

## 시간 $\pi$ -계산론리에 의한 웹봉사조합의 모형화에 대한 한가지 방법

김용석, 방은철

웹봉사기술은 전자업무들의 통합을 실현하며 업무처리들을 개선하기 위한 프로그램들의 기능을 실현하는데서 표준기술로 리용된다.

$\pi$ -계산론리와 시간 $\pi$ -계산론리는 체계를 모형화하고 검증하는데 리용되는 형식적서술언어들로 제안되었다.[1, 2]

이로부터 논문에서는 시간 $\pi$ -계산론리로 시간속성을 가진 웹봉사조합을 모형화하기 위한 한가지 형식적방법을 제안하였다.

### 1. 선행문헌연구와 문제설정

현시기 WWW(World Wide Web)의 역할로 정보호상작용이 봉사호상작용으로 변화되었으며 봉사지향계산(SOC: Service Oriented Computing)과 분산계산이 전자업무처리분야에서 새로운 개념으로 등장하였다.

$\pi$ -계산론리는 서로 호상작용하는 체계들을 서술하기 위한 형식적서술언어이며 시간 $\pi$ -계산론리는 시간특성을 모형화하기 위하여 시간계수기와 리산시간의 표기, 위치와 통보문실패의 표기를 가진 형식적서술언어이다.

웹봉사는 대면부를 통하여 봉사가 진행된다. 매 봉사부분품은 부분봉사들이 통보문을 보내거나 받음으로써 서로 호상작용한다고 본다.

시간초과와 같은 시간제약말에 통보문교환사건이 어떤 시간내에 수행되어야 한다. 사실  $\pi$ -계산론리는 웹봉사의 호상작용과 그것의 행동을 모형화하는데 적합한 언어이다.

논문에서는 웹봉사조합을 특정한 시간제약을 가진 외부적으로 생성된 신호 혹은 입력들에 응답해야 하는 시간작업흐름(Flow)으로 모형화하기로 한다.

직결판매체계를 실례를 들어 논의하기로 하자. 이 체계는 일부 시간제약들을 포함한다. 직결판매체계의 요구명세서는 다음과 같다.

① 주문자는 판매자에게 요청을 보낸다.

② 판매자가 주문자로부터 요청을 받으면 관계되는 봉사부분품들이 동적으로 선택된다. 즉 인증봉사, 검색봉사, 지급송달봉사, 확인인쇄봉사, 신용카드지불봉사 등 그밖의 봉사들이 조합된다.

직결판매체계의 동작은 다음과 같다.

① 주문자는 판매자에 의해 제공된 직결판매체계에 의하여 요구하는 상품들을 선택하고 송달주소를 입력한다.

② 체계는 그 상품들이 구입할수 있는가, 주문자의 신용카드정보가 정확한가를 검사한다.

③ 체계는 주문이 완료되었다는 확인통보문을 주문자에게 알려준다. 그러나 주문자를 위한 동적웹브봉사조합을 수행하기 위해서는 보다 복잡한 문제들이 제기된다. 응답동작은 시간제약을 가진다. 이 처리는 다만 일정한 시간동안만 가능하다. 만일 그 어떤 처리도 주어진 시간에 통보문을 받거나 보내지 않으면 체계는 업무의 호상작용을 끝낸다.

## 2. 시간 $\pi$ -계산론리

웹브봉사를 시간 $\pi$ -계산론리로 모형화하기 위해 어떤 시간제약을 나타내는 시간표식에 대하여 논의하기로 하자.

통보문을 형식적으로 다음과 같이 3원조로 정의한다.[1]

$$\langle m, t_m, c \rangle$$

여기서  $m$ 은 통보문이고  $t_m$ 은 통보문의 시간표식이며  $c$ 는  $t_m$ 을 생성하는 시간계수기이다.

2개의 시간연산자(Reset, Constraint)가 있다. 여기서 Reset는 시간계수기의 재설정연산자이며 Constraint는 시간계수기의 시간제약연산자이다.

시간제약연산자를 BNF표기법으로 다음과 같이 정의한다.

