응용통계연구 (2008)
21(6), 1015–1026

라운드로빙 방식을 응용한 복식조 편성방법

조대현[1]

[1]인제대학교 데이터정보학과/통계정보연구소

(2008년 7월 접수, 2008년 9월 채택)

요 약

본 논문에서는 테니스 동호인의 복식경기에 대하여 참여 선수 n이 4의 배수인 경우(n = 4, 8)와 그렇지 않은 경우(n = 5, 7)로 나누어 복식조를 편성하는 방법을 다루었다. 라운드로빙 방식에 기초하여 최초의 복식조를 편성하고, 파트너-상대 표와 ox(경기-휴식) 표를 이용하여 일반적으로 좋아하는 경기 진행패턴에 따른 손실함수를 정의하고 정의된 손실함수 값을 최소로 하는 복식조 및 경기순서를 결정하였다.

주요용어: 라운드로빙 방식, 복식조, 손실함수, 최적 경기진행 방식.

1. 서론

이 세상에 살아가고 있는 사람들은 누구나 행복하기를 원한다. 건강한 삶을 위해 크고 작은 운동 단체나 동호인 클럽에 가입하여 활동하고 있는 사람들이 날로 늘어가는 추세이다. 2007년 12월 말을 기준으로 국민 생활체육 회원단체에 등록하여 활동하고 있는 동호인수가 290만 여명에 이른다 (문화체육관광부, 2008). 동호인들은 동일한 종목의 스포츠를 즐기는 사람들끼리 다양한 경기 방식과 규칙으로 경기를 진행하며 경기력향상과 건강 및 우의를 다진다. 일반적으로 경기 방식에는 토너먼트 방식과 풀-리그 방식이 사용된다. 시합이나 경기에 참여한 참가선수가 많은 경우에는 주로 토너먼트를 사용하며 참가자 수가 비교적 적은 경우에 풀-리그 경기방식을 사용한다. 대회 참가자가 많은 경우에는 미리 참가선수의 등록을 받아 준비된 방식으로 경기를 진행할 수 있도록 하지만 때로는 동호인들이 모인 상태에서 경기 방식과 진행방식을 정하기도 한다. 실제로 경기를 운영하다 보면 시간의 제약을 받기도 하며 경기장과 참가 선수들의 형편을 고려하여 경기진행을 해야 하는 경우도 발생하곤 한다. 특히 동호인들이 함께하는 경기인 경우 시간이 충분하지 못해 풀-리그를 하지는 못하고 동호인들 중 가능하면 많은 동호인들과 경기할 수 있도록 경기를 진행하고 싶은 경우가 자주 발생한다. 또한 경기진행에서도 너무 많은 사람들이 한꺼번에 쉬는 경우가 발생한다든가 특정한 사람들만이 연이은 경기를 하도록 되거나 특정한 사람들만이 너무 오랫동안 쉬게 되는 경우가 발생한다면 결국 불리한 경기진행 순서 때문에 자신의 경기결과에 만족하지 못하게 될 수도 있다. 가능한 모든 경우의 수 (전종우와 김우철, 1987; 신양우, 2004; Ross, 1994)를 고려하여 참가한 선수들에게 공정한 경기진행이 될 수 있도록 게임 순서를 결정하는 것은 중요한 일이라 할 수 있다.

풀-리그 경기 게임들을 나열하기 위해 다음과 같은 라운드로빙 방식을 사용한다. 예를 들어 1 ~ 4번의 경기 참가자가 있는 경우를 고려해보자. 단식경기를 할 경우 경기에 참가한 모든 선수들이 경기하는 경

[1]교신저자: (621-749) 경남 김해시 어방동 607, 인제대학교 데이터정보학과/통계정보연구소, 교수.
E-mail: cho@stat.inje.ac.kr

우의 수는 4명 중에서 2명씩 짝을 짓는 경우의 수인 $\binom{4}{2} = 6$이 된다. 개인전인 경우의 풀-리그 경기는 다음과 같다.

$$1-2 \qquad 1-3 \qquad 1-4 \qquad 3-4 \qquad 4-2 \qquad 2-3$$

위의 6가지 경우들을 이용하여 복식경기를 모두 치룰 경우 모든 경기들을 나열하면 다음과 같다.

