

태그 인식을 위한 무기억 충돌 방지 프로토콜의 비교 분석

양 의 식*, 임 인 택*

* 부산외국어대학교 컴퓨터공학부

Comparison of Memoryless Anti-collision Protocols for Tag Identification

Eui-Sik Yang*, In-Taek Lim*

* Division of Computer Engineering, Pusan University of Foreign Studies

E-mail : firstyes@hanmail.net, itlim@pufs.ac.kr

요 약

RFID 시스템은 사물에 초소형 칩을 부착하여 사물의 정보를 무선 주파수로 전송하는 비접촉식 식별 기술이다. 최근 많은 기업들은 상품에 관한 정보를 자동으로 수집하기 위하여 이와 같은 RFID 시스템을 생산 공정 등에 이용하고 있다. 여러 개의 태그들 중 하나와 통신하기 위하여 목표로 하는 태그는 먼저 식별되어야 한다. 이를 위하여 리더는 인식범위 내에 있는 모든 태그들의 식별 코드를 인식하여야 한다. 본 논문에서는 리더의 이전 질의에 대한 이력을 기억할 필요 없이 현재의 질의만을 이용하여 태그가 응답하는 무기억 특성을 갖는 태그 식별 프로토콜인 QT와 QT-sl 프로토콜의 성능을 분석한다.

ABSTRACT

RFID system allows contactless identification of objects, where small tags are attached to objects and information of objects are transferred using radio frequency. In recent years, industries have incorporated several identification systems to its production processes, which allow collecting automatically information about goods. In order to communicate with a single tag out of a group of tags, the target tag has to be identified. Therefore the read has to attempt to obtain the unique identification code of each tag within its read range. This paper presents performance results of QT and QT-sl protocols, which are tag identification protocols incorporating memoryless property. The memoryless property is that the current response of each tag only depends on the current query of the reader but not on the past history of the reader's queries.

1. 서 론

최근 주목받고 있는 RFID 기술은 사물에 초소형 칩을 부착하여 사물 및 주변 환경정보를 무선 주파수로 전송하고 처리하는 비접촉식 식별 기술이다[1]. RFID 태그의 저가격 구현, 상품코드의 국제 표준화 등의 환경 변화로 RFID 기술은 다양한 산업분야에 실용화가 가능한 상황에 접어들고 있다. 사물에 부착된 RFID에 대한 비접촉식 식별 기능은 제품의 제조와 유통, 판매과정을 즉각적으로 탐지할 수 있으며, 바코드를 대체하여 각종 산업의 비용을 절감시키며 새로운 서비스를 창출할 수 있는 기술적 특징을 제공한다. 향후 RFID 태그와 센서의 연동은 가상공간과 물리공간의 결합을 더 심화시킬 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 RFID는 인류역사의 네 번째 혁명으로 불리는 유

비쿼터스 혁명, 즉 모든 공간의 사물이 지능화되고 언제 어디서나 제한 없는 접속을 이룰 수 있는 환경 구현에 있어 필수불가결한 기술로서 주목받고 있다.

현재 RFID 시스템에서 사용되는 태그는 그 능력이 매우 제한적이어서 다른 태그들과 통신할 수 없고 단지 리더기와 통신할 수 있다. 리더는 무선채널을 통하여 각각의 태그들과 통신하는데, 모든 태그들은 리더가 보낸 신호를 동시에 듣게 되고 리더의 전송요구에 응답을 한다. 이 때 하나의 리더가 동시에 응답한 여러 개의 태그를 인식해야 하는 문제가 발생하는데 이를 해결하는 기술이 충돌방지(Anti-collision) 프로토콜이다[2].

RFID 시스템 성능의 두 가지 중요한 척도는 태그를 인식하기 위해 필요한 시간과 태그에 의

해 소모되는 에너지이다. 리더에 의해 전송요구가 있을 때 태그가 보낸 데이터가 적을수록 태그 인식 시간이 단축되고 태그에 의해 소모되는 에너지도 적다. 따라서 충돌방지 프로토콜은 RFID 시스템의 인식속도 및 정확성을 결정하는 중요한 핵심기술이다.

