IE Interfaces
Vol. 19, No. 2, pp. 153-159, June 2006.

전시 · 컨벤션 시설의 합리적 운영을 위한 스케줄링 개발

김창대[1†] · 주원식[2]

[1]동서대학교 경영학부 / [2]경남정보대학 경영정보계열

The Scheduling Algorithm for Operating the Facility of Exhibition and Convention

Changdae Kim[1] · Wonsik Joo[2]

[1]Division of Business Administration, Dongseo University, Busan, 617-716
[2]Subdivision of MIS, Kyungnam Information & Technology, Busan, 617-701

The research of scheduling algorithms for operating the facility of exhibition and convention can be hardly found in published papers. This study is to find problems in the process of operating the facility of exhibition and convention and to develop the scheduling algorithm satisfying those problems. The scheduling algorithm of this paper is developed through constructing the mathematical model and analyzing the mathematical structure of variables and constraints in that model. The scheduling algorithm developed in this paper consists of the first stage of scheduling, the second stage of feasibility routine and the third stage of improving scheduling results. Some experimental results are given to verify the effectiveness of the scheduling algorithm developed in this paper.

Keyword: operating the facility of exhibition and convention, mathematical model of scheduling, heuristic algorithm

1. 서 론

전시 · 컨벤션산업은 전시 · 컨벤션센터의 운영에 필요한 각종 시설과 관련 서비스의 효율적 결합을 통하여 부가가치를 창출하는 경제활동으로 다른 산업분야에 미치는 광범위한 경제적 유발효과와 지식중심의 고부가가치산업이라는 매력 때문에 경제선진국은 물론 아시아지역에서도 지식정보 서비스 분야의 핵심산업으로 떠오르고 있다.

전시 · 컨벤션산업이 발전하기 위해서는 우수한 시설, 시설이용자 간에 교류되는 공유정보의 유용성, 시설의 효율적인 운영능력 등을 중요한 발전요인으로 고려할 수 있는데 이들 중 전시 · 컨벤션시설의 효율적인 운영능력은 전시 · 컨벤션센터가 보유하고 있는 각종 자원의 사용가치를 최대화 시켜야 한다는 점에서 합리적인 시설운영방안이 최우선적으로 심도있게 검토되어야 한다. 전시 · 컨벤션시설을 효율적으로 운영하기 위해서는 일정한 계획대상기간 범위 내에서 전시 · 컨벤션센터가 보유하고 있는 각종 시설자원을 활용하여 시설이용의뢰자의 시설이용 요구기간을 최대한 만족하면서 이에 수반되는 운영비용을 최소화할 수 있는 운영방안을 도출하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 연구의 핵심은 의뢰 받은 시설이용수요를 만족시키기 위하여 주어진 계획기간별로 전시 · 컨벤션센터가 보유하고 있는 각종 시설의 서비스능력을 합리적으로 할당하는 스케줄링 문제로 귀착된다.

그러나 전시 · 컨벤션시설의 효율적인 운영방안을 도출하

본 논문은 2004년도 산학협동재단의 지원에 의하여 연구되었음.
†연락저자 : 김창대 교수, 617-716 부산시 사상구 주례동 산 69-1 동서대학교 경영학부, Fax : 051-320-1629, E-mail : cdkim@dongseo.ac.kr
2006년 4월 접수, 1회 수정 후 2006년 4월 게재확정

기 위한 스케줄링 연구사례는 현재로서는 거의 찾아보기 어렵다. 전시·컨벤션 유치를 위한 합리적인 절차와 컨벤션 선정에 관한 연구작업은 비교적 활발하게 수행되어 왔는데 반해 보다 구체적인 전시·컨벤션 시설자원의 계획기간별 할당문제는 언급하지 않는 경우가 대부분이다(Abbey and Luck, 1999 ; Crouch and Ritchie, 1998 ; Fred, 2000 ; Montgomery and Strick, 1995). 최근 서비스산업의 발전에 따라 서비스시설의 운영에 관한 연구가 많이 진행되어 왔는데 그 핵심은 발생되는 수요변동 폭을 능동적 또는 수동적인 방법으로 조정하여 이미 보유하고 있는 서비스 공급능력에 일치시키고자 하는 수요공급의 균형전략수립에 관한 문제로서(Antle and Reid, 1988 ; Bitran and Mondschein, 1995 ; Kimes, 1989 ; Metters and Vicente, 1999 ; Schemwell and Cronin, 1994) 본 연구의 주제와 관련된 서비스 시설능력의 계획기간별 스케줄링 문제는 찾아보기 힘들다. 서비스산업과는 달리 제조산업의 경우는 스케줄링 문제를 오래 전부터 연구하여 다양한 현실문제를 해결하고 있는데(Baker, 1995 ; Morton and Pentico, 1993 ; Xie and Dong, 2002) 본 연구의 스케줄링 문제는 서비스의 재고이용 불가능성 때문에 제조산업의 스케줄링 연구결과를 직접 활용할 수는 없고 단지 제조산업의 스케줄링 원리를 이용하여 본 연구를 수행하는데 필요한 유의한 시사점만을 유추할 수 밖에 없다.