$$1-2 : 3-4 \qquad 1-3 : 4-2 \qquad 1-4 : 2-3$$

그러나 위의 복식경기인 경우 각 사람들이 모두 동일하게 1경기 혹은 2경기만을 해야 하는 경우 위의 3경기 중에서 임의로 하나 혹은 둘을 고르고 출전한 4명의 선수들에게 임의의 번호를 부여하여 경기를 진행하면 된다. 2게임씩 하는 경기를 위한 시합방식은 1–2 : 3–4와 1–3 : 4–2, 1–3 : 4–2와 1–4 : 2–3 그리고 1–2 : 3–4와 1–4 : 2–3 등이 있다. 그러나 어느 경우든 각 선수의 파트너 수나 상대하는 수는 모두 동일하며 4명이 모두 동시에 게임을 하게 되기 때문에 이 경우는 게임의 순서는 중요하지 않다. 그러나 경기에 참가한 선수수가 많아지면 참가한 모든 선수들에게 공정한 시합을 위해서는 게임의 진행순서까지를 고려해야 되는 경우가 발생하게 된다. 테니스 시합의 경우 전체 참가자 수에 따른 4게임용 경기 방식이 알려져 이용되고 있다 (http:tennis/korea,...). 그러나 알려진 경기 방식은 각 선수들이 동일하지 않은 수의 다른 선수들과 경기하도록 되어 있을 뿐 아니라 연이은 경기를 하게 되거나 연이어 쉬는 결과를 초래하곤 한다. 복식조 편성과 경기 진행 순서로 인해 발생하는 이러한 공정하지 못한 문제를 해결해 보고자한다.

테니스에 관한 동호인들의 경기 문화에 대한 연구나 경기의 승패에 대한 요인 분석 등에 대해서는 많은 연구가 있어 왔다 (이홍구와 한태룡, 2004; 최성훈, 2004; 안창식, 1997). 그러나 본 연구에서는 참가한 모든 선수들에게 공정한 테니스 복식 게임순서를 만드는데 관심을 갖는다. 공정한 경기 진행방식의 설계를 위해 파트너-상대 표와 ox 표를 이용한다. 손실함수인 목적함수 $L(\cdot)$를 제안하고 목적함수를 최소로 하는 이상적인 복식조 편성 및 경기 진행 순서를 만들고자 한다. 이러한 목적함수는 결정론이나 유전자알고리즘 등에서 최적화 문제에 사용 되어진다. 본 연구에서 얻어지는 게임 진행방식을 하나의 의사결정 d라고 하고 이에 따른 목적함수 값을 $L(d)$라고 할 경우 최적의 의사결정 δ는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$L(\delta) = \min_{d} L(d). \tag{1.1}$$

2절에서는 참가선수가 4의 배수인 경우 중 4명과 8명인 경우와 4의 배수가 아닌 경우 중 5명과 7명인 경우에 한하여 공정한 게임을 위한 이상적인 복식경기조 편성과 경기진행방식에 대하여 연구하였으며 3절의 결론 및 제언으로 구성되어 있다.

2. 복식조 편성 방법

경기에 참가한 선수 수가 n명$(n \geq 4)$인 경우 복식조를 편성하고자 한다. 만들어진 복식조 및 경기진행은 다음의 조건들을 만족하도록 하고자 한다.

조건 1: 모든 참가선수들이 동일한 게임수를 소화한다.

조건 2: 동일한 게임을 소화하는 경우 가능한 많은 선수들과 파트너 혹은 상대가 된다.

조건 3: 전체 경기 진행에서 연이은 경기는 가능한 억제한다.

조건 4: 전체 경기 진행에서 연이은 휴식은 가능한 억제한다.

표 2.1. 대진표($n = 4$인 경우)

게임	인원수: 4명
1	$1-2:3-4$
2	$1-3:4-2$
3	$1-4:2-3$

표 2.2. 파트너-상대 표(2 게임용)

선수	경우		
	파트너	상대	2-run
1	2 3	3 4 4 2	2 3 4
2	1 4	3 4 1 3	1 4 3
3	4 1	1 2 4 2	4 1 2
4	3 2	1 2 1 3	3 2 1

위에서 조건 1과 조건 2를 만족하는 경우 게임방식을 공정하다고 정의한다. 복식조 편성결과 각 선수가 동일한 게임 수, 동일한 수의 파트너 및 동일한 수의 상대를 갖도록 편성된 복식조는 동일한 것으로 간주한다. 예를 들어 4명이 참가자가 모두 1게임을 소화하는 $1-2:3-4$와 $1-3:2-4$ 등은 동일한 것으로 간주된다. 조건 1과 조건 2를 만족하는 복식조 중 동일한 목적함수 값을 갖는 경기진행방식도 동일한 것으로 간주한다.

참가한 각 선수들이 동일하게 k게임을 하게 되는 경우 전체 게임수를 N이라하면 N, k, n은 다음의 등식을 만족함을 알 수 있다.

$$\frac{n \times k}{4} = N. \tag{2.1}$$

위의 식 (2.1)에서 알 수 있는 것처럼 모든 참가 선수들이 동일한 게임수의 경기를 치른다면 $n \times k$는 4의 배수여야 함을 알 수 있다. 먼저 참가한 선수 수가 12미만인 경우 중 4의 배수인 경우를 고려해 보자.