RFID 시스템에서 발생하는 충돌에는 처리 공간이 같은 리더들이 동시에 태그와 통신할 경우에 발생하는 리더 충돌과 단일 리더가 여러 개의 태그와 동시에 통신할 경우에 발생하는 태그 충돌이 있다. 태그 충돌을 해결하기 위한 방법은 크게 태그-주도 방식과 리더-주도 방식으로 나눌 수 있다. 태그-주도 방식은 리더가 데이터 전달을 제어할 수 있기 때문에 비동기적으로 동작한다. 따라서 태그-주도 방식은 인식속도가 느린 단점이 있어서 대부분의 적용분야에서 리더-주도 방식을 사용한다. 리더-주도 방식은 모든 태그의 응답이 리더에 의해 동시에 제어되어 동기적으로 동작하기 때문에 대부분의 적용분야에서 이 방식을 사용한다[3][4]. 본 논문에서는 리더-주도 방식인 무기억 충돌방지 프로토콜의 성능을 비교·분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II 장에서는 RFID 시스템의 구조를 설명한다. III 장에서는 본 논문에서 비교 분석하고자 하는 무기억 프로토콜인 QT(Query-Tree) 프로토콜과 QT-sl(Query-Tree short-long)프로토콜을 설명하고, IV 장에서는 이들 프로토콜의 성능분석 결과를 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. RFID 시스템 구조

RFID 시스템은 그림 1과 같이 크게 안테나가 포함된 리더, 무선자원을 송·수신을 할 수 있는 안테나, 정보를 저장하고 프로토콜로 데이터를 교환하는 태그, 호스트 컴퓨터 및 네트워크로 구성된다. 리더는 RFID 태그에 읽기와 쓰기가 가능하도록 하는 장치로서, 태그로부터 송·수신되는 신호를 처리하여 메모리에 저장하거나 향후 송신할 수 있도록 마이크로프로세서를 내장하고 있다. 태그는 용도에 맞게 만들어진 리더와 통신을 제어하는 IC 칩이 내장되어 있으며, 칩 내의 기억장치에는 관련 정보에 대한 데이터를 저장하는 RFID의 핵심기능을 담당한다. 안테나는 정의된 주파수와 프로토콜로 태그에 저장된 데이터를 교환하도록 하는 장치이다.



그림 1. RFID 시스템의 구조

대부분의 RFID 시스템은 다음과 같이 동작한다. 먼저 태그가 안테나의 전자기장 내를 통과하면 리더로부터 신호를 감지하고, 태그 내에 저장된 데이터를 리더로 송신한다. 태그로부터 데이터를 수신한 리더는 디지털 신호로 변환하여 정상적인 데이터인지를 검증하고, 정상적인 데이터인 경우에는 이를 호스트 컴퓨터나 다른 컨트롤러로 전송한다.

III. 무기억 프로토콜

리더-주도 방식의 무기억(Memoryless) 프로토콜에서 모든 태그들은 태그 식별과정에서 일어난 이전 질의의 이력을 기억할 필요가 없다[5]. 리더의 질의에 대한 응답을 하기 위하여 질의할 때마다 태그가 응답할 ID의 비트 위치를 기억하는 프로토콜과는 달리 무기억 프로토콜에서는 매 질의마다 몇 비트의 프리픽스를 전송한다.

3.1 QT 프로토콜

QT 알고리즘에서는 매 질의마다 몇 비트의 프리픽스를 전송한다. 수신한 프리픽스가 자신 ID의 처음 비트들과 일치하는 태그는 전체 태그 ID를 전송하고 리더로부터 다음 프리픽스를 기다린다. 반면 프리픽스가 일치하지 않는 태그는 'STAND-BY' 상태로 천이하여 하나의 태그가 완전히 식별되어 다음 사이클이 시작될 때까지 리더의 질의에 응답하지 않는다.

전송한 질의 프리픽스에 대하여 둘 이상의 태그가 응답하면 충돌이 발생한다. 이 경우 리더는 충돌이 발생하지 않은 비트까지 프리픽스를 연장하여 다음 단계를 반복한다. 반면 리더가 충돌을 감지하지 않으면 하나의 태그를 완전히 식별한 경우이다. 이 경우, 리더는 프리픽스를 갱신하고 다음 태그를 식별하기 위하여 위의 사이클을 반복한다.