현재 실무에서 진행하고 있는 전시·컨벤션산업의 이벤트별 스케줄링과정에 나타나는 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 시설운영에 대한 전체 시스템의 관점에서 이벤트 일정을 수립하지 않고 해당 이벤트의 의뢰기간 내 시설이용가능성만을 검토하여 독립적으로 결정하고 있다.

둘째, 시설이용수요를 만족시키기 위해서는 시설운영비용이 발생하지만 해당 이벤트의 스케줄을 결정할 때 운영비용을 고려하지 않고 있다는 점을 들 수 있다. 이 같은 사실은 일정한 계획기간 내 전시·컨벤션센터의 전체 운영시스템에서 발생하는 운영비용에 비합리적인 낭비요인이 상당히 포함될 수도 있다는 점을 보여준다.

셋째, 전시·컨벤션시설에 대한 수요가 발생할 경우 의뢰 받은 이벤트 순서에 따라 해당 이벤트별로 스케줄링을 독립적으로 수립함으로서 전체 시스템을 효율적으로 운영할 수 있는 다양한 운영정보를 효과적으로 활용할 수 없다는 점을 들 수 있다.

이상과 같은 세 가지 문제점을 면밀히 검토하여 전시·컨벤션시설을 효율적으로 운영할 수 있는 스케줄링 알고리즘을 개발하여 각종 전시·컨벤션시설을 운영하는데 소요되는 제반비용을 절감하고 전시·컨벤션센터가 보유하고 있는 각종 자원의 사용가치를 높일 수 있는 운영시스템을 수립하고자 하는데 연구목적이 있다. 이 같은 목적을 달성하기 위하여 전시·컨벤션센터의 시설운영시스템의 특성과 운영업무간의 관계가 합리적으로 반영될 수 있는 수리모델을 우선 구축한다. 구축된 수리모델의 특성을 규명하여 효율적인 해 도출 방법을 개발하고, 개발된 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 난수를 발생시켜 생성한 실험문제의 최적해와 본 연구에서 개발한 알고리즘의 해를 상호비교 분석함으로서 해의 정확도를 파악하고 실무현장에 보다 효율적으로 적용할 수 있는 해법의 완성도를 높이도록 한다.

2. 수리모델

2.1 기본개념

전시·컨벤션산업의 시설운영현황을 파악한 내용과 제조산업에 적용되고 있는 기존 스케줄링 수리모델의 분석을 통하여 얻은 시사점을 활용하여 본 연구의 스케줄링 수리모델 구축에 도움이 되는 기본개념을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 수리모델의 주요결정변수는 시설이용 시작계획기를 나타내는 변수와 이벤트 진행준비에 소요되는 준비비용의 발생 여부를 나타내는 (0-1)변수로 한다.

둘째, 스케줄링 계획대상기간에 진행되는 모든 이벤트의 시설능력소요량은 해당 계획기의 전체 시설능력범위를 만족하도록 한다.

셋째, 이벤트가 진행되는 기간 내에는 해당 이벤트의 속성 상 휴지기 없이 계속 진행하여 해당 일정을 모두 완료하여야 한다. 따라서 이벤트 개최일정을 나타내는 결정변수의 값은 해당 계획기 부터 연속적으로 진행되는 전체 일정진행기간을 뜻한다.

넷째, 이벤트 개최일정을 특정기간에 가능한 집중배치함으로서 나머지 계획대상기간의 여유시설을 보다 자유롭게 추가활용하여 시설이용수요에 효율적으로 대처하도록 한다. 이것은 전시·컨벤션센터의 운영정책에 따라 특정기간에 이벤트 개최를 집중 또는 회피할 수도 있다는 사실을 말하며 경우에 따라서는 특정 이벤트의 조기개최에 대한 정책적 배려도 가능하도록 한 것이다. 이 같은 점을 해결하기 위하여 특정기간에 이벤트를 집중배치하거나 최대한 회피할 수 있도록 충분히 큰 수(big M)를 정책적 패널티비용으로 설정하여 수리모델에 포함시킨다.

