

RFID 시스템에서 태그의 위치 추적을 위한 시간 매개변수 간격 모델링 기법

반재훈*, 홍봉희**

*경남정보대학 인터넷응용계열

**부산대학교 컴퓨터공학과

e-mail : chban@kit.ac.kr*, bhhong@pusan.ac.kr**

Time Parameterized Interval Modeling for Tracing Tags in RFID Systems

Chae-Hoon Ban*, Bong-Hee Hong**

*Subdivision of Internet Application, Kyungnam College of Information &
Technology

**Dept. of Computer Engineering, Pusan University

요 약

RFID 시스템에서 태그의 위치를 추적하기 위해서 궤적은 모델링되고 색인되어야 한다. 궤적은 태그가 판독기의 인식영역으로 들어갈 때와 나갈 때 보고되는 두 개의 시공간 위치를 연결한 선분으로 표현될 수 있다. 만약 태그가 판독기의 인식영역에 들어와 나가지 않으면 시공간 위치는 오직 태그가 인식영역에 들어올 때만 보고된다. 따라서 판독기에 머물고 있는 태그는 궤적을 표현할 수가 없으므로 질의 시 이러한 태그를 검색할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 이 논문에서는 태그의 궤적을 시간 매개변수 간격으로 정의한다. 시간 매개변수 간격은 시간에 따라 시간 축 길이가 변하는 시간에 종속적인 선분으로 판독기에 머무는 객체의 궤적을 표현할 수 있다. 또한 RFID 시스템에서 사용되는 질의를 분류하고 효율적인 처리를 위해 태그의 식별자를 차원에 추가하는 방법을 제안한다.

1. 서론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 무선 주파수를 이용하여 태그(tag)를 장착한 객체를 판독기(reader)가 자동으로 인식하고 확인하는 기술로서 태그를 장착한 객체의 위치 추적이나 객체의 현재의 상태를 감시하는 자동화 생산(automated manufacturing), 재고 관리(inventory tracking), 공급망 관리(supply chain management) 등과 같은 다양한 응용분야에서 사용된다[1].

태그는 이동체와 유사하게 시간에 연속적으로 이동하므로 태그의 궤적을 추적하기 위해서 이동체를 위한 시공간 색인을 적용할 수 있다. 즉, 이동체는 이동하면서 일정한 시간에 위치를 보고하므로 보고된 두 개의 시공간 위치를 연결하는 선분으로 궤적을 표현할 수 있다[2][3][5]. 마찬가지로 태그가 판독기에 들어올 때와 나갈 때 보고되는 시공간 위치를 이용하여

태그의 궤적을 표현할 수 있다.

그러나 이러한 궤적의 모델링 기법을 사용하는 경우에 판독기의 인식영역에 들어와 머무는 태그를 찾을 수 없는 문제가 발생한다. 태그의 궤적은 태그가 판독기에 들어올 때와 나갈 때 보고하는 두 개의 시공간 위치를 연결한 선분으로 표현된다. 만약 태그가 판독기에 머무는 경우에 궤적은 태그가 판독기에 들어갈 때 보고하는 시공간 점으로만 구성된다. 따라서 태그가 판독기에 머문다는 정보를 표현할 수 없으므로 판독기에 머무는 태그를 찾을 수 없는 문제가 발생한다. 따라서 판독기에 머무는 태그를 표현할 수 있는 새로운 방법이 제시되어야 한다.

이 논문에서는 태그의 궤적을 위한 새로운 데이터 모델을 제시한다. 태그의 궤적을 시간에 종속적인 시간 매개변수 간격으로 정의한다. 시간 매개변수 간격

은 시간에 따라 시간 축 길이가 변하는 선분으로서 판독기에 머무는 객체의 궤적을 표현할 수 있다. 또한 RFID 시스템에서 사용되는 질의를 분류하고 효율적인 처리를 위해 태그의 식별자를 차원에 추가하는 방법을 제안한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 대상 환경 및 태그의 궤적 표현으로 인해 발생하는 문제를 정의한다. 3 장에서는 RFID 시스템에서 태그의 위치추적을 위해 사용되는 질의를 분류한다. 4 장에서는 태그의 궤적 표현의 문제점을 해결하기 위하여 궤적을 시간 매개변수 간격으로 정의한다. 또한 질의의 효율적인 처리를 위해 태그의 식별자를 차원으로 추가하고 발생하는 문제점과 해결책을 제시한다. 마지막으로 5 장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 대상 환경 및 문제정의

