

원전 감시시스템을 위한 능동적 시간지원 데이터베이스 규칙언어

박정석, 남광우, 신예호, 이준욱 및 류근호
충북대학교 컴퓨터과학과
충북 청주시 개신동 산 48

요 약

원전 감시시스템은 시간의 흐름이나 사건의 발생에 따라 생성되는 시간개념이 포함된 데이터들을 대상으로 정해진 유형의 반복적 처리를 필요로 한다. 이와같은 응용시스템은 시간정보를 갖는 데이터들의 저장 및 관리와 능동적인 기능을 갖는 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템을 통해 효율적으로 구현될 수 있다. 본 논문은 원전 감시시스템을 위한 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템과 그를 위한 시간지원 능동규칙 언어를 제안한다.

1. 서론

원전 감시 시스템은, 발전소 컴퓨터 시스템을 통하여 발전소에 설치된 많은 감지기들로부터 발생, 전달되는 시간의 흐름에 따른 연속적 데이터(time series data) 혹은 사건 발생에 따른 데이터(event based data)들을 기반으로 하여 발전소 상태를 운전원이 한눈에 파악할 수 있도록 하기 위한 정보의 함축적 축약(information abstraction)을 실현하고, 발전소의 안전성 분석을 위한 계산을 하며, 제어 또는 제어를 도와주기 위한 정보 산출과, 수집된 데이터들의 저장 관리 및 검색 등의 기능을 수행한다.

정보의 함축적 축약과 안전성 분석 및 제어 정보 산출을 위한 계산은 실시간 처리를 위해 주기억장치내 데이터베이스관리를 필요로 하며, BOP의 성능 계산[Par94]과 같은 시간의 흐름에 따른 주기적 계산이나, 센서 데이터값의 변화나 트립(trip) 후 CEA 관련 처리[Lan94]와 같은 사건의 발생에 따라 정해진 유형의 계산을 한다. 이와 같이 반복적으로 수행되는 계산들은 데이터베이스로부터 입력을 검색하여 오고 결과는 다시 데이터베이스에 저장하는 형태를 취하고 있다. 이와 같은 데이터 처리와 데이터베이스의 관계는 능동 데이터베이스 기능을 필요로 하는 전형적인 형태이다[Wid96].

원전의 감지기들로부터 입력되거나 주기억장치 내 데이터베이스에 저장된 계산값들은 정보의 함축적 축약이나 상태 분석 혹은 제어정보 추출을 위해 실시간으로 사용됨과 동시에 추후의 단순 검색이나 또 다른 분석을 위한 계산(발전소 과거 상태 분석 또는 상태변화의 추이 분석)에 사용되

기 위해 데이터베이스에 저장 관리되어야 하는데, 이를 위해서는 원자로 바닥부분 온도, 노내 중성자 농도 등의 변화와 같은 각종의 데이터값들이 원전을 운전하는 시간의 흐름에 따라 변화하면서 감지기로부터 같은 연속적으로 입력될 때 이들 모두가 손실되지 않고 데이터베이스에 저장 관리 되도록 하여야 한다. 이러한 요구는 시간지원 데이터베이스 시스템을 요구한다.

그러나, 현재 많은 발전소에서 사용중인 소프트웨어나, 건설중인 발전소에 설치될 소프트웨어에서 이와 같은 신 기술이 적용되지 않아 복잡하고 비효율적으로 데이터가 관리되고 있으며 응용프로그램의 구현도 매우 복잡하게 이루어 지고 있다.

