

최적화 기법을 활용한 프로야구 일정 계획

Korean Professional Baseball League Scheduling

공경수*, 이영호*

*고려대학교 정보경영공학부 (yhlee@korea.ac.kr)

Abstract

In this paper, we discuss the schedule problems for Korean Professional Baseball League (KPBL) and propose approaches to solve these problems by applying Integer Programming. A schedule in a sport league must satisfy lots of constraints on timing such as organizational, attractiveness, and fairness requirements. Organizational requirements cover a set of rules which have to guarantee that all the games can be scheduled according to the regulations imposed by Korean Baseball Organization (KBO). Attractiveness requirements focus on what stadium visitors, television spectators, and the clubs expect, that is, a varied, eventful, and exciting season. Fairness requirements have to guarantee that no team is handicapped or favored in comparison with the others. In addition to finding a feasible schedule that meets all the constraints, the problem addressed in this paper has the additional complexity of having the objective of minimizing the travel costs and every team has the balancing number of the games in home. We formalize the KPBL problem into an optimization problem and adopt the concept of evolution strategy to solve it. Using the method proposed, it is efficient to find better results than approaches developed before.

1. 서론

스포츠 리그 일정은 각 팀의 요구사항, 팀간 형평성, 리그 운영 편의성, 그리고 고객 요구와 같은 다양한 제약을 동시에 반영해야 한다. 따라서 수작업으로 스포츠 리그 일정 계획을 수립하려면 매우 많은 시간이 소요된다. 기존에 최적화 기법을 적용하여 스포츠 리그 일정 계획 문제를 해결하려는 다양한 시도가 있었다. Easton *et al.*은 각 팀의 이동 거리 합을 최소화하면서 Round-Robin-Tournament (RRT) 형태로 스포츠 리그 일정을 계획하는 문제로써 Traveling Tournament Problem (TTP)을 제안하였다. RRT란 정해진 기간 (Round) 동안 모든 팀이 한번씩 경기를 갖는 경기 일정이다. 축구 또는 미식축구와 같은 주요 스포츠 리그는 두 Round 동안 각팀이 홈과 원정에 한번씩 경기를 갖는 Double-Round-Robin (DRRT) 문제이다. RRT-TTP문제는 전형적인 NP-Hard 문제로서 기존 최적화 툴을 이용할 경우 합리적인 시간 내에 해를 찾을 수 없다. 따라서 RRT-TTP 문제를 해결하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. Easton *et al.*은 Integer Programming과 Relaxation 방법을 활용하여 최적해에 근사한 해를 찾는 방법을 제시하였다. 또한 Branch and Price 방법을 이용하여 최적해를 탐색하는 방법을 제시하였다. 하지만 최적해 탐색 속도가 매우 느리며, 각 스포츠 리그의 현실 제약을 반영하지 못하고 있다. 최근에는 타부 서치 (Gaspero *et al.*)와

시뮬레이티드 어닐링 (Anagnostopoulos *et al.*) 과 같은 메타 휴리스틱 방법론을 활용하여 빠른 시간 내에 해를 찾는 방법이 주로 연구되고 있다. 특히 리그 참여 팀이 적을 경우 메타 휴리스틱 방법만으로도 최적해를 보장할 수 있다. 이 논문은 기존에 제시된 TTP 메타 휴리스틱 방법을 활용하여 한국 프로야구 리그 일정 계획을 제안한다.

2. 한국 프로야구 리그

한국 프로야구는 8개 팀으로 구성되어 있으며, 매년 4월부터 10월 까지 정규 시즌을 갖는다. 정규시즌에서 각 팀은 총 126경기를 가지며, 특정 상대 팀과 총 18번 경기를 갖는다. 특정 상대팀과 치루는 18번 경기 중 9번은 홈 구장에서, 그리고 9번은 원정 구장에서 갖는다. 특정 팀과 경를 가질 경우 3연전을 기본으로 하며, 각 연전은 주중 경기 (화,수,목) 와 주말 경기 (금,토,일) 로 구분된다. 월요일은 휴무일로서 경기가 없다. 한국 야구 위원회는 주중 또는 주말 3연전을 ‘세트’라고 부른다. 한 세트의 경기를 갖는 연속된 3일을 1 period 로 정의할 경우, 한국 프로야구 경기는 8개 팀이 42 periods-6 round 동안 경기를 가지는 r-RRT 문제와 같다. 기존 RRT 또는 DRRT 문제가 한 round 내에서 특정 팀과 반드시 한 경기만 갖는 것과 달리 r-RRT는 전체 일정 특정 팀과 동안 r번의 경기를 가지며, 같은 round에서 특정 팀과 한번 이상의 경기를 가질 수 있다. 표 1은 프로야구 일정 계획 결과를 보여준다. 표 1에서 행은 팀을 의미하며, 열은 period를 의미한다. 그리고 표 내부에 표시된 수는 각 행에 해당하는 팀이 각 열에 해당하는 period에 경기하게 되는 상태 팀을 의미한다. 이때 이 수가 양수일 경우 행에 해당하는 팀의 홈 경기장, 음수일 경우 원정 경기장에서 경기하게 됨을 의미한다.

