

잠재적 블록을 가지는 대칭적 시간표 모듈의 유연성과 제어성

Flexibility and Controllability of Symmetric Timetable Modules with Potential Blocks

하중성*, 류관희**

우석대학교 컴퓨터공학과*, 충북대학교 소프트웨어학과**

Jong-Sung Ha(jsha@woosuk.ac.kr)*, Kwan-Hee Yoo(khyoo@chungbuk.ac.kr)**

요약

본 논문에서는 대학교에서 시간표 작성 시 사용자의 다양한 요구사항들을 쉽게 충족시킬 수 있는 효과적인 시간표 모듈에 대하여 논의한다. 시간표 모듈에 따라서 시간블록의 할당방법도 달라진다는 점에 주목하고 먼저 4 블록 단위로 구성된 대칭적 시간표 모듈 6종을 제시하고 3블록 단위로 구성된 것에 비하여, 수요자 관점에서는 아무 손실 없이 그리고 공급자 관점에서는 공간사용을 상한선 감소를 감안하면, 더 많은 장점을 가진다는 점을 보인다. 제시된 모델들에 잠재적으로만 결정된 잠재블록 개념을 도입 적용시키고 운용 전략을 제시함으로써, 최종적으로 대학시간표 작성 시 유연성과 제어성을 동시에 얻는 방법을 완성한다.

■ 중심어 : | 시간표 작성 | 시간표 모듈 | 대칭성 | 유연성 | 제어성 | 예측성 | 균형성 |

Abstract

This paper considers effective timetable modules in order to easily satisfy various user requirements during scheduling timetables in universities. Noticing that the methods for allocating time blocks change according to the timetable modules, we suggest six models of symmetric timetable modules composed of 4 blocks, and show that our models have more benefits without any loss from the viewpoint of customers, if the suppliers consider the decreasing upper bound of ratio utilizing space resources. By adapting a concept of potentially determined blocks and suggesting their management strategies, finally, we accomplish a method for supporting flexibility and controllability when the universities timetables are scheduled.

■ keyword : | Timetabling | Timetable Module | Symmetry | Flexibility | Controllability | Predictability | Balance Ability |

1. 서론

시간표작성(timetabling)은 주어진 제한들(constraints) 하에서 원하는 목적들(objectives)에 가능한 한 가까운 방법으로 시공간에 자리한 객체들에 자원들(resources)을 할당하는 문제[1]로 정의된다.

학교 및 병원 그리고 각종 산업분야에서는 주어진 요구에 맞는 시간표를 정기적으로 작성하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있는데, 대부분의 시간표작성 문제는 간단한 경우에도 시간복잡도가 NP-hard이다[2]. 즉, 최적해를 찾는데 걸리는 시간이 문제 크기의 다차 제곱에 비례하는 알고리즘을 찾지 못하여 (못 찾는다고 증명되

* 본 연구는 2018년 우석대학교와 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2018-2013-1-00881)

접수일자 : 2018년 09월 27일

수정일자 : 2018년 10월 18일

심사완료일 : 2018년 10월 18일

교신저자 : 류관희, e-mail : khyoo@chungbuk.ac.kr

어있지도 않음) 문제가 일정크기이상이면 현재의 컴퓨터기술로는 현실시간 안에 문제를 풀 수 없다는 의미이다. 따라서 오래전부터 고전적이면서 중요한 문제이면서도 지금까지도 차선의 해를 찾기 위하여 컴퓨터이론이나 산업공학 및 경영과학 분야에서 지속적으로 연구되고 있다.

대학시간표 작성 문제는 지난 20여 년 동안 증가하는 학생과 시설 등 다양한 경우들 때문에 더 어려워지면서 많은 연구자들에 의하여 다양한 해결 방법들[3]이 제안되고 있다. 이러한 연구들은 자동적으로 시간표를 작성해주는 소프트웨어를 개발하는데 일부 적용되는 경우도 있으나 대다수의 연구들[4-24]은 한 과에 복수 클래스와 다수의 강좌 개설이라는 선택 변수와 폭이 큰 경우로 보다 일반화하고 형식화하여 NP-hard 문제를 경험적(heuristic)으로 해결하는 학문적이고 이론적 성과에 집중하고 있고, 공간 같은 자원의 효율적인 활용 등 주로 공급자의 관점에서 연구가 이루어져왔다. 본 논문은 이런 자원의 효율적 활용을 위한 일반화된 시간표작성의 어려운 NP-hard 문제의 원천적인 경험적(heuristic) 알고리즘을 제시하는 부류의 연구에 속하지 않는다.

