

대용량 RFID 데이터를 위한 효율적인 데이터 관리 기법

Efficient Data Management Method for Massive RFID Data

복경수*, 조용준**, 여명호***, 유재수***
(주)가인정보기술*, (주)동일기술공사**, 충북대학교 정보통신공학과***

Yong-Jun Cho(yjcho@netdb.cbnu.ac.kr)*, Kyoung-Soo Bok(ksbok@gainit.co.kr)**,
Myung-Ho Yeo(mhyeo@netdb.cbnu.ac.kr)***, Jae-Soo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)***

요약

본 논문에서는 RFID 시스템에서 많이 발생하는 경로 질의와 포함 관계 질의를 효과적으로 처리하기 위한 데이터 관리 기법을 제안한다. 제안하는 데이터 관리 기법은 다양한 포함 관계에 대한 경로 정보를 유연하게 표현함으로써 운송 도중 발생하는 포함 관계의 변경 및 개별 단위의 물품 경로까지 지원한다. 또한, 공급망의 구조 정보를 활용한 경로 정보의 압축으로 저장되는 데이터의 양을 감소시킬 수 있다. 기존 기법들과 비교 평가를 수행한 결과 저장 공간과 질의 처리 측면에서 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : RFID | 데이터 관리 | 경로 질의 | 포함 관계 질의 |

Abstract

In this paper, we propose an efficient data management scheme for path queries and containment queries which are occurred frequently. The proposed data management scheme considers a change of the containment of products during a transport and supports a path of changed products by representing a path of various containments. Also, the compression utilizing the structure of supply chain reduces the stored data volumes. As a result, our method outperforms the existing methods in terms of storage efficiency and query processing time.

■ keyword : RFID | Data Management | Path Query | Containment Query |

1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선 주파수를 이용하여 개체에 부착된 태그 정보를 자동으로 인식하는 기술이다[1-3]. RFID는 비 접촉식으로 다수의 태그를 원 거리에서 동시에 인식할 수 있으며 고속으로 이동하는 개체에 대해서도 인식이 가능하다. 또한, 태그에 데

이터를 저장 및 수정할 수 있는 특징이 있다. 이로 인해 공장 자동화, 재고 관리, 교통, 물류, 유통, 의료 등 많은 응용 분야에서 주목 받고 있다[4][5]. 물류·유통분야는 RFID의 다양한 응용 중 가장 주목을 받는 분야이다[6][7]. 불확실성이 높은 시장 변화에 공급망을 기민하게 대응시켜 기업의 경쟁력 증대를 위해 RFID 기술의 도입이 적극적으로 이루어지고 있다.

* 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업과 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구 조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-314-D00221)을 받아 연구되었음.

접수번호 : #090317-002

접수일자 : 2009년 03월 17일

심사완료일 : 2009년 03월 31일

교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@chungbuk.ac.kr

RFID 시스템에서 발생하는 데이터는 대용량의 스트림 데이터이다. 안테나에서 주기적으로 수집되는 태그 정보는 리더를 거쳐 미들웨어가 탑재된 호스트의 데이터베이스에 저장된다. 미국의 산업분야의 전문 리서치 VDC(Venture Development Corporation)의 연구결과에 의하면 월마트의 경우 태그가 물품 단위에서 적용되었을 때 매일 7테라바이트의 데이터를 발생시킨다[8]. 이러한 대용량 데이터를 저장하기 위해서는 많은 저장공간을 요구할 뿐만 아니라 데이터에 대한 질의 처리는 많은 처리 비용을 요구하는 문제를 가진다.

최근 RFID에서 발생하는 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다[8-11]. ERDR은 RFID시스템의 다양한 개체들과 개체들 간의 관계를 고려한 데이터 구조이다[9]. 다양한 관계 테이블의 사용은 질의에 대한 응답시간을 감소시킬 수 있었지만 데이터의 중복 저장으로 많은 저장 공간을 낭비하는 문제가 있다. RFID-Cuboid는 중복 데이터의 제거, 물품의 그룹 단위 관리 그리고 압축된 경로 표현 기법의 적용으로 저장 공간의 효율적인 활용과 효과적인 경로 질의 처리를 위한 데이터 구조이다[8]. 그러나 고정된 경로 기반 식별자 할당에 따른 데이터 구조의 재구축 문제와 공급망 관리에서 많이 요구되는 포함 관계 질의를 지원하지 않는 문제가 있다. Multi-table 접근은 물품의 포함 관계와 경로 질의를 모두 고려한 데이터 구조이다[10]. Multi-table 접근은 다양한 포함 관계 테이블을 사용함으로써 저장 공간의 효율적인 활용과 포함 관계 질의를 효과적으로 처리할 수 있지만 많은 조인 비용과 다양한 포함 관계에 대한 경로를 고려하지 않았다.

본 논문에서는 이와 같은 기존 연구의 문제점들을 해결하기 위해 공급망 관리에서 많이 발생하는 경로 질의와 포함 관계 질의 처리를 효과적인 처리하기 위한 데이터 관리 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 물품의 계층적인 포함 관계를 고려한 구조이며 공급망의 구조 정보를 활용한 경로 정보의 압축된 표현으로 저장되는 데이터의 크기를 감소시킬 수 있었다. 또한, 운송도중 변경될 수 있는 경로와 포함 관계를 효과적으로 반영함으로써 공급망 관리에서 많이 발생하는 경로 및 포함 관계 질의 처리 성능을 향상시킬 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기존 데이터 관리 기법들을 분석한다. 3장에서는 제안하는 RFID 데이터 관리 기법을 설명한다. 4장에서는 기존 기법들과 데이터의 양과 질의 처리 시간을 비교하고 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련연구

Wang은 기존의 ER모델에 RFID 데이터 특성을 고려한 DRER(Dynamic Relationship ER Model)이라는 데이터 모델을 제안하였다[9]. DRER은 이와 같은 RFID 시스템의 특성을 활용한 데이터 모델로서 정적 개체를 위한 테이블들과 정적 개체들 간의 관계를 위한 동적 관계 테이블들로 구성된다. 동적 관계 테이블들은 관계가 지속되는 시간적인 특성에 따라 상태 기반 테이블과 이벤트 기반 관계 테이블로 세분된다. DRER은 다양한 개체들과 관계들에 대한 테이블을 사용함으로써 질의에 대한 응답 시간을 감소시킬 수 있었다. 그러나 다양한 관계 테이블의 사용은 데이터의 중복 저장으로 많은 저장 공간을 필요로 하는 문제를 가진다. 또한, 다른 RFID 응용에도 적용 가능한 범용적인 구조로써 공급망 관리에서 많이 요구되는 경로 질의나 포함 관계 질의 처리가 고려되지 않은 데이터 구조이다.