2.1. n이 4의 배수인 경우

2.1.1. $n = 4$인 경우 식 (2.1)에 의하여 $1 \sim 3$게임용을 만들 수 있음을 알 수 있다. 4명의 참가선수를 이용하여 라운드로빙 방식을 이용하면 다음과 같은 6가지의 짝을 짓는 경우가 있음을 알 수 있다.

$$1-2 \qquad 1-3 \qquad 1-4 \qquad 3-4 \qquad 4-2 \qquad 2-3$$

이를 이용하여 3가지의 복식 경기를 만들면 표 2.1과 같다. 2경기용을 만들 경우 표 2.1에서 3가지 게임 중 임의로 2경기를 선택하면 된다. 진행순서가 경기결과에 영향을 줄 수도 있지만 어느 방식을 선택하더라도 각각의 선수들은 자기 아닌 2명만의 선수와 파트너로, 2명의 선수와는 파트너 한 번 상대 한 번, 1명의 선수와는 상대 두 번씩 경기를 하게 된다. 3게임 중 게임 1과 게임 2를 선택한 경우 각 선수들이 상대하는 선수와 파트너를 아래의 파트너-상대 표를 이용하여 확인할 수 있다. 참가한 4명의 선수들에게 $1 \sim 4$ 중 임의로 하나씩의 번호를 부여한 후 순서대로 경기를 진행하면 된다. 이렇게 진행할 경우 모든 선수는 우리들이 요구하는 조건 1, 2를 만족하게 된다. 즉, 공정한 경기진행이 된다.

2.1.2. $n = 8$인 경우 참가선수의 수가 8명인 경우 식 (2.1)에 의하여 $1 \sim 7$게임용을 만들 수 있음을 알 수 있다. 참가 선수가 4명인 경우와 마찬가지로 라운드로빙 방식을 이용하면 $\binom{8}{2} = 28$가지의 서로 짝이

표 2.3. 대진표

게임순서	인원수: 8명	
1	1−2:3−8	4−7:5−6
2	1−3:4−2	5−8:6−7
3	1−4:5−3	6−2:7−8
4	1−5:6−4	7−3:8−2
5	1−6:7−5	8−4:2−3
6	1−7:8−6	2−5:3−4
7	1−8:2−7	3−6:4−5

표 2.4. 파트너-상대 표(7게임용)

선수	경우			
	파트너	상대	5-run	-run
1	2 3 4 5 6 7 8	3 8 4 2 5 3 6 4 7 5 8 6 2 7	없음	없음
2	1 3 4 5 6 7 8	3 8 1 3 7 8 7 3 8 4 3 4 1 8	3 8	5 6
3	1 2 4 5 6 7 8	1 2 4 2 1 4 8 2 8 4 2 5 4 5	2 4	6 7
4	1 2 3 5 6 7 8	5 6 1 3 5 3 1 5 2 3 2 5 3 6	3 5	7 8
5	1 2 3 4 6 7 8	4 7 6 7 1 4 6 4 1 6 3 4 3 6	4 6	2 8
6	1 2 3 4 5 7 8	4 7 5 8 7 8 1 5 7 5 1 7 4 5	5 7	2 6
7	1 2 3 4 5 6 8	5 6 5 8 6 2 8 2 1 6 8 6 1 8	6 8	3 7
8	1 2 3 4 5 6 7	1 2 6 7 6 2 7 3 2 3 1 7 2 7	2 7	4 5

될 수 있는 경우가 있음을 알 수 있다.

1−2	1−3	1−4	1−5	1−6	1−7	1−8
3−8	4−2	5−3	6−4	7−5	8−6	2−7
4−7	5−8	6−2	7−3	8−4	2−5	3−6
5−6	6−7	7−8	8−2	2−3	3−4	4−5

전체 경우의 수를 이용하여 각자 7게임씩을 소화하는 게임들을 라운드별로 정리하면 표 2.3과 같다.

이 경우 게임을 표 2.3의 순서대로 진행하면 모든 참가자들에게 공정한 경기진행이 될 수 없다. 표 2.4에서 알 수 있듯이 모든 선수들은 자신 이외의 선수들과 한 번씩 파트너가 될 수 있으나 1번 선수의 경우는 자신 이외의 선수들과 2번씩 상대하게 되지만 다른 선수들은 특정선수들과 여러 번 상대가 되어 경기를 하게 되거나 특정선수들과는 상대가 되어 경기를 하지 않는 경우가 있음을 알 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 다음과 같이 2게임용부터 7게임용까지 연차적으로 공정한 게임을 만들어보고자 한다.

1) 1게임용인 경우

위의 복식조를 만드는 경우 중에서 1−2 : 3−4, 5−6 : 7−8인 경우나 1−2 : 3−8, 4−7 : 5−6인 경우 어느 것이나 모든 선수들은 1명의 파트너와 2명과 상대가 되어 경기를 하게 된다. 조건 1과 2를 만족하는 경우는 여러 가지가 있음을 알 수 있다. 결국 최종 시합은 8명이 임의의 순번을 부여받게 되면 위의 여러 가지 경우 중 어느 경우이건 모든 선수들은 1명의 파트너와 2명의 상대가 되어 경기를 하게 된다. 결국 1게임용인 경우 동일한 경우 중 첫 번째 열을 선택하여 조를 형성한 것을 1−2 : 3−8, 4−7 : 5−6라 하자. 이는 조건 1과 2를 만족하게 된다.