실제로 많은 대학교에서는 시간표 모듈이라는 틀을 만들고 아직도 사람 손에 의한 반자동적 시간표를 작성하고 있는데 본 논문은 시간표 모듈의 구성이 가장 우선적인 제한(constraint)으로 볼 수 있고 이에 따라 시간표작성 시 수요자의 요구를 충족시킬 수 있는 난이도가 크게 달라진다는 점에 주목하고 효과적인 시간표 모듈의 구성에 관해 고찰하려고 한다. 일반화된 시간표작성 문제에서 모듈이 제한(constraints)의 일부로 표현될 수도 있으나 모듈은 다른 제한과는 달리 가장 기본적이고 모든 대학교에서 실제적으로는 매우 중요한 개념인데도 이에 대해 고찰이 별도로 다루어진 연구를 찾아보기 어렵다.

보통 대학교에서는 모듈을 먼저 정하고 아직도 사람 손에 의한 반자동으로 시간표를 작성하는 경우가 많고 때로는 이것이 더 실용적일 수도 있는 이유는 시간표작성 문제가 일반화된 경우라기보다는 한 과에 단일 클래스로 구성되고 강좌도 단일전공에는 전공선택이 거

의 의미가 없는 최소한으로 개설되는 경우가 대부분이고 학기마다 학과에 따라 가변적으로 다른 다양한 요구 사항들을 제한(constraints)로 표현하여 자동화하기에 한계가 있기 때문이라고 여겨진다.

본 논문에서는 기존에 확정블록과 미정블록으로 구성된 시간표 모듈대신 확정블록과 반드시 사용될 필요는 없는 잠재적으로만 결정된 잠재블록을 포함하는 대칭적 시간표 모듈들과 이들의 운용 전략을 제시하여 이 모듈들의 장점들에 관하여 비교 분석한다. 여기서, 블록은 한 시간으로 유닛(unit)이라고도 하며 모듈은 보통 한 교과목에 대하여 2~4개의 블록으로 이루어진다.

II. 대칭적 1모듈-4블록 모델

1. 기존의 1모듈-3블록 모델

국내 대학교 교과과정에서 1과목은 대개 2시간 3시간 또는 4시간의 교과목들로 구성되어 있으며 3시간인 교과목들이 대부분이다. 또한 시간표 모듈은 1시간과 2시간 단위로 구성되는 경우가 대부분이며 일부대학에서는 1.5시간 단위를 포함시키는 경우도 있다.

예를 들어 아래 [표 1-표 3]은 국내 대학교에서 실제로 사용되고 있는 시간표 모듈들인데 공통점은 1과목3시간을 기준으로 1모듈-3(1+2)블록 방식이고 확정블록과 미정블록으로 구성되어있다는 점이다. [표 3]에서 화 목요일에는 변형된 1모듈-3(1.5+1.5)블록을 가지고 있다. 표에서 색칠되어 있거나 영문 알파벳이 있는 부분은 확정블록이라고 백색으로 알파벳이 없는 것은 미정블록에 해당한다. [표 1]과 [표 2]는 보통 규모의 사립대로 실제 8교시까지 수업이 진행되고 [표 3]은 비교적 규모가 큰 국립대의 경우로 10교시까지 모듈이 지정되어 있다.

[표 3]에서는 중식시간(a b c d)이 별도로 지정되어 있는데 이것은 특별한 경우이며 대학시간표에는 대부분 [표 1]과 [표 2]의 경우와 같이 중식시간이 별도로 지정되어있지 않고 수강자들이 4 또는 5교시중 하나를 비우는 방식으로 수강신청하고 각 학과에서도 전공을 개설할 때 학생뿐만 아니라 교수의 중식시간을 고려하여

교과목들을 시간표에 배치한다. 즉 대학시간표에서는 45교시를 연속해서 수강하거나 강의하는 일은 불가피하지 않은 경우에는 없으므로 기본적으로 45교시에 연속적으로 설강된 2교과목이 있다면 수강신청시 상호 배타적이라고 보면 되고 실제적으로는 동일시간대에 편성된 교과목과 다를 바가 없다.

표 1. S University

	월	화	수	목	금
1	A	B	C	D	
2	A	B	C	D	
3	C	D	A	B	
4	E	F	X	H	
5	E	F	X	H	
6	G	H	E	F	
7			G		
8			G		

표 2. W University

	월	화	수	목	금
1	A	E	A	E	I
2	A	E	I	F	I
3	B	F	B	F	J
4	B	F	C	J	J
5	C	G		G	K
6	C	G		K	
7	D	H	D	K	
8		H	D	H	

표 3. N University

	월	화	수	목	금
1	A	I	B	J	E
2	A		E		E
3	B	J	A	I	F
4	B	b	F	d	F
5	a	K	c	L	e
6	C		D		G
7	C	L		K	G
8	D		G	N	H
9	D	M	C		H
10		N		M	

2. 대칭적 1모듈-4블록 모델

본 논문에서는 먼저 1개의 모듈이 4개의 확정블록으로만 구성되는 대칭적 1모듈-4블록 시간표 6 종류를 [표 4-표 9]과 같이 제시한다. 보통 규모의 대학에서 일반적으로 수업하고 있는 월~금까지의 하루 8교시로 구성된다고 가정했다. 표에 있는 1모듈-4블록 모델들에서는 월과 수, 화와 목, 그리고 금오전과 금오후를 대칭적으로 구성하였다, 만약 토요일 수업이 있으면 금과 토를 대칭적으로 하고 금오후를 제외시킬 수도 있다.