$C::= \text{Reset} | \text{Constraint} | \varepsilon$

$\text{Reset}::= (\text{reset clock}) | \text{Constraint}(\text{reset clock})$

$\text{Constraint}::= ce \sim 0$

$ce::= x + ce | x - ce | x$

$x::= \text{Number} | \text{clock}$

$\varepsilon::= < | > | \leq | \geq | =$

$\pi$ -계산론리에서는 이름, 통로, 처리를 리용한다.

이름은 자기의 령역을 가지며 특정한 처리들에 속박되거나 속박되지 않을수도 있다.

통로는 통로련결을 의미하며 처리들은 이 통로를 통하여 통보문을 보내거나 받으면서 서로 호상작용한다.

통로는 다음의 세가지 시간제약을 포함한다.

$\text{Input}::= C\bar{a} \langle m, t_m, c \rangle$

$\text{Output}::= Ca \langle m, t_m, c \rangle$

$\text{Silent}::= Cz$

실례로  $(c < 6) \bar{a} \langle x, t_x, c \rangle$ 는 시간계수기  $c$ 가 재설정될 때부터 6s내에 통로  $a$ 를 통하여 통보문  $x$ 가 보내져야 한다는것이다.

시간 $\pi$ -계산론리의 문장론은 다음과 같다.

$P::= o | C\bar{a} \langle x, t_x, c \rangle . P | Ca \langle x, t_x, c \rangle . P | Cz .$

$$P | \xi(P + gP) | \xi(P \parallel gP) | \xi(P, gP) | \xi(!gP) | (\text{val}) P | [x = y] P$$

여기서  $Ca \langle x, t_x, c \rangle . P$ 는 처리가 통로  $a$ 로 통보문  $x$ 를 받고  $P$ 로 전개된다는것을 의미하고  $C\bar{a} \langle x, t_x, c \rangle . P$ 는 처리가 통로  $a$ 를 통하여  $x$ 를 보낸 다음  $P$ 로 전개된다는것을 의미하며  $Cz.P$ 는 처리가 이름의 동작이 없이  $P$ 로 전개될수 있다는것을 의미한다. 그리고 입력 혹은 출력, 침묵처리가 완전히 일어났을 때 시간계수기  $C$ 는 재설정된다.

구조적조합의 공통적인 시간제약을 표현하기 위하여  $\xi$ 를 리용한다.  $\xi$ 는  $c$ 와 배타적

이다. 즉  $c \cap \xi = \emptyset$ ,  $z \in \xi$ 는 웹봉사조합에 대한 응답 혹은 시간속박도달가능성에 대한 부호이다.

연산자  $+$ ,  $\parallel$ ,  $;$ ,  $|$ 는 선택, 병렬, 순차, 복제를 나타낸다. 사건  $g$ 는 조합의 시간계수기로서 불변량을 서술하는데 이용된다.

실례로  $(g < 5) (P + < g >) P$ 는 선택조합  $P + P$ 가 시간계수기  $g$ 가 재설정된 때부터 5s동안에 완성되어야 한다는것을 의미한다.

속박은 처리가  $P$ 와 같이 동작하지만 이름은 국부적이며 다른 처리들과의 통신에 이용될수 없다는것을 의미한다. 만일  $x$ 와  $y$ 가 같은 이름이면 처리  $P$ 로서 성공하며 기타 경우 아무러한 동작을 하지 않는다.

연산적의미론은 가능한 모든 처리들을 서술하는데 이용된다.

선행연구에서는 입력과 출력사건에 중점을 두면서 이행규칙모임으로서의 연산적의미론에 대하여 논의하였다.

론문에서는 구조적인 조합을 조종하기 위하여 시간 $\pi$ -계산론리의 의미론을 개선하기로 한다.

연산적의미론은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{P \xrightarrow{Ca} P'}{(g \sim 0) (P + < q > Q) \xrightarrow{Ca} P'}$$

식에서는 전조건  $P \xrightarrow{Ca} P'$ 가 만족되면 선택항처리는  $g$ 시간만에 수행되어야 한다는것을 보여주었다.