표 1. 프로야구 리그 일정 계획

| Teams | Round - Period | | | | |
|-------|----------------|-----|-----|-----|-----|
| | 1-1 | 1-2 | 1-3 | ... | 6-5 |
| 1 | 6 | -2 | 4 | ... | -5 |
| 2 | 5 | 1 | -3 | ... | 4 |
| 3 | -4 | 7 | 2 | ... | 7 |
| 4 | 3 | 8 | -1 | ... | -2 |
| 5 | -2 | 6 | -8 | ... | 1 |
| 6 | -1 | -5 | 7 | ... | 8 |
| 7 | 8 | -3 | -6 | ... | -3 |
| 8 | -7 | -4 | 5 | ... | -6 |

3. 현실 제약

실제 스포츠 리그 일정계획은 RRT 조건과 해당 리그의 현실 제약을 반영해야 한다. T. Bartsch *et al.* 은 스포츠 리그 일정 계획 시 고려해야 할 현실 제약 요소를 운영 요구 사항, 선호 요구 사항, 그리고 형평성 요구 사항으로 체계화 하였다. 운영 요구 사항은 리그 운영 규칙을 의미한다. 선호 요구 사항은 각 팀과 고객, 그리고 기타 관련 단체가 선호하는 리그 일정을 의미한다. 끝으로 형평성 요구 사항은 특정 팀에 유리하거나 불리하지 않은 리그 일정을 의미한다. 한국 야구 위원회에서 고려하고 있는 현실 제약 요소는 다음과 같다

운영 조건 (Organizational Requirement)

01. 경기장 가용여부

- 지역 아마추어 대회 또는 구장 보수와 같이 일정 기간 동안 홈구장을 사용할 수 없는 경우가 있다.

02. 홈 경기장 공유

- 홈구장을 공유하는 두 구단은 동시에 홈경기를 가질 수 없다.

03. 개막전

- 당해 리그 개막전은 전년도 상위 4팀의 홈에서 진행되며, 2번째 period는 반드시 하위 4팀의 홈에서 진행되어야 한다.

선호 조건 (Attractiveness Requirement)

A1. 연속 홈/원정 경기

- 지방 팀의 경우 원정 비용을 줄이기 위하여 많은 팀이 밀집되어 있는 수도권에서 연속 원정경기를 갖기를 원하며, 모든 팀은 홈에서 연속 경기를 갖기를 원한다.

A2. 특정 팀과 경기 간격

- 각 팀은 특정 팀과 경기 간격을 일정 기간으로 유지하기를 원한다.

A3. 홈 경기 선호

- 각 팀은 특정 기간에 홈에서 경기하기를 원한다.

A4. 흥행 경기

- 각 팀은 흥행 가능성이 높은 경기를 주말에 홈구장에서 하기를 원한다. TV 중계권자와 팬들은 흥미를 유발하는 경기가 같은 period에 몰리지 않기를 원한다.

형평성 조건 (Fairness Requirement)

F1. 주말 홈경기 균등 배분

- 각 팀의 주말 홈경기 수는 균등하게 배분되어야 한다.

F2. 강/약팀 연속 경기 제한

- 강팀과 약팀이 연속적으로 경기하여 특정 팀에게 유리하거나 불리하지 않도록 일정이 계획되어야 한다.

F3. 지역 할당

- 수도권 팀간 경기는 원정 효과를 반감시킨다. 따라서 지방 팀과 수도권 팀 간 형평성을

고려해 수도권 팀 간 경기를 일정 수로 제한해야 한다.

4. Tabu Search

문제를 풀기 위하여 r-RRT 조건을 만족 시키는 임의의 초기 해를 생성한다. 그리고 현실 제약을 체크한 후 현재 해가 불가능해 (infeasible)일 경우 이웃 해를 생성한다. 이웃 해 생성 방법은 다음과 같다.

Swap Homes

두 팀을 골라 두 팀의 홈/어웨이 패턴을 변경한다. 그림 1은 2번 팀과 4번 팀의 홈/어웨이 패턴이 변경되어 새로운 일정이 수립되는 과정을 보여준다.

