 인식하며 최적의 슬롯값을 결정하는 과정에서 태그의 충돌이 발생할 경우 충돌발생태그들은 무시하고, 다음 라운드에서 재인식과정을 거쳐야만 한다. 이는 전체 태그를 인식하는데 필요한 라운드 수를 증가시켜 인식시간의 지연을 초래할 수 있다.^{[3],[4]}

본 논문에서는 기존의 EPC Class1 Gen2알고리즘의 최초 인식 라운드 후 조정된 프레임 범위 내에서 추가적인 인식 라운드 과정에서 적용할 수 있는 질의명령을 추가한 알고리즘을 제안한다. 추가된 질의명령은 충돌발생태그에 대한 인식과정을 동일한 라운드 내에서 수행하며 이는 전체 태그인식과정에 있어 충돌이 발생하게 되어도 충돌발생태그에 대한 인식과정의 수행으로 추가 라운드의 수를 줄이고 전체 발생 슬롯의 수를 줄여 전체 태그를 인식하는데 걸리는 소요시간을 단축하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 EPC Class1 Gen2에서 적용하고 있는 충돌방지 알고리즘에 관한 명령과 절차에 대해 분석하고, 3장에서는 새로운 질의명령을 추가한 제안 알고리즘을 제시하며, 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 기존의 알고리즘에 대한 제안 알고리즘을 비교 분석하며 5장을 통해 결론을 맺는다.

II. 관련연구

EPC Gen2에서 사용하고 있는 충돌방지 알고리즘과 명령어, 동작 흐름을 살펴보고 성능을 평가하기 위한 인덱스들을 살펴본다.

2.1 EPC Gen2의 충돌방지 알고리즘

EPC Gen2시스템에서 태그의 충돌방지 알고리즘으로써 Probabilistic Slotted 알고리즘을 기반으로 하고 있는 DFSA(Dynamic Framed Slotted ALOHA) 알고리즘을 사용한다. DFSA는 데이터의 충돌 등을 고려하여 프레임의 크기를 변화시키는 방식이다. Probabilistic Slotted 알고리즘의 기본동작 과정은 다음의 그림 1과 같다.^{[3],[4]}

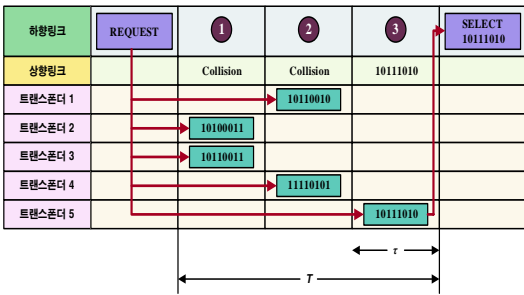


그림 1. Probabilistic ALOHA 알고리즘의 기본동작

2.2 EPC Gen2 기본명령

EPC Gen2에서 태그들은 랜덤넘버생성기와 슬롯 카운터를 내장하고 있다. 태그가 슬롯을 설정하기 위해서는 리더로부터 정의된 프레임의 범위중 하나를 선택하게 되며 슬롯 카운터로 적재한다. 리더는 태그로부터 응답시 충돌이 발생하거나 빈 슬롯으로 인해 어떠한 태그도 응답하지 않을 경우 다음과 같은 명령을 통해 슬롯을 조정해 나가며 이에 대한상태와 사용 명령어는 다음의 그림 2와 같다.

- Query - 태그에게 랜덤하게 슬롯을 선택할 수 있도록 Q값을 제공, Q값의 범위는 다음과 같다. [0, 2^Q-1]

- QueryAdjust - 태그의 응답상황에 따라 Q값을 가감하여 전체 프레임의 범위를 조정하며 현 상태에서 인식되지 않은 태그들에게 새로운 슬롯 값을 설정하게 함, $Q + D$ 이며 D의 범위는 [-1, 0, +1]이다.

