

로써 메모리 읽기 쓰기에 대한 요구가 늘어나고 있다. 태그에 대한 쓰기 동작은 처리과정이 읽기보다 복잡하고 리더와의 상호 연동에 시간이 더 많이 소요된다. 물리적으로도 리더 안테나와 태그 사이의 거리는 읽기 동작보다 근접해야 한다[2]. 따라서 태그 쓰기 동작은 읽기 보다는 실패하는 경우가 빈번하게 발생한다. 특히 다수의 태그가 협소한 공간에 놓여 있게 되면, 태그들 간의 전파 간섭 때문에 인식이 낮아지는 [3,4,5] 점을 감안하였을 때, 물리적으로 인접한 대량의 태그에 대한 쓰기의 실패는 더욱 늘어나게 된다.

본 논문에서는 대량의 태그에 대한 쓰기 동작을 원활하게 수행하기 위해 그림 1과 같이 다수의 리더를 병렬적으로 사용하여 쓰기 동작의 효율성을 높이고자 한다. 이어지는 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 제안하는 다수의 리더를 사용한 쓰기 기법을 제시한다. 4장에서는 제안된 기법의 타당성을 실험을 통해 검증하였고 5장에서는 결론을 제시한다.

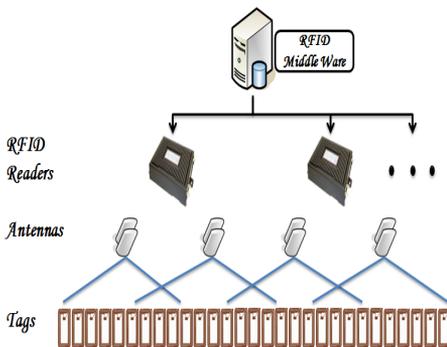


그림 1. 태그 쓰기를 위한 리더 병렬 배치
Fig. 1 Parallel deployment of readers for tag write

II. 관련 연구

RFID 태그 메모리에 데이터를 쓰는 과정은 다음과 같다. 먼저 리더는 태그들의 동작 전원을 공급하는 무선 신호를 태그들에게 전파한다[6,7]. 이 신호는 태그 내의 캐패시터(capacitor)에 저장되어 짧은 기간이지만 태그를 동작시키는 전원으로 활용된다. 동작 전원을 확보한 태그 회로는 식별 정보가 포함된 응답 신호를 리더로 전달한다. 태그의 신원을 확보한 리더는

기록할 데이터를 포함한 신호를 태그에 전송한다. 이것을 수신한 태그는 내부 메모리에 전달받은 데이터를 기록한 후, 쓰기 응답 메시지를 리더에 전달한다. 쓰기 응답 메시지는 쓰기 결과 코드와 워드(word) 단위의 실제 기록된 데이터의 크기를 포함한다. 일련의 처리 과정 중에 어느 한 단계라도 문제가 발생하면 쓰기 동작은 실패하게 된다. 기존의 기법들은 이 과정에서 태그들에 대한 쓰기가 실패한 경우에 대해 재시도를 체계적으로 수행하기 위한 기법들이 주를 이룬다[8,9,10]. 특히 [10]의 경우에는 쓰기 작업의 확실성을 높이기 위해 Continuous Query Index(이하 CQI) 기법을 적용하였다. 쓰기 작업이 성공하지 못한 태그가 다시 발견되게 되면 쓰기 작업을 재시도하는 것은 다른 기법들과 동일하다. 다만 이 과정에서 CQI를 통해 태그들에 대한 검색 성능을 향상시킨 것이 차이점이다. 쓰기가 실패했다고 판단되는 태그들은 CQI 구조에 해당 태그의 식별자와 해당되는 쓰기 명령 및 쓰기 데이터를 등록한다. 읽혀지는 모든 태그에 대해서는 CQI를 통해 이전에 쓰기가 실패한 적이 있었는지를 검사하고 만일 그런 경우에 해당하는 태그가 검색되면 등록된 데이터를 이용하여 재쓰기가 시도된다.

이와 같이 기존 기법들이 단일 또는 다수의 태그에 대해 태그 쓰기가 실패한 사실을 판단하는 방법과 실패 발생시 재시도를 체계적으로 수행하기 위한 기법들을 제시하고 있다. 반면 제안하는 기법은 다수의 리더 및 안테나를 사용하여 대량의 태그에 쓰기를 수행하되, 쓰기 성공률을 높이기 위한 기법을 제시한다.

