

시간지원 데이터베이스 상의 능동적 시간지원 규칙 모델

An Active Temporal Rule Model on Temporal Database

박 정 석* 김 현 철** 류 근 호***
Jeong Seok Park Hyun Chul Kim Keun Ho Ryu

요 약

근래의 다양한 데이터베이스 응용 분야 중에는 시간에 따라 변화하는 데이터에 대한 관리와 다양한 형태의 사건 발생적 데이터 처리를 필요로 하는 분야가 적지 않으며 그들을 위한 데이터베이스는 시간지원 데이터 모델과 그를 바탕으로 한 능동 처리 기능을 동시에 요구한다. 그 동안 시간지원 데이터베이스와 능동 데이터베이스에 대해 개별적으로는 많은 연구가 진전되었지만 두 가지 기능을 동시에 지원하는 데이터베이스 시스템에 대한 연구는 많지 않았다. 이 논문은 시간지원 데이터 모델과 그를 바탕으로 한 능동 처리 기능을 동시에 지원하는 시간지원 데이터베이스 상의 능동적 시간지원 규칙 모델을 제시하고 그를 위한 능동적 시간지원 규칙 표현 언어를 함께 제시하였다. 제시된 능동적 시간지원 규칙 모델은 시간지원 데이터베이스의 능동 기능 확장, 능동 규칙에서의 시간속성을 갖는 데이터 접근 사건의 개념과 표현 기법의 정립 및 데이터베이스의 응용 영역 확장 등에 기여하였다.

Abstract

To efficiently manage data varying over time and process event driven transactions, some of the various database applications recently emerged require database systems supporting both a temporal data model and active rule processing. There has been much progress in independent research on temporal databases and active databases, but studies on databases which support both functions, have been rare. In this paper, an active temporal rule model supporting both active rule processing and temporal data model is presented with its rule expression language. This active temporal rule model contributes to the active function extension of the temporal database, and to establishing the concept of data access events which refer temporal attributes of data in active rules.

1. 서 론

근래 다양한 데이터베이스의 응용분야 중에는 시간속성을 지닌 정보의 저장, 관리를 필요로 하여 시간지원 데이터베이스를 기반으로 하는 응용 시스템들이 있다. 그리고 그 중에 원전 감시나 공정 제어 또는 주식 시장 관리 등과 같은 시스템들은 데이터에 대한 갱신이나 삽입 또는 기타 사용자가 정의한 임의의 사건 발생과 연계된 지정된 작업에 대한 자동적 수행을 지원하는 데이터

베이스의 능동 기능도 함께 요구한다. 따라서 이러한 응용분야들을 효과적으로 지원하기 위해서는 시간지원 데이터 모델을 기반으로 하는 능동적 시간지원 데이터베이스 모델이 필요하다[1].

데이터베이스 상에서 시간속성을 갖는 데이터의 관리와 능동규칙의 처리는 각각 개별적으로는 많은 연구가 진행되었지만 두 기능이 결합된 형태인 시간지원 데이터 모델 기반의 능동규칙 처리에 대한 연구는 아직 미미한 상황이다.

지난 10년 사이를 보면 능동 데이터베이스 시스템에 시간 개념 지원을 확장하려는 다수의 연구들이 진행되어 왔다[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. 하지만 그들 중 많은 것들이 시간지원 데이터 모델을 고려하지 않는 일반 데

* 정회원 : 청주과학대학 컴퓨터학과
jspark@cjcnet.chongjunc.ac.kr

** 경주대학교 컴퓨터전자공학부

*** 충북대학교 컴퓨터학과

이터베이스 상에서의 능동 규칙에 시간적 사건이나 시간 관련 표현을 포함하는 조건의 기술을 가능하게 하는 것을 내용으로 하고있다. R. Chandra와 K. R. Dittrich 및 N. H. Gehani 등은 [3, 5, 10]에서 일반 데이터베이스 상에서의 능동 규칙에 시간적 사건이나, 시간 관련 표현을 포함하는 조건의 기술이 가능하도록 하고 있다. H. Jasper는 [11]에서 K. Ramamritham는 [13]에서 실시간 처리 지원을 위한 능동규칙상의 시간조건 표현에 관해 논하고 있고, J. Chomicki와 P. Sistla는 [4]와 [6, 14, 15] 등에서 PTL(Past Temporal Logic)등을 바탕으로 한 Retroactive 및 Proactive 갱신 처리 지원을 제시하고 있으나 역시 데이터베이스 자체가 시간지원 데이터 모델을 기반으로 하지는 않는다. V. D. Akker는 데이터 모델이 일부 시간 속성을 지원하도록 확장하였지만, 완전한 시간지원 데이터베이스가 아니고 제약성을 갖는 이력 데이터베이스에 능동기능이 결합된 형태를 제시하고 있다 [2]. 그리고 Opher Etzion등은 [7]에서 능동 규칙 처리에 시간속성을 갖는 데이터 모델을 포함하는 개념을 제안하고 그를 기반으로 PARDES[8]와 TALE[9]의 능동규칙 처리에 시간속성을 갖는 데이터 모델을 대상으로 하는 내용을 포함시켰다. 그러나 이들에 의해 제시된 시간지원 능동 규칙의 내용은 매우 기본적인 제한적인 표현만을 기술하고 있어서 시간지원 데이터베이스로부터의 능동규칙 처리에서 고려될 수 있는 여러 형태의 시간표현이나 시간연산표현을 포함하는 규칙 표현과 규칙처리 모델에 관한 정의 등이 결여되어 있기 때문에 다양한 형태의 시간관련 사건이나 조건 처리 기능을 요구하는 실세계의 여러 응용 분야에 적용하기에는 부족한 점이 많다.

이 논문은 기존에 시도되지 않았던 이원시간 데이터베이스를 기반으로 한 능동적 시간지원 규칙 모델과 능동적 시간지원 데이터베이스 모델을 정의하고 그를 위한 능동적 시간지원 규칙 언어를 제시한다. 아울러 제시된 능동적 시간지원 데

이터베이스 모델과 능동적 시간지원 규칙 언어가 기존의 다른 연구에서 제시된 결과들과 어떤 차이를 갖는지 비교 평가한다.