이 장에서는 RFID 시스템과 태그의 이동으로 인해 발생하는 이벤트를 소개한다. 또한 태그의 궤적을 정의하고 기존 연구에서 궤적을 표현하는 방법을 사용하는 경우에 발생하는 문제점을 제시한다.

2.1 대상환경

RFID 시스템은 태그와 판독기 그리고 호스트서버로 구성된다. 태그는 컨테이너나 팔레트와 같은 실 개체에 부착되어 판독기 사이를 이동한다. 판독기는 전략적으로 중요한 위치에 고정되며 태그를 인식할 수 있는 인식영역에 들어오거나 나가는 태그의 정보를 수집한다. 태그가 인식영역에 들어오면 *Enter* 이벤트가 발생하며 이 정보를 서버에 전송한다. 반대로 태그가 인식영역을 빠져나가면 *Leave* 이벤트가 발생하며 이 정보를 서버에 전송한다[1].

RFID 시스템의 태그는 이동체와 유사한 특징을 가진다. 즉, 이동체가 이동하면서 시간에 연속적으로 자신의 위치를 변경하듯이 태그도 판독기의 인식범위에 들어가거나 빠져나가며 자신의 위치를 변경한다. 따라서 태그의 위치 추적을 위해 이동체의 궤적 모델링 기법을 적용할 수 있다.

이동체에 대한 기존 연구에서는 궤적을 두 개의 시공간 위치를 연결한 선분으로 표현한다. 이동체가 t_i 의 시간에 (x_i, y_i) 의 위치를 보고하고 t_{i+1} 시간에 (x_{i+1}, y_{i+1}) 의 위치를 보고하는 경우에 궤적은 두 개의 시공간 위치를 연결하는 선분인 $(x_i, y_i, t_i), (x_{i+1}, y_{i+1}, t_{i+1})$ 로서 3 차원 좌표에 표현된다[2][3].

마찬가지로 태그의 궤적은 태그가 판독기를 들어갈 때와 빠져나갈 때 획득한 시공간 위치를 연결한 선분으로 표현될 수 있다. 차이점은 이동체가 자신의 실제 위치를 보고하는 반면에 태그 경우에는 태그를 인식한 판독기가 자신의 위치를 태그의 위치로 보고한다는 것이다. 이 논문에서는 태그의 궤적을 다음과 같이 정의한다. 정의에서 x, y, t 는 3 차원 공간의 각 축을 의미하며 x_r, y_r 은 판독기의 위치, t_{enter}, t_{leave} 는 각각 *Enter* 와 *Leave* 이벤트의 발생 시간을 의미한다.

정의 1: 태그의 궤적 $tr_{tag} = \{(x,y,t) \in R^3 \mid x = x_r, y = y_r, t_{enter} \leq t \leq t_{leave}\}$

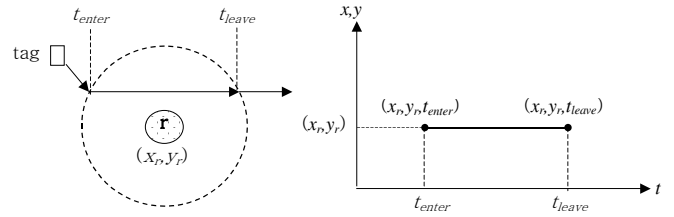


그림 1. 태그의 궤적

예를 들어 그림 1 과 같이 *Enter* 이벤트가 t_{enter} 시간에 발생하고 *Leave* 이벤트가 t_{leave} 시간에 발생했다고 가정하자. 이 경우에 판독기 r 의 위치를 (x_r, y_r) 이라하면 *Enter* 이벤트에는 (x_r, y_r, t_{enter}) 의 시공간 위치가 보고되며 *Leave* 이벤트에는 (x_r, y_r, t_{leave}) 의 시공간 위치가 보고된다. 따라서 태그의 궤적은 이 두 개의 시공간 위치를 연결한 선분이 된다.