III. 리더 병렬 배치를 이용한 대량 RFID 태그 쓰기 기법

제안하는 기법은 그림 1에 제시된 것과 같이, RFID 미들웨어에 여러 대의 리더를 연결하고 리더별로 2개 또는 4개의 안테나를 부착하여 태그 롤의 방향과 동일하게 배치한다. 다수의 리더 및 안테나를 동시에 사용함으로써 가능한 한 번에 많은 수의 태그에 데이터를 기록한다.

안테나들 간의 간섭을 가능한 줄이기 위해, 안테나의 인식 범위 내에서 모든 태그에 동시에 데이터를 쓰지 않고, 태그를 일정한 간격을 둔 그룹을 지정하여

쓰기 작업을 수행하는 것이다. 협소한 공간에 다수의 태그가 조밀하게 인접하게 되므로 태그간의 전파 간섭이 일어날 수 있고 인접한 안테나들 간에도 간섭이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 간섭 현상으로 인해 태그 쓰기가 실패하는 것을 줄이기 위해 태그 인터리빙(tag interleaving)과 리더 인터리빙(antenna interleaving)이라는 두 가지 기법을 제안한다.

3.1 태그 인터리빙

다수의 태그에 대해 메모리 쓰기를 한 번에 요청하는 경우, 태그가 인접하게 놓여 있으면 태그간의 간섭으로 인해 쓰기 에러가 발생할 가능성이 높다. 이에 본 연구에서는 태그 인터리빙을 제안한다. 전체 태그들을 일정 간격으로 구분하여 태그 그룹으로 구분한 다음, 그룹별로 포함된 태그들에 대해 태그 쓰기 작업을 수행하는 것이다. 이를 통해 가능한 인접하지 않은 태그들에 대해 무선 통신이 이루어지게 한다. 단, 이 기법은 태그 인레이(inlay)가 레이블 롤(role) 형식으로 사용되는 경우에 한해 적용가능하다. 그림2는 태그 인터리빙의 원리를 보인 것이다.

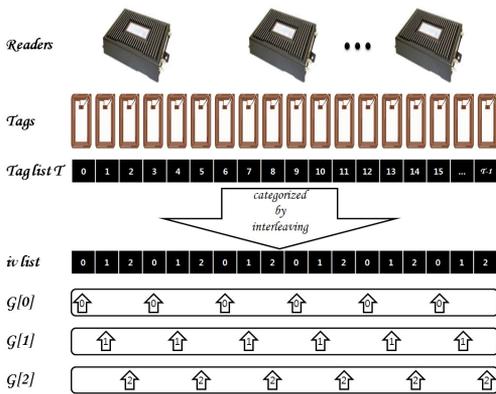


그림 2. 태그 인터리빙의 원리
Fig. 2 Mechanism for tag interleaving

태그 쓰기가 실패한 태그들에 대해서는 재시도가 필요하다. 미들웨어는 태그들에 대한 쓰기 요청을 리더에 전송한 후, 리더로부터 응답으로 전달되는 응답 메시지에 포함된 쓰기 결과 코드를 분석하여 태그 쓰기의 성공여부를 판단한다. 실제 사용되는 리더마다

약간의 차이는 있을 수 있으나 Class 1 Generation 2 태그를 기준으로 할 때 표 1과 같이 5가지로 구분할 수 있다.

표 1. 태그 쓰기 결과 코드의 종류
Table 1. Types of a tag write result code

쓰기 결과 코드	설명
WROK	쓰기 성공
WRERR	일시적 쓰기 실패
NOTAG	태그 인식 불가
ADERR	메모리 접근 에러
PRIVERR	접근 권한 에러

WROK를 제외하고는 모두 메모리 쓰기에 실패한 경우인데, 이중에서 일시적인 실패를 의미하는 WRERR의 경우에만 쓰기 재시도가 필요하다. NOTAG는 쓰기 요청된 태그가 존재하지 않는 경우에 전달되는 코드인데 태그가 인식 범위 내에 실제로 존재하지 않기 때문에 발생할 수도 있으나, 여러 가지 간섭 효과로 인해 태그의 존재를 리더가 제대로 인식하지 못하여 발생하기도 한다.