다섯째, 이상의 고려요인들을 제약조건식으로 하는 수리모델의 목적함수는 계획대상기간에 발생하는 모든 이벤트의 준비비용과 개최기간 중의 시설운영비용 및 정책적 패널티비용의 합으로 설정한다.

2.2 기호정의

스케줄링 수리모델 구축에 필요한 기호를 다음과 같이 정의한다.

(첨자 정의)

i : 전시·컨벤션 시설이용을 의뢰한 i이벤트(i=1, 2, ... , N)

j : 스케줄링 계획대상 j계획기(j=1, 2, ..., T)

k : 대체가능한 다수의 특정기간을 시설이용 희망기간으로 의뢰한 경우 k번째 대체안(k=1, 2, ... , K)

(변수 및 상수 정의)

X_{ij} : j계획기부터 연속 진행되는 i이벤트의 일정진행기간

Y_{ij} : i이벤트가 j계획기부터 일정이 시작되는지 여부 결정
Y_{ij}=1 (j계획기부터 일정시작), Y_{ij}=0 (j계획기 일정시작 없음)

V_{ij} : i이벤트가 j계획기에 일정이 진행되고 있는지 여부 결정
V_{ij}=1 (일정진행 중), V_{ij}=0 (일정진행 없음)

S_{ij} : i이벤트의 j계획기 일정시작에 필요한 준비비용

O_{ij} : i이벤트의 j계획기 일정진행에 필요한 운영비용

P_{ij} : i이벤트의 j계획기 일정진행에 관련된 정책적 패널티 비용

a_i : i이벤트 진행에 필요한 시설이용소요량

C_j : j계획기에 이용가능한 전시 · 컨벤션센터의 총시설능력

d_i : i이벤트 일정진행에 소요되는 계획기간 수

b_{ik}, lb_{ik}, e_{ik} : i이벤트의 시설이용 희망기간 k번째 대체안이 가지는 일정진행의 최초시작가능기, 최종시작가능기, 최종종료기

2.3 수리모델

2.1에서 언급한 수리모델구축 기본개념과 2.2의 기호정의를 활용하여 스케줄링 수리모델을 작성하면 다음 문제(P)와 같다.

문제(P)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=b_{ik}}^{lb_{ik}} S_{ij}Y_{ij} + \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=b_{ik}}^{e_{ik}} (O_{ij}+P_{ij})V_{ij}$$

subject to

$$\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=b_{ik}}^{lb_{ik}} X_{ij} = d_i \quad \forall i \tag{1}$$

$$X_{ij} \le d_i Y_{ij} \quad \forall i,\ j = b_{ik}, b_{ik}+1, \cdots, lb_{ik} \tag{2}$$

$$V_{ij} - \sum_{s}^{j} Y_{is} = 0 \quad \forall i,\ j = b_{ik}, b_{ik}+1, \cdots, e_{ik} \tag{3}$$

$$s = \begin{cases} b_{ik} & (\text{if } j < b_{ik}+d_i) \\ j-d_i+1 & (otherwise) \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^{N} a_i V_{ij} \le C_j \quad \forall j \tag{4}$$

$$X_{ij} \ge 0,\ Y_{ij} = \{0, 1\}$$

문제(P)의 목적함수는 이벤트 개최준비비용과 진행운영비용 및 정책적 패널티비용의 총합이 최소화되도록 설정되어 있다. 식 (1)은 이벤트 진행일정에 대한 다수의 시설이용 희망기간을 모두 고려하여 해당 이벤트의 진행에 필요한 계획기간을 확보 하도록 한 것이며 식 (2)는 각 이벤트의 진행기간에 대한 상한선을 규정한 것이다. 식 (3)은 Y_{ij}를 활용하여 모든 이벤트의 계획기별 진행상황 여부를 판단해 줄 수 있는 V_{ij}를 도출하기 위해 설정된 수식이다. 식 (4)는 각 계획기별로 진행되고 있는 모든 이벤트의 시설이용소요량이 전시 · 컨벤션센터의 전체 시설능력범위를 만족하도록 설정한 것이다.