표 2.5. 파트너-상대 표(2게임용)

선수	경우			
	파트너	상대	5-run	-run
1	2 4	3 8 2 7	2	5 6
2	1 7	3 8 1 4	1	5 6
3	8 5	1 2 8 6	8	4 7
4	7 1	5 6 2 7	7	3 8
5	6 3	4 7 8 6	6	1 2
6	5 8	4 7 3 5	5	1 2
7	4 2	5 6 1 4	4	3 8
8	3 6	1 2 3 5	3	4 7

표 2.6. 파트너-상대 표(3게임용)

선수	경우				
	파트너	상대	2-run	1-run	-run
1	2 4 5	3 8 2 7 3 4	2 3 4	5 7 8	6
2	1 7 6	3 8 1 4 8 7	1 8 7	3 4 6	5
3	8 5 4	1 2 8 6 1 5	1 5 8	2 4 6	7
4	7 1 3	5 6 2 7 1 5	1 7 5	2 3 6	8
5	6 3 1	4 7 8 6 3 4	3 4 6	1 7 8	2
6	5 8 2	4 7 3 5 8 7	5 8 7	2 3 4	1
7	4 2 8	5 6 1 4 2 6	4 2 6	1 5 8	3
8	3 6 7	1 2 3 5 2 6	3 2 6	1 5 7	4

2) 2게임용인 경우

2게임용부터는 1게임용을 확장하고자 한다. $1-2:3-8$, $4-7:5-6$과 같이 1번씩 게임을 한 경우 두 번째 게임을 조건 1과 2를 만족하도록 복식조를 편성해야한다. 그러려면 이 경우 $1-2:3-8$인 box1과 $4-7:5-6$인 box2에서 게임한 사람들끼리는 가능하면 만나지 않아야 한다. 1번 선수의 경우 가능하면 box2에서 파트너를 구하게 된다. box2에 있는 선수 중에서 임의로 4번을 파트너로 정한다면 두 명의 상대가 필요하게 된다. 이 경우 box2에서 두 명을 구하면 그 두 명은 각 각 두 번씩 파트너 혹은 상대가 될 수 밖에 없다. 결국 조건 1과 2를 만족하려면 1번이 2번째 파트너로 4번을 선택하는 경우는 2, 7번이 상대가 될 수밖에 없다. 즉 2게임용은 $1-2:3-8$, $4-7:5-6$, $1-4:2-7$, $3-5:8-6$이 된다. 이로부터 각 선수들이 자신의 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우와 동시에 하지 않은 선수인 경우에 대한 표를 만들면 표 2.5와 같다. 파트너-상대 표는 각 선수들의 파트너 상대 및 파트너 혹은 상대로 맞는 경우에 대한 표이다. -run은 한번도 파트너 혹은 상대하지 않은 선수들이다. 이외에도 1번이 2번째 파트너로 선택하는 경우에 따라 서로 다른 복식조를 만들 수 있지만 이들 모든 경우도 $1-2:3-8$과 $4-7:5-6$, $1-4:2-7$과 $3-5:6-8$인 경우에 대한 표 2.5에 나타나는 바와 같은 2명의 서로 다른 파트너와 4명의 서로 다른 상대와 게임을 하게 된다.

3) 3게임용인 경우

2게임용에 대한 표 2.5를 이용하면 3번째 게임인 5번 혹은 6번 선수 중에서 한 선수가 1번의 파트너가 될 수 있다. 먼저 5번을 1번의 파트너로 정하고 나면 6번은 자동으로 2번의 파트너로 정해진다. 마찬가지로 4번 혹은 7번 선수가 3번의 파트너가 될 수 있다. 먼저 4번을 3번의 파트너로 정하면 8번과 7번이 파트너가 된다. 이렇게 하여 만들어진 3게임용 중 3라운드는 $1-5:3-4$와 $2-6:8-7$이 된다. 각 선수

표 **2.7.** 파트너-상대 표(4게임용)

선수	경우				
	파트너	상대	3-run	2-run	1-run
1	2 4 5 6	3 8 2 7 3 4 2 5	2	3 4 5	6 7 8
2	1 7 6 5	3 8 1 4 8 7 1 6	1	6 7 8	3 4 5
3	8 5 4 7	1 2 8 6 1 5 4 8	8	1 5 4	2 6 7
4	7 1 3 8	5 6 2 7 1 5 3 7	7	1 3 5	2 6 8
5	6 3 1 2	4 7 8 6 3 4 1 6	6	1 3 4	2 7 8
6	5 8 2 1	4 7 3 5 8 7 2 5	5	2 7 8	1 3 4
7	4 2 8 3	5 6 1 4 2 6 4 8	4	2 6 8	1 3 5
8	3 6 7 4	1 2 3 5 2 6 3 7	3	2 6 7	1 4 5

표 **2.8.** 파트너-상대 표(5게임용)