[표 4-표 6]은 기본적 모델로 각각 수평(horizon), 교차(cross), 셔플(shuffle) 방식으로 대칭을 이루게 모듈을 배치한 것이고, [표 7][표 8]은 오전과 오후에 각각

다른 기본적 모델을 응용한 셔플+수평 콤보(S+H combo)와 셔플+교차 콤보(S+C combo) 방식이며, [표 9]는 세 기본적 모델을 혼합시킨 셔플+수평+교차 혼합(S+H+C hybrid) 방식이다.

표 4. Horizon

	월	화	수	목	금
1	A	E	A	E	I
2	A	E	A	E	I
3	B	F	B	F	I
4	B	F	B	F	I
5	C	G	C	G	J
6	C	G	C	G	J
7	D	H	D	H	J
8	D	H	D	H	J

표 5. Cross

	월	화	수	목	금
1	A	E	B	F	I
2	A	E	B	F	I
3	B	F	A	E	I
4	B	F	A	E	I
5	C	G	D	H	J
6	C	G	D	H	J
7	D	H	C	G	J
8	D	H	C	G	J

표 6. Shuffle

	월	화	수	목	금
1	B	F	A	E	I
2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I
4	B	F	A	E	I
5	D	H	C	G	J
6	C	G	D	H	J
7	C	G	D	H	J
8	D	H	C	G	J

표 7. S+H Combo

	월	화	수	목	금
1	B	F	A	E	I
2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I
4	B	F	A	E	I
5	C	G	C	G	J
6	C	G	C	G	J
7	D	H	D	H	J
8	D	H	D	H	J

표 8. S+C Combo

	월	화	수	목	금
1	B	F	A	E	I
2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I
4	B	F	A	E	I
5	C	G	D	H	J
6	C	G	D	H	J
7	D	H	C	G	J
8	D	H	C	G	J

표 9. S+H+C Hybrid

	월	화	수	목	금
1	B	E	B	E	I
2	A	E	B	F	I
3	A	F	A	F	I
4	B	F	A	E	I
5	D	H	C	G	J
6	D	G	D	G	J
7	C	G	D	H	J
8	C	H	C	H	J

3. 1모듈-3블록과 1모듈-4블록의 비교

간단히 계산하면 1모듈-4블록 모델이 1모듈-3블록 모델에 비교하여 배치될 수 있는 교과목 수가 줄어든다고 생각할 수 있다. 즉 평면적으로 배치할 수 있는 모듈 수는 일주일의 각각 10과 13이다. 그러나 증식시간이라는 거의 필수적인 조건을 고려하면 학생들이 수강신청하거나 학과에서 한 학년의 전공을 배치할 수 있는 동

시에 사용 가능한 모듈의 수는 [표 10]과 같이 달라진다.

표 10. 3시간-1과목의 배치 및 사용 가능 모듈 수

	평면적 배치 [공급자 관점]	동시 사용 가능 [수요자 관점] = 평면적 배치 - (충돌 - 중복)	
		최소	최대
1모듈-3블록	8시간×5일÷3블록 ≈ 13	13 - (5 - 0) = 8	13 - (5 - 5÷2) = 10
1모듈-4블록	8시간×5일÷4블록 = 10	10 - (0) = 10	10 - (0) = 10

[증명: 표 10의 계산] 1과목이 3시간이고 45 교시 중 하나를 중식시간으로 확보해야한다는 전제를 하면 1모듈-4블록 모듈에서는 어떠한 경우에도 어느 모듈 하나라도 사용 못하게 하지는 않으면서 중식시간을 확보하는 것이 가능하다. 그러나 1모듈-3블록 모델에서는 45 교시를 각각 포함하는 두 모듈은 상호배타적이므로 동시에 사용하는 것이 불가능한데 이를 충돌한다고 정의하자. 예를 들어 [표 1]의 (C E) (D F) (B H)와 [표 2]의 모듈 (B C) (J G) (J K)는 충돌하는 모듈 쌍이다.