2. 능동적 시간지원 데이터베이스 모델

능동적 시간지원 데이터베이스는 시간지원 데이터베이스와 능동 데이터베이스에서 각각 지원되고 있는 시간속성을 갖는 자료의 관리와 능동 규칙의 처리기능을 모두 갖추어야 한다.

여기에서는 먼저 능동적 시간지원 데이터베이스의 기반이 되는 이원시간 데이터 모델 및 그와 관련된 시간 개념들을 정의하고 이어서 새로운 능동적 시간지원 규칙 모델과 그를 기반으로 한 능동적 시간지원 데이터베이스 모델을 정의 제시한다. 그리고 제시된 능동적 시간지원 규칙 모델의 개념에 기반을 둔 능동적 시간지원 규칙언어를 함께 제시한다.

2.1 능동적 시간지원 데이터베이스 모델을 위한 이원시간 데이터 모델

데이터베이스와 능동 규칙에서의 시간관련 표현을 위해 먼저 다음과 같이 시간에 관한 기본적인 표현을 정의한다.

【정의 1】 시점, 시간격 및 시간

- 시점 $P = \{p_i \mid i = -\infty, \dots, 0, 1, \dots, \text{now}, \text{now}+1, \dots, \infty\}$ 이고 $p_i \langle p_{i+1} \rangle$, 단 now 는 ‘현재시점’ p_{now} 를 표현하기 위한 지시어이며, p_i 는 년, 월, 일, 시, 분, 및 초의 시간단위(chronon)로 표현되는 시점들이다.
- 시간격 $I = \{\text{시작 시점 } p_s \text{와 끝 시점 } p_e \text{의 순서쌍 } \langle p_s, p_e \rangle \text{로 표현되는 시간의 구간내에 포함되는 시점들 } \mid p_s, p_e \in P \text{이고 } p_s \leq p_e \text{이며, } \langle p_s, p_e \rangle \in \{[p_s, p_e], [p_s, p_e), (p_s, p_e], (p_s, p_e)\}\}$, 단 ‘[’와 ‘]’는 각각 p_s 와 p_e 가 구간 내에 포함됨을 뜻하며, ‘(’와 ‘)’는 각각 p_s 와 p_e 가 구간 내에 포함되지 않음을 뜻한다.

- 시간 $T = \{t_i \mid t_i \in P(U) \text{ 이면서 } t_i < t_{i+1} \text{ 이고, } i = -\infty \leq i \leq \infty \text{ 인 정수}\}$

【정의 2】 유효시간과 거래시간

- 데이터베이스에 저장되는 임의의 사실 x 의 유효시간(valid time) $TV_x = \{tv \mid tv \text{ 는 데이터베이스 모델의 대상이 되는, 그리고 } x \text{ 가 속하는 실세계에서 } x \text{ 가 실질적으로 참인 시간격, } tv \in I\}$, $TV \subseteq I$
- 데이터베이스에 존재하는 사실 x 의 거래시간(transaction time) $TT_x = \{tt \mid x \text{ 가 데이터베이스에 저장되어 해당 시점에서의 현재(current) 데이터로 있는 시간격, } tt \in I\}$, $TT \subseteq I$

【정의 3】 사용자 정의 시간과 시간 상수

- 사용자 정의 시간 $TU = \{tu \mid tu \text{ 는 사용자가 일반 속성 데이터로 정의하여 사용하는 시간, } tu \in T\}$ 로 날짜와 시간의 해석되지 않은 속성 도메인이다. TU 는 거래시간이나 유효시간과는 달리 질의어의 특별한 지원을 받지 못한다. 따라서 내부적인 입출력 함수가 부가적으로 요구된다.
- 시간상수는 항상 고정된 시간 값을 나타내는 절대시간이나, 임의의 기준시점 혹은 “현재”로부터의 상대적 시점을 나타내는 상대시간을 표현하기 위해 정의된 이름으로 각각 절대 시간 상수와 상대 시간 상수라 한다.

일반적으로 시간 개념이 지원되는 시간지원 데이터베이스는 시간속성을 부여하는 대상 데이터의 단위(granularity)에 따라 테이블 타임 스템핑, 튜플 타임 스템핑, 애트리뷰트 타임 스템핑 등으로 각각 불리우는 어느 한 방법 또는 그들의 복합방법에 의해 구성된다[16]. 그리고 각각의 방법은 시스템의 구현방법이나 처리성능과 밀접한 관계를 갖는다. 여기에서는 튜플 타임 스템핑을 전제로 R. T. Snodgrass 등이 제시한 BCDM(Bitemporal Conceptual Data Model)[16, 17]에 기반을 둔 능동

적 시간지원 데이터베이스를 위한 이원시간 관계형 데이터 모델을 다음과 같이 정의한다.

【정의 4】 능동적 시간지원 데이터베이스를 위한 이원시간 데이터 모델

유효시간 도메인 $DVT = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ 이고, 거래시간 도메인 $DTT = \{t'_1, t'_2, \dots, t'_j\} \cup \{UC\}$ 이며 이때 $UC(until\ changed)$ 는 ‘데이터베이스에 사실이 저장된 후 변경이 발생하지 않아서 현재(current) 값으로 유지되는 때까지’를 나타내는 특별한 거래시간 인스턴스, 그리고 속성 도메인 집합 $DD = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 에 각각 대응하는 속성 이름들의 집합 $DA = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 라고 할 때, $DTT \times DVT$ 를 도메인으로 갖는 타임스탬프 속성 T 와 DA 에 의해 이원시간 관계형 데이터 모델 R 은 $R(A_1, A_2, \dots, A_n|T)$ 로 표현되며, 함축적인 시간 속성 T 와 임의적인 갯수의 명시적인 속성들 A_1, A_2, \dots, A_n 로 구성된 R 이라 한다.