2.2 문제정의

태그를 위해 기존 연구에서 사용한 궤적의 표현 방법을 사용하면 판독기에 머무는 객체를 찾을 수 없는 문제가 발생한다. 만약 태그가 판독기에 들어와 나가지 않는 경우에는 질의 수행 시에 질의의 결과임에도 불구하고 질의의 후보가 될 수 없다. t_{now} 를 현재시간이라고 가정하고 t_{enter} 와 t_{leave} 를 *Enter* 이벤트와 *Leave* 이벤트의 발생시간이라 가정하자. 만약 $t_{enter} \leq t_{now} < t_{leave}$ 이면 *Enter* 이벤트만 발생하고 *Leave* 이벤트는 발생하지 않게 된다. 따라서 궤적은 *Enter* 이벤트 시에 보고된 시공간 위치인 점으로만 표현되므로 판독기에 머물러 있다는 정보를 표현할 수 없다. 따라서 질의 수행 시 이러한 태그를 찾을 수 없는 문제가 발생한다.

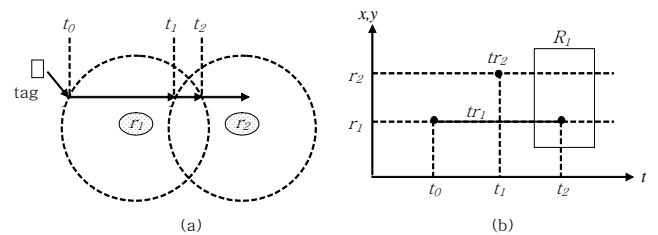


그림 2. 판독기에 머무는 태그의 문제발생

예를 들어 그림 2-(a)와 같이 판독기 r_1 에 태그가 t_0 에 들어와 t_2 에 빠져나간다고 가정하자. 정의 1 에 따라 궤적은 그림 2-(b)의 tr_1 과 같이 두 개의 시공간 위치를 연결한 선분으로 표현된다. 만약 태그가 판독기 r_2 에 들어와 빠져나가지 않으면 태그의 *Leave* 이벤트는 발생하지 않게 된다. 따라서 궤적은 tr_2 와 같이 *Enter* 이벤트 발생시에 보고된 시공간 위치인 점으로 표현되며 이것이 색인에 삽입되게 된다. 그림 2-(b)의 R_1 과 같이 특정 시간에 판독기 r_1 과 r_2 에 위치하는 태그를 찾는 질의를 수행한다고 가정하자. 질의가 수

행되면 R_i 에 포함되는 궤적을 찾는데, tr_1 은 포함되나 tr_2 는 포함되지 않으므로 태그가 판독기 r_2 에 머물러 있음에도 불구하고 그 정보가 표현되지 않으므로 tr_2 는 질의의 결과에서 제외된다. 따라서 판독기에 들어와 *Enter* 이벤트만 발생되고 머무는 태그를 표현할 수 있는 방법이 필요하다.

이 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 태그의 궤적을 시간 매개변수 간격으로 정의한다. 시간 매개변수 간격은 시간에 따라 시간 축 길이가 변하는 선분이다. 따라서, *Enter* 이벤트만 발생한 태그의 궤적은 시간에 종속적인 선분으로 표현되므로 위와 같은 질의를 처리할 수 있다.

3. 태그의 위치추적을 위한 질의

RFID 시스템에서 태그의 위치를 추적하기 위해서는 다양한 질의가 필요하다. 질의는 특정 시공간 지역에 포함되는 궤적을 추출하는데 다음과 같이 네 종류로 분류된다. 다음에서 질의의 분류를 위하여 $[a^t, a^f]$ 의 표현을 사용하는데 이 의미는 좌표 축에 투영한 값의 범위를 나타낸다.

Type 1: FIND 질의: $Q = (tid, [t^t, t^f])$ - 시간 $[t^t, t^f]$ 에 태그 식별자 tid 가 이동한 판독기의 위치 반환.