1모듈-3블록 모델에서 일주일에 충돌 횟수는 월~금 5번이다. 그러나 하나의 동일한 모듈의 블록들이 45교시에 중복하게 나오게 함으로써 실제 동시에 사용할 수 없는 모듈을 줄일 수 있다. 예를 들어 [표 2]에서 모듈 쌍이 (B C) (J G) (J K)인데 모듈 J가 2번 중복되므로 모듈 J를 중식시간으로 사용하면 모듈 J와 K는 사용이 가능하므로 충돌로 인하여 사용 불가능한 모듈 수는 3개에서 2개로 하나 줄어든다. 1모듈-3블록 모델이 1+2블록으로 구성된다고 가정하면 일주일에 45교시에 모두 다른 모듈을 배치하는 것이 가능하고 중복 배치하여 충돌로 사용 불가능한 모듈을 줄일 수 있는 횟수는 최대 5÷2≈2번만이 가능하다. 따라서 동시에 사용 가능한 모듈의 개수는 [표 10]과 같이 계산된다. (Q.E.D.)

동시 사용 가능한 모듈 개수가 1모듈-4블록 모델의 경우 항상 10이지만, 1모듈-3블록 모델은 최대의 경우 10으로 같고 최소의 경우는 8로 오히려 줄어든다는 의외의 결과뿐만이 아니라, 더 중요한 것은 오전 오후 각각 4시간 시간표에서는 대칭적으로 모듈의 블록들의 배치하는 것이 1모듈-3블록에서는 어려우며 임시방편적(ad-hoc)으로 배치하는 것을 피할 수 없다는 점이다.

따라서 [표 1]과 같은 경우 중식시간 확보가 어렵고 [표 3]의 경우 1시간의 중식시간에 많은 사람들이 몰리는 현상이 발생한다.

1모듈-4블록의 대칭성의 장점에 대해서는 다음 장에서 자세히 설명하겠지만, 평면적으로 3과목을 더 배치하여 공간의 활용률을 높이거나 중식시간 없이 강의선택폭을 높이려는 경우 등을 제외하고는 1모듈-3블록보다는 1모듈-4블록이 유연성과 제어성을 가지고 중식시간을 조절하는 등 장점이 월등히 많다.

공급자 관점에서 공간 활용률을 비교할 때 상한선(upper bound)이 100%인 1모듈-3블록에 비하여 1모듈-4블록은 상한성이 75%로 줄어든다는 것이 유일한 단점이다. 1모듈-3블록이 평면적으로 더 많은 과목을 배치해도 어차피 중식시간 때문에 충돌하는 두 과목은 동일한 모듈에 배치하는 것과 같은 결과가 되므로 평면적으로 3과목 더 배치할 수 있다는 것의 장점이 수요자 관점에서는 특별히 없는 것이다.

III. 잠재블록을 가진 대칭적 1모듈-4블록 모델

앞 장의 [표 1-표 3]까지의 시간표 모듈은 확정블록, 비정블록, 사용불가블록으로 구성된다. 이 장에서는 확정블록만으로 구성된 [표 4-표 9]의 대칭적인 1모듈-4블록에서 하나의 모듈 당 확정블록 하나를 잠재블록으로 적용시켜 얻을 수 있는 장점들과 그 운용 등에 대해서 논한다. 여기서 잠재블록이란 특정모듈에게 우선권이 있으나 다른 모듈로도 사용될 수 있는 블록을 말한다.

[표 11-표 16]은 [표 4-표 9]를 잠재블록과 모듈 파괴시 일차적으로 권고사항으로 적용시킨 것으로 잠재블록들은 바탕이 흰색으로 권고사항은 소괄호 <>로 표현되어있다. 잠재적 블록은 주로 중식시간 또는 상담시간으로 활용될 수 있도록 고려된 것이며, 권고사항 <>은 월~목의 경우 3시간 연강을, 예외적인 금요일의 경우 오전에 모듈 I J에 2블록씩 할당하고 그전 월~목 사이에 1블록씩 할당하는 것을 고려한 것이다.

여기서 좋은 중요한 특성은, 1과목 3시간을 가정했을

때, 어느 잠재블록이 다른 용도로 사용되면 그 잠재블록이 속한 모듈의 선택권이라는 유연성이 없어지는 것이지만 그 모듈은 여전히 사용 가능하다는 점이다. 역시 권고사항 <>으로 다른 모듈로 사용된 확정블록이 있어도 본래 그 확정블록이 속한 모듈이 사용되지 못하도록 완전히 파괴되는 것은 아니다.