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 4 | 3 | -5 | -4 | -3 | 5 | 2 | -6 |
| 2 | 5 | 1 | -3 | -6 | 4 | 3 | 6 | -4 | -1 | -5 |
| 3 | -4 | 5 | 2 | -1 | 6 | -2 | 1 | -6 | -5 | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -1 | -5 | -2 | 1 | 5 | 2 | -6 | -3 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 4 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 2 | -3 | 5 | -2 | 3 | 4 | 1 |

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 4 | 3 | -5 | -4 | -3 | 5 | 2 | -6 |
| 2 | 5 | 1 | -3 | -6 | -4 | 3 | 6 | 4 | -1 | -5 |
| 3 | -4 | 5 | 2 | -1 | 6 | -2 | 1 | -6 | -5 | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -1 | -5 | 2 | 1 | 5 | -2 | -6 | -3 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 4 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 2 | -3 | 5 | -2 | 3 | 4 | 1 |

그림 2. Swap Homes

Swap Periods

두 Period를 경기 일정을 교환한다. 그림 2는 period 3과 period 5에 해당하는 경기 일정 교환 과정을 보여준다.

| I-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 4 | 3 | -5 | -4 | -3 | 5 | 2 | -6 |
| 2 | 5 | 1 | -3 | -6 | 4 | 3 | 6 | -4 | -1 | -5 |
| 3 | -4 | 5 | 2 | -1 | 6 | -2 | 1 | -6 | -5 | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -1 | -5 | -2 | 1 | 5 | 2 | -6 | -3 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 4 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 2 | -3 | 5 | -2 | 3 | 4 | 1 |

| I-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | -5 | 3 | 4 | -4 | -3 | 5 | 2 | -6 |
| 2 | 5 | 1 | 4 | -6 | -3 | 3 | 6 | -4 | -1 | -5 |
| 3 | -4 | 5 | 6 | -1 | 2 | -2 | 1 | -6 | -5 | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -2 | -5 | -1 | 1 | 5 | 2 | -6 | -3 |
| 5 | -2 | -3 | 1 | 4 | 6 | -6 | -4 | -1 | 3 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | -3 | 2 | -5 | 5 | -2 | 3 | 4 | 1 |

그림 3. Swap Periods

Swap Teams

두 팀의 경기 일정을 변경한다. 그림 3에서 2번 팀과 5번 팀은 서로간의 경기를 제외한 나머지 경기 일정을 교환한다. 밑줄로 표시된 부분은 두 팀의 경기 일정이 변경되면서, 기존에 두 팀과 상대하던 팀의 경기가 2번 팀에서 5번 팀, 또는 5번 팀에서 2번 팀으로 변경되는 과정을 보여준다.

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 4 | 3 | -5 | -4 | -3 | 5 | 2 | -6 |
| 2 | <u>5</u> | <u>1</u> | -3 | -6 | 4 | 3 | 6 | -4 | -1 | -5 |
| 3 | -4 | 5 | 2 | -1 | 6 | -2 | 1 | -6 | -5 | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -1 | -5 | -2 | 1 | 5 | 2 | -6 | -3 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 4 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 2 | -3 | 5 | -2 | 3 | 4 | 1 |

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----|
| 1 | 6 | <u>-5</u> | 4 | 3 | <u>-2</u> | -4 | -3 | <u>2</u> | <u>2</u> | -6 |
| 2 | <u>5</u> | -3 | 6 | 4 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | -5 |
| 3 | -4 | <u>2</u> | <u>2</u> | -1 | 6 | <u>-5</u> | 1 | -6 | <u>-2</u> | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -1 | <u>-2</u> | <u>-5</u> | 1 | <u>2</u> | <u>2</u> | -6 | -3 |
| 5 | -2 | <u>1</u> | -3 | -6 | 4 | 3 | 6 | -4 | -1 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | <u>-2</u> | <u>2</u> | -3 | <u>2</u> | <u>-5</u> | 3 | 4 | 1 |

그림 4. Swap Teams

Partial Swap Periods

특정 팀의 두 period를 경기 일정을 교환한다. 그림 4는 2번 팀이 period 2와 period 5에 해당하는 경기 일정을 교환하는 과정을 보여준다. 줄로 표시된 부분은 RRT 조건에 의해 period 2와 period 5에서 다른 팀들 경기 일정이 변경되는 과정을 보여준다.

