

능동 규칙의 실행 의미를 반영한 종료 분석

황정희, 신예호, 류근호

충북대학교 데이터베이스연구소

{jhhwang, snowman, khryu@dblab.chungbuk.ac.kr}

Termination Analysis including Execution Semantics of Active Rule

Jeong Hee Hwang, Ye Ho Shin, Keun Ho Ryu

Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

요 약

능동 데이터베이스는 능동 규칙(rule)을 이용하여 DBMS 스스로 데이터베이스 상태변화에 대응하는 규칙을 수행한다. 이러한 능동 규칙은 서로 다른 규칙을 무한하게 트리거 할 수 있고 그로 인해 종료하지 못하고 무한한 순환적 동작을 반복할 가능성이 있다. 그러므로 규칙의 비종료를 방지하고 규칙 처리를 미리 예측하기 위한 목적으로 규칙의 종료에 관한 연구가 수행되고 있지만 규칙의 다양한 사건 형태에 따라 분석 결과가 달라질 수 있음에도 불구하고 일반적으로 사용되고 있는 복합사건의 규칙과 규칙 실행의 적용시점을 나타내는 before, after 규칙을 포함한 종료분석방법은 제시되고 있지 않다. 그러므로 이 논문에서는 규칙 종료의 정확한 분석을 위해 복합사건의 규칙과 before 또는 after 규칙을 고려한 종료분석 방법을 제시하고 이것을 기존의 트리거 그래프와 규칙간에 형성되는 비활성화 관계를 그래프로 표현하여 결합한 그래프에 적용하는 규칙종료 분석 방법을 제시한다.

1. 서론

능동 데이터베이스는 사건, 조건 그리고 조치로 구성 되어 있는 규칙을 사용하며 규칙에 명세되어 있는 사건과 일치하는 사건이 발생하면 자동으로 규칙이 트리거 되고 조건을 만족하면 조치를 수행한다[9,10].

이러한 능동 규칙은 서로 다른 규칙을 트리거 할 수 있고 그로 인해 규칙이 연속적으로 실행되어 종료하지 못할 수 있다. 그러므로 능동 데이터베이스의 많은 장점에도 불구하고 실제적으로 많은 응용분야에서 사용되고 있지 않다[1]. 따라서 규칙 실행의 종료를 보장하고 동작의 흐름을 미리 예측할 수 있는 규칙 종료 분석 방법이 필요하다.

규칙 종료 분석방법으로는 정적분석(static analysis)방법과 동적 분석(dynamic analysis) 방법이 있다.

동적 분석방법은 규칙이 실행되는 런타임(run-time)에 규칙의 동작을 조사하는 방법이고 정적 분석방법은 컴파일 시간(compile time)에 정의된 규칙을 조사하여 규칙간의 트리거 관계를 예측하고 규칙집합의 종료 보장을 결정한다.

동적 분석방법은 실제로 능동 데이터베이스 시스템을 사용하기 전에는 종료를 보장할 수 없다는 단점이 있기 때문에 일반적으로 정적 분석 방법을 이용하는데, 이 방법은 컴파일시간에 분석이 이루어지기 때문에 다양한 규칙의 실행의미(semantics)를 반영하는 것이 어렵다는 단점이 있다.

그러므로 기존의 연구에서는 단일사건의 규칙만을 분석

대상에 반영했을 뿐 복합사건이나 규칙의 적용시점을 나타내는 before, after 규칙을 고려하여 종료 분석방법을 제시하고 있는 경우는 드물다. 그러므로 이 논문에서는 기존의 연구에서 제시되지 않았던 복합사건의 규칙과 before, after 규칙의 실행의미를 포함하고, 기존의 트리거 그래프와 규칙간의 비활성화 관계를 표현한 TG와 DG 결합그래프를 이용하여 규칙의 종료를 분석하는 방법을 제안하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 기존에 제시되었던 분석방법에 대해 알아보고 3장에서는 이 논문에서 제시하고자하는 규칙의 실행의미를 반영한 종료분석 방법을 설명한다. 그리고 4장에서는 기존의 트리거 그래프에 비활성화 그래프를 결합하여 3장에서 제시되었던 실행의미를 반영한 종료분석 방법을 기술하고 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 관련연구

규칙종료 분석의 전형적인 방법은 트리거 그래프를 형성하여 규칙간의 상호관계를 파악하는 것이고 트리거 그래프는 규칙을 노드로 표현하고 규칙간의 트리거 관계를 방향성 에지(edge)를 사용하여 표현한다[2].

