

# 선점 목표계획법을 이용한 웹 서비스 파트너선택\*

## The Partner Selection using Preemptive Goal Programming in the Web Services Environment

조대래<sup>1</sup>, 하병현<sup>1</sup>, 김훈태<sup>2</sup>, 강석호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 산업공학과, <sup>2</sup>대진대학교 산업시스템공학과

### Abstract

많은 기업들은 기업 내·외의 기술 및 서비스의 효율적인 통합 환경을 구축하기 위해 웹 서비스를 도입하고 있다. 구조화된 웹 서비스는 고객의 입장에서 그들의 요구를 만족시킬 수 있어야 하고, 공급자 입장에서는 경제성을 가지고 실행되어야 한다. 이 연구의 목적은 고객의 입장에서 여러 서비스 기준들을 만족시킬 수 있는 적합한 웹 서비스를 구성하는 방안을 탐구하는데 있다. 본 논문에서는 고객의 서비스에 대한 선호도를 고려하기 위해 선점 목표계획법을 이용하여 웹 서비스를 구성한다. 이러한 접근법은 고객이 다중 우선순위를 가지고 있는 상황의 문제 해결 방안을 제시한다.

### 1. 서론

많은 기업들은 빠르게 변화하는 기술과 다양한 고객의 요구를 만족하기 위해 유연하고 효율적인 시스템을 구축하고 노력하고 있다. 기업 내부적으로는 비즈니스 프로세스를 정의·실행하며, 발생한 인스턴스에 대해 모니터링하고 분석한 후 새로운 비즈니스 프로세스를 정의하였다. 하지만, 기업간 경쟁이 치열해지고 다양한 시장에 대응하기 위해서는 기업 내 프로세스뿐만 아니라 기업간 프로세스에 대해서도 이러한 노력이 필요하게 되었다. 기업간 애플리케이션이 가지고 있는 문제점은 그것을 구성하는 컴포넌트들이 자생적이고 이기종이며 분산된 환경이라는 점이다[8]. 이러한 문제점을 해결해 줄 수 있는 대안이 웹 서비스이다. 웹 서비스는 플랫폼에 독립적이고, 기업간 협업을 용이하게 해주며, 마지막으로, 서비스를 조합하여 사용하기 편리하다는 장점이 있다. 웹 서비스 이전에도 많은 방법론이 존재하였으나, 웹 서비스는 인터넷을 기반으로 한다는 점과 OASIS, SUN, IBM, ORACLE과 같은 IT시장에서 영향력이 큰 표준기구들과 업체들이 참여한다는 점에서 가장 유망한 방법으로 각광받고 있다. 기업간 웹 서비스를 수행할 때 발생하는 의사결정문제 중 하나는 각 task를 지원해 줄 수 있는 수많은 애플리케이션 중에서 적합한 것을 선택하는 문제이다. 현

재 많은 연구기관과 업체들은 품질을 기준으로 프로세스 기반 웹 서비스 구성 방법론에 대해 연구하고 있다. 대표적인 품질척도에 대한 기준으로 IBM에서 제시한 웹 서비스의 QoS가 있다[11]. 하지만 이러한 기준들을 평가할 수 있는 적합한 방법에 관한 연구가 아직 부족하며, 서비스 공급자를 채택하는 방법 또한 만족스러운 수준은 아니다. 우리는 프로세스 관리자 입장이 아닌, 고객의 입장에서 프로세스가 가장 좋은 성능을 낼 수 있도록 서비스 공급자를 채택하는 방법에 대해서 연구 하였다. 고객이 품질기준의 우선순위를 가지고 서비스를 요구 할 때 선점 목표계획법은 이러한 요구에 대하여 합리적인 해답을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 서비스 공급자를 채택하는 방법으로 선점 목표계획법을 사용한다.