시간지원 데이터베이스 모델은 이력 데이터의 효율적 관리를 지원하며, 파일 시스템과 관련하여 발생하는 문제점들은 데이터베이스 시스템의 기본적 기능에 의해 해소된다. 능동데이터베이스 시스템 기능을 이용하면, 응용프로그램 상에서 반복적으로 수행되는 많은 계산식들이 능동 규칙으로 데이터베이스 내에 구축됨으로 인해 응용프로그램이 단순화 될 수 있기 때문에 응용프로그램 개발 과정이 단순, 저렴해지고, 시스템 성능도 증가하게 된다. 또, 능동 규칙을 사용하여 감지기로부터 오는 입력 값들 중 변동이 있는 경우만 데이터베이스 내에 저장하도록 하여, 기존의 감지기로부터 오는 모든 시간의 흐름에 따른 연속적으로 발생하는 순서값 형태의 데이터들을 모두 데이터베이스 내에 저장하는 방식보다 데이터베이스 내에 관리되는 데이터들의 양을 정보의 손실 없이 줄일 수 있고, 그와 관련하여 부수적으로 발생하는 많은 오버헤드를 제거시켜서 성능을 향상 시킬 수 있다.

이와 같이, 원전 감시 시스템은 시간지원 데이터베이스 모델과 그를 바탕으로 한 능동 처리 기능을 갖춘 데이터베이스 시스템의 구축을 통해 보다 효율적으로 구현될 수 있으며, 그와 같이 구현된 시스템은 시간지원 데이터베이스 모델과 능동 데이터베이스 시스템이 지원하는 여러 기능들 [Tan93,Wid96]을 그 장점으로 갖게 된다. 즉, 이력 데이터의 관리를 보다 효율적으로 지원할 수 있고, 능동 데이터베이스 시스템의 규칙 구축을 통해 응용프로그램들의 기능을 보다 효과적으로 구축할 수 있으며 처리 성능도 향상시킬 수 있다.

능동적 시간지원 데이터베이스 시스템(active temporal database system)은 시간지원 데이터베이스 시스템[Sno86]에 능동 규칙 시스템[Wid96]을 결합한 시스템으로 과거데이터를 바탕으로 능동적으로 데이터베이스의 현 상황을 판단하여 적절한 조치를 취할 수 있다[Etz93].

이 논문에서 우리는 원전 감시시스템 구축에 활용될 수 있는 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템을 위한 시간지원 능동 규칙 질의를 제안하며 그 질의 의미(semantics)에 대해 설명한다.

2. 시간지원 데이터베이스와 능동 규칙

능동적 시간지원 데이터베이스 시스템은 시간지원 데이터베이스 상에서 시간지원 능동 규칙을 지원하는 데이터베이스 시스템이다. 이 장에서는 기반이 되는 시간지원 데이터베이스의 모델과 질의어, 그리고 시간지원 능동 규칙언어에 대하여 설명한다.

2.1 시간지원 데이터베이스

시간지원 데이터베이스란 객체의 시간의미를 지원 할 수 있는 데이터베이스이다. 현재 TSQL2 라는 시간지원 데이터베이스 언어가 학계 표준으로 제안되었다[Sno95]. TSQL2가 갖는 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (가) 지원하는 시간: 유효시간, 거래시간, 사용자 정의 시간을 지원한다.
- (나) 시간 데이터 타입: 시점(timestamp), 기간(period), 그리고 간격(interval)을 갖는다.
- (다) 시간지원 릴레이션: 지원하는 시간과 시간 타입에 따라 스냅샷 릴레이션(snapshot relation), 유효시간 릴레이션(valid time relation), 거래시간 릴레이션(transaction time relation), 이원시간 릴레이션(bitemporal relation)을 지원한다.

- (라) 달력 지원: 사용자 필요에 따라 여러 가지 형태의 달력을 지원 및 사용할 수 있다.
- (마) 시간지원 질의 언어: 유효시간과 거래시간을 사용하여 질의할 수 있는 검색, 삽입, 삭제 및 갱신문을 갖는다.

2.2 능동 규칙 언어

능동 규칙 언어는 사건-조건-조치(ECA:Event Condition Action) 규칙을 지원하며 현재 많은 상업용 데이터베이스를 통해 트리거(trigger)의 형태로 제공되고 있다. 능동 규칙 언어는 다음과 같은 범주로 구분되어 기능상의 특징들이 설명될 수 있다.

