

이벤트 시간 관계의 성질과 활용[†]

신동현*, 김창화*, 박수현**

*강릉원주대학교 컴퓨터공학과

**국민대학교 경영정보학부

e-mail : ppots89@nate.com, kch@gwnu.ac.kr, shpark21@kookmin.ac.kr

Event Time Relation Properties and Application[†]

DongHyun Shin*, Changhwa Kim*, Soo-Hyun Park**

*Dept of Computer Science & Engineering, Gangneung-Wonju National University

**Dept of Management Information System, Kookmin University

요 약

IoT (Internet of Things)는 사물들 (Things)이 각자의 판단에 의해 협업을 하는 시스템이다. 미래의 IoT 기술은 우리의 일상생활뿐만 아니라 전반적으로 영향력이 강해질 것 이다. 하지만 아직 우리가 추구하는 IoT시대에 접어들기 위해서는 사물간 통신을 하는데 있어 발생하는 여러 문제들이 해결되지 않았다. 예를 들면 통신 프로토콜은 어떠한 것을 사용해야 하는지와 같은 것들이다.

IoT에서 센서 (Sensor)가 센싱 (Sensing)을 하는 것, 통신을 하는 것, 일을 처리하는 것은 모두 이벤트에 해당된다. 이벤트는 “어떤 상태의 변화에 의해 상황이 변하는 것”[2]을 말한다. 이러한 이벤트는 순서에 따라 시간관계가 생기게 된다. 이러한 이벤트의 시간관계와 기존에 시간 간격에 대한 논문을 접목하여 본 논문에서 새로운 이벤트 시간 관계를 정의하고 그에 대한 성질을 식별했다. 그 결과 7가지의 시간 성질 (AFTER, MEETS, EQUALS, BEFORE, OVERLAPS, STARTS, FINISHES)[3]을 가지고 상호 적용하여 새로운 성질들을 식별했다. 이 성질들을 이용하면 향후 시간과 관련된 이벤트를 식별하고 활용이 가능하다.

1. 서론¹⁾

IoT는 인간, 사물, 서비스의 분산된 요소들[4]이 필요에 따라 적절하게 센싱, 유·무선 통신을 통해 인간에게 편리함을 제공하거나 다른 유익한 일들을 한다[6]. IoT는 우리가 추구하는 모든 사물간 서로 협업이 가능한 기술의 영역에는 아직 접어들지 못하였지만 관련 기술들은 활발히 연구 중이다.

이러한 IoT는 사물이 서로 통신을 할 때에 통신한 기록이 남을 필요가 있다. 이 기록에는 통신한 시간, 장소, 주소, 내용 등이 될 수 있는데 사물이 통신하는 과정에 생긴 일들은 이벤트가 될 수 있다. 즉, 사물간 통신을 하는 것, 정보를 처리하는 것, 정보를 전송해주는 것, 고장이 난 것 등이 어떤 시간을 기준으로 일어난 사건이 되는 것이다. 시간은 멈출 수 없고 하루 24시간이 흘러가듯이 우리에게 빼 놓을 수 없는 삶의 요소 중 하나이기도 하다.

우리는 약속을 할 때 특히 시간 약속을 중요시 한다. 시간은 돈으로도 바꿀 수 없어 서로의 시간을 소중히 생각하기 때문이다. IoT에서도 예외는 아니다. 사물들이 통신하기 위해서는 사람이 약속을 잡을 때 시간을 정하는

것처럼 동기화가 필요하다. 만약 동기화가 되지 않는다면 서로 정보를 주고받을 때 다른 사물은 정보를 받을 준비를 하지 않기 때문이다. 뿐만 아니라 모든 사물들이 하나의 네트워크 (Network)로 연결되면 보안문제도 발생하기 마련인데 이때에도 시간은 빼놓을 수 없다. 알리바이 (Alibi)수사를 할 때 용의자가 언제 어디에 있었는지 밝혀내는 것[1]처럼 어떤 사물이 언제 어떤 정보를 주고받았는지를 떠나 어떤 정보까지 흘러나갔는지 추적하기 위해서는 동기화된 시간들을 추적하여 찾을 수 있다. 이처럼 시간은 IoT의 영역에서도 중요한 요소이다.