2.2 능동적 시간지원 규칙 모델

능동 데이터베이스 시스템은 데이터베이스 관리 시스템이 특정한 상황의 발생을 감시하고, 그와 같은 상황이 발생하였을 때 능동적으로 적절한 조치를 촉발 및 수행시키는 기능을 갖춘 데이터베이스 시스템이다[18]. 능동 데이터베이스 시스템에서 쓰이는 능동규칙은 일반적으로 사건-조건-조치(ECA: Event Condition Action) 형태로 표현된다. 따라서 시간지원 데이터베이스를 기반으로 하는 능동적 시간지원 규칙 시스템에서도 기본적인 규칙의 표현 구조와 처리 절차는 변경 없이 적용된다. 그러나 능동적 시간지원 규칙은 시간지원 데이터 모델을 대상으로 한 데이터의 시간 속성에 관한 연산이 능동 규칙의 사건이나 조건 및 조치 구에 표현하는 것이 가능하여 데이터의 시간 속성에 관한 변화 또는 과거 시점이나 미래 시점에서 데이터의 변화를 사건으로 감지할

수 있도록 하여야 하며, 아울러 그와 같은 규칙의 처리에 있어 데이터의 시간속성 처리가 합리적이고 효율적으로 처리될 수 있도록 시간속성 연산의 개념과 표현의 의미가 정의되어야 한다.

능동적 시간지원 규칙에서 사용되는 시간의 정의와 개념은 규칙이 적용되는 이원시간 데이터 모델에서 사용하는 시간 개념과 일치하여야 한다. 따라서 다음의 규칙 정의에 표현되는 시간의 개념은 모두 앞 절에서 정의된 시간의 개념에 기반한다.

이제 시간지원 데이터 변화의 능동적 처리에 요구되는 능동적 시간지원 규칙을 다음과 같이 정의한다.

【정의 5】 능동적 시간지원 규칙 ACTER(ACtive TEmporal Rule)

이원시간 데이터베이스 모델을 대상으로 하는 능동적 시간지원 규칙 ACTER($E_t, C_t, A_t \mid t_b$)는 $E_t(\langle \alpha \mid t_b \rangle) - C_t(\langle \alpha \mid t_b \rangle) - A_t(\langle \alpha \mid t_b \rangle)$ 의 형태로 구성되는 규칙 표현 구조이며 사건 E_t 가 발생되었을 때 요구된 조건 C_t 가 만족되면 해당 조치 A_t 가 시행되도록 함을 의미한다.

이때 $\alpha' \in P(\alpha)$ 이고, $\alpha = \{a_i \mid \exists r(\mathcal{R}) \ni R(A_1, \dots, A_i, \dots, A_n \mid T) \wedge (a_1, \dots, a_i, \dots, a_n \mid t_b) \in r(\mathcal{R})\}$ 이며, $P(\alpha)$ 는 α 의 power set이다.

그리고 규칙을 구성하는 사건 E_t , 조건 C_t 및 조치 A_t 는 각각 다음과 같다.

사건 E_t : 능동 규칙 설정의 원인 행위로 명확히 구분되어 기술될 수 있는 능동적 시간지원 데이터베이스 트랜잭션이나 데이터베이스 외부에서 발생한 미리 정의된 특정 사건들 중의 하나 또는 그 이상의 조합이며 사건은 데이터의 이원시간 속성표현이나 시간사건을 포함한다.

조건 C_t : 사건발생에 따른 조치 행위의 선행조건으로, 능동적 시간지원 데이터

베이스에 대한 질의를 포함한 데이터베이스 상태 확인을 위한 조건표현이다.

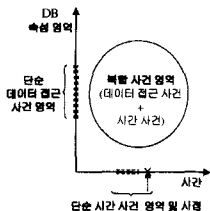
조치 A_t : 사건 발생의 결과로 수행되도록 기술된, 본래 사건과 별개의 작업 순서로 조건의 만족을 전제로 수행되는 능동적 시간지원 데이터베이스 관련 작업순서 또는 외부 응용작업 순서이다.

규칙에서 사건은 규칙을 선택, 작동시키는 트리거로서 보통 데이터베이스 내에 있는 데이터 혹은 데이터 시간속성 등에 대한 변경이나 미리 정의된 데이터베이스 외부로부터 발생하는 특정 사건들이 된다. 조건은 사건의 발생시 규칙의 실행에 앞서 데이터베이스의 상태를 확인하거나 데이터베이스 내용을 참조할 수 있는 기회를 설정할 수 있게 해준다. 그리고 사건이 감지된 상태에서, 지정된 조건이 만족되면, 기술된 조치가 실행된다[30].

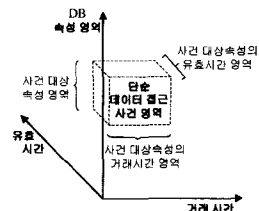
능동적 시간지원 규칙의 사건에는 시간사건과 이원시간 데이터베이스 접근사건 및 복합사건이



(그림 1) 단순 능동 DB



(그림 2) 시간사건의 확장



(그림 3) 능동적 시간지원 DB

포함된다. 이 때, 시간사건과 이원시간 데이터베이스 접근사건은 각각 단순사건 형태가 되며 복합사건은 이들 단순사건의 조합이다.

시간사건은 데이터의 시간속성과 연관되지 않은 시간사건과 데이터의 시간속성에 연계된 시간사건으로 구분할 수 있다. 데이터의 시간속성과 연관되지 않은 시간사건에는 앞의 능동 데이터베이스에 대한 기술에서 언급된 절대 시간, 반복 시간, 주기 시간, 상대시간 등이 있다. 그리고 이들은 일반 데이터베이스 상에서의 능동 규칙에 시간적 사건을 포함시키는 경우와 차이가 없다. 그러나 데이터의 시간속성에 연계된 시간사건은 시간지원 데이터베이스 기반의 능동규칙에서 새롭게 제시되는 개념으로 이원시간이 지원되는 데이터의 갱신 상황에서 특별히 고려되어야 한다.