- QueryRep - 태그의 slot counter 들을 1씩 줄여나가면서 인식과정을 수행하도록 한다.

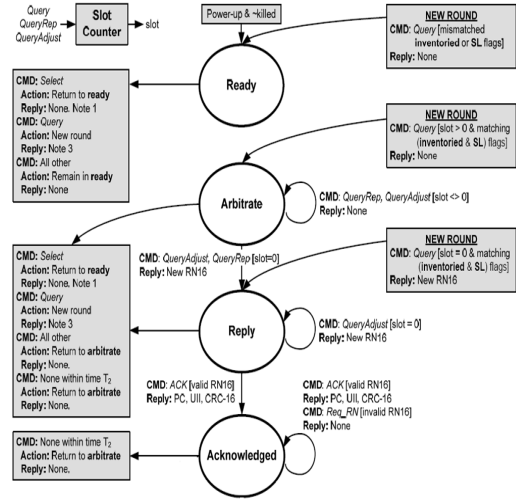


그림 2. 태그 상태도 및 사용 명령어

2.3 충돌방지 알고리즘의 흐름도

알고리즘의 흐름은 그림 3을 통해 나타내었다. 먼저 리더가 최초 Q값(0~15 사이의 정수)을 포함한 Query 명령을 모든 태그에게 브로드캐스트 한다. 태그는 랜덤하게 $0 \sim (2^Q-1)$ 범위 내에서 발생된 수를 슬롯카운터에 저장한다. 이후 슬롯카운터의 슬롯넘버가 0 인 태그만이 리더의 읽기나 쓰기동작에 RN16(16bit random number)를 보냄으로써 응답할 수 있다. 응답하게 될 경우를 세 가지 상황으로 나누어서 살펴보면 다음과 같다.

- Case 1: 단 하나의 태그가 리더에게 응답하여 RN16을 리더에게 송신하면 리더는 태그를 성공적으로 인식하고 QueryRep명령을 나머지 태그들을 인식하기 위해 송신한다.

- Case 2: 리더에게 어떠한 태그도 RN16을 송신하지 않는 경우 리더는 QueryRep명령을 브로드캐스트 하여 모든 태그의 슬롯값을 1씩 줄이거나, QueryAdjust명령을 브로드캐스트 하여 모든 태그들의 슬롯 카운터 값을 새롭게 선택한다.

- Case 3: 하나 이상의 태그가 RN16을 리더에게 송신할 경우 태그의 충돌이 발생으로 인지한다. 리더는 QueryRep명령을 브로드캐스트 하여 모든 태그들의 슬롯 카운터를 1씩 줄이게 된다. 만약 C값을 반환함으로써 변화가 생기게 될 경우 리더는 Q값을 증가시켜 범위를 조정하게 된다. 증가된 Q값을 각각의 태그에 적용하기 위하여 QueryAdjust명령을 새로운 Q값과 함께 브로드캐스트 하여, 태그들이 증가된 범위에서 랜덤하게 슬롯넘버를 설정하