3.2 리더 인터리빙

다수의 리더를 사용할 경우 안테나 간의 간섭과 충돌 현상이 발생할 수 있다. 제안하는 기법에서는 다수의 리더와 안테나를 사용하므로 안테나 간에 전파 간섭이 일어날 가능성이 높다. 그림 3에서와 같이 안테나의 인식범위가 겹치는 영역에 존재하는 태그들의 경우에는 안테나들의 전파 간섭으로 인해 태그 인식 또는 쓰기에 장애가 발생할 수 있다.

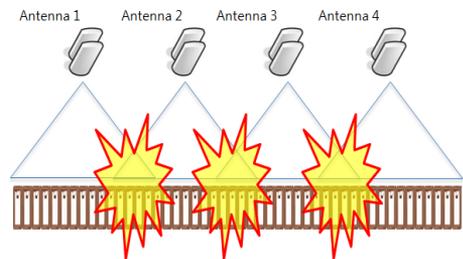


그림 3. 인접한 안테나들 간의 전파 간섭
Fig. 3 Radio wave interference between adjacent antennas

그림 3의 안테나1과 안테나2가 동시에 태그에 대한 쓰기 작업을 실시한다고 했을 때, 이 두 개의 무선 신호가 겹치는 부분에서는 태그에 대한 접근 문제가 발생할 수 있다. 또한 태그 내에서 쓰기 작업을 완료한 후 리더로 응답 메시지를 송신하는 단계에서도 문제가 발생할 수 있다. 다수의 리더를 사용하였을 때, 동일 리더에 연결된 안테나 간의 간섭은 리더 내의 펌웨어 수준에서 그 효과를 줄이기도 한다. 하지만 서로 다른 리더에 연결된 안테나들 간에는 간섭을 피하기 어렵다.

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 리더 인터리빙 방법을 제안한다. 이 방법은 인접한 리더를 번갈아 가면서 동작시키는 것이다. 예를 들어 그림 3에서 안테나가 각각 독립적으로 별개의 리더에 연결되어 있다고 가정하면, 리더1(안테나1)과 리더3(안테나3)에서 동시에 쓰기 작업을 수행한다. 그리고 이 작업이 완료되면 리더2(안테나2)와 리더4(안테나4)에 쓰기 작업을 수행하여 리더(안테나)의 인식범위가 겹치지 않도록 하는 것이다.

그림 4는 태그 및 리더 인터리빙을 고려한 최종 쓰기 알고리즘을 나타낸 것이다. T는 태그의 집합, R은 사용될 리더의 집합, I는 태그 인터리빙 값을 나타낸다. 개수만큼의 태그 그룹으로 구분하여 태그 인터리빙을 수행한다. 알고리즘의 첫 단계는 태그 집합 전체의 집합 T를 리더 및 안테나의 배치순서대로 R · I 개의 작은 태그 그룹으로 구분한다. 이 때, T(r, i)는 r번째 리더의 i번째 태그 그룹을 나타낸다. 알고리즘의 두 번째 단계는 각 리더에 대해 그룹별로 인터리빙을 수행하면서 각 리더에 할당된 태그 그룹에 대해 쓰기를 수행하는 것이다. 쓰기 명령은 각각의 리더에 대해 비동기호출(asynchronous call)을 이용 전달되는데 이것은 동일 인터리빙 그룹에 속하는 리더들에 대해서는 쓰기 동작이 동시에 이루어지도록 하기 위함이다. 쓰기 실패한 태그들에 대해서는 한계 값(retry_threshold) 범위 내에서 재시도를 수행한다. 이 과정은 모든 태그가 데이터가 모두 기록되거나 쓰기 재시도 한계값에 도달할 때까지 반복된다.

IV. 실험평가

```

1: massive_write (T, R, I)
2: T: Set of tags to write
3: R: Set of readers
4: I : Tag interleaving factor
5: begin
6: partition R into Re and Ro reader groups
7: partition T into |R| tag groups
8: foreach tag group in |R| tag groups
9: partition tag group into I groups
10: end for
11:
12: set RT array to 0;
13: do
14: for i = 1 .. I
15: foreach reader group rg in Re and Ro
16: foreach reader r in rg
17: if T(r,i) = ∅ then
18: continue;
19: end if
20: if RT(r,i) > retry_threshold then
21: break;
22: end if
23: send_write_async(r, T(r, i), V);
24: end for
25: collect response from readers;
26: remove successful tags from T(r, i);
27: if T(r, i) ≠ ∅ then increment RT(r, i);
28: end for
29: end for
30: until all tag groups are empty or retry_threshold
    is reached
31: end
    
```