예: “18:00~23:00 까지 #13 태그가 위치한 판독기는?”

Type 2: LOOK 질의: $Q = ([x^t, x^f], [y^t, y^f], [t^t, t^f])$ - 시간 $[t^t, t^f]$ 에 특정 위치 $[x^t, x^f], [y^t, y^f]$ 에 위치한 판독기를 지나간 태그의 식별자 반환.

예: “18:00~23:00 까지 판독기 #1-3, #1-4 에 위치한 태그는?”

Type 3: HISTORY 질의: $Q = (tid)$ - 태그 식별자 tid 가 지나간 모든 판독기의 위치 반환.

예: “태그 #13 이 거쳐간 모든 판독기의 위치를 찾아라.”

Type 4: WITH 질의: $Q = (tid, [t^t, t^f])$ - 시간 $[t^t, t^f]$ 에 태그 식별자 tid 와 같이 이동한 모든 태그들의 식별자 반환.

예: “18:00~23:00 까지 #13 태그와 같이 있었던 모든 태그를 찾아라.”

질의에서 주목할 만한 것은 HISTORY 질의는 시간 범위가 시간 축 전체인 FIND 질의이며 WITH 질의는 FIND 질의를 수행하고 난 뒤에 LOOK 질의를 수행하여 처리할 수 있다. 따라서 RFID 시스템에서는 FIND 질의와 LOOK 질의가 기본 질의이다.

4. 시간 매개변수 간격 데이터 모델

이 장에서는 앞에서 언급된 문제를 해결을 위하여 태그의 궤적을 시간 매개변수 간격으로 정의한다. 또

한 시간 매개변수 간격의 정의를 위해 태그 식별자를 색인의 차원으로 추가할 때 발생하는 문제점 및 해결책을 제시한다.

4.1 시간 매개변수 간격

판독기에 머무는 태그를 표현하기 위하여 이 논문에서는 태그의 궤적을 시간 매개변수 간격으로 정의한다. 시간 매개변수 간격은 태그가 판독기에 들어오는 경우에 생성된다. 시간이 변경되면서 시간 매개변수 간격도 자신의 시간 도메인의 값을 변경한다. 시간 매개변수 간격의 정의를 위하여 tid, x, y, t 를 4 차원의 각 축으로, t_0 는 태그의 식별자, x_r, y_r 은 태그의 공간 위치 t_{enter} 를 *Enter* 이벤트의 발생시간, $f(t)$ 를 시간 함수로 가정한다.

정의 2: 시간 매개변수 간격 = $\{(tid, x, y, t) \in R^4 \mid tid = t_0, x = x_r, y = y_r, t_{enter} \leq t \leq f(t)\}$.

태그가 판독기에 들어오면 시간 매개변수 간격은 생성되며 $f(t)$ 는 현재시간을 나타내는 t_{now} 로 변경된다. 따라서 시간 매개변수 간격의 시간 축 길이는 $t_{enter} \leq t \leq t_{now}$ 가 되며 t_{now} 에 의해 시간 축 길이가 계속해서 변하게 된다. 판독기에 들어와 아직 빠져나가지 않은 태그의 궤적이 시간에 종속적인 선분으로 표현되므로 질의가 $t_{enter} \leq t_{now} < t_{leave}$ 에 발생되더라도 질의를 처리할 수 있다. 만약 태그가 판독기를 빠져 나가게 되면 $f(t)$ 는 t_{leave} 로 변경되며 시간 매개변수의 시간 축 길이는 $t_{enter} \leq t \leq t_{leave}$ 로 변경되고 $t_{now} \geq t_{leave}$ 에 발생하는 질의를 처리할 수 있다.