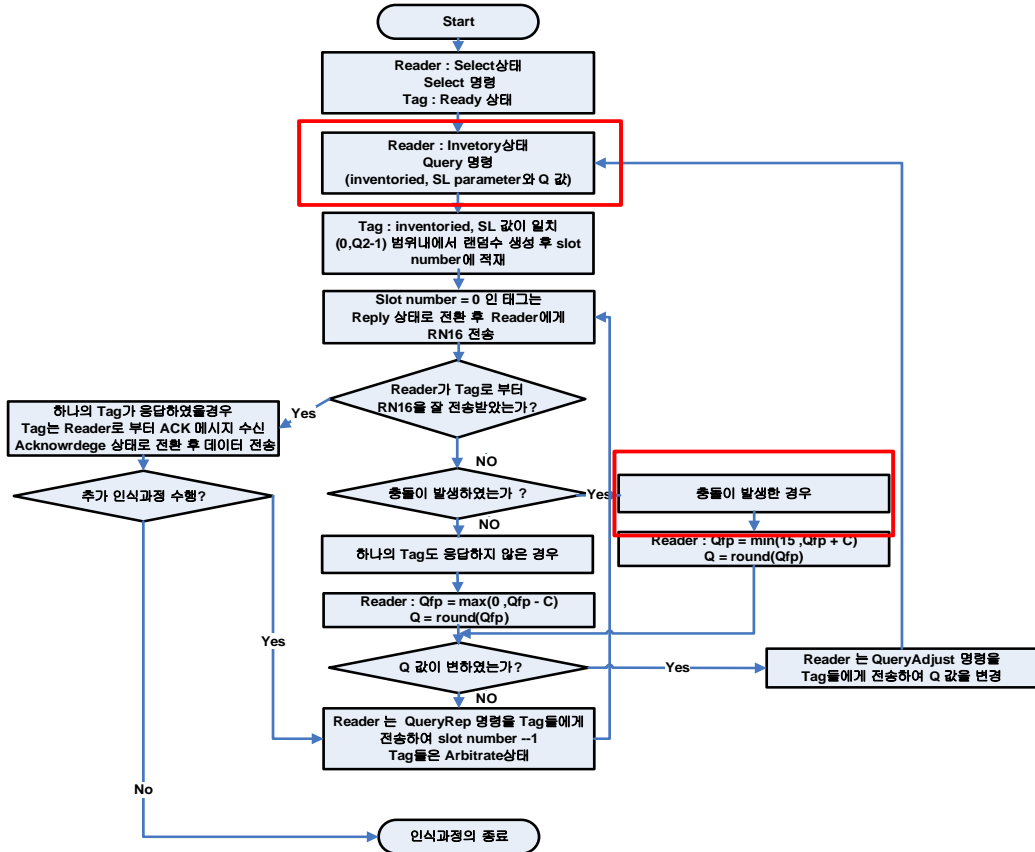


그림 3. EPC Gen2 충돌방지알고리즘 흐름도

도록 한다. 이는 태그의 충돌확률을 줄여주며 같은 맥락으로 리더는 인식범위내의 모든 태그들을 식별할 때 까지 응답 슬롯을 조정하게 된다.

각 Case별 리더 및 태그의 동작과 적용되는 파라미터들은 다음의 그림 4와 같다.

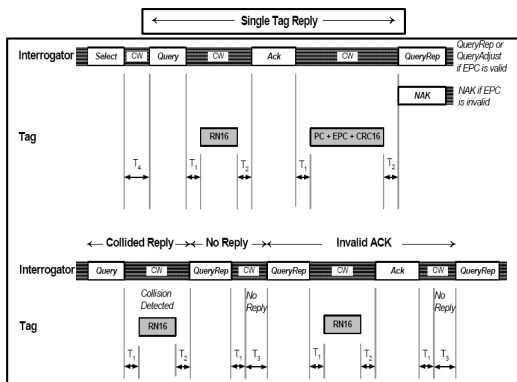


그림 4. 각 Case별 리더 및 태그의 동작

2.3.1 Q 알고리즘

큰 Q값은 태그가 랜덤하게 선택할 수 있는 응답 슬롯을 넓은 범위로 제공하고, 이는 충돌의 발생확률을 낮추게 된다. 반면, 비교적 작은 Q값은 충돌의 확률을 높게 된다. 그러므로 리더는 슬롯의 수가 태그의 수에 근접하도록 Q값을 지속적으로 변경하여 인식의 효율을 높이도록 해야 한다. EPC Gen2 프로토콜은 다음의 그림 5와 같이 동작하는 Q 알고

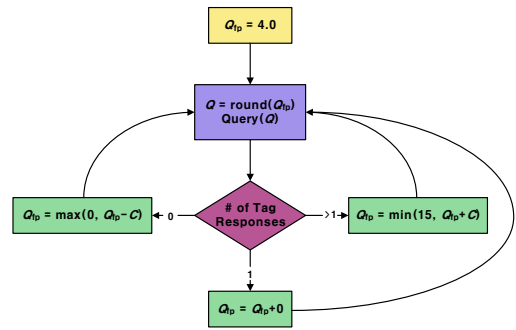


그림 5. Q 알고리즘

리즘을 제공한다.