Gonzalez는 이와 같은 대용량의 RFID 데이터의 압축과 RFID 시스템에서 많이 발생하는 경로 질의를 효율적인 처리를 위해 RFID-Cuboid라는 데이터 구조를 제안하였다[8]. RFID-Cuboid는 장소에 대한 중복 데이터의 제거했다. 또한, 함께 이동하는 물품의 그룹 단위 관리, 압축된 경로 표현을 고려함으로써 보다 효과적인 데이터 관리를 가능하게 한다. RFID-Cuboid에서는 공급망의 변화뿐만 아니라 경로에 대한 변화를 반영하기 위해 테이블 정보를 새로 생성해야 하는 문제가 있다. 또한, 물품의 다양한 포함 관계를 데이터 구조에 고려하지 않음으로써 포함 관계 질의 처리를 지원하지 않는 특징이 있다.

Lin은 물품의 포함 관계와 경로를 모두 고려한 데이터 모델인 Multi-table 접근을 제안하였다[10]. Multi-table

접근에서는 RFID 시스템에서 많이 발생하는 포함 관계 질의와 경로 질의의 효과적인 처리를 고려하였다. Multi-table 접근 방식은 다양한 포함 관계 테이블을 제안하였다. 하나의 연속시간 테이블에서의 데이터 중복을 감소시켜 효율적인 저장 공간의 이용과 효과적인 포함 관계 질의 처리를 제공한다. 그러나 하나의 포함 관계인 그룹에 대한 경로만을 고려한 경로 표현으로 특정 그룹을 포함하거나 특정 그룹에 포함되는 물품에 대한 질의 처리 시 포함 관계 테이블들을 검색해야 하는 문제가 있다. 또한, 운반 도중 발생하는 포함 관계의 변경을 반영하지 못하는 문제를 가진다. 또한, 많은 조인이 발생하는 문제를 갖는다.

III. 제안하는 RFID 데이터 관리 기법

1. 데이터 구조

본 논문에서는 RFID 시스템에서 많이 발생하는 경로 질의와 포함 관계 질의 처리에 효과적인 데이터 관리 기법을 제안한다. 제안하는 데이터 모델은 크게 물품의 포함 관계를 나타내기 위한 부분과 경로를 나타내기 위한 부분으로 구분할 수 있다. [그림 1]은 제안하는 데이터 모델의 논리적 구조를 나타낸 것이다.

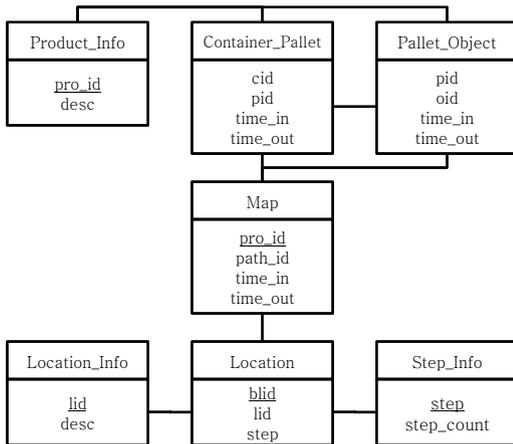


그림 1. 제안하는 데이터 모델

Pallet_Object, *Container_Pallet* 테이블들은 물품의 계층적 포함 관계를 나타낸다. *Product_Info* 테이블은 물품, 팔레트 및 컨테이너와 같은 계층적 포함 관계를 구성하는 개체들의 정보를 저장한다. *Location*, *Location_Info* 테이블들은 장소의 정보를 저장하며 *Step_Info* 테이블은 공급망의 구조적인 정보를 저장한다. *Map* 테이블은 다양한 포함 관계를 가지는 물품들의 경로 정보를 공급망의 구조 정보를 활용하여 압축된 형태로 저장한다.

1.1 포함 관계 구조

물류·유통과정에서 물품은 경로를 이동하면서 다양한 계층적 포함 관계로 구성된다. 이러한 물품의 포함 관계는 운송과정에서 유동적으로 변경될 수 있는 정보로 공급망 관리에서 매우 중요한 의미를 가진다. 물품의 포함 관계 정보에 대한 저장과 질의처리에 대한 중요성이 증대되고 있다. 제안하는 데이터 모델에서 포함 관계 테이블들은 다양한 물품의 계층적 포함 관계를 고려한 구조이다. 물품은 팔레트로 팔레트는 컨테이너에 포함되는 계층적 관계를 가진다. [그림 2]는 제안하는 데이터 구조의 포함 관계 테이블들을 나타내며 [표 1]은 제안하는 테이블들의 기능을 나타낸다.