문제(P)는 계획대상기간과 의뢰 이벤트가 많은 경우 문제규모가 대단히 커지게 되고 의뢰된 이벤트의 개최여부를 뜻하는 (0-1)변수가 상당수 포함되는 대규모 혼합정수계획문제가 된다. 지금까지 기존문헌에서 검증한 대부분의 혼합정수계획문제는 문제규모가 커지거나 변수간의 관계가 복잡해지면 NP-hard의 속성을 가지게 되어(Belvaux and Wolsey, 2000 ; Drexl and Kimms, 1997 ; Florian, Lenstra and Rinnovy Kan, 1980) 비교적 합리적인 시간 내에 그 해를 풀기가 쉽지 않다. 본 연구에서 구축하고자 하는 스케줄링 수리모델도 문제규모가 대단히 크다는 점과 (0-1)변수의 활용, 전시 및 컨벤션 개최일정의 연속성 제약, 시설운영의 정책적 제약 등으로 인하여 변수간의 관계가 대단히 복잡해져 합리적인 시간내에 주어진 문제의 해를 풀기가 상당히 어려워지거나 거의 불가능해진다. 따라서 본 연구의 스케줄링 수리모델의 해는 각 변수 및 제약식이 갖는 수학적 특성을 활용한 휴리스틱 알고리즘을 개발하여 해를 도출하는 것이 보다 합리적이라고 판단된다.

3. 알고리즘

3.1 기본 접근방법

스케줄링 알고리즘의 기본 접근방법을 이벤트별 스케줄링 단계(scheduling step), 실행가능성 검토단계(feasibility routine), 해개선단계(improvement step)로 구분하여 살펴보면 다음과 같다.

우선 이벤트별 스케줄링단계에서는 이벤트의 일정진행 소요기간을 고려하여 이벤트 진행이 가능한 각 계획기별 총비용을 구한다. 각 이벤트의 계획기별 총비용 중 가장 낮은 비용과 두 번째 낮은 비용의 차이값을 구한 후 그 차이값이 가장 큰 이벤트를 선택하여 총비용이 가장 낮은 계획기로 부터 일정진행을 시작하여 일정진행 소요기간까지 해당 이벤트의 스케줄링을 진행한다.

실행가능성 검토단계는 위의 각 이벤트별 스케줄링단계에서 선택된 이벤트의 시설이용소요량이 현재 확보하고 있는 전시 · 컨벤션센터의 전체 시설능력범위를 만족하고 있는지 여부를 우선 확인하고, 현재 선택된 이벤트의 스케줄링에 따라 나머지 다른 이벤트의 향후 스케줄링에 발생할 수도 있는 실행불가능성을 사전에 조정하기 위하여 선택된 이벤트 이외 다른 이벤트의 일정진행에 필요한 각 계획기별 시설능력 최소소요량을 파악하여 이를 활용한다. 각 계획기별 시설능력 최소소요량은 이벤트별 스케줄링단계에서 선택된 이벤트 이외 다른 이벤트의 스케줄링을 수립할 때 그 실행가능성을 사전에 확보해 줄 수 있는 유용한 결정기준으로 이용된다. 특히 규모가 크고 복잡한 문제일수록 그 활용도가 매우 높기 때문에 본 연구에서 개발한 알고리즘의 효율성을 보다 제고시킬 수 있는

중요한 절차로 판단된다.

해의 개선단계는 실행가능성을 확보할 수 있는 범위 내에서 스케줄링이 이미 완료된 이벤트의 스케줄을 다른 이벤트의 스케줄과 상호 교환시켜 총비용이 보다 절감될 수 있는 경우를 파악한 후 해당 이벤트간의 스케줄링을 조정하도록 한다.

3.2. 알고리즘

2.2의 기호정의와 함께 스케줄링 알고리즘 개발에 필요한 기호를 다음과 같이 정의한다.