[3]에서는 트리거 그래프(Triggering Graph :TG)와 활성화 그래프(Activation Graph:AG)를 이용하여 분석하는 방법을 소개하였다. TG는 트리거될 수 있는 사건 정보를 제공하는 것에 반해 활성화 그래프는 조건값을 참(true)이 되도록 할 때 형성되는 방향성 에지[6]를 나타내므로 규칙의 조건 정보를 제공하는 트리거 그래프에 상호보완적이다. 그러므로 사건 영역에 관심을 두는 트리거 그래프와 조건 영역에 기준을 두는 활성화 그래프를 결합한 그래프를 이용하여 종료 분석을 하면 더 정확

한 결과를 얻을 수 있다. 그림1은 [3]에서 제시된 TG와 AG를 결합하여 규칙 관계를 표현한 예이다.

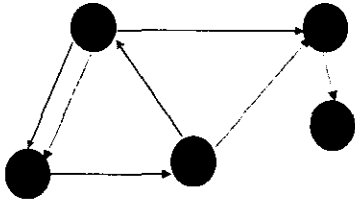


그림1. Triggering (TG:실선) 와 Activation graph(AG:점선)

이 그래프에서는 적어도 하나의 인컴밍(incoming) 에지를 갖지 않는 규칙은 제거[7]하고, 결과로써 그래프에서 모든 사이클이 제거되면 규칙집합의 종료를 보장할 수 있다는 결정을 한다.

또한 [4]에서는 규칙 관계에서 형성되는 트리거 그래프와 활성화, 비활성화 그래프를 모두 고려하여 규칙의 처리 과정을 예측하는 종료 분석 방법을 제시하였다.

이러한 기존의 연구에서는 다양한 사건의 형태가 규칙에 적용될 수 있음에도 불구하고 기본사건의 규칙만을 분석 대상으로 할 뿐 복합사건과 before, after 규칙을 고려하고 있지 않다. 그러므로 이 논문에서는 복합사건의 규칙과 규칙의 실행 적용 시점을 나타내는 before, after 규칙의 실행 의미를 포함하고 규칙의 실행가능성을 나타내는 TG와 조건을 거짓(false)이 되도록 하여 실행되지 못하는 규칙의 관계를 나타내는 DG를 결합한 그래프를 제시 하고자 한다. 이 그래프는 규칙 관계를 더 간결하게 표현할 수 있고 규칙의 실행의미도 포함하므로 실행 종료 결정을 정확하게 할 수 있다.

3. 규칙의 실행의미를 반영한 규칙 종료 분석

규칙의 사건절에는 기본사건외에 and, or의 논리연산자를 포함한 복합사건과 규칙의 적용시점을 나타내는 before, after를 사용할 수 있다. 이러한 규칙의 실행의미를 포함한 규칙의 종료분석이 이루어진다면 더 정확한 분석 결과를 얻을 수 있다.

3.1 복합사건의 종료 분석방법 및 트리거 표현

기존의 트리거 그래프에서 실선은 기본 사건의 트리거 관계를 나타낸다. 그러나 복합사건은 기본사건의 조합으로 형성되기 때문에 복합사건 규칙의 트리거는 기본사건과 구별하기 위해 점선을 나타내어 트리거관계를 표시한다. 이것은 복합사건을 트리거하는 잠정적인 트리거 관계[5]를 표현하는 것이다. 그러므로 복합사건의 규칙을 트리거하는 규칙 관계에서 복합사건의 조합이 and 연산자로 이루어진 경우에는 트리거 관계의 모든 잠정적 기본사건이 발생해야 규칙이 트리거 될 수 있고 or인 경우에는 적어도 하나의 잠정적 기본사건이 트리거되어야 복합사건의 규칙이 트리거되므로 이러한 복합사건의 트리거 만족 여부가 종료분석에서 고려되어야 한다.

그리고 복합사건의 규칙에 대한 트리거관계를 나타낼 때 조치절의 실행으로 트리거되는 규칙의 사건을 간선에

표시하여 어떠한 사건으로 규칙이 트리거 되는지, 원인이 되는 사건을 구분하여 표시한다. 이것은 복합사건의 트리거 여부를 정확하게 결정할 수 있도록 한다. 그림2는 그래프에서 복합사건의 트리거 관계를 표현한 예이고 다음은 이를 이용하여 복합사건의 트리거 조건을 표현한 것이다.