### 2. 웹 서비스 파트너 선택

본 연구에서는 웹 서비스의 프로세스가 미리 정의되어 있다고 가정하였다. 그리고 고객은 비용과 시간 등에 대한 요구사항들을 가지고 있으며, 이 요구사항들은 우선순위를 가진다고 가정하였다. 서비스 제공자는 프로세스를 구성하는 하나의 task를 실행하기 위해 하나의 서비스 공급자를 선택한다. 따라서 프로세스 내 OR분기는 존재하지 않고, AND분기와 XOR분기만이 존재하게 된다.

그림 1은 간단한 웹 서비스 프로세스의 예제를 보여준다. 프로세스를 구성하는 각 task에는 이를 수행할 수 있는 여러 서비스 공급자가 존재한다. 그리고 고객은 자신만의 선호도를 가지고 이 프로세스의 수행을 요구한다. 이 때 고객의 선호도를 만족시킬 수 있도록 각 task당 가장 적합한 하나의 공급자를 지정해야한다. 이것이 고객의 선호도를 고려한 웹 서비스 파트너 선택 문제이다. 이 장에서는 본 논문에서 사용하는 선점 목표계획법의 구체적인 내용을 설명한다.

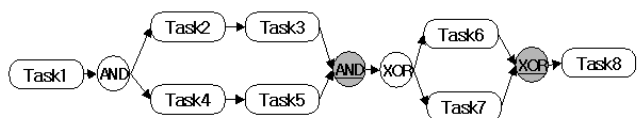


그림1. 웹 서비스 프로세스 예제

\* 본 연구는 과학기술부 21C 프론티어 사업 (04A2-B1-31)지원으로 수행되었음

## 2.1 Notation

다음은 본문 중에서 이용하고 있는 기호들에 대한 설명이다.

- $C_{ij}$ : task  $i$ 를 서비스 공급자  $j$ 가 제공하는 운영비용
- $D_{ij}$ : task  $i$ 가 XOR분기나 AND분기 상에 존재하지 않는 경우의 task  $i$ 를 서비스 공급자  $j$ 가 제공하는 운영시간
- $D'_{ij}$ : task  $i$ 가 XOR분기 상에 존재하는 경우, task  $i$ 를 서비스 공급자  $j$ 가 수행하는데 걸리는 시간
- $D''_{ij}$ : task  $i$ 가 AND분기 상에 존재하는 경우, task  $i$ 를 서비스 공급자  $j$ 가 수행하는데 걸리는 시간
- $B$ : 고객이 원하는 총비용
- $T$ : 고객이 원하는 총 시간
- $P_x$ : AND분기에서  $x$ 번째 실행되어야 하는 경로에서 걸린 시간
- $P_{xy}$ : AND분기에서  $x$ 번째 실행되어야 하는 경로 중에서  $y$ 번째 가능한 경로에서 걸린 시간
- $Z$ :  $P_x$ 들 중의 최대값, 즉 AND분기를 통과하는 시간
- $S_{ij}, S'_{ij} \begin{cases} 1 & \text{task } i \text{를 서비스 공급자 } j \text{가 제공하는 경우} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

## 2.2 비용에 대한 제약

비용에 대한 경우 서비스가 XOR분기에 있는 경우와 그렇지 않는 경우로 분리해서 생각해야 한다. 왜냐하면, task가 XOR분기 상에 존재하면 task들 중에서 하나의 서비스 공급자만 선택하면 되기 때문이다. (2)는 XOR분기 상에 존재하는 task들 중 한 명의 서비스 공급자를 선택하는 것을 나타내고, (3)은 XOR분기 상에 존재하는 task 내에서는 한 명의 공급자를 선택함을 나타낸다. 그리고 (1)은 (2)와 (3)에서 선택된 서비스 공급자들이 제시한 비용의 총합을 나타낸다.

$$\sum_i \sum_j C_{ij}S_{ij} + C'_{ij}S'_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i \sum_j S'_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_j S_{ij} = 1 \quad (3)$$

## 2.3 시간에 대한 제약

시간은 XOR분기와 AND분기, 그리고 어느 분기에도 들어가지 않는 경우를 분리해서 모형화한다. AND분기의 경우에는 분기 내 모든 경로들이 걸린 시간 중에서 가장 많이 걸린 시간이 AND분기를 통과하는 시간이 되고, XOR분기의 경우에는 비용에서 기술하였던 방법과 같은 이유로 XOR분기 내 여러 task들의 서비스 공급자들 중에서 하나만 선택하면 된다.