표 11. Adapted Horizon

	월	화	수	목	금
1	A	E	A	E	I
2	A	E<F>	A	E	I
3	B<A>	F	B	F<E>	I<J>
4	B	F	B	F	I
5	C	G	C	G	J
6	C	G<H>	C<D>	G	J<I>
7	D<C>	H	D	H<G>	J
8	D	H	D	H	J

표 12. Adapted Cross

	월	화	수	목	금
1	A	E	B	F	I
2	A	E	B	F	I
3	B<A>	F<E>	A	E<F>	I<J>
4	B	F	A	E	I
5	C	G	D	H	J
6	C<D>	G<H>	D<C>	H<G>	J<I>
7	D	H	C	G	J
8	D	H	C	G	J

표 13. Adapted Shuffle

	월	화	수	목	금
1	B<A>	F<E>	A	E<F>	I
2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I<J>
4	B	F	A	E	I
5	D	H	C	G	J
6	C	G	D	H	J<I>
7	C	G	D	H	J
8	D<C>	H<G>	C<D>	G<H>	J

표 14. Adapted S+H Combo

	월	화	수	목	금
1	B<A>	F<E>	A	E<F>	I
2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I<J>
4	B	F	A	E	I
5	C	G	C	G	J
6	C	G<H>	C<D>	G	J<I>
7	D<C>	H	D	H<G>	J
8	D	H	D	H	J

표 15. Adapted S+C Combo

	월	화	수	목	금
1	B<A>	F<E>	A	E<F>	I
2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I<J>
4	B	F	A	E	I
5	C	G	D	H	J
6	C<D>	G<H>	D<C>	H<G>	J<I>
7	D	H	C	G	J
8	D	H	C	G	J

표 16. Adapted S+H+C Hybrid

	월	화	수	목	금
1	B<A>	E	B	E<F>	I
2	A	E	B	F	I
3	A	F<E>	A	F	I<J>
4	B	F	A	E	I
5	D	H	C	G	J
6	D<C>	G	D	G<H>	J<I>
7	C	G	D	H	J
8	C	H<G>	C<D>	H	J

1. 모델별 요구 수용성 비교

[표 17]은 대학시간표를 작성할 때 요구되는 사항들 중에 기본적인 몇 가지를 나열하고 제안된 모델들이 모듈을 깨지 않으면서 이들을 얼마나 수용할 수 있는지 비교한 것이다. 단 모든 모델에서 동일한 금요일을 제외하고 월~목요일을 기준으로 한 것이다. 수용성이 좋을수록 더 짙은 회색으로 표현되어 있다.

잠재적 증식시간은 별도로 증식시간이 없으므로 가장 중요한 요구사항이고, 2+2 블록으로 구성된 모듈은 실험실습이 있는 이공계에서 찾아볼 수 있는 1과목이 4

시간 수업을 위한 것으로 역시 모듈 파괴를 방지하기 위해서는 모델의 중요한 수용성이다. 또한 연속적인 3블록을 사용할 때 다른 모듈을 깨지 않는 것도 필요한 수용성이다. 나머지 동일 시간대와 선호 시작시간은 주로 교수자의 편의성을 고려한 것이다.

2. 모듈 할당 전략 및 동적 운용

제안된 시간표 모델들에서 교과목들에 비어있는 모듈들을 할당하면서 시간표를 작성할 때 모듈 파괴를 최소화하면서 중식시간 등 여러 요구사항들을 만족시키는 것은 본래 NP-hard 문제이므로, 본 논문에서는 최적화를 보장할 수는 없지만 경험적(heuristic)으로 좋은 해가 예상되고 사람 손으로 수행하거나 소프트웨어로 구현하기 쉬운 그리디(greedy) 방법 하나를 제시한다.

표 17. 수요자 요구사항의 수용성 비교 (월~목)

	잡재적 중식시간	2+2 블록 모듈	연속 3 블록	동일 과목 동일 시간대	선호 시작시간	
					1 교시	2 교시
S Univ	확정적 1일	오전 1개 오후 4개	오후 3개	×	○	×
W Univ	확정적 2일	오전 1개 오후 2개	오후 1개	○	○	×
N Univ	확정적 4일	오후 1개	오전 1개 오후 1개	×	○	×
Adapted Horizon	4교시 2일 5교시 2일	오전 4개 오후 4개 (동시 6개)	오후 4개	○	×	×
Adapted Cross	4 5교시 4일	오전 4개 오후 4개 (동시 4개)	오전 4개 오후 4개	×	○	○
Adapted Shuffle	4 5교시 4일	0개	오전 4개 오후 4개	×	○	○
Adapted S+H Combo	4교시 2일 4 5교시 2일	오후 4개	오전 4개 오후 4개	오후 ○	○	○
Adapted S+C Combo	4 5교시 4일	오후 4개	오전 4개 오후 4개	×	○	○
Adapted S+H+C Hybrid	4 5교시 4일	오전 2개 오후 2개	오전 4개 오후 4개	○	○	×

이 그리디 방법에서는 모듈을 할당하기 어려운 교과목부터 먼저 처리하고 잠재블록보다 확정블록을 우선

적으로 할당하는 전략을 가진다. 이 전략의 근거는 모듈 파괴를 회피하는 것은 물론이고 다른 모듈들의 선택권을 가능하면 유지하기 위한 것이다.