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 2 | 3 | -5 | -4 | -3 | 4 | 5 | -6 |
| 2 | 5 | <u>1</u> | -1 | -5 | 4 | 3 | 6 | <u>-6</u> | -4 | -3 |
| 3 | -4 | 5 | 4 | -1 | 6 | -2 | 1 | -5 | -6 | 2 |
| 4 | 3 | 6 | -3 | -6 | -2 | 1 | 5 | -1 | 2 | -5 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 2 | 1 | -6 | -4 | 3 | -1 | 4 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 4 | -3 | 5 | -2 | 2 | 3 | 1 |

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|-----------|----|----|----|----|----|-----------|----|----|
| 1 | 6 | <u>4</u> | 2 | 3 | -5 | -4 | -3 | <u>-2</u> | 5 | -6 |
| 2 | 5 | -6 | -1 | -5 | 4 | 3 | 6 | <u>1</u> | -4 | -3 |
| 3 | -4 | 5 | 4 | -1 | 6 | -2 | 1 | -5 | -6 | 2 |
| 4 | 3 | <u>-1</u> | -3 | -6 | -2 | 1 | 5 | <u>6</u> | 2 | -5 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 2 | 1 | -6 | -4 | 3 | -1 | 4 |
| 6 | -1 | <u>2</u> | -5 | 4 | -3 | 5 | -2 | <u>-4</u> | 3 | 1 |

그림 5. Partial Swap Periods

Partial Swap Teams

특정 period에서 두 팀의 경기 일정을 교환한다. 그림 5는 2번 팀과 4번 팀이 period 9의 경기 일정을 교환하는 과정을 보여 준다. 밑줄로 표시된 부분은 두 팀의 경기 일정이 변경되면서, RRT 제약에 의하여 전체 일정이 변경되는 과정을 보여준다.

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 4 | 3 | -5 | -4 | -3 | 5 | 2 | -6 |
| 2 | 5 | 1 | -3 | -6 | 4 | 3 | 6 | -4 | -1 | -5 |
| 3 | -4 | 5 | 2 | -1 | 6 | -2 | 1 | -6 | -5 | 4 |
| 4 | 3 | 6 | -1 | -5 | -2 | 1 | 5 | 2 | -6 | -3 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 4 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | 2 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 2 | -3 | 5 | -2 | 3 | 4 | 1 |

| T-P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | -2 | 2 | 3 | -5 | -4 | -3 | 5 | 4 | -6 |
| 2 | 5 | 1 | -1 | -5 | 4 | 3 | 6 | -4 | -6 | -3 |
| 3 | -4 | 5 | 4 | -1 | 6 | -2 | 1 | -6 | -5 | 2 |
| 4 | 3 | 6 | -3 | -6 | -2 | 1 | 5 | 2 | -1 | -5 |
| 5 | -2 | -3 | 6 | 2 | 1 | -6 | -4 | -1 | 3 | 4 |
| 6 | -1 | -4 | -5 | 4 | -3 | 5 | -2 | 3 | 2 | 1 |

그림 6. Partial Swap Teams

5. 결론

이 논문은 RRT-TTP 문제를 응용하여 한국 프로야구 리그 일정 계획 방법을 제시하였다. 기존 연구는 RRT-TTP 문제의 이론적 해법만 제시하였을 뿐 실제 스포츠 리그 일정 계획에 활용되지 못하였다. 이 논문 한국 프로야구의 현실 제약을 체계화하여 RRT-TTP 문제에 반영하여 실제 한국 프로야구 일정 계획 수립에 도움을 준다. 향후 이 논문이 제시한 방법론을 일반화 시켜 다른 스포츠 리그 일정 계획에도 활용할 수 있어야 한다.

참고문헌

A. Anagnostopoulos, L. Michel, P. Van Hentenryck, and Y. Vergados (2005). A Simulated Annealing Approach to the Traveling Tournament Problem., Journal of Scheduling, vol.9, pp.177-193

J. Lee, Y. Lee, and Y. Lee (2005). Mathematical Modeling and Tabu Search Heuristic for the Traveling Tournament Problem, Lecture Note in

Computer Science, vol.3982, pp.875-884

K. Easton, G. Nemhauser, and M. Trick (2001). The Traveling Tournament Problem Description and Benchmarks, Lecture Note in Computer Science, vol.2239, pp.580-589

T. Bartsch, A. Brexl, and S. Kroger (2006). Scheduling the Professional Soccer Leagues of Austria and Germany, Computers & Operations Research, vol.33, pp.1907-1937

L. Gaspero, A. Schaerf (2007). A Composite-Neighborhood Tabu Search Approach to the Traveling Tournament Problem, Journal of Heuristics, vol.13. pp.189-207