그림 4. 태그 및 리더 인터리빙을 고려한 태그 쓰기 알고리즘

Fig. 4 Tag write algorithm considering tag and reader interleaving

제안하는 기법의 효율성을 검증하기 위해 실제 리더와 태그를 사용하여 실험을 수행하였다. RFID 리더는 Intermec사의 IF5 고정형 리더를 사용하고 태그는 EPCglobal Class 1 Generation 2 표준을 따르는 Alien사의 수동형 태그를 사용하였다. 실험을 위해 4대의 고정형 안테나를 사용하였다. 80개의 태그들은 모두 일렬로 배열하였고 태그들 간의 간격은 0.5cm로 하고 태그와 리더의 간격은 50 cm로 설정하였다. 동일한 태그에 대해 지속적으로 메모리 쓰기를 수행하면 태그의 쓰기 성능이 좋지 않게 되므로 실험 과정에서 일정 회수 이상 사용한 태그들은 교체를 하였다.

그림 5는 태그 인터리빙에 따른 쓰기 성공률을 나타낸 것이다. I0는 인터리빙을 하지 않은 경우이고, I2은 태그를 하나씩 걸러 가며 같은 그룹으로 구성한 경우이다. 즉, 이 경우에는 전체 태그 집합은 두 개의 그룹으로 구분되어 쓰기가 수행된다. I4와 I8은 각각

4개와 8개의 그룹으로 구분되도록 동등한 간격으로 구분한 인터리빙을 나타낸다. 인터리빙을 사용하면 그렇지 않은 경우(I0)에 비해 최소 5% 이상 성공률이 향상되는 것은 확인하였다.

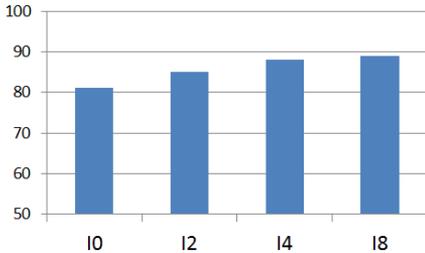


그림 5. 태그 인터리빙 테스트 결과
Fig. 5 Test result of tag interleaving

전체적으로 태그 인터리빙 간격을 늘릴수록 쓰기 성공률이 증가하는 것을 확인할 수 있으나 I4이후의 증가폭은 크지 않았다. 따라서 인터리빙을 늘릴수록 전체적으로 소요되는 시간이 늘어나는 점을 고려하여 적절한 수준에서 태그 인터리빙을 선택해야 할 것으로 판단된다.

표 2. 쓰기 에러 종류의 구성 비율
Table 2. Ratios of tag write error types

실패 종류	I2	I4	I8
WRERR	52%	86%	88%
NOTAG	48%	14%	12%

표 2는 태그 쓰기가 실패한 경우 그 원인의 비율을 인터리빙 조건에 따라 나타낸 것이다. 인터리빙 수준이 높은 경우에는 쓰기 동작과정에서 발생한 문제로 인한 불완전 쓰기를 의미하는 'WRERR'가 높은 비율을 차지한다. 반면 지정된 태그가 인식되지 않음으로 인해 태그 쓰기가 실패한 'NOTAG'는 인터리빙을 낮은 경우에 자주 발생한다. 이것은 인터리빙이 낮은 경우에는 태그들이 인접한 태그들이 동시에 접근되므로 태그간의 간섭효과가 커지고 그에 따라 쓰기 명령이 전달되기 전에 태그를 식별하는 단계에서부터 문제가

발생하는 것임을 알 수 있다. 인터리빙이 크면 식별 문제가 줄어들게 되고, 개개의 태그 쓰기 동작의 오류의 비율이 상대적으로 높아지기 때문인 것으로 판단된다.

다음은 안테나 인터리빙에 대한 실험이다. 안테나는 리더 당 2대의 안테나를 연결하고 안테나가 서로 엇갈리면서 인식 범위가 1/4 정도씩 겹치도록 하였다. 실험의 결과는 표 3과 같다.

표 3. 리더 인터리빙에 따른 성공률
Table 3. Success ratio w.r.t reader interleaving

리더 인터리빙	I2	I4	I8
미적용	85%	88%	89%
적용	88%	89%	89%

실험을 통해 리더 태그 인터리빙에 따라 어느 정도의 차이는 있으나 대체로 리더 인터리빙의 적용하면 성공률이 다소 상승하는 것을 확인할 수 있었다. I2의 경우에는 안테나 인터리빙을 통해 3% 정도의 향상된 결과를 보였으나, I8의 경우는 두 경우 모두 약 89% 정도로써 큰 차이를 보이지는 않았다. I2의 경우에는 태그들이 인접하게 동시 접근되고 태그의 밀집도가 높으므로 간섭 영역에서 문제가 발생할 가능성이 높은 반면 태그 밀도가 낮은 I8은 간섭 영역에서 문제를 발생하는 빈도가 더 낮아지기 때문인 것으로 보인다.