- (가) 규칙 실행 단위(granularity) : 인스턴스 단위의 규칙, 집합 단위의 규칙
- (나) 결합 모드(coupling Mode) : 동작 모드는 사건과 조건의 결합모드와 조건과 조치의 결합 방법으로 나뉘어 질 수 있다. 결합 방법에 따라 즉시(immediate) 결합 모드와 연기 연결(defered) 모드, 그리고 분리(detached) 연결 모드 등이 있다.
- (다) 규칙 실행의 원자성(atomicity): 인터럽트가 가능한 경우와 규칙만을 실행하는 경우로 나눌 수 있다.
- (라) 충돌 해결 방법: 병렬(parallel) 실행하는 방법과 직렬화 해서 순서적으로 처리하는 방법, 그리고 하나만 골라서 처리하는 방법이 있다.
- (마) 사건의 소멸 범위: 소멸되지 않는 것과 현 규칙내에서 소멸되는 것, 그리고 글로벌 규칙 범위내에서 소멸되는 것으로 나눈다.
- (바) 트랜잭션 이력의 사용(inspection): 트랜잭션 이전의 상태를 바탕으로 한 것(pre-transaction state)과 마지막 규칙 처리때의 상태를 바탕으로 하는 것(last-consideration state)과 사건 발생전의 상태를 바탕으로 하는 것(pre-event state)으로 나눌 수 있다.

3. 시간지원 능동 규칙 언어

능동적 시간지원 데이터베이스는 시간을 갖는 데이터에 대한 능동적인 처리를 하는 데이터베이스 시스템이다. 이 장에서는 우리가 제안하는 시간지원 능동 규칙 언어의 기본 개념과 문법 및 예를 통한 의미를 설명한다.

3.1 기본개념

기본적인 개념은 그림 1과 같이 시간을 갖는 데이터베이스에 대하여 어떤 시간규칙 처리를 필요로 하는 시간-데이터 공간을 시간지원 능동 규칙 언어(active temporal rule language)를 사용하여 트리거 구역(triggering area)을 설정하는 것이다. 이 때 데이터베이스에 대해 삽입, 삭제, 갱신을 하려는 사건(event tuple)이 발생하게 되면 이 사건은 트리거된 구역(triggered area)을 형성하게 된다. 만약 이 때 트리거된 구역이 트리거 구역을 접근하게 되면 트리거가 작동하게 되고 이 규칙이 갖는 조건이 평가된다. 이 조건이 만족되면 조치를 실행하게 되고 다시 시간-데이터 영역 상에 조치 영역(action area)을 형성하게 된다. 이 조치 영역은 다시 트리거 영역에 접근해서 다른 규칙을 트리거 할 수 있다.

3.2 시간지원 능동 규칙 언어의 기본 구조

본 논문에서 제안한 시간지원 능동 규칙언어는 아래와 같은 구조를 갖는다. 시간지원 능동 규칙은 트리거의 유효시간을 갖는 AS VALID구문과 우선순위를 나타내는 ORDER구문, 시간지원 사건을 표현할 수 있는 사건 구문, 시간지원 데이터베이스에 대하여 시간 데이터를 참조를 할 수 있는

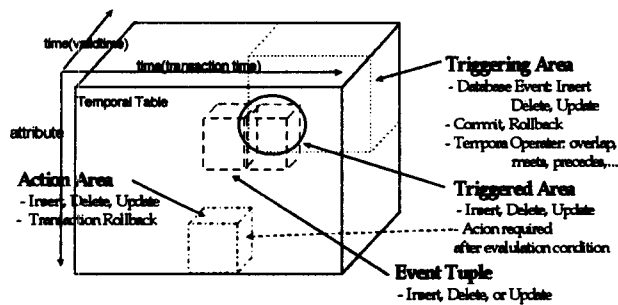


그림 1. 시간지원 능동 규칙의 기본 개념

REFERENCING구문, 연결 모드를 나타내는 구문, 그리고 시간지원 조건 구문을 포괄하는 조건 평가 구문과 조치를 실행할 수 있는 조치구문으로 나뉘어 있다. 각각의 세부적인 의미는 다음과 같다.