IoT에 대한 우리가 추구하는 기술력에 한 발짝 다가가기 위해서는 사물간 협업을 하는데 있어 문젯거리들을 하나씩 해결하는 것 이다. 특히 시간 관계는 사물간의 정보를 주고받기 위한 동기화, 보안 문제에 대한 추적, 오류는 언제 발생하였는지에 대한 문제들 등 여러 방면에서 사용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 진정한 IoT시대에 한 발짝 다가가기 위하여 해결해야 하는 이벤트 처리 문제에서 필수적 요소인 시간 요소를 중심으로 시간관계를 정의하고 시간 관계들로부터 새로운 시간 관계를 식별해낼 수 있는 연구를 진행 하였다.

본 논문의 구성은 2절에서 관련연구 동향을 살펴보고 3절에서 우리가 말하는 이벤트가 무엇인지 정의한다. 4장에서는 이벤트 요소에는 어떠한 것들이 있는지 살펴보고

[†] 본 연구는 국토해양부의 지원으로 수행하고 있는 “수중 광역 이동통신 시스템 개발” 사업 결과의 일부임을 밝히며 지원에 감사드립니다.

이벤트에 대한 시간 관계를 정의하여 시간 관계를 식별하기 전 기반을 마련한다. 5장에서는 시간 관계를 유추하여 2가지 이상의 시간이 어떠한 또 다른 시간 관계를 만들어 내는지 살펴본다. 마지막으로 6장과 7장에서는 이벤트 시간 관계의 활용과 결론에 대해 살펴본다.

2. 관련연구 동향

이벤트를 표현하고 분석하는 것은 굉장히 중요하다. 한 논문에 따르면 이벤트를 어떻게 표현하느냐에 따라 유추할 수 있는 정보가 달라진다고 기술하고 있다[2]. 뿐만 아니라 시간 요소는 이벤트에서 특히 중요한 요소로 작용할 수 있다. 시간 속성을 가진 이벤트는 이벤트 사이의 연관된 규칙을 통해 데이터마이닝 기법에서 우수한 정보를 찾기 위한 연구도 진행되었다[5].

IoT에서도 사물간 통신에도 수많은 연구들이 진행되고 있다. 특히 IoT는 궁극적으로 모든 사물간 통신이기 때문에 엄청난 데이터를 다루며 이벤트가 발생하게 된다. 이 개념이 도입된 이후 글로벌 공급 체인, 환경 모니터링 등에 적용되었고 최근에는 응급 관리 분야에도 적용되었다[6]. 특히 IoT는 사물간 협업을 하기 위해 필요한 기술들이 완전히 정립된 것이 아니기 때문에 이러한 기술들을 정립해주는 것이 중요하다. 특히 사물간 센싱, 통신 등에서 발생하는 이벤트의 처리를 위한 동기화 문제, 오류 복구, 보안 등에서 시간이라는 요소는 서론에서 밝혔던 것처럼 위의 문제들을 해결하기 위해 빠질 수 없는 요소이다.

따라서 본 논문에서는 모든 사물간 통신이 가능한 시대로 한 발짝 다가가기 위한 방안으로 IoT와 이벤트 시간 관계를 접목시켜 사물간 생기는 이벤트 처리를 중심으로 시간관계를 접목시켜 다른 시간관계를 식별하는 연구를 한다.

3. 이벤트와 시간

이벤트란 “어떤 상태의 변화로 인해 상황변화가 생기는 것”을 말한다[2]. 즉, 상황 변화가 생기기 시작한 때가 이벤트가 시작이 되고 상황변화가 끝나면 이벤트는 종료된다고 볼 수 있다. 이벤트의 시작과 종료에도 반드시 시간적인 요소가 포함되게 된다. 따라서 이벤트의 시작과 끝을 어떻게 표현하는가에 대한 문제도 중요하다. 본 논문에서는 이벤트의 시작(start)과 끝(end)을 다음과 같이 정의한다.(단, e 는 이벤트를 나타냄)

- 이벤트의 시작 : $start(e_n)$
- 이벤트의 종료 : $end(e_n)$

다시 말하면, $start(e_1)$ 는 첫 번째 이벤트의 시작을 알리고 $end(e_2)$ 는 두 번째 이벤트의 끝을 알린다.