V. 결론

RFID 기술의 적용범위가 늘어남에 따라 태그 내에 데이터를 기록할 필요성이 늘어나고 있다. 이에 본 논문에서는 다수의 리더를 이용하여 대량의 태그에 대한 쓰기 작업의 효율을 높이기 위한 기법을 제시하였다. 다수의 태그에 동시에 쓰기 작업을 수행함으로써 발생하는 간섭 문제를 회피하기 위해, 태그 쓰기 작업을 그룹 단위로 분리하여 수행하는 태그 인터리빙을 제시하였다. 또한 리더 인터리빙을 사용하여 안테나들을 그룹으로 묶어 시차를 두고 동작시킴으로써 안테나간의 상호 간섭을 가능한 줄이도록 하였다. 추후에는 태그 쓰기를 위한 미들웨어 인터페이스에 대해 연구

가 진행될 예정이다.

감사의 글

이 논문은 2007학년도 부경대학교 연구년 교수 지원사업에 의하여 연구되었음 (C-D-2007-0630)

참고 문헌

[1] Roy Want, "An Introduction to RFID Technology," IEEE Pervasive Computing, Vol. 5, No. 1, pp. 25-33, 2006.

[2] R. Weinstein, "RFID: a technical overview and its application to the enterprise," IT Professional, Vol.7, No. 3, pp. 27- 33, 2005.

[3] C. Floerkemeier and M. Lampe, "Issues with RFID Usage in Ubiquitous Computing Applications," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3001, pp.188-193, 2004.

[4] K. P. Fishkin, B. Jiang, M. Philipose and S. Roy, "I sense a disturbance in the force: Long-range detection of interactions with RFID-tagged objects," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3205, pp. 268-282, 2004.

[5] K. Domdouzis, B. Kumar and C. Anumba, "Radio-Frequency Identification (RFID) applications : A brief introduction," Advanced Engineering Informatics, Vol. 21, No. 4, pp. 350-355, 2007.

[6] 이한영, "능동형 RFID시스템에서 태그 인식 속도 향상을 위한 고속 태그 충돌 방지 알고리즘", 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 235-242, 2012.

[7] 문헌일, 오치바드라, 홍완표, "900MHz TA(talk around)와 RFID의 주파수 대역 공유에 관한 연구", 2010년 한국전자통신학회 춘계학술대회논문지, 4권, 1호, pp.70-76, 2010.

[8] Wooseok Ryu and Bonghee Hong, "A Presumed Write Protocol for Ensuring Complete Access to RFID Tag Memory," Ubiquitous Information Technologies & Applications, ICUT '09. Proceedings of the 4th International Conference on, Dec. 2009.

[9] 류우석, 홍봉희, 최병운, "태그 메모리 접근을 위한 RFID 미들웨어의 쓰기 프로토콜," 데이터베이스연구, 25권, 2호, pp. 49-65, 8, 2009.

[10] Wooseok Ryu and Bonghee Hong, "A Reprocessing Model Based on Continuous Queries for Writing Data to RFID Tag Memory," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5463, pp. 201-214, 2009.

저자 소개

임영준(Young-Jun Lim)



2009년 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 졸업(공학사)
 2011년 부경대학교 대학원 IT융합응용공학과 졸업(공학석사)
 2011년 3월~현재 한진해운 IT기획팀
 ※ 관심분야 : 데이터베이스, RFID 미들웨어

송하주(Ha-Joo Song)



1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 1995년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2001년 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박사)
 2003년 8월 (주)아이티포웹 부장
 2003년 9월~현재 부경대학교 교수
 ※ 관심분야 : 데이터베이스시스템, RFID/USN

권오흠(Oh-Heum Kwon)



1988년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 1991년 KAIST 전산학과 졸업(공학석사)
 1996년 KAIST 전산학과 졸업(공학박사)
 1997년~현재 부경대학교 교수
 ※ 관심분야 : 알고리즘 설계 및 분석, 분산 컴퓨팅, RFID/USN