선수	경우				
	파트너	상대	3-run	2-run	1-run
1	2 4 5 6 7	3 8 2 7 3 4 2 5 5 8	2 5	3 4 7 8	6
2	1 7 6 5 3	3 8 1 4 8 7 1 6 4 6	1 6	7 8 3 4	5
3	8 5 4 7 2	1 2 8 6 1 5 4 8 4 6	8 4	1 5 2 6	7
4	7 1 3 8 6	5 6 2 7 1 5 3 7 2 3	7 3	1 5 2 6	8
5	6 3 1 2 8	4 7 8 6 3 4 1 6 1 7	6 1	3 4 7 8	2
6	5 8 2 1 4	4 7 3 5 8 7 2 5 2 3	5 2	7 8 3 4	1
7	4 2 8 3 1	5 6 1 4 2 6 4 8 5 8	4 8	2 6 1 5	3
8	3 6 7 4 5	1 2 3 5 2 6 3 7 1 7	3 7	2 6 1 5	4

들이 자신의 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우와 동시에 하지 않은 선수인 경우에 대한 표를 만들면 표 2.6과 같다.

4) 4게임용인 경우

3게임용에 대한 표 2.6을 이용하면 다음과 같은 4라운드를 만들 수 있다. 1−6 : 2−5와 3−7 : 4−8. 1～4라운드를 이용하여 각 선수들이 자신의 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우 및 동시에 하지 않은 선수인 경우에 대한 표를 만들면 표 2.7과 같다.

5) 5게임용인 경우

4게임용에 대한 파트너-상대 표 표 2.7을 이용하면 다음과 같은 5라운드를 만들 수 있다. 표 2.7로부터 1번은 3, 7, 8번과 파트너가 될 수 있다. 이 중 3번은 이미 두 번의 상대가 되었으므로 7번을 파트너로 선택하자. 8번은 1, 2, 5번이 파트너가 될 수 있으나 1번이 이미 7번과 파트너가 되었고 이미 2번의 상대로 두 번의 경우가 있으므로 5번이 파트너가 된다. 즉 1−7 : 5−8 경기 쌍이 만들어진다. 2번인 경우 3, 4번이 파트너가 될 수 있는데 3번을 선택하면 나머지 쌍은 4번과 6번이 저절로 결정된다. 결국 5라운드는 1−7 : 5−8과 2−3 : 4−6이 된다. 1～5라운드를 이용하여 각 선수들이 자신의 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우 및 동시에 하지 않은 선수인 경우에 대한 표를 만들면 표 2.8과 같다.

6) 6게임용인 경우

5게임용에 대한 표를 이용하면 다음과 같은 6라운드를 만들 수 있다. 1번에 대해 3, 8번이 파트너가 될 수 있다. 3번을 파트너로 정하면 8번은 2번의 파트너가 된다. 4번은 5번과, 6번은 7번과 파트너가 됨을 알 수 있다. 1번에 대하여 가장 적게 상대한 6번과 쌍이 되어있는 6−7번이 1−3의 상대가 된다. 결국

표 2.9. 파트너-상대 표(6게임용)

선수	경우			
	파트너	상대	3-run	2-run
1	2 4 5 6 7 3 3	8 2 7 3 4 2 5 5 8 6 7	2 5 3 7	4 8 6
2	1 7 6 5 3 8 3	8 1 4 8 7 1 6 4 6 4 5	1 6 4 8	7 3 5
3	8 5 4 7 2 1 1	2 8 6 1 5 4 8 4 6 6 7	8 4 1 6	5 2 7
4	7 1 3 8 6 5 5	6 2 7 1 5 3 7 2 3 2 8	7 3 2 5	1 6 8
5	6 3 1 2 8 4 4	7 8 6 3 4 1 6 1 7 2 8	6 1 4 8	3 7 2
6	5 8 2 1 4 7 4	7 3 5 8 7 2 5 2 3 1 3	5 2 3 7	8 4 1
7	4 2 8 3 1 6 5	6 1 4 2 6 4 8 5 8 1 3	4 8 6 1	2 5 3
8	3 6 7 4 5 2 1	2 3 5 2 6 3 7 1 7 4 5	3 7 2 5	6 1 4

표 2.10. 파트너-상대 표(7게임용)

선수	경우				
	파트너	상대	4-run	3-run	2-run
1	2 4 5 6 7 3 8	3 8 2 7 3 4 2 5 5 8 6 7 5 7	5 7	2 3 8	4 6
2	1 7 6 5 3 8 4	3 8 1 4 8 7 1 6 4 6 4 5 3 6	4 6	1 8 3	7 5
3	8 5 4 7 2 1 6	1 2 8 6 1 5 4 8 4 6 6 7 2 4	4 6	8 1 2	5 7
4	7 1 3 8 6 5 2	5 6 2 7 1 5 3 7 2 3 2 8 3 6	2 3	7 5 6	1 8
5	6 3 1 2 8 4 7	4 7 8 6 3 4 1 6 1 7 2 8 1 8	1 8	6 4 7	3 2
6	5 8 2 1 4 7 3	4 7 3 5 8 7 2 5 2 3 1 3 2 4	2 3	5 7 4	8 1
7	4 2 8 3 1 6 5	5 6 1 4 2 6 4 8 5 8 1 3 1 8	1 8	4 6 5	2 3
8	3 6 7 4 5 2 1	1 2 3 5 2 6 3 7 1 7 4 5 5 7	5 7	3 2 1	6 4