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

3.3 트리거의 관리

능동적 시간지원 데이터베이스에서 트리거는 이원시간(bi-temporal) 릴레이션에 저장된다. 이것은 트리거의 유효시간과 거래시간을 지원함으로써 실제 트리거가 생성되는 시간과 실행되는 시간의 차이를 표현할 수 있게 하고, 트리거가 생성되거나 삭제된 시간에 대한 추적(Audit)을 할 수 있게 한다.

```
(예) CREATE TRIGGER alarm_check
AS VALID PERIOD [4/1997-3/1998]
AFTER INSERT ON analog_inputs
REFERENCING NEW AS new_analog_input
WHEN new_analog_input.value > (SELECT alarm_set_point
                                FROM alarm_set_point_list
                                WHERE new_analog_input.point_id =point_id)
DO INSERT INTO alarm_points
VALUES (new_analog_input.point_id)
```

Trigger	Event	Condition	Action	V _{from}	V _{to}	T _{start}	T _{end}
alarm_check	e1	c1	a1	4/1997	3/1998	1/1997	uc

3.4 트리거의 시간-데이터 트리거 영역

3.1절에서 설명한 것과 같이 본 논문의 시간지원 능동 규칙언어는 트리거 영역에 대한 정의를

포함 한다. 이것은 어떤형태의 시간영역 데이터베이스에 대한 삽입, 삭제, 갱신이 발생했을 때 규칙이 트리거되는 가에 대한 정의를 포함한다.

```
(예) CREATE TRIGGER alarm_supression
      INSERT or UPDATE
      FOR VALID PERIOD [1997/4-1999/6]
      ON alarm_points
      REFERENCING NEW AS new_alarm
      WHEN new_alarm.point_id = 'charging_pump_1_flow_rate'
      DO REJECT
```

3.5 다중 달력 지원

시간지원 능동 규칙 정의에서 사건의 기술이나 조건의 기술에 있어서 복수개의 역법을 사용함으로써 사용자와 친근한 형태의 트리거를 정의할 수 있다. 아래의 예는 1996년 설날부터 크리스마스 때까지 기간중의 휴일에 발전소 출력이 80%이하가 되면 경보를 발생시키는 트리거의 예이다.

```
(예) CREATE TRIGGER Holiday-Alarm
      VALID (PERIOD [Newyearsday, 1996 - Christmas, 1996]
      CALENDRIC WITH Korean-Holiday ON Holiday
      WHEN plant_power_in_percent < 80
      DO INSERT INTO alarm_points
      VALUES ('LowPower')
```

3.6 시간범위를 갖는 참조

일반적인 규칙은 과거 트랜잭션에 의해 변경된 데이터들을 참조하기 위해 referencing 구문을 갖는다. 본 논문은 referencing 구문을 시간범위를 갖는 데이터를 시간범위에 의해서도 참조할 수 있도록 시간지원 능동 트리거를 확장한다. 아래의 예는 analog_inputs 릴레이션에 대한 검색시에 검색이 요구된 데이터의 유효시간만을 past_period라는 변수로 참조함을 의미한다.

```
(예) CREATE TRIGGER Tape_request
      BEFORE SELECT ON analog_inputs
      REFERENCING VALIDTIME PERIOD
      AS past_period
      WHEN past_period BEFORE Last_vacummed_date
      DO call request_backup_media(past_period)
```

3.7 시간지원 능동 트리거의 변경

시간지원 능동 트리거는 ALTER 명령을 사용하여 유효시간과 트리거의 조건 등을 변경할 수 있다. 아래의 예는 현재 정의되어 있는 alarm_check라는 트리거에 유효시간을 추가하는 질의이다.

```
(예) ALTER TRIGGER alarm_check
      INSERT VALID PERIOD 6/1/1997-6/30/1997]
```

4. 구현

본 논문의 시간지원 능동 트리거 질의 및 시스템은 Sun 워크스테이션상에서 솔라리스 UNIX를 기반으로한 시스템상에서 아리조나 대학의 MultiCal시스템[Soo93]을 확장하여 구현 중이다. 현재 TSQL2 언어를 지원하는 질의어 처리기와 다중 달력지원 시스템을 포함하고 있다. 그림 2는 MultiCal시스템을 확장한 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템의 대략적인 구조이다.