Qfp는 Q의 floating point이며, 리더는 Query 명령을 통해 Q값을 Qfp로 round-up하게 된다. 이중 C값의 범위는 [0.1~0.5] 사이의 유리수이다. EPC Gen2 프로토콜은 C 값이 Q값이 클 경우 연관하여 작은 값을 설정하도록 권고 하고 있다.

2.4 성능인덱스

본 논문에서는 Gen2의 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 다음과 같은 인덱스들을 사용한다.

2.4.1 총 태그 인식시간

모든 태그들이 리더에 인식되는데 걸리는 전체 시간으로 정의한다.^{[6],[7]}

Total Identification Time

= 모든 태그들이 리더에 인식되는데 걸리는 시간

$$= T_{select} + T_4 + T_{query} + T_1 + T_{Rn16} + T_2 \dots$$

※단 EPC데이터는 모든 Tag가 같다고 가정하여 데이터 처리량 및 인식시간에서 제외

(1)

2.4.2 데이터 처리량

데이터 처리량에 대한 식은 다음과 같이 정의한다.^{[5],[6]}

Throughput

$$= \frac{\text{Data Rate} \times \text{통신에 성공한 슬롯이 점유한 시간}}{\text{Total Identification Time}}$$

(2)

2.4.3 시스템 효율

시스템의 효율은 통신에 성공한 슬롯의 점유시간을 이용하여 정의한다.^{[5],[6]}

Efficiency

$$= \frac{\text{통신에 성공한 슬롯이 점유한 시간}}{\text{총 인식시간}}$$

(3)

III. 제안 알고리즘

기존의 EPC Gen2 DFSA에 명령어를 추가하여 충돌이 발생한 태그들에 대한 재인식과정을 진행하

여 추가적인 라운드나 슬롯을 점유하지 않아 전체 태그를 인식하는 시간과 시스템효율성, 처리량 측면에서 효율적인 알고리즘을 제시한다.

3.1 제안하는 알고리즘

제안하는 알고리즘은 기존의 DFSA 알고리즘에서 사용하고 있는 명령문 외에 다음의 명령을 추가하여 사용한다.

- SlotAdj: 명령은 추가로 수행되는 라운드에서 충돌이 발생할 경우 현재 까지 인식된 태그 외에 남은 태그들에게 브로드캐스트 되어 슬롯값이 0인 태그들은 [0, 1, 2] 중 슬롯 값을 랜덤하게 설정하며 slot이 0 아닌 태그들은 슬롯에 [3, 2^Q -1-A] 범위 내에서 슬롯 값을 재설정 하여 SC에 적재, A값은 QueryRep 명령의 시행 횟수이다.

제안한 알고리즘은 그림 6과 같은 처리과정을 기존 DFSA 알고리즘에 더하게 된다.

- Case 1: 최초 기존 알고리즘인 DFSA의 인식 라운드가 종료된 후 충돌발생태그에 대한 재인식과정이 수행된다. 따라서 인식과정 중의 빈 슬롯과 충돌 슬롯에 의해 조정된 프레임 값이 설정 되었다고 가정한다. 리더의 Query 명령이 브로드캐스트 되면 태그들은 Q값에 의해 각각 랜덤하게 슬롯번호를 설정하여 슬롯카운터에 저장한다. 슬롯값이 0인 태그들은 Reply 상태로 전환하며 리더에게 응답하게 된다. 이때 하나의 태그만이 응답하게 될 경우 그대로 인식과정을 수행하며 리더는 QueryRep 명령을 통해 다음 인식과정을 수행한다. 더 이상 인식할 태그가 없다고 판단되면 인식과정을 마치게 된다. 이때 인식된 태그는 Acknowledge 상태가 되며 다른 태그들은 Arbitrate 상태가 되어 인식과정을 대기한다.