- 1) 복합사건의 규칙 r3가 and 연산자에 의한 경우 $r1(e1) \text{ and } r2(e2) = r3(e1 \wedge e2)$
- 2) 복합사건의 규칙 r3가 or 연산자에 의한 경우 $r1(e1) \text{ or } r2(e2) = r3(e1 \vee e2)$

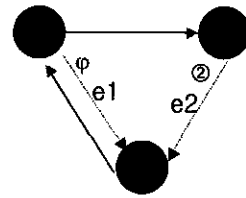


그림2. 잠정적 사건 e1과 e2에 의한 복합사건의 트리거 표현

3.2 before 또는 after 규칙을 고려한 종료 분석 방법

기존의 트리거 그래프에서는 노드에 규칙명을 나타낸다. 그러나 before, after 규칙을 고려하는 종료분석의 그래프에는 규칙명에 before(b), after(a)를 구분하여 표시한다. 이것은 before 또는 after에 의해서 규칙이 실행되는 시점이 달라지므로 종료 분석 과정에 고려되어야 하기 때문이다.

예를 들어, 규칙(r1-b,r2-a,r3-b)의 우선순위가 순차적이고 규칙이 트리거되어 실행된다고 할 때 실제로 규칙이 실행되어 완료되는 순서는 규칙 적용 시점을 나타내는 before와 after의 사용으로 인해 예측과는 다른 순서로 실행된다. 즉, 규칙 r1의 실행으로 r2가 트리거 되고 조치 실행전에 before 규칙의 r3가 트리거되어 실행된 후 r2의 조치 실행이 이루어진다.

따라서 규칙 실행 순서에 따라 생성되는 사건과 그의 순서가 달라지고 그로 인해 트리거 되는 규칙과 규칙의 실행여부 결정에 영향을 미치므로 종료분석 결정에 있어 규칙의 우선순위와 더불어 중요한 요소로 작용한다.

4. TG와 DG의 결합 그래프를 이용한 종료 분석

4.1 비활성화 그래프

이 논문에서는 실행 가능성을 나타내는 기존의 TG에, 조건을 거짓이 되도록 하여 실행이 불가능한 비활성화 그래프(DG)를 결합하는 방법을 제시한다. 이 결합 그래프는 무한하게 실행될 가능성이 있는 사이클의 제거 여부를 명확하게 결정할 수 있게 하므로 규칙종료 분석을 간결하게 할 수 있다. 그림3은 복합사건의 규칙과 before, after 규칙을 포함하여 TG와 DG 결합그래프를 나낸 예이다.

4.2 TG와 DG 결합그래프를 이용한 사이클 분석

규칙종료분석은 규칙관계를 나타내는 그래프에서 규칙이 종료하지 못하는 원인이 되는 사이클을 분석하는 것

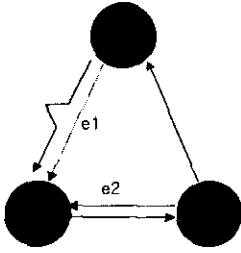


그림 3. 복합사건 및 before, after 규칙을 포함한 트리거 그래프(TG: 실선 및 점선)와 비활성화 그래프(DG:각진 실선)

이다. 그러므로 다음의 조건에 의해 그래프에 존재하는 사이클을 제거할 수 있다.

● 규칙 r_i 와 r_j 가 트리거 관계일 때는 $TR(r_i, r_j)$ 로, 비활성화 관계일 때는 $DE(r_i, r_j)$ 로 표기한다.

1) 트리거 그래프에서의 사이클 제거 조건

r_j 가 or 또는 and 연산자에 의한 복합사건인 경우에 before, after 규칙과 규칙의 우선순위를 고려하여 실제로 실행 불가능한 규칙을 포함하고 있는 사이클은 제거 즉, or 연산자의 조합에 의한 규칙은 적어도 하나의 사건 발생이 존재해야 하고 and 연산자의 경우는 모든 사건이 발생해야 한다.

예) $TR(r_1, r_j), TR(r_2, r_j)$ 의 트리거 관계에서 규칙 r_i 의 조치로 인해 발생하는 사건을 $E(r_i)$ 라 하면 or의 경우에는 $E(r_1 \vee r_2) \subset E(r_j)$ 이고 and의 경우에는 $E(r_1 \wedge r_2) = E(r_j)$ 를 만족해야 한다.

2) 사이클을 형성하는 규칙 사이에서 다음과 같은 조건에 의해 서로 다른 규칙을 비활성화시키는 관계가 존재하는 사이클은 제거

i) 일정 횟수의 반복 수행을 하면 더 이상 실행되지 않는 규칙 관계, 즉 $DE(r_i, r_j)$ 에서

① r_i 의 조치절에서 속성값을 감소(예, -)시키는 경우에 r_j 의 조건절에서 [속성 > 정수] 값을 비교

② ①과 반대의 경우 즉, r_i 의 조치절에서 속성값을 증가(예, +)시키는 경우에 r_j 의 조건절에서 [속성 < 정수] 값을 비교

즉, 일정횟수만 반복 수행되는 규칙관계를 포함하고 있는 사이클은 제거한다[8].