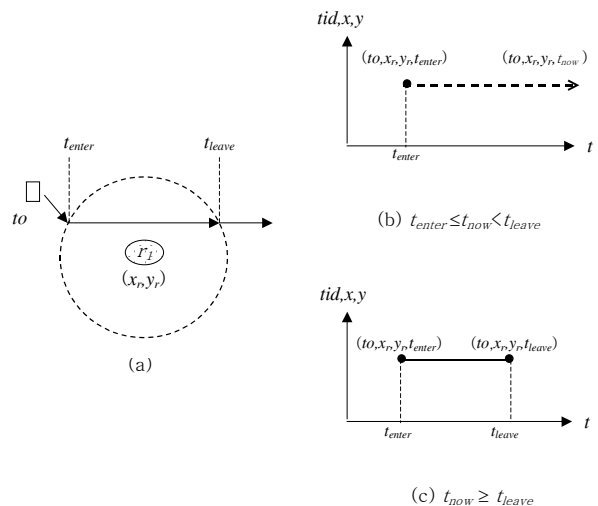


그림 3. 시간 매개변수 간격의 예

예를 들어, 그림 3-(a)와 같이 태그가 판독기에 t_{enter} 시간에 들어와 t_{leave} 시간에 빠져 나간다고 가정하자. $t_{enter} \leq t_{now} < t_{leave}$ 인 경우에 태그의 궤적은 그림 3-(b)와 같이 태그가 아직 판독기를 빠져 나오지 않았으므로 시간 축 범위가 $[t_{enter}, t_{now}]$ 인 시간 매개변수 간격이 되어 질의 처리가 가능하다. $t_{now} \geq t_{leave}$ 인 경우에는 태그가 그림 3-(c)와 같이 판독기를 빠져 나왔으므로 궤적은 시간 축 범위가 $[t_{enter}, t_{leave}]$ 인 시간 매개변수 간격

이 되어 질의 처리가 가능하다. 따라서 위와 같이 태그의 궤적을 시간 매개변수 간격으로 정의하면 언제나 질의처리가 가능하다.

4.2 태그식별자의 차원 추가

정의 1 에서 태그의 궤적은 3 차원 시공간 좌표에 정의 하였다. 즉, 2 차원 공간에 시간 차원을 추가하여 3 차원 공간에 표현하였다. 정의 1 과 다르게 시간 매개변수 간격은 4 차원 공간에 정의된다. 즉, 3 차원 시공간에 태그의 객체 식별자 차원을 추가한 4 차원 시공간에 표현한다. 그 이유는 3 장에서 정의된 RFID 시스템의 질의 중에서 LOOK, HISTORY, WITH 질의가 태그의 식별자를 매개변수로 하기 때문이다. 만약 태그의 식별자를 차원에 추가하지 않으면 질의 처리를 위해 구축된 색인을 모두 검색해야 하므로 효율적인 질의 처리를 위해 태그의 식별자를 차원으로 추가한다.

x, y, t 축이 연속적인(continuous) 데이터를 나타내는 축인 것과 달리, 태그의 식별자는 연속적인 데이터를 나타내는 축이 아니다. 즉, 태그의 식별자 사이의 데이터는 의미를 가지지 않으며 존재할 수 없다. 그러나 태그의 시간 매개변수 간격은 항상 시간 축 t 에 평행하므로 태그의 식별자가 비연속적이더라도 표현에는 문제가 발생하지 않는다. 예를 들어 그림 4-(a)와 같이 태그가 판독기를 이동한다고 가정하자. 이동으로 인해 발생하는 시간 매개변수 간격을 tid 축에 투영시키게 되면 모든 궤적은 시간 축에 평행하게 생성된다. 따라서 그림 4-(b)와 같이 태그의 식별자 값을 가지는 선분이 시간 축에 평행하며 그림 4-(c)와 같이 각 식별자 사이를 걸치는 선분이 존재하지 않으므로 태그 식별자가 비연속적이더라도 시간 매개변수 간격을 표현하는데 문제가 발생하지 않는다.