(기호정의)

I: 시설이용을 의뢰한 i이벤트의 총집합, $i \in I$

L: i이벤트의 일정시작 가능계획기 j를 원소로 하는 총집합 $(i, j) \in L,\ i \in I,\ j = b_{ik}, \cdots\cdots, lb_{ik}$

TC_{ij}: i이벤트가 j계획기에 일정을 시작할 경우 발생하는 총비용

$TC_{ij} = S_{ij} + O_{ij} + P_{ij}, (i, j) \in L$

dTC_i: i이벤트의 TC_{ij} 중 두 번째 적은 값에서 가장 적은 값을 차감한 값

(알고리즘)

(단계1) TC_{ij} 계산, $(i, j) \in L$

(단계2) dTC_i 계산, $i \in I$

(단계3) 스케줄링 대상 이벤트 선택 (p이벤트, t계획기)

- $p = \arg\max_i \{ dTC_i,\ i \in I \}$
- $t = \arg\min_j \{ TC_{pj},\ j = b_{pk}, \cdots, lb_{pk} \}$

(단계4) p이벤트 실행가능성 검토

- $C_j - a_p \geq 0\ (\forall j,\ j = t, \cdots, t + d_p - 1)$이면 (단계 5)

  아니면 $L = L \setminus \{(p, t)\}$, (단계 7)

(단계5) p이벤트를 제외한 다른 이벤트의 실행가능성 검토

- $b_{i1} + d_i - 1 \geq lb_{i1}\ (i \in I \setminus \{p\},\ K = 1$인 경우)
- 시설능력 최소소요량 (mrc_j) 계산

  $mrc_j = \sum a_i (i \in I \setminus \{p\}, j = lb_{i1}, \cdots, b_{i1} + d_i - 1)$
- $C_j - mrc_j \geq a_p (\forall j, j = t, \cdots, t + d_p - 1)$이면 (단계 6)

  아니면 $L = L \setminus \{(p, t)\}$, (단계 7)

(단계6) p이벤트 스케줄링

- p이벤트를 t기 부터 ($t + d_p - 1$)기 까지 스케줄링
- $C_j = C_j - a_p\ (j = t, \cdots, t + d_p - 1)$
- $I = I \setminus \{p\},\ L = L \setminus \{(p, t)\}$

(단계7) 스케줄링 중지 규칙

- $I = \varnothing$ 이면 (단계 8) 아니면 (단계 2)

(단계8) 해 개선 및 종료

- 각 이벤트별 스케줄의 상호조정에 따른 총비용의 절감여부 검토 및 해 개선
- 모든 이벤트에 대한 해 개선가능성 검토 완료되면 알고리즘 종료

3.3 수치예제

3.2에서 제시한 알고리즘을 이용하여 다음 <표 1>의 수치예제를 풀이한다.

스케줄링 대상 이벤트는 5개, 계획대상기간은 12개 계획기로 구성되며 총비용정보는 일정진행이 가능한 최초시작가능기에 이벤트를 진행할 경우 발생되는 이벤트 진행준비비용, 일정진행 운영비용과 정책적 패널티비용을 합한 것으로 최초시작가능기 각각에 대한 계획기별 총비용정보를 나타낸다. 12개 계획기의 이용가능한 총시설능력 C_j는 각각 100, 100, 100, 80, 80, 80, 80, 100, 60, 60, 50, 50 이며 대체가능한 시설이용 희망기간 대체안의 수(K)는 이벤트별로 각각 1,2,1,2,1이다.

표 1. 수치예제

이벤트	최초 시작가능기 (b_{ij})	총비용정보 (TC_{ij})	일정 소요기간 (d_i)	시설이용 소요량 (a_i)
1	2, 3, 4, 5	280, 290, 230, 300	5	20
2	1, 2, 3, 8, 9	480, 510, 500, 550, 580	3	40
3	4, 5, 6, 7, 8	320, 390, 400, 420, 450	3	30
4	3, 4, 5, 10, 11	250, 240, 260, 200, 230	2	10
5	1, 2, 3, 4	570, 590, 510, 600	6	50

(단계1) 총비용 계산

<표 1> 참조

(단계2) $dTC_1 = 50,\ dTC_2 = 20,\ dTC_3 = 70,\ dTC_4 = 30,\ dTC_5 = 60,$

(단계3)

- $p = \arg\max_i \{ dTC_i,\ i = 1,2,3,4,5, \} = 3$
- $t = \arg\max_i \{ TC_{3j},\ j = 4,5,6,7,8, \} = 4$

(단계4) $C_j - a_3 > 0\ (\forall j,\ j = 4,5,6)$ 따라서 (단계5)

(단계5)

- $K = 1$ 인 이벤트는 1,5
- $b_{11} + d_1 - 1 \geq lb_{11},\ b_{51} + d_5 - 1 \geq lb_{51}$