Pallet_Object				Product_Info	
pid	oid	time_in	time_out	pro_id	des
P1	O1	0	35	O1	object1
P1	O2	0	35	O2	object2
P1	O3	0	35	O3	object3
P2	O4	5	45	O4	object4
P2	O5	5	45	O6	object5
P3	O6	15	40	O7	object6
P3	O7	15	40	O8	object7
P4	O8	20	55	O9	object8
P5	O9	35	60	P1	pallet1
:	:	:	:	P2	pallet2
				P3	pallet3
				P4	pallet4
				C1	container1
				C2	container2
				C3	container3
				C4	container4
				:	:

Container_Pallet			
cid	pid	time_in	time_out
C1	P1	10	30
C1	P2	10	30
C2	P3	20	35
C3	P4	25	50
C4	P5	40	55
:	:	:	:

그림 2. 포함 관계 테이블

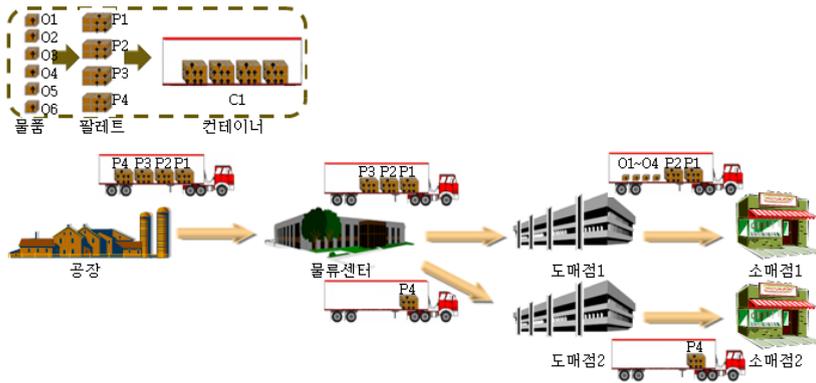


그림 3. 물품의 포함 관계 예제

표 1. 포함 관계 테이블 기능

테이블	기능
Pallet_Object	물품과 팔레트의 관계를 저장
Container_Pallet	팔레트와 컨테이너의 관계를 저장
Product_Info	물품, 팔레트, 컨테이너에 대한 정보를 저장

[그림 3]은 운송 과정에서 물품의 계층적 포함 관계를 나타낸 예이다. [그림 3]에서 물품은 6개씩 팔레트에 포함되고 각 팔레트는 4개씩 컨테이너에 적재된다고 가정하자. 물품의 포함 관계는 운송 도중 변경될 수 있는 정보이다. 예를 들어, 컨테이너 C1에 적재된 팔레트 P1, P2, P3, P4는 물류센터에서 도매점1과 도매점2로 각각 P1, P2, P3와 P4로 나누어 운송될 수 있으며 소매점1에서와 같이 개별 물품으로 나누어 운송될 수 있다. 이와 같은 특성을 고려한 계층적 포함 관계 테이블 구조는 단일 테이블 구조에서 발생하는 데이터의 중복을 감소시켜 효과적인 저장 공간의 이용과 포함 관계 질의 처리를 제공한다. 제안하는 구조에서 포함 관계 질의 처리는 *Container_Pallet* 테이블과 *Pallet_Object* 테이블을 검색하여 처리한다. 또한, 포함 관계의 변경에 따른 다양한 물품의 경로를 압축적으로 표현한다.

1.2 경로 구조

물류·유통분야는 RFID 시스템의 대표적인 응용분야로써 공급망을 따라 이동하는 물품의 경로는 가장 중요한 정보이다. RFID 시스템에서 수집되는 정보는 물품에 부착된 태그와 특정 장소에 설치된 리더의 식별자로 구

성되며 시간 속성을 가진다. 이때 물품의 경로는 태그 정보를 인식한 리더들의 장소 집합으로 나타낸다. 하지만 수집되는 정보의 방대함으로 인해 보다 효과적인 경로 표현의 중요성이 강조되고 있다.

본 논문에서는 다양한 포함 관계를 이루는 물품들의 경로 질의 처리에 효율적인 데이터 관리 기법을 제안한다. 제안하는 데이터 관리 기법은 공급망의 구조 정보를 활용한 장소 식별자의 할당과 경로 정보의 생성으로 다양한 계층적인 포함 관계를 이루는 물품들의 동적인 경로 표현을 가능케 한다. [그림 4]는 제안하는 데이터 구조의 경로 테이블들을 나타낸다.

일반적으로 공급망은 계층적으로 구성되며 공급망을 이루는 장소 개체들의 변경은 거의 발생하지 않는다. 반면에 공급망을 따라 이동하는 물품의 흐름은 쉽게 변할 수 있는 정보이다. 즉, 공급망을 구성하는 물류센터나 도매점, 소매점의 추가나 제거는 공급망을 따라 이동하는 물품의 경로 정보에 비해 거의 변하지 않는 특성을 가진다. *Location* 테이블은 공급망을 구성하는 장소들의 구조적인 정보를 저장하는 테이블이다. 이러한 *Location* 테이블은 공급망의 구조를 기반으로 생성된 비트 식별자가 장소 식별자에 할당되며 공급망에서의 단계 정보도 함께 표현한다. *Location_Info* 테이블과 *Step* 테이블은 각각 장소와 공급망에 대한 보다 상세한 정보를 저장한다. *Map* 테이블은 다양한 계층적인 포함 관계를 이루는 물품들의 경로 정보와 시간 정보를 함께 저장한다. [표 2]는 경로 테이블들의 기능을 나타낸다.