4. 이벤트 요소와 시간 관계

이벤트는 여러 요소들이 모여 구성된다. 이벤트의 요소 중 시간 관계를 중심으로 다른 시간 관계를 유추해 낼

수 있는데 다른 시간 관계를 유추하기 위해서는 시간 관계에 대한 정의도 필요하다.

4.1 이벤트 요소

센서가 데이터를 가공하여 정보를 만드는 센싱 이벤트만 하더라도 어떤 센서가 언제, 어디에서, 왜, 무엇을 했는지 같은 이벤트 요소들이 포함된다. 이벤트 요소는 이벤트 주체, 이벤트 시간, 이벤트 장소, 이벤트 대상, 이벤트 행위, 이벤트 원인 이벤트, 이벤트 결과 이벤트, SUB이벤트로 구성되며 이벤트를 구성하는 요소는 다음과 같다[2].

- ① **이벤트 주체** : “사물의 작용이나 어떤 행동의 주가 되는 것”
- ② **이벤트 시간** : “이벤트가 발생하는 시간 표현”
- ③ **이벤트 장소** : “이벤트가 발생하는 장소”
- ④ **이벤트 대상** : “어떤 일의 상대 또는 목표나 목적이 되는 것”
- ⑤ **이벤트 행위** : “이벤트 주체가 행하는 것”
- ⑥ **이벤트 원인 이벤트** : “어떤 이벤트를 발생시키거나 변화시키는 이벤트”
- ⑦ **SUB이벤트** : “복합이벤트의 조건이 되는 이벤트”

4.2 이벤트 시간 관계 정의

이벤트의 시간 간격은 AFTER, STARTS, FINISHES, EQUALS, MEETS, OVERLAPS, DURING으로 나눌 수 있다[3]. 이벤트의 시간 간격은 이벤트의 시간 관계로 표현이 가능한데 본 논문에서는 아래와 같이 형식적으로 재정의하였다.

- ① **AFTER** : AFTER 관계는 한 이벤트가 발생하고 약간의 시간이 흐른 후 다른 이벤트가 발생하는 경우를 말하며, 표현 방법은 다음과 같다.

$$AFTER = \{(e_2, e_1) | end(e_1) < start(e_2)\}$$

- ② **STARTS** : STARTS 관계는 여러 이벤트의 시작이 같은 경우를 말하며, 표현 방법은 다음과 같다.

$$STARTS = \{(e_2, e_1) | start(e_1) = start(e_2)\}$$

- ③ **FINISHES** : FINISHES 관계는 여러 이벤트의 끝이 같은 경우를 말하며, 표현 방법은 다음과 같다.

$$FINISHES = \{(e_2, e_1) | end(e_1) = end(e_2)\}$$

- ④ **EQUALS** : EQUALS 관계는 여러 이벤트의 시작과 끝이 모두 같은 경우를 말하며, 표현 방법은 다음과 같다.

$$EQUALS = \{(e_2, e_1) | start(e_1) = start(e_2) \wedge end(e_1) = end(e_2)\}$$

- ⑤ **MEETS** : MEETS 관계는 한 이벤트의 끝에 이어 곧바로 다른 이벤트의 시작이 되는 경우를 말하며, 표현 방법은 다음과 같다.

$$MEETS = \{(e_2, e_1) | end(e_1) = start(e_2)\}$$

- ⑥ **DURING** : DURING 관계는 처음 발생한 이벤트가 시작 되고난 후 다른 이벤트가 시작되고 처음 발생한 이벤트가 끝나기 전에 끝이 나는 경우를 말하며, 표현 방법은

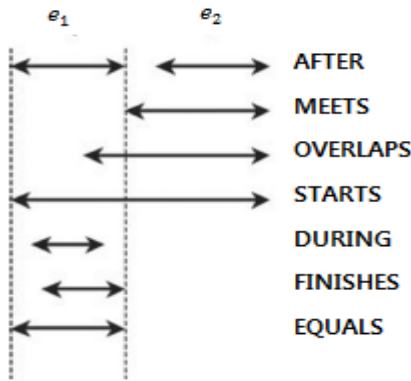
다음과 같다.