  이므로 mrc_j 계산

  $mrc_4 = 50,\ mrc_5 = 70,\ mrc_6 = 70$

따라서, $C_4 - mrc_4 = 30 \geq a_3$

$C_5 - mrc_5 = 10 < a_3$, $C_6 - mrc_6 = 10 < a_3$

이므로 $L = L \setminus \{(3,4)\}$, $I = I \setminus \{3\}$, (단계7)

(단계7) $I \neq \emptyset$ 이므로 (단계2)

(단계2) $dTC_1 = 50$, $dTC_2 = 20$, $dTC_3 = 10$,

$dTC_4 = 30$, $dTC_5 = 60$

(단계3) 동일한 방법으로 계산하면

$p = 5$, $t = 3$

(단계4) $C_j - a_5 > 0 (\forall j,\ j = 3,4,5,6,7,8)$ 따라서 (단계5)

(단계5) $K = 1$인 이벤트는 $1, 3$

이들 중 이벤트 3은 $b_{31} + d_3 - 1 < lb_{31}$이므로 제외

$mrc_3 = 0$, $mrc_4 = 0$, $mrc_5 = 0$, $mrc_6 = 20$,

$mrc_7 = mrc_8 = 0$

따라서 $C_j - mrc_j > a_5 (\forall j,\ j = 3,4,5,6,7,8)$

이므로 (단계6)

(단계6) 이벤트 5를, 3계획기 부터 연속일정 6기간 까지 스케줄링 수립

$C_3 = 50$, $C_4 = C_5 = C_6 = C_7 = 30$, $C_8 = 50$

으로 조정

$I = I \setminus \{5\}$, $L = L \setminus \{(5,3)\}$

(단계7) $I \neq \emptyset$ 이므로 (단계2) 다시 반복

위의 연산을 계속 진행하면 이벤트 1은 4계획기 부터, 이벤트 4는 10계획기 부터, 이벤트 2는 1계획기 부터, 이벤트 3은 8계획기 부터 이벤트별 일정소요기간까지 연속적으로 스케줄링이 이루어지며 (단계8)의 해 개선은 위 수치예제의 경우 해당되지 않았다. 알고리즘 계산이 종료된 후의 총운영비용은 1,870이다. 위 수치예제를 문제(P)에 적용시켜 혼합정수계획법으로 풀이한 결과 개발된 알고리즘의 해 도출결과와 동일한 스케줄링을 얻을 수 있었으며 총운영비용도 1,870으로 나타나 최적해와 알고리즘의 해가 일치하였다.

4. 알고리즘 타당성 검증

4.1 실험설계

본 연구에서 개발한 스케줄링 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 다음과 같은 실험을 실시한다.

본 연구의 알고리즘에 의한 휴리스틱 해(heuristic solution)와 수리모델 문제(P)의 최적해(optimal solution)를 상호비교하여 휴리스틱 해의 정확도를 판단하도록 한다. 해 정확도 실험은 난수(random numbers)를 발생시켜 구성한 100개의 실험문제를 통하여 검증하며 실험문제를 구성하는 각종 데이터 생성방법은 아래의 <표 2> 실험문제 규모와 데이터 생성방법과 같다.

<표 2>의 문제규모는 각 실험문제의 N(이벤트 의뢰건수) $\times T$(계획대상기간) 값을 뜻하며 각 실험문제는 해당 $N \times T$ 값의 25%~40%에 해당되는 비교적 적은 규모의 (0-1)변수를 가지도록 문제를 설계하여 합리적인 시간 내에 수리모델의 최적해를 구할 수 있도록 한다. (0-1)변수의 개수를 적게 한 이유는 문제규모가 커질 경우 NP-hard 속성을 가진 문제(P)의 최적해를 구하기가 어렵거나 불가능해질 수 있어 비교적 짧은 시간내에 최적해를 구하여 휴리스틱 해와 비교하고자 하기 때문이다. 실제 실험과정 중 $N \times T$ 값이 250 이상인 경우 최적해를 도출하는데 상당한 시간이 소요(3-5분) 되었거나 해를 구하기가 어려운 경우가 많았다.