표 2.11. 대진표($n = 8$인 경우)

순서	인원수: 8명
1 라운드	1−2 : 3−8 4−7 : 5−6
2 라운드	1−4 : 2−7 3−5 : 8−6
3 라운드	1−5 : 3−4 2−6 : 8−7
4 라운드	1−6 : 2−5 3−7 : 4−8
5 라운드	1−7 : 5−8 2−3 : 4−6
6 라운드	1−3 : 6−7 2−8 : 4−5
7 라운드	1−8 : 5−7 2−4 : 3−6

6라운드는 1−3 : 6−7, 2−8 : 4−5가 된다. 1∼6라운드를 이용하여 각 선수들이 자신의 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우 및 동시에 하지 않은 선수인 경우에 대한 표를 만들면 표 2.9와 같다.

7) 7게임용인 경우

6게임용에 대한 표를 이용하면 6라운드까지 파트너를 하지 않은 선수 끼리 쌍을 지어준 후 상대를 정하면 간단하게 만들 수 있다. 1번은 8번과, 2번은 4번과, 3번은 6번과 5번은 7번과 파트너가 된다. 이를 이용하면 7라운드는 1−8 : 5−7, 2−4 : 3−6이 된다. 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우 및 동시에 하지 않는 선수들에 대한 표를 만들면 표 2.10과 같다. 선수들 모두 다른 사람들과 1번씩 파트너가 되며 2명씩 3번 상대가 되며 3명씩 2번 상대가 되며 2명씩 1번씩 상대가 됨을 알 수 있다.

지금까지 1게임용부터 7게임용까지의 내용을 요약하면 각 라운드는 표 2.11과 같이 됨을 알 수 있다.

표 **2.12.** 대진표($n = 5$인 경우)

순서	인원수: 5명
1	$2-5:3-4$
2	$3-1:4-5$
3	$4-2:5-1$
4	$5-3:1-2$
5	$1-4:2-3$

표 **2.13.** ox 표($n = 5$인 경우)

게임	선수번호				
	1	2	3	4	5
4게임용	x o o o o	o x o o o	o o x o o	o o o x o	o o o o x

다음으로, 참가자의 수가 4의 배수가 아닌 5명과 7명인 경우만을 고려하기로 한다.

2.2. 참가자 수가 4의 배수가 아닌 경우

2.2.1. $n = 5$인 경우 라운드로빙 방식을 이용하면 5명의 참가 선수들에 대한 아래와 같은 짝짓기를 만들 수 있다.

$$\begin{array}{ccccc} 0-1 & 0-2 & 0-3 & 0-4 & 0-5 \\ 2-5 & 3-1 & 4-2 & 5-3 & 1-4 \\ 3-4 & 4-5 & 5-1 & 1-2 & 2-3 \end{array}$$

위에서 번호 0과 짝이 된 경우는 쉬는 경우를 의미한다. 1절의 공식에 의해 참가선수가 5명인 경우 4게임용을 전체 5게임을 통하여 만들 수 있다.

$n = 5$인 경우 라운드로빙 방식을 이용하면 결국 1명씩이 빠진 상황에서 남은 4명을 이용하여 파트너와 상대를 정하면 되는데 이 경우 조건 1과 2를 만족하도록 정해야한다. 5 box 각각에서 파트너를 정하는 방법은 가로 혹은 세로 혹은 대각선으로 복식조를 만드는 경우이다. 5 box에서 정한 모든 경우는 각 box에서 3가지 경우들을 섞는 방법에 의한 결과를 생각할 수 있는데 라운드로빙에 의한 방법의 특성상 조건 1과 2를 만족하는 경우는 모두 가로로 복식조를 형성하는 경우이다. 예를 들어 다른 모든 box는 가로로 조를 만들고 4번째 box만 대각선으로 만들면 2, 5번이 짝이 되는 경우가 두 번 발생한다. 모두 세로로 만들 경우 역시 5, 4번과 1, 2번과 4, 5번이 두 번씩 짝이 됨을 알 수 있다.

즉, 대진표는 표 2.12와 같이 모두 가로로 복식조를 형성하는 $2-5:3-4$, $3-1:4-5$, $4-2:5-1$, $5-3:1-2$, $1-4:2-3$의 경우가 모든 선수들이 4명과 1번씩 파트너를 두 번씩 상대가 되어 경기를 하게 됨을 알 수 있다. 즉 조건 1과 2를 만족하는 공정한 진행방식임을 알 수 있다.

표 2.12의 순서로 경기를 진행할 경우 각 선수들의 각 게임마다 경기(o)와 휴식(x)에 대한 ox 표를 만들면 표 2.13과 같다.