구체적으로 설명하면, 대학교에서 보통 1과목이 일주일에 2, 3, 4시간으로 이루어지고 각각 2, 2+1(or 3), 2+2의 시간(블록)으로 나누어 수업을 진행하는데, 일단은 먼저 비어있는 크기 2인 확정블록을 선택하고 나머지 블록을 추가하는 방식을 취한다. 추가가 가능한 비어있는 블록이 없으면 그 교과목의 할당은 다음 처리 단계로 미룬다.

즉, [표 18]의 전처리 ①~④, 후처리 ⑤~⑦, 그리고 예외처리 ⑧의 순서 단계로 교과목들을 처리하는데, 전처리와 후처리는 일단 크기 2인 확정블록이 있다고 가정하고 추가될 수 있는 블록을 탐색함으로써 모듈 할당이 이루어진다. 이 표에서 1블록과 2블록은 각각 크기가 1과 2인 모듈 블록을 의미하며, 3*6교시대의 블록은 상하에 있는 잠재블록중 적어도 하나가 이미 할당되어 있지 않아야 비어있다고 간주한다.

표 18. 교과목별 모듈 할당 순서 및 방법

단계	시간 구성	추가 블록
전처리	① 2+2	동종 1확정블록 + 동종 1잠재블록
	② 3	<>로 표시된 이종 1확정블록
	③ 2+1	동종 1확정블록 (없으면 동종 1잠재블록)
	④ 2	(추가 없음)
후처리	⑤ 2+2	이종 1확정블록 + 이종의 동종 1잠재블록
	⑥ 3	이종 1잠재블록 (이종 1확정블록: ②에서 처리됨)
	⑦ 2+1	이종 1잠재블록 (없으면 이종 1확정블록)
예외처리	⑧ 2+2 3 2+1 2	임시방편적(ad-hoc)으로 처리

[표 18]에서 ①~⑦까지 처리 후에 남은 교과목들의 수는 요구사항들에 복잡함과 비례할 것인데 이와 같은 그리디 방법으로 처리되지 않는 남은 교과목들은 모듈을 최소한으로 파괴하도록 임시방편적(ad-hoc)으로 처리한다.

제안된 [표 4-9]의 대칭적 1모듈-4블록 모델 중에 교차(cross)와 셔플(shuffle) 및 S+C 콤보(combo)의 경우에는 대칭성이 강하다는 점을 이용하여 시간표 모듈 자체를 요구사항에 따라 탄력적 또는 동적으로 운영하는 방법도 제시한다.

예를 들면 수강자 및 교수자 등의 1교시 또는 8교시대 기피가 많으면 [표 19][표 20][표 21]과 같이 4교시대의 잠재블록을 각각 1교시대로 전환하거나 5교시대 잠재블록을 8교시대로 전환할 수 있다.

표 19. Other Adapted Crosses

	월	화	수	목	금		월	화	수	목	금
1	A	E	B	F	I	1	A	E	B	F	I
2	A	E	B	F	I	2	A	E	B	F	I
3	B	F	A	E	I	3	B	F	A	E	I
4	B	F	A	E	I	4	B	F	A	E	I
5	C	G	D	H	J	5	C	G	D	H	J
6	C	G	D	H	J	6	C	G	D	H	J
7	D	H	C	G	J	7	D	H	C	G	J
8	D	H	C	G	J	8	D	H	C	G	J

표 20. Other Adapted Shuffles

	월	화	수	목	금		월	화	수	목	금
1	B	F	A	E	I	1	B	F	A	E	I
2	A	E	B	F	I	2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I	3	A	E	B	F	I
4	B	F	A	E	I	4	B	F	A	E	I
5	D	H	C	G	J	5	D	H	C	G	J
6	C	G	D	H	J	6	C	G	D	H	J
7	C	G	D	H	J	7	C	G	D	H	J
8	D	H	C	G	J	8	D	H	C	G	J

표 21. Other Adapted S+C Combos

	월	화	수	목	금		월	화	수	목	금
1	B	F	A	E	I	1	B	F	A	E	I
2	A	E	B	F	I	2	A	E	B	F	I
3	A	E	B	F	I	3	A	E	B	F	I
4	B	F	A	E	I	4	B	F	A	E	I
5	C	G	D	H	J	5	C	G	D	H	J
6	C	G	D	H	J	6	C	G	D	H	J
7	D	H	C	G	J	7	D	H	C	G	J
8	D	H	C	G	J	8	D	H	C	G	J

특히 셔플 모델은 완전한 대칭성을 가지고 있는데 이를 이용하여 교수자들의 1교시 또는 2교시 시작 선호가

편중되어 있을 때 잠재블록을 동적으로 교체(swap)하거나 충돌을 최소화하기 위하여 일차적으로 그 선호를 배제하고 할당된 후 잠재블록의 교체로 그 선호를 충족시킬 수 있는지 후처리하는 것이다.