선택조합이 진행되는 동안 모든 시간계수기를 재설정하는 재설정지령으로 형식화할 수 있다.

$$\frac{(\text{reset } c) P \xrightarrow{(\text{reset } c) Ca} P'}{(g \sim 0) (\text{reset } c) (Pt + < q > Q) \xrightarrow{(\text{reset } c) Ca} P'}$$

### 3. 시간 $\pi$ -계산론리에 의한 웹봉사조합의 모형화

봉사실행과 호상작용과정을 나타내기 위하여 구성방식에 대하여 논의하기로 하자.

웹봉사조합구성방식을 그림 1에 보여주었다. 그림 1에서 봉사층의 매 웹봉사는 시간요소를 가지며 이것은 봉사실행시간을 나타낸다. 그리고 봉사실행의 시작시간, 봉사결합시간, 시간불은 입출력서술을 나타낸다.

봉사후보층에서 봉사저장소는 현재 봉사가 실패하였을 때 추가적인 봉사를 제공하는데 이용된다.

작업흐름모형에서 웹봉사에 기초한 소프트웨어체계는 일반적으로 조종처리들의 작업흐름으로서 모형화된다.

선행연구[1]에서는 BPEL4WS명세서로부터 시간 $\pi$ -계산론리로 변환하는 방법을 제안하였다. 이때 웹봉사정의언어(WSDL: Web Service Definition Language)는 4개의 연산자를 포함한다.

one-way(요청), request-response(요청-응답), solicit-response(요청-응답), notification(통지)

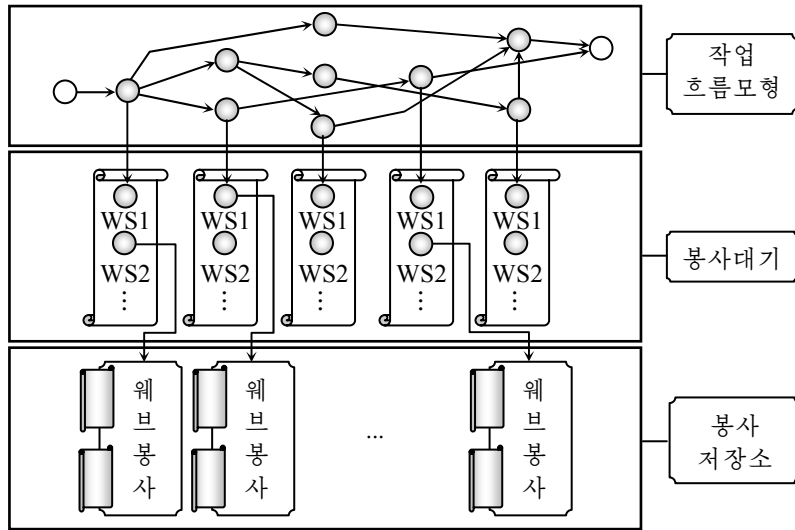


그림 1. 웹봉사조합구성방식

웹봉사정의언어에 봉사의 시간속성을 서술하기 위해  $\langle \text{timestamp}="" \rangle$ ,  $\langle \text{clock name}="" \rangle$ ,  $\langle \text{clockOperations}="" \rangle$ 를 추가하였다.

대응하는 시간 $\pi$ -계산론리식은 다음과 같다.

one-way서술

```

<operation name="a">
  <input message="x">  $\rightarrow (c < 9) \bar{a} < x, t_x, c >$ 
    <time stamp="t_x"/>
  <clock name="c">
    <clockOperations>
      <clock expression="c < 9">
    </clockOperations>
  </input>
</operation>

```

식에서 request-response와 solicit-response는 one-way와 notification의 결합으로 표현하였다.

작업흐름층에서 업무처리실행언어(BPEL: Business Process Execution Language)는 웹봉사조합을 나타낸다.

시간제약을 위하여 업무처리실행언어를 확장한다. 즉  $\langle \text{time constraints} \rangle$ 를 추가한다.