- Case 2: 아무런 태그도 인식하지 않아 빈 슬롯이 발생하면 QueryRep 명령으로 다음 슬롯의 태그 인식과정을 수행한다. 이때 QueryRep 명령의 시행횟수는 A에 저장된다.

- Case 3: 만약 두 개 이상의 태그가 응답하여 충돌이 발생하게 되면 제안한 알고리즘이 적용되며

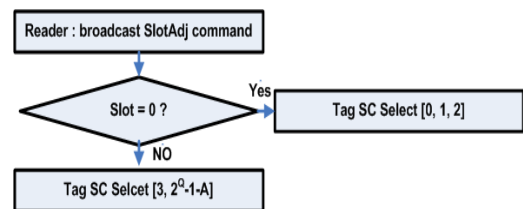


그림 6. 제안한 알고리즘에서 수행되는 추가 절차

SlotAdj 명령에 의해 슬롯넘버가 0인 태그들 즉 충돌발생태그들은 [0, 1, 2] 범위에서 슬롯값을 랜덤하게 재설정하며, 나머지 태그들은 [3, 2Q-1-A] 범위 내에서 랜덤하게 슬롯값을 재설정하여 인식과정을 수행한다. A값은 QueryRep 명령이 시행되는 횟수로써 슬롯인식 횟수에 따라 Q값의 범위를 일정하게 줄이는 역할을 수행한다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

표준에 정의된 파라미터들을 성능평가 인덱스에 적용하여 총 인식시간, 데이터 처리량, 시스템효율을 기존의 DFSA 알고리즘과 비교하여 분석하였다. 태그는 50개 단위로 설정하여 1000개까지 한정하였으며 태그와 리더는 MatLab을 사용하여 모델링하였다.

4.1 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션에 사용된 파라미터는 ISO 18000-6 Type C를 참조하여 적용하였으며 다음의 표 1과 같다.

표 1. EPC Gen2 시뮬레이션 파라미터

Parameters	Description	Specification range	simulation value
Tpri	Link pulse repetition interval	$T_{pri} = 1/LF$	9.375 μ s
T1	Time from Interrogator transmission to Tag response	MAX(RTcal 10 Tpri)	10 Tpri
T2	Time from Tag response to Interrogator transmission	$3.0 T_{pri} \leq T_2 \leq 20.0 T_{pri}$	11.5 Tpri
T3	Time an Interrogator waits, after T1, before it issues another command	0.0 T pri 이상	0
T4	Minimum time between Interrogator commands	2.0 RTcal	75 μ s
Tari	Reference time interval for a data-0 Interrogator to Tag signaling	6.25 μ s~25 μ s	12.5 μ s
LF	Link Frequency	$LF=DR/TRcal$	107kHz
RTcal	Interrogator to Tag calibration	$2.5Tari \leq RTcal \leq 3.0Tari$	3 Tari
TRcal	Tag to Interrogator calibration	$17.2 \leq TRcal \leq 200$	2RTcal

4.2 결과 및 고찰

앞서 제시한 파라미터를 총 인식시간, 데이터 처

리량, 시스템의 효율의 세 가지 인덱스에 적용하여 다음의 결과를 산출하였다.

4.2.1 총 태그 인식시간

그림 7은 DFSA 알고리즘을 사용한 경우와 제한한 알고리즘의 총 인식시간에 대한 비교한 결과이다. 총 인식시간은 앞서 정의하였듯이 전체 태그를 인식하는데 소요되는 시간이다. 태그를 1000개까지 50개씩 증가시켜 감에 따라 기존의 알고리즘에 비교하여 약 0.3~0.4초 인식시간이 감소하여 평균 9.8%의 태그 인식시간의 향상을 확인할 수 있다.