공급망에서의 물품은 계층적인 포함 관계를 가지며 하

Location_Info		Location			Map												
lid	des	blid	lid	step	pro_id	path_id	time_list										
11	공장	0	11	1	C1	****0110	<10>, <15> ...										
12	물류C1	0	12	2	C2	00010110	<20>, <25> ...										
13	물류C2	1	13	2	C3	01000000	<25>, <30> ...										
14	도매1	00	14	3	C4	01001010	<40>, <45> ...										
15	도매2	01	15	3	P1	001001**	<30>, <40>										
16	도매3	10	16	3	P2	001101**	<30>, <45>										
17	도매4	11	17	3	Step_Info <table border="1"> <thead> <tr> <th>step</th><th>step_co</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>2</td><td>2</td></tr> <tr> <td>3</td><td>4</td></tr> <tr> <td>4</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>			step	step_co	1	1	2	2	3	4	4	10
step	step_co																
1	1																
2	2																
3	4																
4	10																
18	소매1	0000	18	4													
19	소매2	0001	19	4													
110	소매3	0010	110	4													
111	소매 4	0011	111	4													
112	소매5	0100	112	4													
113	소매6	0101	113	4													
114	소매7	0110	114	4													
115	소매8	0111	115	4													
116	소매9	1000	116	4													
117	소매10	1001	117	4													

그림 4. 경로 정보 테이블

위 범주로 운송될 수 있고 새로운 조합으로 구성되어 운송될 수 있다. 이처럼 운송 도중 변경되는 포함 관계의 변경을 반영하기 위해 *Map* 테이블은 포함 관계의 모든 물품에 대한 식별자를 갖는다. 또한, *Map* 테이블은 다양한 포함 관계를 형성하는 물품들의 경로를 알 수 있는 경로 정보와 각각의 경로의 단계에서의 출발시간을 가진다.

표 2. 경로 테이블 기능

테이블	기능
Location	공급망을 구성하는 장소에 대한 정보를 저장
Location_Info	장소에 대한 상세한 정보를 저장
Map	물품의 경로 정보를 저장
Step	공급망에 대한 정보를 저장

1.3 경로 정보 생성

제안하는 데이터 관리 기법에서 경로 정보를 생성은 먼저 공급망을 구성하는 각각의 장소 개체들에 비트 식별자를 할당한다. 할당되는 비트 식별자는 *Step* 테이블의 공급망의 구조 정보를 활용하여 생성한다. 즉, 공급망에서 각각의 단계를 구성하는 장소들의 개수에 따라 해당 장소의 비트 식별자가 결정된다. [그림 4]의 *Location*

테이블에서와 같이 공급망의 첫 번째 단계와 두 번째 단계는 각각 한 개와 두 개의 장소로 구성되었고 한 개의 비트만을 활용해 식별자를 할당하였다. 세 번째 단계와 네 번째 단계는 네 개와 열 개의 장소들로 구성되었고 각각 두 개와 세 개의 비트를 사용해 식별자를 할당하였다.

공급망을 따라 이동하는 물품의 경로는 이처럼 해당 장소에 할당된 비트 식별자의 조합으로 표현한다. [그림 5]는 각각의 장소에 할당된 비트 식별자와 그들의 조합으로 생성된 경로 정보를 나타낸다. [그림 5]에서 112는 [그림 4]의 *Location* 테이블에서 확인할 수 있듯이 0100이라는 비트 식별자가 할당되었고 01000000과 01001010은 각각 112에 운송된 물품의 경로를 나타낸다. 01000000은 비트식별자가 0, 0, 00, 0100인 장소들의 조합으로 11, 12, 14, 112의 경로를 나타낸다. 01001010은 비트식별자가 0, 1, 10, 0100인 장소들의 조합으로 11, 13, 16, 112의 경로를 나타낸다.

[그림 6]은 11, 13, 16을 거쳐 112에 운송된 물품의 경로 정보 생성 과정을 나타낸 것이다. [그림 6]에서와 같이 11을 거쳐 13에 운송된 물품의 경로는 13의 비트 식별자를 비트이동 시킨 후 이전 단계인 11의 식별자와 OR연산을 수행함으로써 생성한다. 11과 13을 거쳐 16에 운송된 물품의

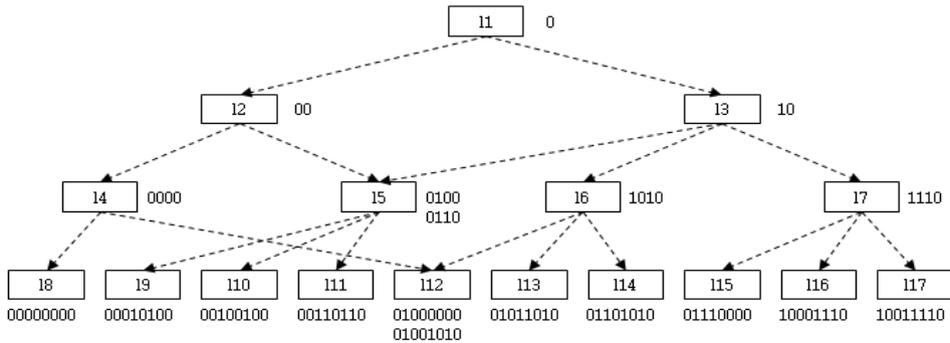
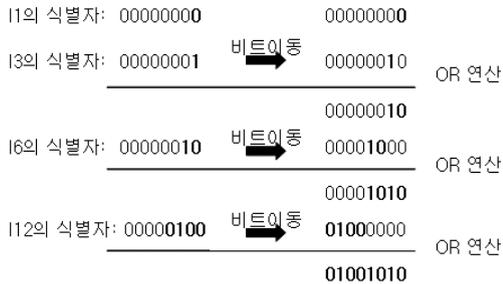


그림 5. 경로 식별자 생성

경로 정보 역시 16의 비트 식별자를 비트이동 시킨 후 이전 경로 정보와 OR 연산을 수행하여 생성한다. 제안하는 데이터 관리 기법은 이와 같은 방법으로 경로 정보를 유연하게 생성할 수 있다. 이때 이동되는 비트의 수 K는 식1과 같다. 이때, N은 공급망을 구성하는 장소 개체들의 수를 나타낸 것이다.