모든 것을 만족시킬 수 없고 부분적 충족만이 가능할 때 사용할 수 있는 전략으로, 예를 하나 들면, 어느 학과에 2교시 시작 선호에 편중되어 있으면 모두 만족시키는 것은 어려우므로 4교시와 5교시 줄을 잠재적 블록 행으로 하고 일차 할당을 수행한 후 같은 요일의 1교시 행과 4교시행간에 맞바꿈이 가능한 것이 있는지 후처리하여 가능한 것은 1교시 시작에서 2교시 시작 선호로 변경하는 방식이다.

3. 적응형 대칭적 1모듈-4블록 모델의 장점

기존의 방법들과 비교하여 제시된 적응형 대칭적 1모듈-4블록 모델이 가지는 대칭성과, 여기에 더하여 잠재블록으로 적응시킨 결과로 얻을 수 있는 장점들을 분석하여 정리하면 [표 22]과 같다.

표 22. 적응형 대칭적 1모듈-4블록 모델의 장점

장점	가능한 사항
유연성 (flexibility)	- 중식시간 확보 - 1과목3시간에 선택권 부여 - 1과목4시간도 수용 - 1과목2시간에도 적합 - 1 2교시 시작 선호도 고려
제어성 (controllability)	- 잠재블록의 동적 운영 - 정해진 중식시간의 유도 7 8교시 연강 (외판 8교시 배제) 1 2교시 연강 (외판 1교시 배제) 1 2교시 시작 선호도 제어
예측성 (predictability)	대칭성으로 인한 동일한 이동 예측
균형성 (balance ability)	중식 전후로 3 4시간 동일한 배분

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 대칭적 1모듈-4블록 시간표 모델들을 제시하고, 중식시간이 없다고 가정한다면 1모듈-4블록 모델은 1모듈-3블록 모델에 비하여 수요자의 관점에서 아무런 손실이 없거나 더 좋다는 점을 비교 분석하였

다. 단, 공급자 관점에서는 이론적으로는 공간 활용률의 상한선(upper bound)이 100%가 아닌 75%로 감소한다는 단점이 있다.

제안된 대칭적 1모듈-4블록 시간표 모델에 잠재적으로 결정된 블록과 권고사항을 도입시켜 적응시킨 효과적인 모델들과 운용 전략을 제시함으로써, 수요적 관점에서는 아무런 손실 없이 그리고 공급자 관점에서는 공간사용률 상한선의 감소를 감안하면, 여러 장점들을 얻을 수 있음을 설명하였다. 대표적인 장점으로는 시간표 작성 시 유연성(flexibility)과 제어성(controllability)이며 예측성(predictability)과 균형성(balance ability)도 더불어 제공된다.

본 논문에서 하루 8교시로 구성되는 월~목을 중심으로 하여 제안된 시간표 모델 모델들은 대학교의 시간표를 구성할 때 실제 환경을 고려하여 직접 또는 변형하여 응용할 수 있을 것으로 기대하며 향후의 연구로는 제안된 모듈 연구를 본래 시간표작성 문제의 해결방식의 하나로 확장하거나 일반화할 수 있는가 하는 것이다.