표 2.13의 경우 1번 선수는 다섯 게임 중 첫 게임을 휴식한 후 4게임을 연달아 하게 된다. 3번 선수인 경우에는 2게임 후 1게임을 휴식한 후 2게임을 하게 된다. 결국 순서를 어떻게 정하느냐에 따라 선수 개인들의 휴식과 게임의 순서가 정해진다고 할 수 있다. 게임의 순서를 어떻게 하느냐에 따라 연달아 게임을 하거나 연달아 휴식을 하게 되는 경우의 수가 달라 질 수도 있다. 다음과 같은 손실함수를 생각하여 손실이 가장 작도록 게임의 순서를 정하고자 한다. 여러 가지 방법으로 손실함수를 정의할 수 있지만 다

표 **2.14.** 대진표($n=7$인 경우)

순서	N(7명)						
$s1$(1, 2열)	27:36	31:47	42:51	53:62	64:73	75:14	16:25
$s2$(2, 3열)	36:45	47:56	51:67	62:71	73:12	14:23	25:34
$s3$(1, 3열)	27:45	31:56	42:67	53:71	64:12	75:23	16:34

음과 같이 정하기로 한다.

2 게임연속 경기인 경우 : -1
3 게임연속 경기인 경우 : -2
4 게임연속 경기인 경우 : -3
2 게임연속 휴식인 경우 : -1
3 게임연속 휴식인 경우 : -2
4 게임연속 휴식인 경우 : -3

임의의 경기진행 열(s)에 대해 $1\sim5$번 선수의 각각에 대한 손실을 $L_i(s)$, $i=1,2,\ldots,5$라 하자. 결국 s에 대한 손실함수는 다음과 같다.

$$L(s)=\sum_{i=1}^{5}L_i(s).$$

주어진 경기 진행을 s라 하면 각 선수들에 대한 손실과 전체 손실은 다음과 같음을 알 수 있다.

$$L_1(s)=-3,\qquad L_2(s)=-1,\qquad L_3(s)=0,\qquad L_4(s)=-1,\qquad L_5(s)=-3,\qquad L(s)=-8.$$

위의 경우 5게임의 순서를 달리하는 경우의 수는 5!이다. 그러나 어떤 식으로 경기를 진행하더라도 각 선수에 대한 손실은 달라질 수 있지만 전체손실은 -8로 같음을 알 수 있다. 그러므로 위의 순서대로 경기를 진행하기로 정한 후 5명의 선수들에게 $1\sim5$번 중 임의의 번호를 부여하면 된다.

2.2.2. $n=7$**인 경우** 라운드로빙 방식을 이용하면 7명의 참가 선수들에 대한 아래와 같은 $\binom{7}{2}=21$가지 짝을 만들 수 있다.

	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0
row 1	2 7	3 1	4 2	5 3	6 4	7 5	1 6
row 2	3 6	4 7	5 1	6 2	7 3	1 4	2 5
row 3	4 5	5 6	6 7	7 1	1 2	2 3	3 4

1절의 공식에 의해 참가선수가 7명인 경우 4게임용을 만들 수 있다. 3개열 중 임의의 두개 열을 선택하여 다음과 같은 4게임용을 표 2.14와 같이 만들 수 있다.

각각의 짝 ($s1\sim s3$)에 각 선수들이 자신의 파트너와 상대 및 파트너와 상대를 동시에 한 경우 및 동시에 하지 않은 선수인 경우에 대한 표를 만들면 다음 표 2.15와 같다.

각 경기열($s1\sim s3$)에서 각 선수들은 적어도 1번 이상씩 다른 선수와 파트너 혹은 상대가 되어 경기를 하게 된다. 또한 2명은 특정한 1명에 대해 파트너로 한 번씩 상대로 두 번씩 게임을 하게 되며 한명에 대

표 **2.15.** 파트너-상대 표($n = 7$인 경우)

선수	게임					
	s1		s2		s3	
	파트너	상대	파트너	상대	파트너	상대
1	3 5 4 6	4 7 2 4 7 5 2 5	5 7 2 4	6 7 6 2 7 3 2 3	3 7 2 6	5 6 5 3 6 4 3 4
2	7 4 6 5	3 6 5 1 5 3 1 6	2 1 3 5	7 1 7 3 1 4 3 4	7 4 1 3	4 5 6 7 6 4 7 5
3	6 1 5 7	2 7 4 7 6 2 6 4	6 7 2 4	4 5 1 2 1 4 2 5	1 5 2 4	5 6 7 1 7 5 1 6
4	7 2 6 1	3 1 5 1 7 3 7 5	5 7 1 3	3 6 5 6 2 3 2 5	5 2 6 3	2 7 6 7 1 2 1 6
5	1 3 7 2	4 2 6 2 1 4 1 6	4 6 1 2	3 5 4 7 6 7 3 4	4 6 3 7	2 7 3 1 7 1 2 3
6	3 2 4 1	2 7 5 3 7 3 2 5	3 5 7 2	4 5 4 7 5 1 7 1	5 7 4 1	3 1 4 2 1 2 3 4
7	2 4 3 5	3 6 3 1 6 4 1 4	4 6 1 3	5 6 5 1 6 2 1 2	2 6 1 5	4 5 4 2 5 3 2 3