### 2.3.1 XOR분기 상의 제약

(5)는 XOR분기에 있는 task들의 서비스 공급자들 중에서 하나의 서비스 공급자를 선택함을 의미하고, (4)는 (5)에서 선택된 서비스 공급자들이 걸린 총 시간을 의미한다.

\* $S_{ij}$ 는 task  $i$ 가 XOR분기 상에 존재하지 않고,  $S'_{ij}$ 는 task  $i$ 가 XOR분기 상에 존재한다.

$$\sum_i \sum_j D_{ij}S_{ij} \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i \sum_j S'_{ij} = 1 \quad (5)$$

### 2.3.2 AND분기 상의 제약

AND분기의 경우 실행되어야 할 경로들 중에서 시간이 가장 오래 걸리는 경로의 시간이 AND분기를 수행하는 시간이 된다. 그리고 AND분기 상에 실행되어야 하는 각 경로들 중에서도 모든 가능한 경우의 수를 고려해서 모형화해야 한다. (8)은 AND분기 내에 존재하는 가능한 실행경로들의 시간을 나타내고 있으며, (7)은 실제 수행하는 경로의 시간으로 (8)의 최소 시간이다. 마지막으로 (6)은 AND분기를 통과하는데 걸리는 총 시간으로 (7)의 최대 시간을 나타낸다.

$$\text{Max} \{P_x\} \quad (6)$$

$$P_x = \text{Min} \{P_{xy}\} \text{ for, } \forall y \quad (7)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i,j \in P_{xy}} D'_{ij}S_{ij} = P_{xy} \quad (8)$$

$$\sum_j S_{ij} = 1 \quad (3)$$

Min과 Max의 연산자를 제거하기 위해 (6)에 새로운 변수  $Z$ 를 도입하여 (9)와 같은 부등식의 형태로 변형하고, (7) 또한 (10)과 같은 부등식의 형태로 변형한다.

$$Z \geq P_x \quad \text{for } \forall y \quad (9)$$

$$P_x \leq \{P_{xy}\} \quad \text{for } \forall y \quad (10)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i,j \in P_{xy}} D'_{ij}S_{ij} = P_{xy} \quad (11)$$

$$\sum_j S_{ij} = 1 \quad (12)$$

### 2.3.3 프로세스 전체 시간에 대한 제약

프로세스를 수행하는데 걸린 시간은 AND/XOR분기를 통과하는데 걸린 시간과 AND/XOR분기에 속하지 않는 task를 수행하는데 걸린 시간의 합이다. 그러므로 수행시간의 총합은 2.3.1과 2.3.2에서 기술했던 시간들과 어떤 분기 상에도 속하지 않는 task를 수행하는데 걸린 시간들의 총합으로 표현할 수 있다. (13)은 수행시간의 총합을 나타낸다.

$$\sum_i \sum_j D_{ij}S_{ij} + \sum_i \sum_j D'_{ij}S'_{ij} + Z \quad (13)$$

$$\text{s.t.} \quad Z \geq P_x \quad \text{for } \forall y \quad (9)$$

$$P_x \leq \{P_{xy}\} \quad \text{for } \forall y \quad (10)$$

$$\sum_{i,j \in P_{xy}} D'_{ij}S_{ij} = P_{xy} \quad (11)$$

$$\sum_j S_{ij} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j S'_{ij} = 1 \quad (2)$$

### 2.4 선점 목표계획법

다수의 목표가 있고, 각 목표들 사이에 선행되어야 할 목표의 순서가 있는 경우 선점 목표계획법을 사용할 수 있다[10]. 선점 목표계획법에서 의사결정자는 목표들에 우선순위를 매긴다. 예를 들어  $G_1$ 을 가장 중요한 목표라고 하고,  $G_2$ 를 다음으로 중요한 목표라고 하자. 선점 목표계획법은  $G_1$ 을 만족하는 모든 기저 가능 해를 찾은 후, 그들 중  $G_2$ 를 만족하는 해를 찾는다. 이 절에서는 고객이 비용과 시간에 대한 요구사항을 가지고 있으며, 비용이 시간보다 우선한다고 가정하고 선점 목표계획법을 수립하였다.