시간지원 데이터베이스를 기반으로 한 능동규칙은 비 시간지원 데이터베이스 기반 능동규칙에 비해 크게 두 가지 면에서 차이를 갖는다. 첫째, 데이터 시간속성과 연관된 시간사건, 즉 데이터의 시간속성(유효시간과 거래시간)의 변경이나, 특정한 유효시간 구간 상에서의 데이터 변경이 규칙상의 사건으로 표현될 수 있도록 사건의 개념이 확장되어야 한다. 둘째, 데이터베이스 갱신 사건에 시간속성 표현을 수반(명시적 또는 함축적)하기 때문에 사건의 속성에 시간속성이 내포되며, 조건 평가와 조치 실행에서도 데이터에 대한 접근은 시간속성이 함께 참조되기 때문에 능동적 시간지원 규칙 처리 개념은 비 시간지원 데이터베이스 상의 규칙처리에 비해 더 확장된 차원의 처리 영역을 포함하여야한다. 그림 1, 그림 2, 그림 3은 단순 능동 데이터베이스로부터 시간 사건 확장과 능동적 시간지원 데이터베이스로의 확장에 따른 차이를 각각에서의 사건 영역의 개념적 차이를 시각적으로 명시한 것이다.

이제 앞에서 정의된 이원시간 데이터 모델과 능동적 시간지원 규칙을 지원하는 능동적 시간지원 데이터베이스 모델과 능동적 시간지원 데이터베이스 및 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템

을 정의 6과 같이 정의한다.부

[정의 6] 능동적 시간지원 데이터베이스 모델(Active Temporal Database Model), 능동적 시간지원 데이터베이스(Active Temporal Database), 및 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템(Active Temporal Database System)은 각각 다음과 같다.

- 능동적 시간지원 데이터베이스 모델은 정의 4에서 정의된 이원시간 데이터 모델과 정의 5가 정의하는 능동적 시간지원 규칙의 기능을 동시에 지원하는 데이터베이스 모델이다.
- 능동적 시간지원 데이터베이스는 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템을 통해 능동적 시간지원 데이터베이스 모델 구조로 구축 관리되는 전체 데이터와 규칙의 집합체이다.
- 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템은 능동적 시간지원 데이터베이스 모델의 구조와 기능을 지원하는 데이터베이스 시스템이다.

2.3 능동적 시간지원 규칙 언어

이 절에서는 앞에서 정의된 능동적 시간지원 데이터베이스 모델 기반의 능동적 시간지원 규칙 언어 정의를 통하여 제시된 능동적 시간지원 규칙 모델이 실제 어떤 형태의 규칙 언어로 표현될 수 있는지와 어떤 기능적 특성을 지원하는지를 보여준다.

능동 규칙 표현을 위한 언어들은 기존의 여러 능동 데이터베이스 관련 연구 논문이나 구현된 능동 데이터베이스 시스템 상에서 다양한 형태로 제시되고 있다[18, 19]. 이 논문이 제시하는 능동 규칙 표현 언어의 기본적인 구조는 그 동안 표준화 작업이 진행되었던 SQL3[20, 21] 언어에 제시된 트리거의 표현 형식을 기반으로 하고 있으며, 시간관련 표현은 TSQL2[17, 22]의 시간표현과 연

산의 정의를 기반으로 하였다. SQL3[20]는 SQL92로부터 확장 개선된 ISO(International Organization for Standardization)의 질의어 표준안으로, 시간지원 데이터베이스를 위한 질의 표현에 대한 확장은 SQL/Temporal[23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]을 통해 기술하고 있고, SQL/Foundations[20, 21]에서는 능동 규칙을 트리거 형태로 표현하도록 정의해 주고 있다. 1996년에 R. T. Snodgrass에 의해 제안되었던 SQL/Temporal 초안은 시간속성, 시간연산, 그리고 시간속성을 포함한 질의어 표현 등에 있어 TSQL2를 기반으로 한 기본 개념과 시간속성의 표현을 보여주었다. 그러나 1999년 J. Melton에 의해 작성된 SQL/Temporal 초안[23]은 다른 형태의 시간속성 표현을 보인다.

다음은 정의된 능동적 시간지원 규칙 모델에 근거하여 정의한 능동적 시간지원 규칙언어의 구조다.

문법의 정의에서 사용된 TSQL2의 술어에 대한 상세한 구조와 의미는 [17]에 잘 나타나 있다.

규칙에서 사건의 기술은 시간사건, 이원시간 데이터베이스 접근사건 및 복합사건의 세 가지 형태로 이루어진다. 이 때, 시간사건과 이원시간 데이터베이스 접근사건은 각각 단순사건 형태가 되며 복합사건은 이들 단순사건의 조합으로 구성된다.

시간사건은 데이터의 시간속성과 연관되지 않은 시간사건에 대한 표현과 데이터의 시간속성에 연계된 사건의 표현과는 구분된다. 제안된 능동적 시간지원 규칙 문법에서 데이터의 시간속성과 연관되지 않은 순수한 시간사건의 표현은 절대 시간, 반복 시간, 주기 시간, 상대시간 등으로 표현된다.

능동적 시간지원 데이터베이스 상의 사건은 비 시간지원 데이터베이스 상에서의 사건과 다르게 데이터 접근에 관련된 사건들이 시간 연산을 내포하게 된다. 따라서 능동적 시간지원 규칙 언어는 데이터 시간속성과 연관된 사건, 즉 지정된 시간 영역 내에서 데이터의 시간속성 변경 사건이나, 지정된 시간속성의 범위 내에 드는 데이터 자체의 변경 사건을 규칙상의 사건으로 표현할 수 있어야 한다.

```
CREATE TRIGGER <rule-name>
[AS VALID <time interval>]
[ORDER <order value>]
{ <temporal event> |
  [<event action link>] <database event> [<temporal area>]
  ON { <table name> | <table name>.<attribute name> } |
  <transaction event> |
  <temporal composite event> }
[REFERENCING <temporal references>]
[FOR [[IMMEDIATE | DEFERRED]] EACH (ROW | STATEMENT)]
WHEN <condition containing TSQL2-predicate>
DO [ [ IMMEDIATE | DEFERRED ]
  [ [ DEPENDENT|INDEPENDENT ] SEPARATE ]
  ] <actions>
```