표 2. 실험문제 규모와 데이터 생성방법

문제규모	문제수	데이터 생성방법		
		데이터	범 위	생성 방법
30-70	17	K	[1, 3]	이산적 균등분포에 따른 정수 값 무작위 추출
71-90	20	S_{ij}	[200, 400]	
91-110	23	O_{ij}	[10, 30]	
111-120	40	P_{ij}	[0, 100]	
계	100	a_i	[5, 50]	

$K, S_{ij}, O_{ij}, P_{ij}, a_i$ 데이터는 <표 2>에서 각각 규정한 정수값 범위 내에서 난수를 발생시켜 구하도록 한다. 특히 P_{ij}는 전시 · 컨벤션 시설운영을 위한 정책적 배려를 나타내는 패널티 비용으로 그 값이 커질수록 해당 계획기의 스케줄링이 배제될 가능성이 높아지도록 문제를 구성한다. $C_j, d_i, b_{ik}, lb_{ik}, e_{ik}$ 등의 데이터는 i이벤트의 일정 의뢰기간이 K개의 대체안을 가지는 경우 주어진 T와 K의 값에 따라 적정값이 도출되도록 설계한 난수발생장치를 이용하여 구한다.

4.2 실험결과

<표 2>의 실험문제 규모와 데이터 생성방법을 이용하여 본 연구에서 개발한 알고리즘의 타당성 검증을 실시한 실험결과를 정리하면 아래 <표 3>과 같다.

표 3. 해 정확도 실험결과

문제 규모	문제수	최적해 일치 문제수	평균 최적해편차*	최대 최적해편차*
30-70	17	17 (100%)	0	0
71-90	20	19 (95%)	0.6%	0.6%
91-110	23	23 (100%)	0	0
111-120	40	37 (92.5%)	1.13%	1.3%
계	100	96 (96%)	1%	1.3%

* 최적해편차 = (알고리즘해 - 최적해) $\times$ 100% / 최적해

<표 3>의 해 정확도 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, <표 2>에 의해 구성된 100개의 실험문제를 본 연구에

서 개발한 알고리즘을 이용하여 구한 휴리스틱 해와 수리적 최적해를 보장해 주는 문제(P)의 해를 구하여 상호비교해 본 결과 96개의 실험문제에서 휴리스틱 해와 최적해가 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 현실문제와 같이 복잡하고 규모가 큰 문제의 경우 본 연구에서 개발한 알고리즘을 활용하면 전시・컨벤션산업의 스케줄링 문제를 보다 쉽게 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 휴리스틱 해와 최적해가 서로 다른 4개의 실험문제 경우 평균 최적해편차가 1%로 나타나 비교적 낮은 오차를 보이고 있으며 최대 최적해편차도 1.3%에 그쳐 최적해에 대한 휴리스틱 해의 정확도가 만족할 만한 것으로 나타났다.

알고리즘을 이용하여 구한 휴리스틱 해의 정확도가 기대 이상의 결과를 나타낸 것은 주어진 문제의 변수관계와 제약조건이 엄격할수록 3.1의 실행가능성 검토단계에서 제시한 계획기별 시설능력 최소소요량(mrc_j)의 적용이 알고리즘의 효율성을 보다 높여 주었기 때문이라고 판단되며, 또한 해 개선단계에서 각 계획기별 시설이용 여유능력을 활용하여 이미 수립된 이벤트별 스케줄링의 일부를 상호 조정함으로서 알고리즘의 해 정확도를 제고시킬 수 있기 때문이라고 본다.

실험문제의 해를 도출하는데 소요된 CPU time을 검토해 본 결과 휴리스틱 해의 경우 평균 1초 이내에 각 문제의 해를 구할 수 있었으나 최적해의 경우 문제당 평균 3~4초가 소요되었다.

따라서 전시・컨벤션시설을 합리적으로 운영하기 위하여 개발된 본 연구의 스케줄링 알고리즘은 해의 정확도 측면에서 볼 때 비교적 우수한 해법의 대안으로 볼 수 있다. 다만 문제의 규모가 커질수록 해의 정확도가 다소 떨어진다는 점을 감안하여 향후 정밀한 원인 규명과 알고리즘의 논리구조에 대한 재정리를 통하여 보다 우수한 알고리즘을 구축할 필요가 있다고 본다.