QT 알고리즘의 동작은 다음과 같다. 먼저 A를 최대 길이가 k 비트인 이진 문자열의 집합이라 한다. 리더의 상태는 A에 있는 일련의 문자열인 큐 Q와 A에 있는 문자열의 집합인 메모리 M으로 구성된다. 리더가 방송하는 질의는 A에 있는 문자열 q로 정의하고, 태그의 응답은 태그 ID에 있는 문자열 w로 정의한다. 초기 상태에서 리더의 큐 Q와 메모리 M은 비어있다. 먼저 리더의 알고리즘은 다음과 같다.

- ① $Q = \langle q_1, q_2, \dots, q_l \rangle$
- ② 질의 q_1 을 방송한다.
- ③ $Q = \langle q_2, \dots, q_l \rangle$ 로 갱신한다.
- ④ 태그로부터 응답을 수신하면, 응답 문자열 w를 메모리 M에 삽입한다. 만일 충돌이 있으면 큐 Q를 $\langle q_2, \dots, q_l, q_1^0, q_1^1 \rangle$ 로 설정한다.

⑤ 큐 Q가 빌 때까지 위의 과정을 반복한다.

태그의 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 태그의 ID $w = w_1 w_2 \dots w_k$
- ② 리더로부터 수신한 질의를 q 라 한다. $q = e$ 또는 $q = w_1 w_2 \dots w_d$ 이면, 태그는 w 를 리더로 보낸다. 즉 질의 q 가 자신의 태그 ID 일부분과 일치하면 전체 태그 ID를 리더로 보낸다.

만일 n 개의 태그가 있고 각 태그의 ID 길이가 k 비트이면 모든 태그를 인식하기 위해 리더가 전송하는 최대 비트의 수($I_{QT/reader}$), 하나의 태그가 전송하는 최대 비트의 수($I_{QT/tag}$), n 개의 태그를 모두 인식하기 위한 최대 총 비트의 수($I_{QT/total}$)는 다음과 같다.

$$I_{QT/reader} = 2.89kn \quad (1)$$

$$I_{QT/tag} = 2.21k \log_2 n + 4.19k \quad (2)$$

$$I_{QT/total} = 2.21kn \log_2 n + 7.08kn \quad (3)$$

그림 2는 QT 알고리즘에서 태그의 상태 천이도를 나타낸 것이다.

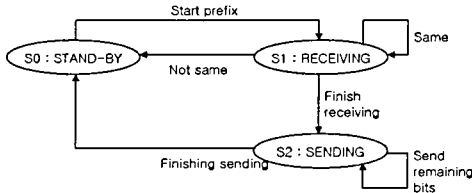


그림 2. QT 알고리즘의 태그 상태 천이도

QT 프로토콜에서는 태그가 리더에게 태그의 전체 비트를 전송한다. 따라서 ID 길이가 길어지면 태그를 인식하기 위해 전송되는 데이터 량이 증가하고, 이는 태그의 에너지 소모량을 증가시키는 결과를 초래한다. 또한 리더가 태그의 길이를 알고 있고 충돌이 발생한 비트 위치를 알고 있다면 마지막 비트에서 충돌이 발생할 경우 두개의 태그를 식별할 수 있다. 그럼에도 불구하고 QT 프로토콜에서는 큐가 빌 때까지 모든 과정을 반복하므로 식별 시간이 증가하고 이로 인하여 에너지 소모량이 증가하는 단점이 있다.

3.2 QT-sl 프로토콜

QT 프로토콜인 경우 리더의 질의에 대한 응답으로 태그는 ID의 전체 비트를 전송한다. 이에 따라 ID 길이가 길어지면 태그를 인식하기 위해 전송되는 데이터 량이 증가하여 태그의 에너지 소모량을 증가시키는 결과를 초래하며, 충돌 확률을 증가시키게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 QT-sl 프로토콜에서는 리더가 태그로 전

송하는 질의를 short 질의와 long 질의인 두 종류로 구분한다. short 질의인 경우 태그는 단지 한 비트의 응답만 전송하고, long 질의인 경우에는 태그 ID의 전체 비트로 응답한다. short 질의는 해당 프리픽스를 갖는 태그가 리더의 식별영역 내에 있는지를 검사하기 위한 용도로 사용되고, long 질의는 해당 프리픽스를 갖는 하나의 태그에 대한 전체 태그 ID를 얻기 위한 용도로 사용된다. 따라서 리더는 단지 하나의 태그만 프리픽스가 일치할 때 long 질의를 보낸다.