위의 규칙 정의 문법구조를 구성하는 각 non-terminal 구성요소들은 다시 다음과 같이 정의된다.

```
<order value> ::= <unsigned integer>
<temporal event> ::= <absolute time event> | <periodic time event>
<absolute time event> ::= AT <time point>
<periodic time event> ::= EVERY { <time amount> | <time point> }
[DURING <time interval>]
<event action link> ::= BEFORE | AFTER | INSTEAD OF
<database event> ::= SELECT | INSERT | DELETE | UPDATE
<temporal area> ::= AS VALID (IN | OVERLAP) <time interval>
[AND TRANSACTION { IN <time interval> |
  [IS | BEFORE | AFTER] <time point> } ] |
AS [VALID (IN | OVERLAP) <time interval> AND]
TRANSACTION { IN <time interval> |
  [IS | BEFORE | AFTER] <time point> } |
<transaction event> ::= COMMIT | ABORT
<temporal composite event> ::=
  { <database event> | <relative time event> }
  [<composite operator> <temporal composite event>] |
  [NOT] (<temporal composite event>)
<relative time event> ::= <time amount> AFTER <database event> |
  <database event-1> WITHIN <time amount>
  SINCE <database event>
<composite operator> ::= AND | OR | FOLLOW
<temporal references> ::= {NEW | OLD} AS <identifier>
<condition containing TSQL2-predicate> ::=
  <TSQL2 predicate expression(OLD, NEW)>
<actions> ::= <TSQL2 imperative statement> |
  <stored procedure name> |
  CALL <external procedure name> | NULL
```

제안된 규칙 문법에서 데이터의 시간속성에 연계된 이원시간 데이터베이스 접근사건의 표현은 <database event>[<temporal area>] ON ~ 의 형태로 SELECT, INSERT, DELETE, UPDATE 등과 같은 <database event> 와 시간영역을 한정짓는 <temporal area>를 결합하여 나타낼 수 있다. <temporal area>의 기술이 생략되면 잠정적으로 대상 데이터가 가지고 있는 시간속성의 현재(current) 영역이 사건의 시간 영역이 된다. 이처럼 능동적 시간지원 규칙 언어에 의한 규칙상에서의 데이터 접근 사건은 시간연산이 내포되는 사건으로 표현된다. 그런데 데이터의 시간속성에 연계된 사건은 사건이 정의된 시간 영역에 있는 데이터의 변경에 따라 발생할 수도 있고 데이터의 시간속성 값의 변경이 정의된 사건의 시간 영역으로부터 발생하거나 변경된 데이터의 시간속성 값이 사건의 시간 영역으로 들어가게 되는 경우에 발생할 수도 있다. 제안된 규칙 언어에서는 규칙의 표현에 있어서 이와 같은 내용을 명시적으로 구분하지 않고 포괄적으로 <database event>[<temporal area>] ON ~ 의 동일한 형태로 표현하고 각각의 경우에 대해서는 규칙처리기 구현에서 고려되어 처리되도록 하였다. 이들은 규칙을 트리거 시키는 트랜잭션 내용을 구별하는 관점에서의 차이 일뿐 규칙의 사건이란 측면에서는 변경 전후의 각각의 시간속성 영역에서의 데이터 변경과 동일하기 때문이다. 그림 4의 사건 분류 트리는 여기에서 제안된 언어를 통해 표현될 수 있는 사건들의 종류를 잘 보여 준다.

시간사건은 규칙이 지정된 시점이나 시간범위 혹은 상대적 시간의 경과나 시간적 주기에 따라 규칙이 실행되는 것을 가능하게 한다. AT을 시작으로 하는 시점표현은 절대시간 사건을 기술하며, EVERY 다음의 시점표현은 해당 시점을 주기로 하는 주기적 사건을, 시간 양의 기술은 해당 시간 양의 경과를 반복 주기 기준으로 하는 반복 시간 사건을 각각 기술할 수 있도록 한다.

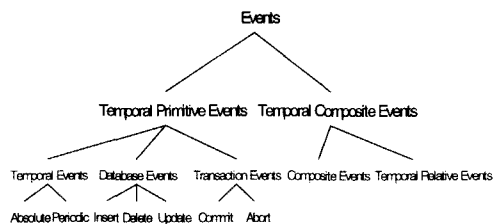
데이터 접근사건에 있어서는 사건 절의 구성이

보다 복잡한 표현을 이룬다. 데이터 접근사건은 예약어 ON 다음에 테이블 명이나 테이블의 속성 명을 명시하도록 함으로써 사건의 정의를 통해 규칙이 적용되는 대상 데이터의 영역이 지정된 테이블이나 테이블의 한 속성으로 한정되도록 해 준다. <database event>와 <temporal area>는 사건의 중심이 되는 데이터베이스 연산과 그 연산과 관련된 거래시간 혹은 유효시간의 표시를 통해 사건의 범주를 한정해 준다. 데이터 접근사건은 SELECT, INSERT, DELETE, UPDATE 연산 중의 하나에 의해 설정된다. 그리고 UPDATE에 의한 사건일 경우에는 OF <column list> 구의 추가적인 기술에 의해 사건을 속성 단위에서 정의 할 수 있다. <temporal area>부분에는 AS VALID PERIOD 에 의한 유효시간의 범위를 기술하여 연산의 시간적 대상 범위를 명시해 줄 수 있다.

앞에서 설명한 바와 같이 이 논문에서 제안하는 능동 규칙은 이원시간 데이터 모델 상의 트리거 영역에 대한 정의를 포함한다. 이것은 '어떤 시간영역의 데이터베이스에 대해 삽입이나 삭제 혹은 갱신이 발생했을 때 규칙이 트리거되는 가'에 대한 정의를 의미한다. [보기 1]은 alarm_list

[보기 1]

```
CREATE TRIGGER alarm_supression
INSERT OR UPDATE
```



(그림 4) 사건 분류

```
AS VALID PERIOD [1997/4-1997/6]
ON alarm_list
REFERENCING NEW AS new_alarm
WHEN new_alarm.point_id = 'charging_pump_1_flow_rate'
DO REJECT
```