$$DURING = \{(e_2, e_1) | start(e_1) < start(e_2) \wedge end(e_1) > end(e_2)\}$$

⑦ **OVERLAPS** : OVERLAPS 관계는 한 이벤트가 시작되어 끝나기 전에 다른 이벤트가 시작되고 끝나기 전 일정 부분이 중첩 되는 경우를 말하며, 표현 방법은 다음과 같다.

$$OVERLAPS = \{(e_2, e_1) | start(e_1) \leq start(e_2) \wedge start(e_2) \leq end(e_1) \wedge end(e_1) \leq end(e_2)\}$$

(그림 1)에는 정의된 7가지의 이벤트 시간 관계를 그림으로 표현한 것이다. e_1 은 첫 번째로 일어난 이벤트, e_2 는 두 번째로 일어난 이벤트를 말한다.



(그림 1) e_1 과 e_2 의 시간 관계[3]

5. 이벤트 시간 관계의 성질

겨울이 되면 우리나라에 많은 눈이 온다. 눈이 많이 내리면 쌓이게 되고 쌓인 눈은 다시 녹거나 얼음이 된다. 눈이 오고, 쌓이고, 녹는 것들은 다 이벤트가 되며 시간 관계를 가지고 있다. 즉, 눈이 오고 난 후 쌓이게 되고 쌓이게 된 눈은 다시 녹거나 얼음이 되는 순서로 시간 관계를 가지고 있는 것이다.

이벤트가 여러 개 생성되면 순서가 만들어진다. 이 순서에는 시간 개념이 들어있다. 날씨를 예상하는 것뿐만 아니라 이미 정의한 시간 관계를 통해 이벤트 사이에 갖는 시간 관계를 식별해 낼 수 있다. 본 연구에서 얻은 식별 결과중 하나로 예를 들자면, MEETS 관계와 DURING 관계가 Intersection되어 완전 새로운 시간 관계인 AFTER 관계를 식별해 내는 것이 한 예이다. 즉, 두 관계 사이에서 이벤트간 새로운 관계를 가질 수 있다는 것이다.

본 연구에서 시간 관계를 이용하여 이벤트간 새로운 시간 관계의 규칙들을 찾았다. 이에 해당하는 규칙은 어떠한 경우에도 성립이 되며, (그림 1)을 참고하면 증명하는데 어렵지 않다.

- ① $(e_2, e_1) \in AFTER \wedge (e_3, e_2) \in AFTER \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
- ② $(e_3, e_1) \in DURING \wedge (e_2, e_1) \in AFTER \Rightarrow (e_2, e_3) \in AFTER$
- ③ $(e_3, e_1) \in FINISHES \wedge (e_2, e_1) \in AFTER \Rightarrow (e_2, e_3) \in AFTER$
- ④ $(e_2, e_1) \in AFTER \wedge (e_3, e_2) \in STARTS \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$