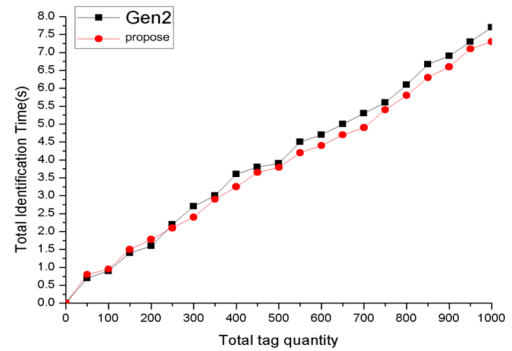


그림 7. 기존의 DFSA 알고리즘과 제안알고리즘의 총 인식시간 비교

4.2.2 데이터 처리량

그림 8은 DFSA 알고리즘을 사용한 경우와 제한한 알고리즘의 총 인식시간에 대한 비교한 결과이다. 태그를 1000개까지 증가시킬 경우에 대한 각각의 데이터 처리량을 보여주고 있다. 기존의 알고리즘에 비하여 2.5~3.5kbps 데이터 처리량이 증가하여 평균 4%가량의 데이터 처리 향상을 확인할 수 있다.

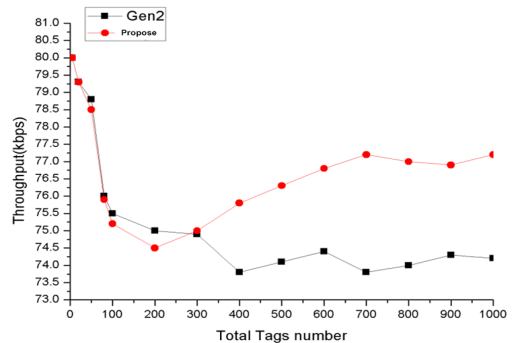


그림 8. 기존의 DFSA 알고리즘과 제안알고리즘의 데이터 처리량 비교

4.2.3 시스템 효율

그림 9는 DFSA 알고리즘을 사용한 경우와 제안한 알고리즘의 효율성에 관하여 비교한 결과이다. 태그를 1000개까지 증가시킴에 따라 측정된 시스템 효율을 보여주고 있다. 기존의 DFSA 알고리즘의 경우 인식 태그 수량이 300개 이상의 구간에서 71~72% 정도로 측정되고 있으며, 제시한 알고리즘에서는 75% 이상으로 4% 이상의 시스템 효율성의 향상을 확인할 수 있다.