01001010은 11, 13, 16, 112의 경로로 나타냄

그림 6. 물품 경로 생성의 예

$$K = \lceil \log_2 N \rceil \quad (1)$$

제안하는 데이터 관리 기법은 공급망을 따라 이동하는 물품의 모든 경로 정보를 동적으로 생성할 수 있다. 경로 정보에 비해 거의 변하지 않는 공급망의 구조 정보인 Step를 이용함으로써 기존 연구인 RFID-Cuboid에서 발생하는 정적 경로 표현 문제를 해결할 수 있다. Step 테이블은 공급망의 구조적인 정보를 저장하며 각각의 유통 단계를 구성하는 개체들의 개수를 나타낸다. Step 테이블의

공급망의 구조적인 정보는 Location 테이블의 장소에 비트 식별자를 할당과 Map 테이블의 조합된 경로 식별자를 해석하는데 이용된다. [그림 7]은 공급망을 구성하는 각각의 장소 개체에 식별자를 생성하는 과정과 Map 테이블의 경로 정보를 해석하는 과정을 나타낸 것이다. Step_Info 테이블에 저장된 공급망의 구조 정보에 따라 비트 식별자를 생성하고 공급망을 구성하는 각각의 장소 개체에 할당된다.

운송되는 물품이 공급망을 구성하는 각각의 장소를 지남에 따라 장소에 할당된 비트 식별자가 조합되어 경로 정보를 생성한다. 생성된 경로 정보는 Map 테이블에 저장되고 공급망의 구조 정보를 사용하여 해석된다. [그림 7]에서 C1은 11, 13, 15의 경로로 운송되었음을 알 수 있다. P1과 P2는 [그림 2]의 Container_Pallet 테이블로부터 C1에 포함되어 있었음을 알 수 있다. 또한 [그림 7]의 Map 테이블로부터 15에서 C1에서 분리되어 개별적으로 110과 111로 운반되었음을 알 수 있다. 이처럼 제안하는 데이터 관리 기법은 운송도중 변경되는 포함 관계와 그에 따른 경로 정보를 효과적으로 반영한다.

2. 제안하는 데이터 모델에서의 질의 처리

RFID 시스템에서 태그가 부착된 물품들이 그룹 단위로 운반되거나 운송도중 재 그룹 되는 일은 빈번히 발생한다[8]. 따라서 물품의 계층적인 포함 관계에 대한 질의와 이동한 경로에 대한 질의 처리의 중요성이 부각되었다[10]. RFID 데이터에 대한 질의는 여러 가지로 분류될 수 있다. Ban에서는 다음 네 종류의 질의로 분류한다[12].

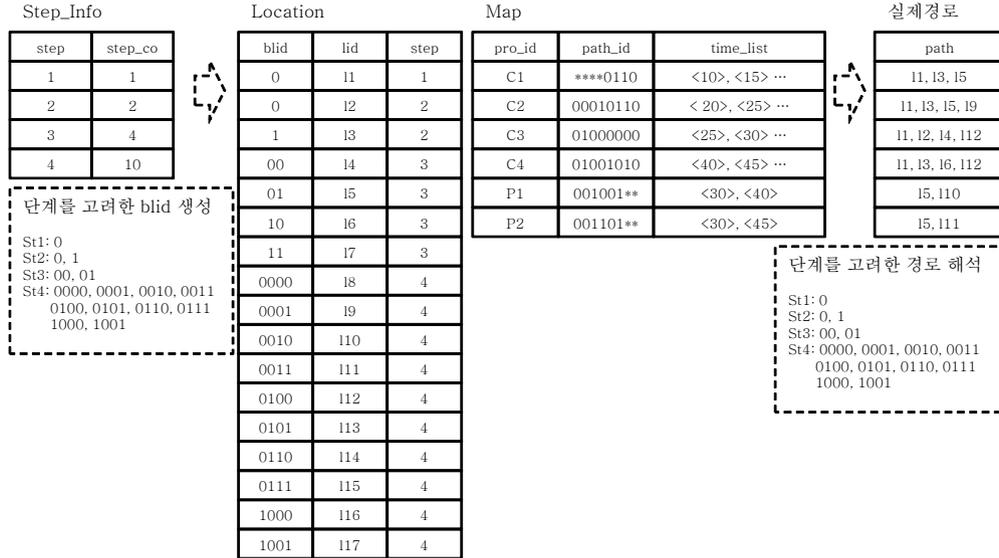


그림 7. 장소 식별자 할당과 해석

여기서 $[a^t, a^f]$ 는 좌표축에 투영한 값의 범위를 나타낸다.

- *FIND* 질의: $Q = (tid, [t^t, t^f])$
 시간 $[t^t, t^f]$ 에 태그 식별자 tid 가 이동한 리더의 위치 반환
 (예제) “18:00~23:00 까지 #13 태그가 위치한 리더를 검색하라?”
- *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 리더를 지나간 태그의 식별자 반환
 (예제) “18:00~23:00 까지 리더 #1-3, #1-4에 위치한 태그를 검색하라”
- *HISTORY* 질의: $Q = (tid)$
 태그 식별자 tid 가 지나간 모든 리더의 위치 반환
 (예제) “태그 #13이 거쳐 간 모든 리더와 시간을 검색하라”
- *WITH* 질의: $Q = (tid, [t^t, t^f])$
 시간 $[t^t, t^f]$ 에 태그 식별자 tid 와 같이 이동한 모

든 태그들의 식별자 반환

(예제) “18:00~23:00 까지 #13 태그와 같이 있었던 모든 태그를 검색하라.”

HISTORY 질의는 시간 범위가 시간 축 전체인 *FIND* 질의이며 *WITH* 질의는 *FIND* 질의를 수행하고 *LOOK* 질의를 수행하여 처리하는 것과 같다.