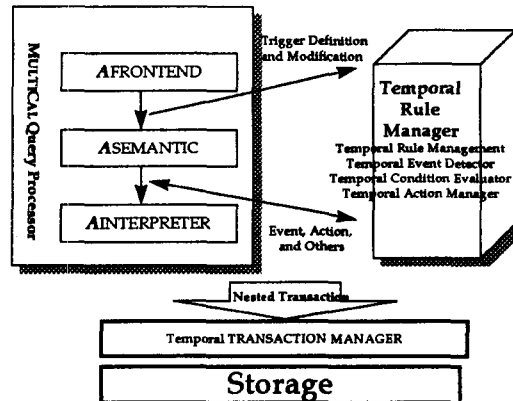


그림 2. MultiCal시스템을 확장한 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템

5. 결론

능동적 시간지원 데이터베이스 시스템은 시간지원 데이터베이스 상에서 시간지원 능동 규칙을 지원하는 데이터베이스 시스템이다. 이 논문은 원전 감시시스템 구축에 활용될 수 있는 능동적 시간지원 데이터베이스 시스템 개념과 그를 위한 규칙언어인 트리거를 제안하며 설계하였다. 이 능동 시간지원 데이터베이스 시스템은 앞에서 설계된 데이터 모델을 중심으로 구현주이에 있다. 이 시스템의 구현이 완료되면 제안된 언어와 시스템은 시간값을 갖는 데이터를 대상으로하여 특정 사건의 발생이나 일정한 주기마다 정해지는 유형의 데이터 처리를 수행토록 요구하는 원전 정보처리 컴퓨터 시스템구축에 매우 효율적으로 사용될 수 있으며, 기타 공정 처리 시스템이나, 네트워크 데이터 관리 시스템과 같은 응용분야의 개발에 유용하게 사용될 수 있다.

참고문헌

- [Cha93] R. Chandra and A. Segev, "Managing Temporal Financial Data in an Extensible Database," Proceedings of the 19th 퍼유 Conference, Dublin, Ireland, 1993.
- [Etz93] O. Etzion, A. Gal, and A. Segev, "Data Driven and Temporal Rules in PARDES," Proceedings of Conference on Rules in Database Systems, Edinburgh 1993.
- [Lan94] J. N. Lanzalotta, "Software Design Specification for the CEA Application Module for the ULCHIN Nuclear Power Plant Units 3&4," Design Doc. 91791-IC-SX710-19, ABB C-E, August 1994.
- [Par94] J. S. Park, "Software Design Specification for the BOP Application Module for the ULCHIN Nuclear Power Plant Units 3&4," Design Doc. 91791-IC-SX710-28, ABB C-E, October 1994.
- [Sno86] R. Snodgrass and I. Ahn, "Temporal Databases," IEEE Computer, September 1986.
- [Soo93] M. Soo, "Multiple Calendar Support for Conventional Database Management Systems, A Position Paper," In Proceedings of the International Workshop on an Infrastructure for Temporal Databases, June 1993.
- [Tan93] A. Tansel, J. Clifford, S. Gadia, A. Segev and R. Snodgrass (editors), "Temporal Databases: Theory, Design, and Implementation," Benjamin/Cummings, 1993.
- [Wid96] J. Widom and S. Ceri, ed., "Active Database System, Triggers and Rules For Advanced Database Processing," Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, California, 1996.
- [남광우96] 남광우, 박정석, 및 류근호, "시간지원 능동데이터베이스를 위한 능동적 시간 시스템," '96 동계 데이터베이스 학술대회 논문집, 1996.