#### 2.4.1 의사결정 변수 정의

$E_j$  : 목표  $j$ 에 대해 초과한 양

#### 2.4.2 목표들의 우선순위 결정

우선순위 1 : 총 비용을 최소화한다.

$$\sum_i \sum_j (C_{ij}S_{ij} + C'_{ij}S'_{ij}) - E_1 \quad (14)$$

우선순위 2 : 총 시간을 최소화 한다.

$$\sum_i \sum_j D_{ij}S_{ij} + \sum_i \sum_j D'_{ij}S'_{ij} + Z - E_2 \quad (15)$$

#### 2.4.3 우선순위들의 목적식 기술

$$G_1 = \text{Min } U_1 \quad (16)$$

$$G_2 = \text{Min } U_2 \quad (17)$$

#### 2.4.4 제약식 기술

2.3.2에서 기술한 목표들의 우선순위(14),(15) 와 2.1, 2.2에서 기술한 제약식 (1)-(13)들로 표현한다.

### 2.5 일반화된 식

지금까지의 내용을 정리하면 (18)은 (16)와 (17)을 결합한 식이 되고, 제약식은 2.4.5에서 정리한 식이 된다.

$$\text{Min } G_1 U_1 + G_2 U_2 \quad (18)$$

$$\text{s.t } \sum_i \sum_j (C_{ij}S_{ij} + C'_{ij}S'_{ij}) - E_1 = B \quad (19)$$

$$\sum_i \sum_j D_{ij}S_{ij} + \sum_i \sum_j D'_{ij}S'_{ij} + Z - E_2 = T \quad (20)$$

$$Z \geq R_x \quad \text{for } \forall x \quad (9)$$

$$P_x \leq \{P_{xy}\} \quad \text{for } \forall y \quad (10)$$

$$\sum_{i,j \in P_{xy}} D'_{ij}S_{ij} = R_{xy} \quad (11)$$

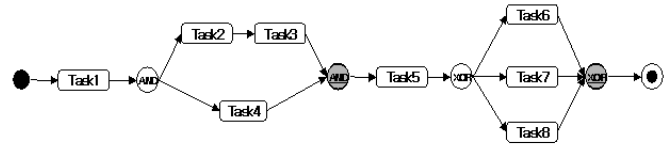
$$\sum_j S_{ij} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j S'_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$S_{ij} \text{ and } S'_{ij} \text{ is } 0 \text{ or } 1 \text{ for } \forall i, j$$

### 3. 예제 시나리오

그림 2에서 각 task에 대한 서비스 공급자들이 표1의 비용과 시간으로 서비스를 제공해 줄 수 있다고 가정하자. 한 고객이 200만원 이내의 비용과 2시간 이내에 여행 일정을 잡을 수 있는 웹 서비스를요구하였다. 그리고 고객은 비용에 대한 조건이 시간에 대한 조건보다 우선한다고 한다. 이 문제는 두개의 조건에 대한 우선순위를 가지므로, 2단계에 걸쳐 선



Task1 : 여권발급      Task4 : Credit Card 조회      Task6 : Car Rental  
Task2 : Flight Reservation      Task5 : 비자발급      Task7 : Bus Reservation  
Task3 : Hotel Reservation      Task8 : Train Reservation

그림 2 여행 업무를 지원하는 웹 서비스

점 목표계획법을 풀어야한다.