[10]에서는 질의 유형을 포함 관계 질의와 경로 질의로 분류하였다. 포함 관계 질의는 특정 물품을 포함하는 상위 범주나 포함되는 하위 범주들에 대한 질의이다. 이는 [12]에서 정의한 *WITH* 질의와 유사하지만 다양한 계층적 포함 관계를 형성한다는 점에서 차이가 있다. 경로 질의는 특정 조건에 해당하는 물품이나 그룹의 경로나 위치에 대한 질의로써 시간, 장소가 조건으로 사용될 수 있다. [12]의 *FIND* 질의, *LOOK* 질의, *HISTORY* 질의가 이러한 경로 질의에 해당된다. 본 논문에서 질의는 [10]에서 정의한 것과 같이 포함 관계와 경로 질의로 구분한다. 이와 같은 포함 관계와 경로에 대한 질의는 공급망 관리에서 빈번하게 발생한다. 따라서 포함 관계와 경로에 대한 질의 처리를 효과적으로 하기 위한 데이터 관리 기법 및 질의 처리 기법을 제안하였다.

2.1 경로 질의

경로 질의는 공급망을 따라 이동하는 물품의 경로에 대한 질의이다. 예를 들어, 물품이 20개 단위로 팔레트에 포함되고 팔레트를 10개씩 포함하는 컨테이너들이 있다. 이때, 특정 컨테이너 C2의 경로나 현재 위치에 대한 질의는 대표적인 경로 질의이다. 이때 컨테이너 C2의 경로 및 현재 위치는 *Map* 테이블에서 C2의 경로를 검색하고 공급망의 구조 정보를 활용해 검색된 경로에서 장소들을 추출하며 C2의 경로를 알 수 있다. 또한, 추출된 경로 정보에서 마지막 장소는 C2의 현재 위치 정보를 나타낸다.

```
Select M.path_id
From Map M
Where M.pro_id = 'c2'
```

이 외에도 특정 경로로 운송된 물품에 대한 질의도 대표적인 경로 질의이다. 예를 들어, L1에서 L3와 L8를 거쳐 L20으로 이동한 물품(팔레트, 컨테이너)에 대한 질의는 먼저 각각의 장소 개체들을 비트 식별자로 변환 후 경로 정보로 조합한다. 이러한 조합된 경로 정보를 *Map* 테이블에서 검색함으로써 해당 질의를 처리한다.

```
Select M.pro_id
From Map M
Where M.path_id = '조합된 path_id'
```

2.2 포함 관계 질의

RFID 응용에서 물품의 계층적인 포함 관계는 공급망 관리에서 중요한 정보이다. 예를 들어, 문제가 발생한 제품과 함께 운반된 제품의 경우 제조과정이나 운송과정에서 같은 문제를 가질 수 있다. 이 경우, 함께 제조되거나 운송된 물품에 대한 포함 관계 질의는 매우 유용하다. 특정 팔레트나 컨테이너에 포함된 물품이나 팔레트에 대한 질의, 특정 팔레트나 물품을 포함하는 팔레트나 컨테이너에 대한 질의는 대표적 포함 관계 질의이다. 또한, 특정 시간이나 장소 조건의 추가로 보다 복잡한 형태의 질의 처리도 제공한다. 다음은 특정 시간 동안 컨테이너

C1에는 어떤 물품(object)들이 있는가에 대한 질의 처리를 보여준다. 이때, 시간 조건 범위를 적절히 조절함으로써 원하는 시간 범위의 포함 관계에 대한 정보를 얻을 수 있다.

```
Select PO.oid
From ContainerPallet CP, PalletObject PO
Where CP.cid = 'c1' and CP.pid = PO.pid and
CP.time_in >= 't1' and CP.time_out <= 't2'
```

특정 시간 동안 물품 O1과 함께 운송된 물품에 대한 질의 처리 예이다. 먼저, *Pallet_Object* 테이블에서 특정 시간 동안 O1을 포함하는 팔레트를 검색하고 검색된 팔레트 P1에 포함된 물품들의 시간 정보를 확인한다.

```
Select PO.oid
From PalletObject PO
Where PO.pid = (Select PO.pid
From PalletObject PO
Where PO.oid = 'o1' and PO.time_in >= 't1' and
PO.time_out <= 't2')
```

2.2 복합 질의

경로와 포함 관계가 결합된 형태의 질의 역시 RFID 시스템에서 많이 요구되는 질의이다. 실제 응용에서는 물품의 경로 및 포함 관계에 대한 다양한 질의를 요구한다. 물품은 개별 물품 단위로 운송될 수 있지만 팔레트나 컨테이너 단위로 운반될 수 있고 도중에 포함 관계가 변경될 수 있어 포함 관계와 경로 정보에 대한 복합적인 질의는 유용하다. 또한, 포함 관계와 경로에 대한 시간과 장소 조건을 추가함으로써 공급망 관리에서 요구되는 다양한 질의에 대한 효과적인 처리를 제공한다.

컨테이너 C1에 속한 물품들의 경로는 복합 질의에 해당된다. 먼저, C1의 경로를 *Map* 테이블에서 검색하고 검색된 경로에서 장소들을 추출한다. 그 결과 C1은 I1과 I3를 거쳐 I5에 운송되었고 I5에서 포함 관계가 변경되어 개별 운송되었음을 알 수 있다.

```
Select M.path_id
From Map M
Where M.pro_id = 'c1'
```

공급망의 중간 단계인 I5에서 개별 운송된 물품은 포함 관계 테이블에서 C1의 하위 범주인 팔레트와의 관계를 검색함으로써 알 수 있다. 이어서 C1에 포함되었던 각각의 팔레트에 대한 경로를 Map 테이블에서 검색함으로써 I5에서 개별 운송된 물품의 경로를 알 수 있다.

```
Select CP.pid
From ContainerPallet CP
Where CP.cid = 'c1'
```

```
Select M.path_id
From Map M
Where M.pro_id = '검색된 각각의 pid'
```

IV. 성능평가

1. 실험환경

제안하는 데이터 관리 기법의 효과를 검증하기 위해 기존의 연구들과 다양한 성능 평가를 수행하였다. 성능 평가는 Pentium 4(R) 3.2GHz 프로세서와 2Gbyte의 메모리를 가지는 시스템에서 Java 언어와 MySQL 데이터 베이스를 이용하였고 운영체제는 Microsoft Windows XP Professional을 사용하였다. 성능 평가는 물품의 수와 공급망의 구조에 따른 데이터 크기와 질의 처리 시간을 기존 기법들과 비교하였다. [표 3]과 [표 4]는 각각의 성능평가 요소를 나타낸다.