5. 요약 및 추후 연구방향

본 연구는 전시・컨벤션시설을 합리적으로 운영하기 위한 스케줄링 알고리즘을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위하여 실무현장의 스케줄링 문제점을 해결할 수 있는 수리모델을 구축한 후, 수리모델의 특성과 각 변수간의 수학적 구조관계를 이용하여 효율적인 스케줄링 알고리즘을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 알고리즘은 이벤트별 스케줄링단계, 실행가능성 검토단계, 해 개선단계의 3단계로 구성되어 있으며 알고리즘의 타당성 검증을 위하여 난수를 발생시켜 구성한 100개 실험문제 각각의 휴리스틱 해와 최적해를 상호비교함으로서 알고리즘의 해 정확도를 분석하였다. 해 정확도 분석결과 비교적 만족할만한 실험결과를 얻었으나 전시・컨벤션 산업현장에서 발생하는 모든 제약조건들이 본 연구의 알고리즘에 효과적으로 반영되어 있다고 보기 어렵기 때문에 다음과 같은 추가연구가 필요하다고 본다. 우선 본 연구의 알고리즘을 활용하여 현장문제를 보다 원활히 해결하기 위해서는 제약조건에 대한 보다 상세한 추가검토와 알고리즘의 논리적 검증이 지속적으로 연구되어야 할 것이다. 특히 문제규모가 커질수록 해 정확도가 다소 떨어지는 문제를 해결하기 위하여 메타 휴리스틱 접근방법을 우선적으로 검토해 볼 필요가 있다고 본다. 또한 본 연구에서 개발한 알고리즘의 타당성 검증을 위해 현장의 데이터를 직접 활용하여 분석하는 것이 바람직하나 현장의 데이터 정리가 다소 미흡한 점이 많아 부득이 난수발생자를 이용한 실험에 그쳤다. 이 부분도 향후 면밀히 재검토하여 정확한 현장데이터를 알고리즘에 적용시켜 실무의 진행결과와 알고리즘의 해를 비교분석해 볼 필요가 있다고 본다.

참고문헌

Abbey, J.R. and Luck, C.K.(1999), *The Convention and Meetings Sector: Its Operation and Research Needs,* Waterbury Press, Cranbury, N.Y.

Antle, D.W. and Reid, R.A.(1988), Managing Service Capacity in an Ambulatory Care Clinic, *Hospital & Health Services Administration,* **33**(2), 201-211.

Baker, K.R.(1995), *Elements of Sequencing and Scheduling,* Hanover, NH : Baker Press.

Belvaux, G. and Wolsey, L.A.(2000), A Specialized Branch-and-cut System for Lot-Sizing Problems, *Management Science*, **46**(5), 724-738.

Bitran, G. R. and Mondshein, S.V.(1995), An Application of Yield Management to the Hotel Industry Considering Multiple Day Stays, *Operations Research,* **43**(3), 427-443.

Crouch, G. L. and Ritchie, J. R. B.(1998), Convention Site Selection Research : A Review, Conceptual Model and Propositional Framework, *Journal of Convention and Exhibition Management,* **1**(1), 50-64.

Drexl, A. and Kimms, A.(1997), Lot Sizing and Scheduling - Survey and Extension, *European Journal of Operational Research,* **110**(3), 525-547.

Florian, M., Lenstra, J. K. and Rinnooy Kan, A. H. G.(1980), Deterministic Production Planning : Algorithms and Complexity, *Management Science,* **26**(7), 669-679.

Fred, L.(2000), *Congress, Convention and Exhibition Facilities : Planning, Design and Management,* Architectual Press.

Kimes, S. E.(1989), Yield Management : A Tool for Capacity-Constrained Service Firms, *Journal of Operations Management,* **8**(4), 348-363.

Metters, R. and Vicente, V.(1999), Yield Management for the Nonprofit Sector, *Journal of Service Research*, **1**(3), 215-226.

Montgomery, R. J. and Strick, S. K.(1995), *Meetings Conventions and Exposition, An Introduction to the Industry,* Kendal/Hunt Publishing

Morton and Pentico(1993), *Heuristic Scheduling System,* New York : John Wile and Sons.

Shemwell, D. J. and Cronin, J. J.(1994), Service Marketing Strategy for Coping with Demand/Supply Imbalance, *Journal of Service Marketing,* **8**(4), 14-24.

Xie, J. and Dong, J.(2002), Heuristic Genetic Algorithms for General Capacitated Lot-Sizing Problems, *Computers and Mathematics with Applications*, **44**, 263-276.

김 창 대
경상대학교 경영학 학사
부산대학교 경영학 석사
부산대학교 경영학 박사
현재: 동서대학교 경영학부 부교수
관심분야: 서비스산업 일정계획, 최적화 알고리즘, 경영전략

주 원 식
경성대학교 경영학석사
경성대학교 경영학박사수료
현재: 경남정보대학 경영정보계열 조교수
관심분야: DSS, 물류관리