QT-sl 프로토콜에서 리더가 방송하는 질의는 문자열 q 와 질의의 종류 $c \in \{short, long\}$ 로 구성된다. 태그의 응답은 태그 ID에 있는 문자열 w 또는 문자열 "1"로 정의한다. 초기 상태에서 리더의 큐 Q와 메모리 M은 비어있다. 먼저 리더의 알고리즘은 다음과 같다.

- ① $Q = \langle q_1, q_2, \dots, q_l \rangle$
- ② 질의 (short, q_1)을 방송한다.
- ③ $Q = \langle q_2, \dots, q_l \rangle$ 로 갱신한다.
- ④ 태그로부터 응답을 수신했을 때, 응답이 "1"이면 질의 (long, q_l)을 방송하고, 응답 문자열 w 를 메모리 M에 삽입한다. 만일 충돌이 있으면 큐 Q를 $\langle q_2, \dots, q_l, q_0, q_1 \rangle$ 로 설정한다.
- ⑤ 큐 Q가 빌 때까지 위의 과정을 반복한다.

태그의 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 태그의 ID $w = w_1 w_2 \dots w_k$
- ② 리더로부터 수신한 질의를 (c, q)라 한다. $q = e$ 또는 $q = w_1 w_2 \dots w_d$ 인 경우, short 질의이면 문자열 "1"을 리더로 보내고, long 질의이면 문자열 w 를 리더로 보낸다. 즉 질의 q 가 자신의 태그 ID 일부분과 일치하면서 short 질의이면 한 비트의 '1'을 보내고 long 질의이면 전체 태그 ID를 리더로 보낸다.

QT-sl 프로토콜에서 모든 태그를 인식하기 위해 리더가 전송하는 최대 비트의 수($I_{QT-sl/reader}$), 하나의 태그가 전송하는 최대 비트의 수($I_{QT-sl/tag}$), n 개의 태그를 모두 인식하기 위한 최대 총 비트의 수($I_{QT-sl/total}$)는 다음과 같다.

$$I_{QT-sl/reader} = 3.89kn + 3.89n \quad (4)$$

$$I_{QT-sl/tag} = 2.21 \log_2 n + k + 4.19 \quad (5)$$

$$I_{QT-sl/total} = 2.21n \log_2 n + 4.89kn + 8.08n \quad (6)$$

QT-sl 프로토콜의 상태 천이도는 'SENDING' 상태에서 수신한 질의가 short인지 또는 long인지를 구별하여 리더로 전송하는 문자열만 다르고 나머지는 QT 프로토콜과 동일하다.

QT-sl 프로토콜도 마지막 비트에서 충돌이 발생할 경우 두 개의 태그를 식별할 수 있다. 그림

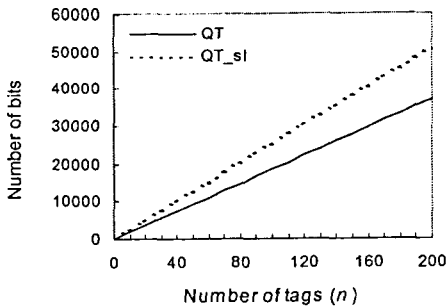


그림 3. 태그 개수별 리더가 보낸 비트 수

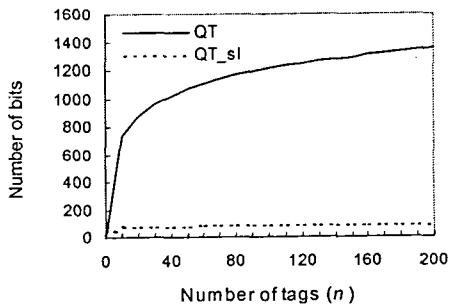


그림 4. 하나의 태그가 보낸 비트 수

에도 불구하고 충돌이 발생하면 이를 큐에 삽입하고, 큐가 빌 때까지 모든 과정을 반복하므로 식별 시간이 증가하고 이로 인하여 에너지 소모량이 증가하는 단점이 있다.