(표 1) 능동규칙에 시간개념이 연계된 연구 비교

지원 항목 연구별 구분	시간지원 DB	시간사건	데이터의 시간속성 참조사건	규칙언어의 데이터 시간속성 참조사건 표현구조	비 고
POSTGRES의 시간 지원 규칙[3]	△(1)	○	×	×	(1) 이력DB. 조건에서 데이터 이력 참조 허용
Calixto등의 SAMOS 확장	×	○	×	×	
Gehani등의 사건내 시간 절의 연구	×	△(1)	△(2)	×	(1) 상대시간 사건. (2) 순서적 사건발생 관련된 부분적 데이터의 이력 참조
PARDES의 시간지원 능동규칙 확장	○(1)	○	△(2)	×	(1) 능동 DB로부터 데이터의 유효시간, 거래시간, 결정 시간 속성 지원 확장 (2) 규칙에서 시간속성을 갖는 데이터의 참조 허용과 관련된 문제점 제기. 데이터의 시간속성 참조 사건에 대한 명확한 정의 없음.
TALE	○	○	×	×	조건 조치에 시간속성을 갖는 데이터 처리구조 허용
PIL에 의한 규칙언어의 시간조건 확장	×	○	×	×	C-A구조의 규칙에서 조건 내 집계함수를 통해 스냅샷 DB의 변화 이력 참조
ACTER 모델	○	○	○	○	시간지원 데이터베이스로부터의 능동 기능확장에 있어 새로운 데이터의 시간속성에 관련된 규칙의 사건 개념을 명확히 정의 제시함

(표 2) 시간지원 능동규칙 언어의 특성 비교

DB 언어	지원 항목	데이터 시간속성 표현 및 연산	능동규칙	데이터 시간속성 참조 사건 표현	비 고
SQL92		×	×	×	
TSQL2		○(1)	×	×	(1) 이원시간 지원. [22,17]
SQL3 Proposal	SQL/Temporal Snodgrass proposal	○(1)	×	×	(1) 이원시간 지원. [28, 29]
	SQL/Foundation	×	○	×	[20]
SQL99(SQL3 Final)		○(1)	○	×	(1) Period type에의한 유효시간만 지원. [21,23]
제안된 능동적 시간지원 규칙 언어		○	○	○	SQL/Foundation 및 TSQL2의 표현을 기초로 함

테이블상에서 '유효시간이 1997년 4월부터 6월 사이에 해당되는 데이터에 대한 삽입이나 갱신'을 사건으로 하는 경우를 보여준다.

3. 분석 평가

이 논문은 시간속성을 갖는 데이터의 관리와 능동적 규칙 처리 기능을 동시에 요구하는 데이터베이스 응용분야를 효과적으로 지원할 수 있는 능동적 시간지원 데이터베이스 모델을 제시하고

있다.

논문을 통해 새롭게 제시되는 능동적 시간지원 데이터베이스 모델은 이원시간 데이터 모델의 시간지원 데이터베이스에서 시간속성을 지닌 데이터의 접근을 사건으로 설정할 수 있도록 하는 새로운 개념을 내포하고 있다. 그 동안 시간지원 데이터베이스와 능동 데이터베이스에 관련된 연구의 많은 진척에도 불구하고 두 가지 기능을 모두 갖춘 데이터베이스에 대한 연구는 아직 많지 않았기 때문에 시간지원 데이터 모델에 대한 능동

규칙의 설정과 처리의 구체적인 개념 정립과 형식의 정의가 없었다. 논문은 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템을 위한 이원시간 지원 데이터 모델과 능동적 시간지원 규칙을 차례로 정의하고 그들을 통해 능동적 시간지원 데이터베이스 모델과 능동적 시간지원 데이터베이스를 새롭게 정의하고 있다. 그리고 함께 제시된 능동적 시간지원 규칙의 구체적인 표현을 위한 규칙언어 구조는 SQL3의 능동 규칙 표현과 TSQL2의 시간 표현을 기반으로 하지만 이 논문을 통해 새롭게 제시되는 데이터의 시간 속성에 연관된 사건의 표현과 능동 규칙 내에서의 시간속성 데이터의 참조라는 독창적인 특성을 가지고 있다.

표 1은 데이터베이스의 능동규칙에 시간개념의 결합을 내용으로 하는 기존의 연구 결과와 이 논문이 제시하는 능동적 시간지원 데이터베이스 모델과의 비교 내용이다. 표를 통해서 볼 수 있는 것처럼 기존의 시스템들은 시간지원 데이터 모델을 통해 특징적으로 다루어지는 데이터의 시간 속성에 관련된 내용을 능동 규칙에 잘 수용하지 못하고 있거나 아예 시간지원 데이터 모델을 포함시키지 못하고 있다. 그러나 이 논문에서 제시한 능동적 시간지원 규칙모델은 완전하게 시간지원 데이터 모델을 기반으로 하는 능동 규칙 모델을 정의하였으며 그 안에서는 능동 규칙의 사건 기술에 데이터의 시간속성 영역을 참조할 수 있도록 하고 있다. 그리고 이러한 새로운 특징은 원전 감시 시스템과 같은 응용분야가 요구하는 이력 데이터 대상의 사건에 대한 감시조치나 감시 제어 트랜잭션의 처리를 효과적으로 구현할 수 있도록 해준다.

한편 이 논문에서 제시하는 능동적 시간지원 규칙언어는 전체 데이터베이스 언어에 대한 정의를 포함하지는 않는다. 다만 새로 제시되는 능동적 시간지원 규칙 모델의 표현은 기존의 데이터베이스 언어나 연구중인 언어로 수용할 수 없는 새로운 내용이기 때문에 여기에서는 그 부분에

관련된 내용만을 정의 제시하고 있다. 규칙언어의 기본적인 구조는 SQL3의 Trigger정의 문법구조를 기반으로 하였으며 시간속성과 시간속성 데이터의 참조에 관한 문법은 TSQL2에 기반을 두었다. 그리고 데이터의 시간속성에 관한 사건, 조건, 및 조치 표현구조를 새롭게 확장 제시하였다. 표 2는 기존의 SQL92 표준 데이터베이스 언어, 이원시간 지원 데이터베이스 언어 TSQL2, SQL3 표준화 작업과정의 안, 및 1999년에 마무리된 SQL3의 최종 작업 결과인 SQL99 등과 이 논문에서 제안하는 능동적 시간지원 규칙언어와의 특징적 차이를 보여주고 있다.