- ⑤ $(e_2, e_1) \in AFTER \wedge (e_3, e_2) \in EQUALS \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
- ⑥ $(e_2, e_1) \in AFTER \wedge (e_3, e_2) \in OVERLAPS \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
- ⑦ $(e_2, e_1) \in AFTER \wedge (e_3, e_2) \in MEETS \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
- ⑧ $(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_2) \in DURING \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
- ⑨ $(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_1) \in FINISHES \Rightarrow (e_2, e_3) \in MEETS$
- ⑩ $(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_2) \in STARTS \Rightarrow (e_3, e_1) \in MEETS$
- ⑪ $(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_1) \in EQUALS \Rightarrow (e_2, e_3) \in MEETS$
- ⑫ $(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_2) \in MEETS \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
- ⑬ $(e_1, e_2) \in DURING \wedge (e_2, e_3) \in DURING \Rightarrow (e_1, e_3) \in DURING$
- ⑭ $(e_1, e_2) \in DURING \wedge (e_3, e_1) \in EQUALS \Rightarrow (e_3, e_2) \in DURING$
- ⑮ $(e_2, e_1) \in EQUALS \wedge (e_3, e_2) \in EQUALS \Rightarrow (e_3, e_1) \in EQUALS$
- ⑯ $(e_2, e_1) \in EQUALS \wedge (e_3, e_2) \in STARTS \Rightarrow (e_3, e_1) \in STARTS$
- ⑰ $(e_2, e_1) \in EQUALS \wedge (e_3, e_2) \in FINISHES \Rightarrow (e_3, e_1) \in FINISHES$
- ⑱ $(e_2, e_1) \in EQUALS \wedge (e_3, e_2) \in OVERLAPS \Rightarrow (e_3, e_1) \in OVERLAPS$
- ⑲ $(e_2, e_1) \in STARTS \wedge (e_3, e_2) \in STARTS \Rightarrow (e_3, e_1) \in STARTS$
- ⑳ $(e_2, e_1) \in FINISHES \wedge (e_3, e_2) \in FINISHES \Rightarrow (e_3, e_1) \in FINISHES$

이 외에도 이벤트의 start와 end에 대한 조건을 추가하면 더 많은 관계들을 식별해낼 수 있다.

위의 20가지에 대한 것들은 (그림 1)과 본 논문 4.2절에 정의된 이벤트 시간 관계를 이용하여 증명할 수 있지만 생략하도록 한다.

6. 이벤트 시간 관계의 활용

6절에서는 본 논문에서 식별한 이벤트 시간 관계 성질 중 몇 개를 예를 들어 어떻게 활용될 수 있는지 실제 예를 들어 알아본다.

6.1 실제 생활에서의 이벤트 시간 관계의 활용

<표 1> 이벤트 시간관계 활용 예제

번호	이벤트 시간관계의 성질
①	$(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_2) \in DURING \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$
②	$(e_2, e_1) \in MEETS \wedge (e_3, e_2) \in MEETS \Rightarrow (e_3, e_1) \in AFTER$

먼저 <표 1>의 ①에 해당하는 예를 표현하고자 한다. 다음과 같은 3개의 이벤트가 있다고 가정하자.

- e_1 = “회사에 출근하기 위해 집을 나섰다.”
 $start(e_1) = am\ 06:55, end(e_1) = am\ 07:00$
- e_2 = “회사에 가는 중이다.”
 $start(e_2) = am\ 07:00, end(e_2) = am\ 08:30$
- e_3 = “버스를 탔다.”
 $start(e_3) = am\ 07:30, end(e_3) = am\ 08:20$

여기서 e_1 과 e_2 는 MEETS관계이고, e_2 와 e_3 는 회사에 가는 중에 버스를 타기 때문에 DURING관계이다. 이 둘의 관계를 이용하여 우리가 e_1 과 e_3 의 관계를 알고 싶다면 ①에 해당하는 성질로 e_1 과 e_3 의 관계를 식별해 낼 수 있다.

즉, 이벤트 시간관계의 성질에 의해 이 두 관계(MEETS, DURING)를 Intersection하면 e_1 과 e_3 는 AFTER관계가 됨을 알 수 있고 이것은 회사에 출근하기 위해 집을 나선 후에 버스를 타게 된 것을 나타낸다.

다음으로 <표 2>의 ②에 해당하는 예를 표현하고자 한다. 마찬가지로 다음과 같은 3개의 이벤트가 있다고 가정하자.

- e_1 = “잠을 잔다.”
 $start(e_1) = pm\ 11:00, end(e_1) = am\ 06:00$
- e_2 = “일어난다.”
 $start(e_2) = am\ 06:00, end(e_2) = am\ 06:01$
- e_3 = “알람을 끈다.”
 $start(e_3) = am\ 06:02, end(e_3) = am\ 06:03$

e_1 과 e_2 는 잠을 자다 바로 일어나는 MEETS의 관계이고, e_2 와 e_3 는 일어나서 바로 알람을 끄는 MEETS관계이다. 우리는 이 성질로 e_1 과 e_3 의 관계도 식별할 수 있다. 마찬가지로 이벤트 시간관계의 성질을 이용해 두 관계(MEETS, MEETS)를 Intersection하면 e_1 과 e_3 사이의 관계는 잠을 자고 알람을 끄는 이벤트 사이에 어떤 이벤트가 있는지 알 필요 없이 AFTER관계라는 것을 알 수 있다.