(Step1) 비용 조건을 만족하는 기저 가능해

2.4에서 도출한 일반화 된 식에서 제약식을 기술하고 목적식은 (21)으로 하였다.

$$\text{Min } U_1 \quad (21)$$

Lindo를 이용하여 이 문제를 푼 결과,  $E_1=0$ 라는 결과를 얻었다. 이 결과는 첫 번째 목표인 비용에 대한 초과분이 존재하지 않는다고 해석한다. 즉, 고객이 지불할 수 있는 비용조건(200만원)에 대한 기저해가 존재함을 알 수 있다. 다음 단계로 3.1 결과의 가능해들 중에서 2시간 이내에 서비스를 완료해 줄 수 있는 서비스 공급자를 선택해야 한다.

(Step2) 시간 조건을 만족하는 기저 가능해

두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 얻은 가능해 중에서 두 번째 목표를 만족하는 해를 찾는다. 우선 첫 번째 목표를 만족하는 해가 존재하므로 (19)를 바인딩한다. 즉 (23)을 2.4에서 도출한 제약식에 포함한다. 시간에 대한 제약식인 (20)의 경우 AND분기에서  $Z$ 의 최대변량을 제약식에서 결정할 수 없으므로, 목적함수에서 결정하여야 한다. 이러한 이유로 AND분기를 통과하는데 걸리는 시간의 음수값  $-Z$ 를 의사결정 변수  $E_2$ 를 더하여 목적함수 (22)를 도출한다.

$$\text{Min } E_2 - Z \quad (22)$$

$$E_1 = 0 \quad (23)$$

Step1을 우선 만족하면서 시간에 대한 조건을 만족하는 해가 존재하는지에 대한 판정은 목적함수 값과  $-\text{MAX}\{P_x\}$ 의 값을 비교하면 알 수 있다.

$(E_2 - Z)$ 와  $-\text{MAX}\{P_x\}$ 가 동일하면 목표 2까지 만족하는 해가 존재함을 나타내고 그렇지 않으면 다르게 나타난다. 이 문제에서는 동일하게 나타났고, 최종결과는  $S_{11}=S_{21}=S_{31}=S_{42}=S_{51}=S_{85}=1$  이었다. 이것은 우리가 원하는 각 task의 서비스 공급자를 의미한다. 이들 공급자들의 서비스를 받을 때 드는 총 비용은 199만원이고 총 시간은 120분이다.

표1. 각 task별 서비스 공급자(SV)들이 task를 수행하는데 드는 비용과 시간 (비용, 시간)

	SV1	SV2	SV3	SV4	SV5
task1	(8,50)	(7,45)	(9,60)		
task2	(100,1)	(90,5)	(85,10)	(95,3)	
task3	(40,1)	(36,10)	(35,15)	(38,3)	(37,5)
task4	(1,10)	(2,5)			
task5	(15,55)	(20,45)			
task6	(50,5)	(45,8)	(47,7)	(40,10)	(43,9)
task7	(30,10)	(33,9)	(35,7)	(37,8)	(40,5)
task8	(25,5)	(27,7)	(30,8)	(33,9)	(35,10)

#### 4. 관련연구

프로세스 기반의 웹 서비스는 기업 내 애플리케이션을 통합하는 주요도구로서 사용되어지고, B2B를 지원해주는 매개체로서 그 중요성 커지고 있다[5]. 프로세스 조합 운영에 관한 의사결정은 웹 서비스의 등장 이전에도 많이 이루어졌다. 예를 들면, 기업 내 애플리케이션을 통합하는 미들웨어로서 많이 사용되었던 워크플로우의 구성에 관한 연구가 그것이라고 할 수 있다[1][2]. 현재 많은 연구자들이 웹 서비스를 구성할 때 서비스의 품질(QoS)을 고려하는 방안에 대해 연구하고 있다[4]. 이러한 연구방향은 일반적으로 서비스 제공자의 입장에서 이루어진다. 이 연구에서는 서비스 제공자 입장이 아닌, 고객의 입장에서 웹 서비스를 만족할 수 있도록 구성하는데 초점을 맞추었다. 고객이 요구하는 웹 서비스의 평가요소로서 시간과 비용을 고려하였고, 시간과 비용에 대한 최적의 해는 선점 목표계획법을 이용하여 도출하였다. 몇몇 연구자들은 유사한 접근방법으로 웹 서비스 공급자를 선정하였다[3]. Zeng et al.은 각 평가기준들에 대해 가중치를 부여하고, 이를 일반적인 선형 계획법으로 풀이하였다. 하지만, 이러한 방법은 고객의 입장에서 선호도를 주는 상황을 대처할 수 없으며, 또한 시간에 대한 측정방법이 불안정하였다. 본 논문에서 사용한 선점 목표계획법은 웹 서비스 구성 문제와 유사한 SCM의 영역에서 우선순위가 주어진 다중 의사결정에 사용되고 있다[6].