참고 문헌

- [1] A. Wren, "Scheduling, timetabling and rostering a special relationship?," Lecture Notes in Computer Science, Vol.1153, pp.46-75, 1996.
- [2] S. Even, A. Itai, and A. Shamir, "On the complexity of timetabling and multicommodity flow problem," SIAM Journal of Computation, Vol.5, pp.691-703, 1976.
- [3] H. Babaei, J. Karimpour, and A. Hadidi, "A Survey of Approaches for University Course Timetabling Problem," Computers&Industrial Engineering, Vol.86, pp.43-59, 2015.
- [4] M. Lindahl, M. Sørensen, and T. Stidsen, "A fix-and-optimize matheuristic for university timetabling," Journal of Heuristics, Vol.24, No.1, pp.1-21, Apr. 2018.
- [5] D. Schneider, D. Schneider, M. Leuschel, M. Leuschel, and T. Witt, "Model-based problem solving for university timetable validation and improvement," Formal Aspects of Computing, Vol.30, No.1, Jul. 2018.
- [6] N. Oluwole, N. Oghenefego, and O. Obi, "Intelligent based Multi-Agent Approach for University Timetable Scheduling System," International Journal of Computer Applications, Vol.182, No.1, pp.10-21, Jul. 2018.
- [7] M. Lindahl, A. J. Mason, T. Stidsen, and M. Sørensen, "A Strategic View of University Timetabling," European Journal of Operational Research, Vol.266, No.1, Sep. 2017.
- [8] T. Islam, M. A. Perves, Z. Shahriar, and M. Hasan, "University Timetable Generator Using Tabu Search," Journal of Computer and Communications, Vol.4, pp.28-37, 2016.
- [9] C. Nothegger, A. Mayer, A. Chwatal, and G. R. Raidl, "Solving the Post Enrolment Course Timetabling Problem by Ant Colony Optimization," Annals of Operations Research, Vol.194, No.1, pp.325-339, Apr. 2012.
- [10] E. K. Burke, J. Mareček, A. J. Parkes, and H. Rudova, "A Branch-and-cut Procedure for the Udine Course Timetabling Problem," Annals of Operations Research, Vol.194, No.1, pp.71-87, Apr. 2012.
- [11] S. Yang and S. N. Jat, "Genetic Algorithms with Guided and Local Search Strategies for University Course timetabling," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), Vol.41, No.1, pp.93-106, Jan. 2011.
- [12] Z. Lü and J. K. Hao, "Adaptive Tabu Search for Course Timetabling," European Journal of Operational Research, Vol.200, No.1, pp.235-244, Jan. 2010.
- [13] E. K. Burke, J. Mareček, A. J. Parkes, and H.

Rudova, "Decomposition, reformulation, and diving in university course timetabling," Computer and Operations Research, Vol.7, pp.582-597, 2010.

[14] P. Pongcharoen, W. Promtet, P. Yenradee, and C. Hicks, "Stochastic Optimisation Timetabling Tool for university course scheduling," International Journal of Production Economics, Vol.112, No.2, pp.903-918, 2008.

[15] R. Lewis, "A Survey of Metaheuristic-based Techniques for University Timetabling Problems," OR Spectrum, Vol.30, No.1, pp.167-190, Jan. 2008.

[16] E. K. Burke, B. L. MacCarthy, S. Petrovic, and R. Qu, "Multiple-Retrieval Case-Based Reasoning for Course Timetabling Problems," Journal of Operations Research Society, Vol.57, No.2, pp.148-162, 2006.

[17] G. M. Thompson, "Using information on unconstrained student demand to improve university course schedules," Journal of Operations Management, Vol.23, No.2, pp.197-208, 2005.

[18] 김춘식, 황준하, "수업 시간표 작성을 위한 제약 프로그래밍 접근법," 컴퓨터정보학회논문지, 제22권, 제9호, pp.9-16, 2017,

[19] 임승모, 민재형, "수강생 중심의 시간표 설계 문제," 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, pp.3869-3892 2017.

[20] 강명주, "유전알고리즘을 이용한 강의시간표 작성 시스템 설계," 한국컴퓨터정보학회 학술발표 논문집, Vol.19, No.1, pp.289-292, 2011.

[21] 장용식, 정예원, "템플릿 기반의 상호대화형 전공강의시간표 작성지원시스템," 지능정보연구, Vol.16, No.3, pp.121-145, 2010.

[22] 안종일, 조승환, "시간표 작성 문제의 자유도에 관한 연구," 한국컴퓨터산업학회 논문지, 제12권, 제5호, pp.201-206, 2009.

[23] 이호중, 전건욱, "발견적 알고리즘을 이용한 강의 시간표 작성에 관한 연구," 한국국방경영분석학회 학술대회논문집, 제20권, pp.104-137, 2004.

[24] 황경순, 전중남, 이건명, "분산 제약조건 만족 특성을 이용한 다중 에이전트 기반 강의 시간표 자동화 시스템 설계," 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.29, No.1B, pp.283-285, 2002.

저 자 소 개

하 중 성(Jong-Sung Ha)

정회원



- 1984년 : 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 - 1986년 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
 - 1996년 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
 - 1986년 ~ 1989년 : (주)현대전자산업 근무
 - 1990년 ~ 현재 : 우석대학교 컴퓨터공학과 교수
 - 2001년 : 미국 조지워싱턴대학교 방문교수
- <관심분야> : 응용계산기하학, 컴퓨터그래픽스, 3D 콘텐츠 등임

류 관 희(Kwan-Hee Yoo)

종신회원



- 1985년 : 전북대학교 전산통계학과(이학사)
 - 1988년 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
 - 1995년 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
 - 1988년 ~ 1997년 : (주)데이콤 종합연구소 선임연구원
 - 1997년 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어과 교수
 - 2003년 ~ 2005년 : 미국 카네기멜론대학교 로보틱스 연구소 방문교수
- <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 인공지능모델링, 3차원게임 등임