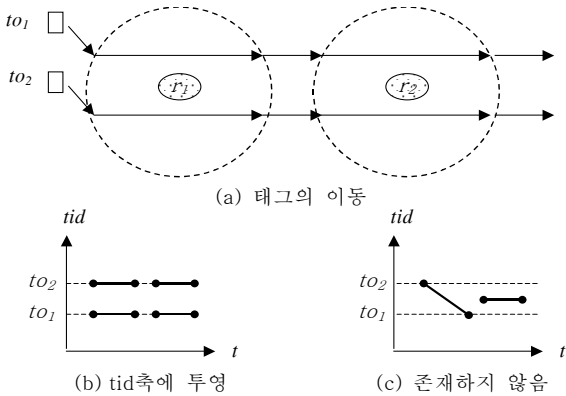


그림 4. 태그 식별자의 비연속성

x, y, t 축에 존재하는 데이터들간에는 관련성을 가진다. 예를 들면 시간 축의 경우 시간적으로 가까운 데이터들끼리 축에서도 가깝게 위치한다. 그러나 태그 식별자의 경우 축에서 서로 가깝게 위치한다고 해서 식별자끼리 관련성이 크다고는 할 수 없다. 그러나 식별자를 계층적으로 구성하면 관련성을 부여할 수 있다. 예를 들어, EPC(Electronic Product Code)의 경우 계층적으로 구성하여 같은 품목끼리는 EPC 를 그룹핑하

여 표현한다[4]. 따라서 이러한 방식으로 태그의 식별자를 구성하면 식별자 축에서 가까운 것들끼리는 같은 품목일 관련성이 높아진다. 따라서 태그 식별자 tid 축도 위치하는 데이터 간에 관련성을 가진다고 할 수 있다. 예를 들어 그림 5 에서와 같이 유사한 품목의 a, b 객체를 EPC 로 구성하게 되면 식별자 또한 유사하게 되고, 이를 식별자 축에 대응시키면 가깝게 위치한다. 따라서 이와 같이 식별자를 계층적으로 구성하면 데이터간의 관련성을 표현할 수 있다.

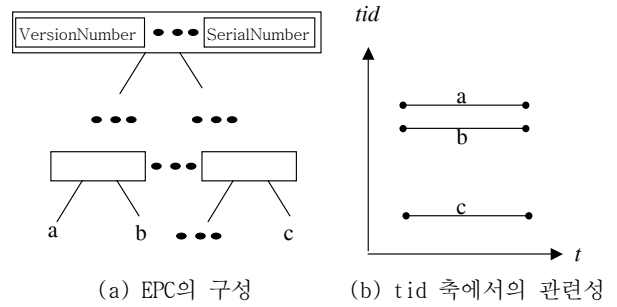


그림 5. 태그 식별자의 관련성

5. 결론 및 향후 연구

이 논문에서는 태그의 위치 추적을 위해 궤적을 표현하는 방법을 제시하였다. 기존 궤적의 표현방법의 문제점을 소개하고 문제 해결을 위해 태그의 궤적을 시간에 종속적인 시간 매개변수 간격으로 정의하였다. 시간 매개변수 간격은 시간에 따라 시간 축 길이가 변하는 시간에 종속적인 선분으로 판독기에 머무는 객체의 궤적을 표현할 수 있다. 또한 RFID 시스템에서 사용되는 질의를 분류하고 효율적인 처리를 위해 태그의 식별자를 차원에 추가하였다. 또한 이로 인해 발생하는 문제점 및 해결책을 제시하였다. 향후 연구로 시간 매개변수 간격을 색인하는 방법에 대한 연구와 효율적인 질의 처리를 위한 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] K. Romer, T. Schoch, F. Mattern and T. Dubendorfer, "Smart Identification Frameworks for Ubiquitous Computing Applications", In Pervasive Computing and Communications Proceedings of the First IEEE International Conference, pp.256-262, 2003.
 [2] Y. Theodoridis, M. Vazirgiannis and T. Sellis, "Spatio-Temporal Indexing for Large Multimedia Applications", In International Conference on Multimedia Computing and System, pp.441-448, 1996.
 [3] D. Pfoser, S. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches in Query Processing for Moving Object Trajectories", In Proc. of VLDB, pp. 395-406, 2000.
 [4] www.epcglobal.org
 [5] 이기형, 반재훈, 김동현, 홍봉희, "RFID 태그 객체의 간격 데이터 색인", 한국정보과학회 제 31 권 제 2 호, pp82~84, 2004