IV. 성능 비교

본 논문에서는 태그를 식별하기 위하여 리더가 보낸 비트 수 및 태그가 보낸 비트 수를 성능평가 매개변수로 하여 QT 프로토콜과 QT-sl 프로토콜의 성능을 비교하였다. 성능 비교를 위한 태그의 ID는 64비트로 가정하였다.

그림 3과 4는 태그 ID가 64비트일 때, 인식 범위 내에 있는 태그의 수에 따른 리더가 보낸 비트 수와 하나의 태그가 보낸 비트 수를 각각 나타낸 것이다. QT-sl 프로토콜인 경우, 하나의 태그를 인식하기 위하여 short 질의를 전송한 후에 반드시 long 질의를 해야 한다. 이로 인하여 QT-sl 프로토콜에서 하나의 태그를 인식하는데 필요한 질의의 수가 QT 프로토콜에 비하여 많다. 따라서 그림 3에서 나타낸 바와 같이 QT-sl 프로토콜에서 리더가 보낸 총 비트의 수는 QT 프로토콜에 비하여 다소 많다.

반면 하나의 QT 프로토콜인 경우, 태그는 전체

의 ID를 전송해야하므로 충돌 확률이 증가한다. 따라서 태그가 전송하는 총 비트의 수는 그림 4에서 나타낸 바와 같이 태그의 수가 증가함에 따라 증가한다. 또한 ID 길이가 길어지면 태그를 인식하기 위해 전송되는 데이터 량이 증가하므로 태그의 에너지 소모량이 증가한다. 반면 QT-sl 프로토콜 태그의 수와는 무관하게 하나의 태그가 전송하는 비트의 수는 거의 80비트로 일정하다.

V. 결론

본 논문에서는 리더-주도 방식의 무기억 충돌 방지 프로토콜인 QT와 QT-sl 프로토콜의 성능을 분석하였다. 태그는 리더의 이전 질의에 대한 이력을 기억할 필요 없이 현재의 질의만을 이용하여 응답한다. QT 프로토콜인 경우, 리더의 질의에 일치하는 프리픽스를 갖는 태그는 리더에게 자신의 전체 ID를 전송한다. QT-sl 프로토콜인 경우, short 질의인 경우에는 한 비트만 전송하고, long 질의인 경우에는 자신의 전체 ID를 전송한다. 따라서 QT-sl 프로토콜인 경우, 태그가 응답하는 비트의 수는 QT 프로토콜에 비하여 매우 적다. 반면 QT-sl 프로토콜인 경우 하나의 태그를 인식하기 위하여 short 질의를 한 후에는 반드시 long 질의를 해야 하므로 질의의 횟수가 증가한다. 따라서 QT-sl 프로토콜의 리더가 전송하는 비트의 수는 QT 프로토콜에 비하여 증가한다.

참고문헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, Carl Hanser Verlag GmbH & Co., 2002.
- [2] P. Hernandez, J. D. Sandoval, F. Puente, and F. Perez, "Mathematical Model for a Multiread Anticollision Protocol," *Proc. 2001 IEEE Pacific Rim Conf. on Communications, Computers, and Signal Processing*, pp.647-650, Aug. 2001.
- [3] H. Vogt, "Efficient Object Identification with Passive RFID Tags," *First International Conf. on Pervasive Computing, LNCS*, vol.2414, pp.99-113, Springer-Verlag, 2002.
- [4] M. Jacomet, A. Ehrsam, and U. Gehrigm "Contactless Identification Device with Anticollision Algorithm," *Proc. IEEE CSCC'99, Athenes Ltaly*, July 1999.
- [5] C. Law, L. Lee, and K. Y. Siu, "Efficient Memoryless Protocol for Tag Identification," *MIT-AUTOID-TR-003*, Oct. 2000.