4. 결 론

이 논문에서는 이제까지 시도되지 않았던 시간 지원 데이터베이스에 대한 능동규칙의 확장을 통해 능동적 시간지원 규칙 처리 모델과 능동적 시간지원 규칙 언어 및 그에 대한 실형 의미를 제시하였고 그와 같은 내용을 바탕으로 능동적 시간지원 데이터베이스 모델을 제시하였다. 이와 같은 능동적 시간지원 데이터베이스는 기존의 접근에 비해 시간 개념이 보다 체계적으로 정의된 시간지원 데이터베이스를 기반으로 하기 때문에 능동 규칙상에서 데이터의 시간 속성의 표현과 데이터의 시간속성과 관련된 사건 영역을 확장시켰으며 그를 통하여 데이터의 시간 속성의 변화나 특정 시점 또는 시간 범위에서의 데이터 변화에 대한 능동적 처리를 가능하게 하였다.

논문이 제시하는 시간지원 데이터베이스를 기반으로 한 능동규칙 처리 모델은 데이터베이스 튜플 인스턴스 영역에 대해 1차원적 구간으로만 설정되던 기존의 능동규칙 사건 영역을 유효시간과 거래시간 및 데이터베이스 튜플 인스턴스 영역으로 구성되는 3차원 공간으로 확장하였다. 이러한 사건 영역의 확장은 데이터의 시간속성에 연관된 사건의 정의를 가능하게 하여 원전 감시 시스템

에서 데이터의 변화를 감시하는 능동규칙을 시간 속성 영역에 따라 서로 다르게 설정할 수 있도록 해주었다.

제안된 능동규칙 언어는 표현 형태에 있어, 그동안 ISO의 SQL92의 확장 표준화 안으로 연구되고 있었던 SQL3의 SQL/Foundations에 기술된 트리거 표현 문법 형태를 따르면서 시간지원 데이터 모델을 위한 확장을 추구하였기 때문에 사용자의 부담을 최소화하도록 하였으며, 여타 응용분야의 능동규칙 표현이나 시간속성을 갖는 데이터 관리 요구에도 일반적으로 적용될 수 있다.

시간지원 데이터베이스 상의 능동규칙 모델은, 시간 사건이나 시간 속성을 참조하는 데이터 접근 사건에 근거한 데이터의 능동적 처리를 가능하게 하여서 시간속성을 갖는 데이터들에 대해 사건 발생적 요인에 따라 반복적으로 수행이 요구되는 다양한 기능의 데이터 처리 형태를 효율적으로 구현하도록 해 준다. 이 논문을 통해 이루어진 이원시간 데이터 모델 기반의 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템 연구는 시간지원 데이터베이스의 능동 기능 확장, 능동 규칙에서의 시간속성을 갖는 데이터 접근 사건의 개념과 표현 기법의 정립 및 데이터베이스의 응용 영역 확장 등에 기여하였다. 그리고 그와 같은 능동적 시간지원 데이터베이스 모델은 원전 상태 감시, 공정 제어, 주식 시장 관리, 통신 데이터 관리 및 병원의 환자 상태 정보 관리 등과 같이 시간의 흐름에 따라 변화하는 이력 정보의 참조와 그에 대한 능동적 처리를 필요로 하는 다양한 산업분야의 데이터베이스 구축에 널리 활용될 수 있다[31, 32].

한편, 제안된 능동적 시간지원 데이터베이스 모델은 구현을 위한 시간지원 데이터베이스 상에서의 효율적인 능동 규칙 조건 평가 방법, 시간지원 데이터베이스에서 해당 응용 시스템의 특성에 따라 발생될 수 있는 소급 갱신이나 선행 갱신에 연계된 규칙의 처리 방법, 및 실시간 처리를 위한 기능의 확장 등을 후속 연구로 요구한다.

참고 문헌

- [1] Silberschatz, A., M. Stonebraker, and J. Ullman (editors). Database Research: Achievements and Opportunities Into the 21st Century, Report of NSF Workshop on the Future of Database Systems Research, May 1995.
- [2] Akker, J.F.P. van den and A.P.J.M. Siebes, DEGAS: A Temporal Active Data Model based on Object Autonomy, Report CS-R9608, CWI, Amsterdam, The Netherlands, 1996.
- [3] Chandra, R., A. Segev, M. Stonebraker, Implementing Calendars and Temporal Rules in Next Generation Databases, Lawrence Berkeley Lab. TR 34229, Berkeley CA, 1993.
- [4] Chomicki, J. and D. Toman, Implementing Temporal Integrity Constraints using an Active DBMS, IEEE Tran. on Knowledge and Data Engineering, Vol. 7, No. 4, Aug. 1995, pp. 566-581.
- [5] Dittrich, Klaus R., Stella Gatzju, Time Issues in Active Database Systems, Proceedings of the Intl. Workshop on an Infrastructure for Temporal Databases, Arlington, Texas, June 1993.
- [6] Deng, M., P. Sistla, O. Wolfson, Temporal Conditions with Retroactive and Proactive Updates, Proceedings of ARTDB 1995, International Workshop on Active and Real-Time Database Systems, Skovde, Sweden, June 1995.
- [7] Etzion, Opher, Avigdor Gal, Arie Segev, Temporal Active Databases, Proceedings of the Intl. Workshop on an Infrastructure for Temporal Databases, Arlington, Texas, June 1993.
- [8] Etzion, Opher, Avigdor Gal, Arie Segev, Data Driven and Temporal Rules in PARDES, Proceedings of Conference on Rules in Database Systems, Edinburgh, 1993.
- [9] Gal, Avigdor, Opher Etzion, Arie Segev, TALE - A Temporal Active Language and Execution