표 3. 포함 관계 및 물품의 수에 따른 평가 요소

컨테이너의 수	팔레트	물품	전체물품
50	10	20	10,000
100	10	20	20,000
500	10	20	50,000
1000	10	20	100,000

표 4. 공급망의 구조에 따른 평가 요소

1단계	2단계	3단계	4단계	전체 장소
1	2	4	10	17
1	2	10	50	63
1	4	20	200	225
1	10	40	1000	1051

2. 실험 결과

제안하는 데이터 관리 기법의 우수성을 검증하기 위해 데이터 크기와 질의 처리 시간을 기존 기법과 비교 평가한다. 데이터 크기에 대한 평가는 물품의 수와 장소 및 경로의 수에 따라 평가를 수행하며 질의 처리 시간에 대한 평가는 공급망 관리에서 많이 요구되는 포함 관계 질의와 경로 질의에 대해 기존 기법과 비교 평가한다.

물품의 수에 따른 데이터 크기를 평가하기 위해 실험은 P4(1, 10, 40, 500)의 경로 구조에서 10,000개, 20,000개, 50,000개, 100,000개의 물품에 대한 데이터 크기를 평가한다. [그림 8]은 물품의 수에 따른 데이터 크기를 나타낸다. Lin이 제안한 Multi-table 접근은 다양한 포함 관계의 물품 정보들과 압축을 고려하지 않은 경로 정보들로 가장 큰 저장 공간을 요구함을 볼 수 있다. 제안하는 기법 역시 다양한 포함 관계 정보들을 유지하지만 압축된 경로의 표현으로 다른 기법들에 비해 데이터의 크기가 가장 작음을 확인할 수 있다.

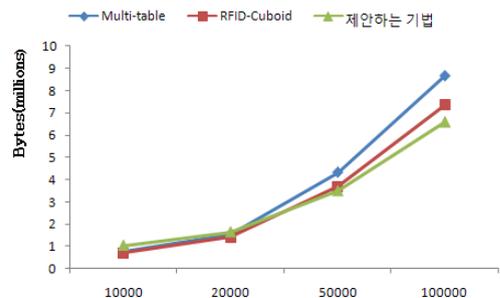


그림 8. 물품의 수에 따른 데이터 크기

장소 및 경로의 수에 따른 데이터 크기의 측정은 100,000 개의 물품에 대해 다음 4가지의 장소 비율에 따른 데이터 크기를 측정한다. P1 = (1, 2, 4, 10), P2 = (1,

2, 10, 50), P3 = (1, 4, 20, 200), P4 = (1, 10, 40, 500). 실험에 사용되는 데이터는 4단계의 유통 구조를 가지며 공급망을 구성하는 장소 개체들의 수를 나타낸다. 그림 9는 장소 및 경로의 수에 따른 데이터 크기를 나타낸다. RFID-Cuboid는 다양한 물품의 계층 정보를 가지지 않는다. 하지만 장소가 증가함에 따라 지수적으로 증가하는 경로 정보를 유지하는 구조로 인해 장소 및 경로에 따른 데이터가 크게 증가함을 보여준다. 반면에 제안하는 기법은 장소 및 경로의 수가 증가하더라도 선형적으로 증가하는 경로 정보로 인해 전체 데이터 크기가 거의 일정함을 확인할 수 있다.

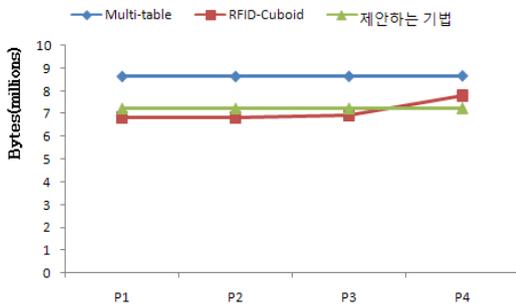


그림 9. 장소 및 경로의 수에 따른 데이터 크기

물품의 수에 따른 포함 관계 질의 처리 성능을 평가하기 위해 P4(1, 10, 40, 500)의 경로 구조에서 10,000개, 20,000개, 50,000개, 100,000개의 물품에 대한 포함 관계 질의 처리 시간을 측정한다. [그림 10]은 물품의 수에 따른 포함 관계 질의 처리 결과이다. 제안하는 기법에서 물품의 포함 관계 구조는 Lin이 제안한 Multi-table 접근과 마찬가지로 다양한 계층적인 포함 관계 구조를 가진다. 따라서 포함 관계에 대한 질의 처리 결과는 Multi-table 접근과 거의 유사함을 알 수 있다. 반면에 Gonzalez가 제안한 RFID-Cuboid는 물품의 계층적인 포함 관계를 고려하지 않은 구조로써 포함 관계 질의 처리를 제공하지 않는다.

경로 질의에 대한 평가는 포함 관계 질의 평가와 동일한 환경에서 실시한다. 즉, P4(1, 10, 40, 500)의 경로 구조에서 10,000개, 20,000개, 50,000개, 100,000개의 물품에 대한 포함 관계 질의 처리 시간을 측정한다.