6.2 IoT에서의 이벤트 시간 관계의 활용

6.1절의 활용 예와 같이 이벤트 시간관계의 성질은 우리의 일상 많은 부분에서 활용이 가능하다. IoT에서도 마찬가지다. 사물들이 밥을 짓는다고 할 때, 각각의 사물은 서로의 정보를 송·수신하여 일을 진행한다. 밥을 하는 과정을 살펴보면 가장 먼저 수도꼭지가 쌀을 씻어낸다. 그 후에 쌀을 밥통에게 보낸다. 이렇게 밥통에 보내질 때 중간에 보내는 역할을 하는 사물은 밥통에게 밥을 하라고 신호를 보내고 밥통은 밥을 한다. 이 역시 쌀을 씻고 밥통으로 보내는 MEETS의 관계와 밥통으로 보내고 밥을 하는 MEETS의 관계를 이용해 쌀을 씻고 밥을 하는 AFTER관계를 식별해낼 수 있다.

뿐만 아니라 오류나 고장이 발생한 경우에도 시간 이벤트의 추적을 통해 복잡하게 얽힌 사물들 간의 이벤트 시간 관계를 유추해냄으로써 언제 어디서 문제가 생겼는지 판단하는데 도움을 줄 수 있다. 꼭 IT (Information Technology)분야에 국한된 것이 아니라 실생활에서도 똑같이 적용 가능하다.

따라서 이러한 성질들을 이용하면 IoT에서 시간적 요소가 들어가는 이벤트를 처리하는데 도움을 줄 수 있고 기술을 정립하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

7. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서 정의한 이벤트 시간 관계와 성질들을 식별했다. 그 결과 시간 요소는 이벤트에 있어서 굉장히 중요하며 빠져서는 안 될 존재임을 알게 되었다. 특히 본 문을 통해 식별한 성질들은 경찰 수사와 같이 사건들의 시간 관계를 통해 알리바이를 풀 수 있는 열쇠가 될 뿐만 아니라 어느 특정 기관이나 분야뿐만 아니라 6.1절의 활용 방안처럼 실생활에서도 적용하고 활용할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 뿐만 아니라 IoT에서는 필요한 사물간 협업에 이벤트 처리와 관련되어 문제가 되는 요소를 해결할 수 있는데 이벤트 시간 관계의 성질을 이용하여 한발짝 다가가는데 기여한다는 점에서 의의가 있다. 추후 IoT의 표준화, 동기화 및 고장 복구 등에 대한 기반을 마련하는데도 이벤트 시간 관계의 성질이 도움이 될 것이다.

다음 연구과제로 본 연구의 이론을 접목하여 시간관계 중심의 이벤트 추론 시스템을 개발하여 실생활에서의 적용과 IoT에 적용하여 사물간 이벤트 처리에 대한 기법에 기여하는 것이 향후 연구목표이다.

참고문헌

- [1] NAVER encyclopedia, <http://krdic.naver.com/detail.nhn?docid=25216800>, 2014
- [2] Chelo-Je Seong, Changhwa Kim and Soo-Hyun Park "Expression Power Analysis among the Existing Event Represent Methods Based on Event Representation Components", 2013
- [3] Asaad Hakeem, Yaser Sheikh, and Mubarak Shah "CASE : A Hierarchical Event Representation for the Analysis of Videos"
- [4] 민경식 "사물 인터넷(Internet of Things)" NET Term, 한국인터넷진흥원, 2012
- [5] DaeYoung Han, Daeln Kim, Jaeln Kim, Cholsu Na and BuHyun Hwan "A Method for Mining Interval Event Association Rules from Set of Events Having Time Property"
- [6] L.Yang, S.H. Yang and L. Plotnick "How the internet of Things technology enhances emergency response operations", 2013