- Model, LBL-TR-95, Lawrence Berkeley Laboratory, June 1995.
- [10] Gehani, N. H., H. V. Jagadish, I.S. Mumick, Temporal Queries for Active Database Support, Proceedings of the Intl. Workshop on an Infrastructure for Temporal Databases, Arlington, Texas, June 1993.
- [11] Jasper, H., O. Zukunft, Time Issues in Advanced Workflow Management Applications of Active Databases, TR-IS-AIS-95-02, Fachbereich Informatik Univ. Oldenburg, Jun. 1995.
- [12] Pissinou, N., R. T. Snodgrass, R. Elmasri, and others, Towards an Infrastructure for Temporal Databases, Report of an Invitational ARPA/NSF Workshop, Mar. 1994.
- [13] Ramamritham, K., R. Sivasankaran, J. A. Stan-kovic, D. T. Towsley, and M. Xiong, Integrating Temporal, Real-Time, and Active Databases, ACM SIGMOD RECORD, Vol. 25, No. 1, Mar. 1996, pp.8-12.
- [14] Sistla, P., O. Wolfson, Temporal Conditions and Integrity Constraints in Active Database Systems, Proceedings of ACM-SIGMOD International Conference on Management of Data, 1995.
- [15] Sistla, P., O. Wolfson, Temporal Triggers in Active Databases, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE), June 1995, pp. 471-486.
- [16] Jensen, C. S., M. D. Soo, R. T. Snodgrass, Unifying Temporal Data Models via a Conceptual Model, TR 93-31, Dept. of Computer Science, Univ. of Arizona, September 20, 1993.
- [17] Snodgrass, R. T. (editor), The TSQL2 Temporal Query Language, Kluwer Academic Pub., 1995.
- [18] Widom, J. and S. Ceri (editors), Active Database Systems - Triggers and Rules For Advanced Database Processing. Morgan Kaufmann Publishers, 1996.
- [19] Fraternali, P., L. Tanca, A Structured Approach for the Definition of the Semantics of Active Databases, ACM Transactions on Database System, Vol. 20, No. 4, Dec. 1995, pp.414-471.
- [20] Mattos, Nelson M., An Overview of the SQL3 Standard, Database Technology Institute IBM - Santa Teresa Lab., Jul. 1996.
- [21] ANSI/ISO/IEC International Standard (IS), Database Language SQL - Part 2: Foundation (SQL/Foundation), ISO/IEC 9075-2:1999 (E), September, 1999.
- [22] Leung, Cliff, Nelson Mattos, TSQL2, SO/IEC JTC1/SC21 WG3 DBL SOU-X3H2-94-276, June 1, 1994.
- [23] Melton, Jim, (ISO Working Draft) Temporal (SQL/Temporal), WG3: YGJ-016 X3H2-99-084, March, 1999.
- [24] Snodgrass, R. T. and H. Kucera. Rationale for Temporal Support in SQL3, ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 DBL SOU-177, SQL/MM SOU-02, 1994.
- [25] Snodgrass, R. T., M. H. Böhlen, C. S. Jensen and A. Steiner, Adding Valid Time to SQL/Temporal, ANSI X3H2-96-501r2, ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 DBL MAD-146r2, Nov. 1996.
- [26] Snodgrass, R. T., M. H. Böhlen, C. S. Jensen and A. Steiner, Adding Transaction Time to SQL/Temporal, ANSI X3H2-96-502r2, ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 DBL MAD-147r2, Nov. 1996.
- [27] Snodgrass, R. T., A Road Map of Additions to SQL/Temporal, NSI X3H2-96-013r1 and ISO/IEC JTC1/SC21 WG3 DBL MCI-99, April 9, 1996.
- [28] Snodgrass, R. T., Summary of Research Results On Implementing Temporal Support in Relational Databases, ANSI X3H2-96-503, ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 DBL MAD-148, Nov. 1996.

- [29] Snodgrass, R. T., Addendum to Valid- and Transaction-time Proposals, ANSI X3H2-96-582, ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 DBL MAD-203, Nov. 1996.
- [30] 남광우, 신예호, 박정석, 류근호, 능동적 시간 지원 데이터베이스 트리거, '97 춘계 학술발표논문집, 제 4권, 제 1호, 한국정보처리학회, 1997년 4월, pp. 103-106.
- [31] 박정석, 신예호, 이준욱, 남광우, 류근호, 원전 감시 시스템을 위한 능동적 시간지원 데이터베이스 규칙언어, '97 춘계학술발표회 논문집, 한국원자력학회, 1997년 5월, pp. 239-244.
- [32] 박정석, 류근호, 산업용 원격 감시 제어 시스템을 위한 능동적 시간 지원 데이터베이스, 제4회 학술발표 논문집, 한국정보처리학회 시스템통합연구회, 1999년 3월, pp.123-133.

● 저 자 소 개 ●



박 정 석

e-mail : jspark@cjnet.chongjunc.ac.kr

1981년 숭실대학교 전산학과(공학사)

1983년 숭실대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)

2000년 충북대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)

1983~1996 한국원자력연구소(선임연구원)

1996~현재 국립청주과학대학 컴퓨터학과 조교수

관심분야 : 시간 데이터베이스, 능동 데이터베이스, 지식 관리 시스템



김 현 철

e-mail : kimhc@kyongju.ac.kr

1984년 숭실대학교 전산학과(공학사)

1993년 숭실대학교 정보과학 대학원(이학석사)

1996년 일본 이바라키대학 대학원(공학박사)

1984~1991 국민건강보험공단 (전산실, 차장)

1996~2000 일본 이바라키대학 시스템공학과(조수), 안동정보대학 인터넷정보과(조교수)

2000~현재 경주대학교 컴퓨터전자공학부 전임강사

관심분야 : 모던휴리스틱에의한 최적화수법, 인공지능



류 근 호

e-mail : khryu@dblab.chungbuk.ac.kr

1976년 숭실대학교 전산학과(이학사)

1980년 연세대학교 산업대학원 전산전공(공학석사)

2000년 연세대학교 대학원 전산전공(공학박사)

1976~1986 육군군수지원사 전산실(ROTC 장교), 한국전자통신연구원(연구원), 한국방송대 전산학과(조교수) 근무

1989~1991 Univ. of Arizona Research Staff (TempIS 연구원, Temporal DB)

1996~현재 충북대학교 컴퓨터학과 교수

관심분야 : 시간 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, GIS 및 지식기반 정보검색 시스템, 객체와 지식베이스 시스템