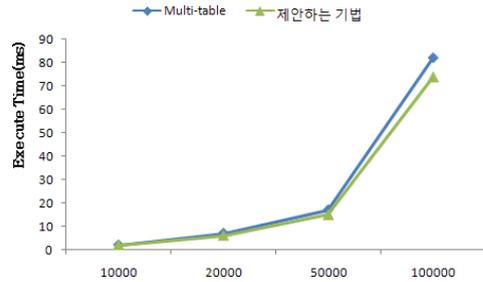


그림 10. 포함 관계 질의 처리

[그림 11]은 경로 질의 처리에 대한 결과이다. Lin이 제안한 Multi-table 접근에서 경로 질의는 물품의 포함 관계 테이블을 검색함으로써 원하는 물품의 경로 및 위치를 파악할 수 있다. 반면에, 제안하는 기법과 Gonzalez가 제안한 RFID-Cuboid는 각각 압축된 경로 정보를 읽어와 해석함으로써 Multi-table 접근에 비해 검색해야 하는 튜플 수를 크게 감소시킬 수 있었다. 또한, Multi-table 접근에서 발생하는 많은 조인 비용을 감소시킴으로써 보다 우수한 성능을 가짐을 확인할 수 있었다.

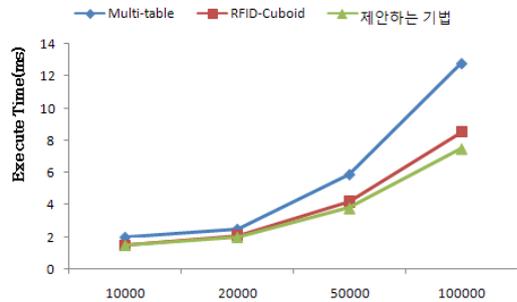


그림 11. 경로 질의 처리

V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 공급망 관리에서 많이 요구되는 물품의 포함 관계와 경로 정보에 대한 효율적인 저장 공간의 활용과 효과적인 질의 처리를 위한 데이터 구조를 제안하였다. 제안하는 데이터 관리기법에서 다양한 계층적 포

함 관계 테이블들은 하나의 테이블에서 관리하는 것에 비해 데이터의 중복을 감소시킴으로서 저장 공간의 낭비를 감소시킬 수 있었다. 제안하는 기법의 경로 테이블 구조에서는 공급망의 구조 정보에 기반 한 경로 정보의 압축된 표현으로 기존 기법에 비해 데이터의 크기를 감소시킬 수 있었으며 효과적인 질의 처리를 제공할 수 있었다. 또한, 포함 관계의 변경에 대한 유동적인 경로 표현으로 운송도중 발생하는 포함 관계의 변경 및 개별 단위 물품 경로까지 효과적으로 관리할 수 있었다.

향후 연구로는 공급망에서 발생할 수 있는 다양한 상황에 효과적으로 적용하기 위한 추가적인 연구와 더욱 다양한 형태의 실험을 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] S. E. Sarma, S. A. Weis, and D. W. Engels, "RFID Systems and Security and Privacy Implications," Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, pp.454-469, 2002.

[2] 박석지, 유종현, "u-센서 네트워크 산업의 개념과 발전 동향", 정보통신연구진흥원, 주간기술동향, 제1135호, pp.1-19, 2004.

[3] 유승화, "RFID 기술 현황 및 활용 분야", 한국정보과학회 학회지, 제23권, 제7호, pp.64-70, 2005.

[4] 박승창, "RFID 서비스 기술의 최근 국내외 연구개발 동향과 전망", 한국통신학회지(정보통신), 제23권, 제12호, pp.70-80, 2006.

[5] Y. Hu, S. Sundara, T. Chorma, and J. Srinivasan, "Supporting RFID-based Item Tracking Applications in Oracle DBMS Using a Bitmap Datatype," Proc. International Conference on Very Large Data Bases, pp.1140-1151, 2005.

[6] J. Han, H. Gonzalez, X. Li, and D. Klabjan, "Warehousing and Mining Massive RFID Data Sets," Proc. International Conference on Advanced Data Mining and Applications,

pp.1-18, 2006.

[7] T. Cheong and Y. Kim, "RFID Data Management and RFID Information Value Chain Support with RFID Middleware Platform Implementation," Proc. International Conferences on the Move to Meaningful Internet Systems, pp.557-575, 2005.

[8] H. Gonzalez, J. Han, X. Li, and D. Klabjan, "Warehousing and Analyzing Massive RFID Data Sets," Proc. International Conference on Data Engineering, pp.83-83, 2006.

[9] F. Wang and Peiya Liu, "Temporal Management of RFID Data," Proc. International Conference on Vary Large Data Bases, pp.1128-1139, 2005.

[10] D. Lin, H. G. Elmongui, E. Berino, and B. C. Ooi, "Data Management in RFID Applications," Proc. International Conference on Database and Expert Systems Applications, pp.434-444, 2007.

[11] C. H. Lee and C. W. Chung, "Efficient Storage Scheme and Query Processing for Supply Chain Management using RFID," Proc. ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp.291-302, 2008.

[12] C. H. Ban, B. H. Hong, and D. H. Kim, "Time Parameterized Interval R-Tree for Tracing Tags in RFID Systems," Proc. Database and Expert Systems Applications, pp.503-513, 2005.

저 자 소 개

북 경 수(Kyoung-Soo Bok)

정희원



- 1998년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

▪ 2005년 3월 ~ 2008년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 Postdoc

- 2008년 3월 ~ 현재 : (주)가인정보기술 전략사업실 차장
<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 자료저장 시스템, 위치기반서비스, 내용기반 멀티미디어 검색, 센서네트워크 및 RFID

조 용 준(Yong-Jun Cho)

정회원



- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학사)
- 2009년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학석사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : (주)동일기술공사 기술연구소 연구원

<관심분야> : RFID, 데이터베이스 시스템, 위치 기반 서비스

여 명 호(Myung-Ho Yeo)

정회원



- 2004년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 정보통신 공학과(공학석사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 메인메모리 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, RFID 및 센서네트워크

유 재 수(Jae-Soo Yoo)

종신회원



- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

- 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 전임강사
- 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> : 데이터베이스시스템, 정보검색, 센서네트워크 및 RFID, 멀티미디어 데이터베이스, 분산객체 컴퓨팅