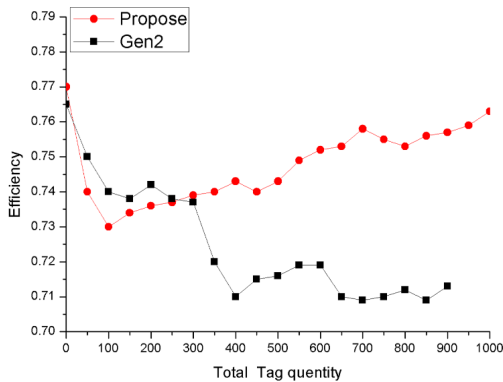


그림 9. 기존의 DFSA 알고리즘과 제안 알고리즘의 효율성 비교

V. 결론

본 논문에서는 기존의 Gen2 충돌방지 알고리즘인 DFSA 알고리즘을 사용하고 이에 명령어를 추가하여 충돌이 발생하였을 경우 동작하는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 DFSA 알고리즘과의 성능 분석을 위하여 전체 태그 인식시간, 데이터 처리량, 효율성에 대해 EPC Gen2의 파라미터를 사용하여 시뮬레이션 하였으며 결과값을 비교 분석하였다. 제안한 알고리즘의 경우 초기 태그수가 0~300개 정도 까지는 데이터 처리와 효율성에 있어 기존의 알고리즘과 유사하였으나 300개 이상의 다수의 태그인식 구간에서는 인식시간의 감소 및 데이터 처리량과 효율성의 증가로 성능의 향상을 확인할 수 있었다. 이는 태그의 수가 많아짐에 따라 충돌의 확률이 높아지고 제시한 알고리즘의 특성상 충돌이 발생한 태그들에 관한 인식과정이 동일한 라운드 내에서 이루어지므로 불필요한 라운드와 슬롯이 발생하지 않기 때문이다. 하지만 태그의 수가 적은 구간에서는 오히려 명령어의 추가 및 충돌 발생 태그 인식과정에

서 재 충돌의 발생으로 인해 성능에 있어 큰 차이가 나지 않았다. 제안한 알고리즘에서는 태그와 슬롯의 수가 거의 일치한다고 가정하였다. 현재 이러한 부분은 충돌량과 빈슬롯의 수를 이용한 기댓값을 Q값에 적용하는 등으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 향후 적절한 Q, C값의 설정에 대한 연구를 병행하여 적용한다면 더욱 성능이 향상될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook ; Fundamentals and applications in contactless Smart Cards and Identification. 2nd Edition*, Jhon Wiley & Sons Ltd, pp. 195-219, 222-227, 2003. 3.
- [2] 김정곤, 이재경, "UHF 대역 RFID 시스템의 충돌 방지 기술 동향", *한국통신학회지*, 23권 제12호, pp. 93-106, 2006. 12.
- [3] ISO/IEC 18000-6: 2003(E), *Part 6; Parameters for air interface communications at 860-960 MHz*, 2003. 11.
- [4] EPCglobal, *EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz-960MHz Version 1.2.0 Draft1*. 2008. 10.
- [5] 송인찬, 범효, 장경희, 신동범, 이형섭, "수동형/반능동형 RFID 시스템의 태그 충돌방지 알고리즘 part1 : QueryAdjust 명령어를 이용한 AFQ 알고리즘과 Grouping에 의한 성능개선", *한국통신학회논문지*, Vol. 33, No. 8, pp. 794-804, 2008. 8.
- [6] 권성호, 모희숙, 최길영, 표철식, 채중석, "Gen2 기반 RFID 시스템에서의 충돌방지 알고리즘에 관한 연구", *한국통신학회논문지*, Vol. 31, No. 6, pp. 561-571, 2006. 6.
- [7] Harald Vogt, "Efficiency object identification with passive RFID tags", in *Proc. Conf. on Passive Computing*, Vol. 2414, pp. 98-113, 2002. 8.

정 윤 식 (Yun-sick Chung)

준회원



2008년 2월 백석대학교 정보통신
공학과 졸업
2008년 3월 ~ 현재 광운대학교 전
자통신공학과 석사과정
<관심분야> u-Health, RFID 시스
템, 임베디드시스템

김 경 목 (Kyoung-mok Kim)

정회원

1996년 2월 서울산업대학교 전자공학과 졸업
2002년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사
2006년 2월 광운대학교 전자통신공학과 박사
2008년 3월 ~ 현재 삼육보건대학 의료정보시스템과 전
임강사
<관심분야> u-Health, RFID, USN, ubiquitous

박 용 민 (Yong-min Park)

정회원



2001년 2월 남서울대학교 정보통
신공학과 졸업
2005년 2월 광운대학교 전자통신
공학과 석사
2005년 3월 ~ 현재 광운대학교 전
자통신공학과 박사과정
<관심분야> u-Health, RFID,
USN, 임베디드시스템

오 영 환 (Young-Hwan Oh)

정회원

한국통신학회논문지 제32권 제12호 참조