ii) 우선순위가 높은 규칙 또는 before 규칙의 수행으로 비활성화 되어 트리거 되어도 실제적으로 실행되지 못하는 규칙을 포함하고 있는 사이클

iii) r_i 의 조치로 인해 r_j 의 조건을 만족하지 않는 일반적인 비활성화 관계

위에 제시된 조건에 의해, 그림3의 그래프를 이용하여 종료분석을 하기 위한 가정으로 규칙 r_2-b 는 or 연산자에 의한 복합사건이고 규칙의 우선순위가 r_1-a, r_2-b, r_3-a 의 순서로 실행된다고 할 때 규칙 실행은 우선순위에 의해 r_1-a 가 먼저 실행되고 그의 조치 실행전에 r_2-b 가 실행 그리고 r_1-a 의 조치실행 완료와 r_3-a 가 실행되는 과정을 통해 사이클이 형성된다. 그러나 사이클 형성

의 규칙간에 비활성화 관계의 예지(r_1-a, r_2-b)가 존재하며 이것은 r_2-b 의 조건값이 거짓이 되어 더 이상 실행이 불가능한 규칙관계를 의미하므로 이러한 규칙 관계를 포함하고 있는 사이클은 제거할 수 있다.

사이클을 형성하는 규칙이 순차적으로 실행되지 않으면 연속적인 반복 실행이 불가능하다. 따라서 규칙의 연속적 반복 실행의 고리를 해소하는 조건을 찾아냄으로써 규칙의 종료 결정을 좀 더 명확히 할 수 있으며 이는 DG를 이용하기 때문에 쉽게 식별이 가능하고 정확성을 증가시킨다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

능동규칙을 실제로 적용하는데 있어 가장 중요한 문제는 규칙의 종료를 보장하는 것이다. 이 논문에서는 복합사건의 규칙과 규칙의 적용시점을 나타내는 before, after 규칙의 실행의미를 포함하여 트리거 그래프와 비활성화 그래프의 결합 그래프를 이용한 규칙 종료 분석 방법을 제시하였다.

기존의 연구들에서 고려되지 않았던 규칙 실행의 의미를 포함하여 일반적으로 사용되는 있는 능동 규칙에 대한 종료 분석 범위를 확장하였고 트리거 그래프와의 비활성화 그래프와의 결합은 더 간결하고 정확한 분석결과를 얻을 수 있다.

향후 연구로써 이 논문에서 고려되고 있지 않은 규칙의 실행의미를 포함시키는 규칙의 종료 분석 방법과 이 논문에서 제시된 분석방법으로 규칙 종료 분석기 및 규칙 생성기에 대한 연구를 지속할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] C. Zaniold, S. Ceri, C. Faloutsos, R. T. Snodgrass, V. S. Subrahmanian, R. Zicari. "Design Principles for Active Rules". Advanced Database Systems, 1997
- [2] S. Ceri, J. Widom. "Application of Active Databases", Active Database Systems-Triggers and Rules for Advanced Databases Processing, 1996
- [3] E. Baralis. "Rule Analysis", Active Rules in Database Systems, 1998
- [4] D.Montesi, M.Bagnato, C.Dallera. "Termination Analysis in Active Database", Database Engineering and Applications, 1999. IDEAS '99 International Symposium Proceedings, 1999. 288-297
- [5] A.Vaduva, S.Gatzju, Klaus R. Dittrich. "Investigating Termination in Active Database Systems with Expressive Rule Languages". RIDS, 1997. 149-164.
- [6] S.Ceri and J. Widom, "Deriving Production Rules for Constraint Maintenance. In Dennis McLeod, Ron SacksDavid, and Hans Schek, editors, Proc. Sixteenth Int'l Conf. on Very Large Data Bases, pages 566-577, Brisbane, Australia, August 1990
- [7] E. Baralis, S. Ceri, S. Paraboschi. "Improved Rule Analysis by Means of Triggering and Activation Graphs. In Timos Sellis, editor, Proc. of the Second Workshop on Rules in Database Systems, LNCS 985, pages 165-181, Athens, Greece, September 1995.
- [8] S. Yeung, T. Wang LING "Unrolling Cycle to Decide Trigger Termination" Proc 25th VLDB Conf. 483-493, Edinburgh, 1999.
- [9] 신예호, "능동적 시간지연 데이터베이스 시스템을 위한 조건평가의 시간확장", 이학석사학위논문 충북대학교, 1998년 2월
- [10] 박경석, 신예호, 남평우, 류근호, "시간지연 능동규칙의 점진적 조건평가", 한국정보과학회논문지(B), 제 26권 제4호, 1999년 4월, pp. 462-472