#### 5. 결론 및 추후 연구과제

본 논문은 웹 서비스를 조합할 때 서비스 공급자 선택의 의사결정 문제를 선점 목표계획법으로 접근하였다. 선점 목표계획법에 의한 방법은 기존의 선형계획법에 의한 접근 방법보다 몇 가지 향상된 점을 가지고 있다. 첫째는 고객 개개인의 요구사항을 최대한 만족하는 방향으로 웹 서비스 파트너를 선택할 수 있다는 점이며, 둘째는 모든 요구사항의 만족이 불가능한 경우 우선순위가 높은 요구사항만을 만족하는 해를 구할 수 있다는 점이다. 웹 서비스 파트너 선택과 관련된 추후 연구과제는 다음과 같다. 먼저 서비스 공급자의 수가 많아질 경우, 계산 시간이 기하급수적으로 증가한다. 따라서 이 문제에 적합한 발견적 기법이 필요하다. 둘째 웹 서비스 공급자는 UDDI나 다른 저장소에 서비스 명세를 등록하여야 한다. 이 때 그들이 명세를 정확하게 올리게끔 하는 신뢰 메커니즘에 대한 연구도 필요하다. 마지막으로, 고객의 입장이 아닌 웹 서비스 제공자의 입장에서 서비스 파트너를 선택하는 문제도 고려되어야 한다.

#### 6. 참고문헌

[1] Jorge Cardoso, John Miller, Amit Sheth and Jonathan Arnold. Modeling Quality of Service for Workflows and Web Service Processes. Technical Report, 2002.  
[2] Jorge Cardoso and Amit Sheth. Semantic e-Workflow Composition. Journal of Intelligent Information Systems, 21(3), pp.191-225, 2003.  
[3] Liangzhao Zeng, Boualem Benatallah, Marlon

Dumas, Jayant Kalagnanam and Quan Z. Sheng. Quality Driven Web Services Composition. In Proceedings of the Twelfth International World Wide Web Conference, Budapest, Hungary, 2003.  
[4] Pavel Fedosseev. Composition of Web Services and QoS Aspects. Data Communication and Distributed Systems Workshop 2003/2004.  
[5] Biplav Srivastava and Jana Koehler. Web Service Composition-Current Solution and Open Problems. ICAPS 2003 Workshop on Planning for Web Services, pp. 28-35, 2003.  
[6] Ge Wang, Samuel H. Huang and John P. Dismukes. Product-driven Supply Chain Selection using Integrated Multi-criteria Decision-making Methodology. International Journal of Production Economics, To be appeared.  
[7] Web Service Architecture Usage Scenarios. <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-scenarios-20040211/>  
[8] B. Medjahed, B. Benatallah, A Bouguettaya, A.H.H.Ngu and A.K Elmagarmid. Business-to-business interactions: issues and enabling technologies. The International Journal on Very Large Data Bases Journal, 12(1), 2003.  
[10] Wayne L. Winston. Operations Research Application and Algorithms, Third Edition. 1993.  
[11] Understanding Quality of Service for Web Service. <http://www-106.ibm.com/developer-works/webservices/library/ws-quality.html>