실례

```

<sequence>
  <time constraints="g">  $\rightarrow (c < 3) P_a;_{(g)} P_b$ 
  <clockOperations>

```

```

    <clock expression = "g<3">
  </clockOperations>
  </clock reset = "g"/>
  <receive operation = "a">
  <invoke operation = "LoginService">
    <reply operation = "a">
  <receive operation = "b">
  <invoke operation = "BookingHotel">
    <reply operation = "b">
  </time>
</sequence>

```

실행에서는 실행전에 먼저 공통시간계수기  $g$ 가 재설정되고 다음 순차적인 실행은 3s 안에 진행된다는것을 보여주었다.

#### 4. 시간 $\pi$ -계산론리에 의한 직결판매체계의 모형화

봉사행동은 동적인 특성 즉 봉사의 선택, 봉사의 상태변환, 통보문교환순서들을 나타낸다.

직결판매체계는 6개의 처리 즉  $P_{login}, P_{view}, P_{delivery}, P_{creditcard}, P_{prmt}, P_{end}$  들로 구성된다.(그림 2)

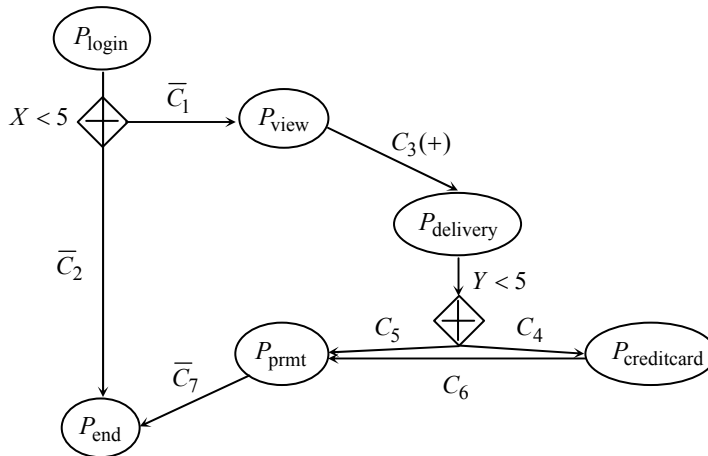


그림 2. 직결판매체계

이때 7개의 통로  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7$  들이 존재한다. 여기서 봉사가 대응하는 통로를 통하여 통보문을 받는다고 가정한다.

$C_1, C_2, C_7$ 은 각각 통보문의 성공, 실패, 혼잡을 출력하는 notification층이다.

$C_3, C_4, C_5, C_6$ 은 각각 selectgoods, onLime Pay, cashPay를 나타낸다.

이때 시간 $\pi$ -계산론리식은 다음과 같다.

$$P = (\text{reset}(x)) (x < 1) ((x_2 < 1) \bar{c}_2) \dots$$

연산적의미론에 따라 업무론리의 매 단계는 다음과 같다.

첫번째 통보문교환순서처리

두번째 통보문교환순서처리

세번째 통보문교환순서처리

## 맺 는 말

봉사지향구성방식(SOA: Server Oriented Architecture)에서 기본역할을 하는 웹서비스조합의 정확성을 어떻게 담보하는가 하는 방법을 제안하였다. 또한 웹서비스와 그것들의 호상작용을 시간 $\pi$ -계산론리로 어떻게 모형화하는가를 실례를 통하여 그 방법을 제안하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Saurabh Agarwal;  $\pi$ -calculus Based Formal Verification of Web Services Composition, 8, 5, 137, 2015.
- [2] Adel Khaled, James Miller; Using  $\pi$ -calculus for Formal Modeling and Verification of WS-CDL Choreographies, 10, 4, 316, 2017.

주체107(2018)년 5월 5일 원고접수

## An Approach for Modeling of Web Service Composition by Timed $\pi$ -calculus

*Kim Yong Sok, Pang Un Chol*

In the paper, we proposed a method on modeling of Web Service Composition by timed  $\pi$ -calculus.

Key words: timed  $\pi$ -calculus, formal modeling, operation semantics