표 **2.16.** ox 표($n = 7$인 경우)

번호	선수번호						
	1	2	3	4	5	6	7
s1	x o o x x o o	o x o o x x o	o o x o o x x	x o o x o o x	x x o o x o o	o x x o o x o	o o x x o o x
s2	x x o o o o x	x x x o o o o	o x x x o o o	o o x x x o o	o o o x x x o	o o o o x x x	x o o o o x x
s3	x o x o o x o	o x o x o o x	x o x o x o o	o x o x o x o	o o x o x o x	x o o x o x o	o x o o x o x

표 **2.17.** 대진표($n = 7$인 경우)

순서	인원수: 7명
게임순서	27:45 31:56 42:67 53:71 64:12 75:23 16:25

해서는 두 번씩 상대가 되어 게임을 하게 되며 두 명은 파트너로만 게임을 하게 된다. 그러므로 4게임용인 경우 $s1 \sim s3$ 모두가 조건 1, 2에 관한한 동일함을 알 수 있다. 경기 진행방식 $s1 \sim s3$로 경기를 진행할 경우 각 선수들의 각 게임마다 경기(o)와 휴식(x)에 대한 표를 만들면 다음 표 2.16과 같다.

위의 표를 보면 $s1 \sim s3$ 중 $s3$의 손실함수 값이 -6으로 가장 작음을 알 수 있다. 위의 $s3$경우 7게임의 순서를 달리하는 경우의 수는 $7!$이다. $2-7 : 4-5$를 첫 경기로 할 경우 손실함수를 작게 하기 위한 다음 경기의 충분조건은 첫 경기를 한 선수들 중 가능하면 연속경기를 하지 않게 하는 것이다. 이 조건을 만족하는 것은 $3-1 : 4-7$임을 알 수 있으며 연차적으로 하면 손실함수를 최소로 하는 위와 같은 경기 진행방식을 얻는다. 즉 $s3$와 같이 경기를 진행하는 것이 가장 이상적인 경기 진행방식이라 할 수 있다. 7명의 선수가 있는 경우, 아래와 같은 $s3$방식으로 진행하기로 결정한 후 각 선수에게 $1 \sim 7$번 중 임의의 번호를 부여하면 된다.

3. 결언

각 경기에서 이상적인 게임은 다양하게 정의될 수 있다. 출전하는 선수에 따라 경기의 진행에 대해 선호하는 방식 또한 다를 수 있으며 목적함수를 어떻게 정의하느냐에 따라 이상적인 경기진행방식은 달라질 수 있다. 본 논문에서는 선수수가 고정되어 있고 각 선수가 동일한 수의 게임만을 하게 되는 경우, 정해진 목적함수를 최소로 하게하는 경기진행방식을 파트너-상대 표와 경기(o)-휴식(x) 표를 이용하여 만드는 방식을 보여주었다. 만들어진 짝과 경기진행방식이 주어진 짝에 대해 손실을 최소로 하는지는 모든 순서조합에 대한 손실을 계산해 봄으로써 확인해 볼 수 있다. 선수수가 12명 이상인 경우에도 우리가 제안한 방식으로 이상적인 경기진행방식을 만들 수 있다. 우리가 제안한 파트너-상대 표와 경기(o)-휴식(x) 표 및 참여하는 선수들의 선호하는 경기진행 방식에 따라 이에 맞는 목적함수를 정의하여 이상적

인 경기 진행방식을 만들 수 있으며 이를 이용하면 만족도가 높은 경기진행이 될 수 있다.

참고문헌

문화체육관광부 (2008). <2007체육백서>, 문화체육관광부.

신양우 (2004). <기초확률론>, 경문사.

안창식 (1997). 테니스 동호인의 인구 통계학적 특성과 참여도에 관한 연구, <한국레저스포츠학회지>, **1**, 74–84.

이흥구, 한태룡 (2004). 테니스 동호인의 복식경기 문화, *Korea Sport Research*, **15**, 949–968.

전종우, 김우철 (1987). <확률론입문>, 영지문화사.

최성훈 (2004). 한국 동호인 테니스 대회 참가자들의 특성에 대한 분석, <한국체육학회지>, **43**, 835–843.

Ross, S. (1994). *A First Course in Probability*, fourth ed., Prentice Hall, New Jersey.

http://tennis.co.kr/community/board/detail.asp?comserial=1818&serial=389493.

Method of Deciding Optimal Double Pairs

Daehyeon Cho[1]

[1]Dept. of Data Science/Institute of Statistical Information, Inje University

(Received July 2008; accepted September 2008)

Abstract

In this paper, we are interested in tennis games and the best of all matches that is fair to most of all participants. We introduce a loss function. And using our introduced loss function and round robin method, we get a best match that obtains the minimal loss according to the number of participants.

Keywords: Round robin, double pair, loss function, sequences of optimal match.

[1]Professor, Dept. of Data Science/Institute of Statistical Information, Inje University, Kimhae 621-749, Korea. E-mail: cho@stat.inje.ac.kr