

통신채널 할당 최적화 규칙

이 상 운*

An Optimization Rule for Channel Assignment Problem (CAP)

Sang-Un, Lee *

요 약

통신채널 최적 할당 문제는 아직까지 결정론적 규칙이 알려지지 않고 있어 비결정론적 방법인 휴리스틱 알고리즘으로 대부분 해를 구하고 있다. 본 논문은 통신채널 최적 할당 문제에 대해 결정론적 방법으로 채널 배정을 할 수 있음을 보인다. 채널 배정 규칙을 적용하여 필라델피아의 9개 사례에 대해 적용한 결과 최적해를 구하였다.

▶ Keywords : 채널 배정 문제, 최적화, 휴리스틱, 결정론적 알고리즘, 채널 배정 규칙

Abstract

In the absence of a single deterministic rule for the channel assignment problems, heuristic algorithms are predominantly employed to partly solve the problems. This paper thus proposes deterministic rules for the channel assignment problems. These deterministic rules have successfully yielded the optimal solution when applied to the Philadelphia's 9 case examples.

▶ Keywords : Channel assignment problem, Optimization, Heuristic, Deterministic algorithm, Channel assignment rule

•제1저자 : 이상운

•투고일 : 2013. 03. 15. 심사일 : 2013. 4. 20. 게재확정일 : 2013. 04. 24.

* 강릉원주대학교 멀티미디어공학과 (Dept. of Multimedia Eng., Gangneung-Wonju National University)

I. 서론

빠르게 증가하는 모바일 통신 요구를 충족시킬 수 있는 상황에서, 한정된 채널 용량으로 최적의 (최소의) 채널할당이 가장 중요한 문제로 대두되고 있다. 채널 할당 문제(channel assignment problem, CAP)는 많은 셀(cell)들로 구성된 모바일 시스템의 영역에 할당된 주파수 스펙트럼 범위 내에서 요청된 고객의 채널을 동시에 모두 만족시키도록 최소한의 채널수를 할당하는 문제이다[1-4].

채널할당 문제의 제약사항(constraints)으로는 고객 개인과 모든 고객의 요청(통화, call)을 충족시키도록 채널을 할당해야 하며, 채널간의 주파수 간섭을 피하도록 동일 셀과 인접 셀에는 동일 채널을 할당할 수 없다. 즉, 동일 셀 내에서는 채널간의 간격이 있어야 하며, 동일 채널은 주파수 간섭이 없는 셀 거리를 유지해야 한다.

채널할당 문제는 최적화 문제(optimization problem)들 중 하나로 최적해를 찾기 위한 결정론적인(deterministic) 규칙은 존재하지 않는 것으로 알려져 있다. 따라서 지금까지는 비결정론적인(non-deterministic) 휴리스틱 방법(heuristic methods)으로 신경망(neural network), 유전자 알고리즘(genetic algorithm) 또는 담금질 알고리즘(simulated annealing algorithm) 분야로 많은 연구가 진행되고 있다[1] 그러나 휴리스틱 방법들은 초기치를 랜덤하게 선택하고, 수 많은 시행 결과 해를 얻는 방법으로 동일한 해를 검증하기가 어려우며, 어떠한 채널할당 규칙을 찾기가 쉽지 않은 것이 가장 큰 문제점이다[5].

본 논문에서는 채널배정에 대한 규칙성을 제시한 결정론적인 알고리즘을 제안한다.

2장에서는 채널할당 문제와 필라델피아 사례에 대한 최적해를 고찰해 본다. 3장에서는 필라델피아 사례에 대해 규칙적인 채널할당으로도 가능한 최적해를 찾을 수 있음을 보인다.

II. 채널할당문제

채널할당문제는 활용 가능한 한정된 개수의 채널을 기지국(통신 안테나 또는 셀들)에 단순히 배정하는 문제이다. 이 문제는 한편으로는 각 기지국(base station)에서 요청(demand)된 채널수와 활용 가능한 총 채널수가 있다. 또 다른 한편으로는 채널간 간섭(interference) 제약사항이 존재한다. 예를 들면, 인접한 2개 기지국이 인접 채널을 사용하

면 통화 품질이 저하되거나 아예 통화를 할 수 없는 경우가 발생한다. 또한, 동일 기지국내에서 고객들 간에는 동일한 채널을 사용하지 못하며, 원활한 통화품질을 유지하기 위해서는 특정 간격을 가진 채널을 배정해야 한다.

이 문제는 안테나 기지국 수가 주어진 상태에서 다음의 3가지 제약사항을 만족시키면서 각 기지국은 동시에 구체적인 수의 통신을 수행하도록 해야 한다[3].

- **동일 기지국 제약사항 (co-site constraints)** : 동일 기지국에 할당되는 채널 간에는 주파수 간섭이 없도록 최소거리를 유지해야만 한다.
- **동일 채널 제약사항 (co-channel constraints)** : 주파수 간섭이 없는 최소한의 거리를 가진 기지국간에만 동일 채널은 할당될 수 있다.
- **인접채널 제약사항 (adjacent-channel constraints)** : 인접 채널은 주파수 간섭으로 인해 인접 기지국간에는 할당될 수 없다.

필라델피아 채널할당 문제는 그림 1과 같이 21개의 셀로 구성되어 있다[1-4,6-12]. 이 예제에 대해 각 셀에서 통화를 요청하는 수는 표 1에 제시되어 있으며, demand type을 D_i 로 표기하면 D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 의 5가지 유형이다. 여기서 $D_4 = 2D_1, D_5 = 4D_1 = 2D_4$ 로 크게 보면 $D_1(D_4, D_5), D_2, D_3$ 의 3가지 유형으로 분류될 수 있다. 기지국 번호를 v_i , ($\times\times$)를 해당 기지국의 통화 요청 수로 표기하면, D_1 은 중심 번호 가진 $v_9(77), v_{16}(57), v_8(52)$ 의 3-클릭(3-clique, K_3 완전 그래프)에서 최대 요구를 나타내고 있어 일과 중(주간)의 도시로 생각할 수 있으며, D_2 는 요구들이 산포된 형태로 일과 후(야간)로 생각할 수 있다. 또한, D_3 는 모든 기지국의 요구가 모두 동일한 값으로 현실성이 떨어지는 이상적인 경우이다.

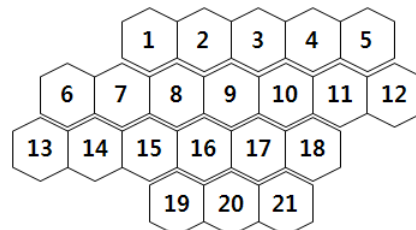


그림 1. 필라델피아 셀 배치도
Fig. 1. Cell layouts for Philadelphia

재사용거리 형태(reuse distance type)를 R_i 로 표기하면, 동일 채널에 대한 재사용 거리 제약사항 R_1 은 동일 채널은 최소 4 셀은 떨어져 있어야 하며, 인접 채널은 2 셀이, 동

일 셀내의 채널 간격은 5임을 알 수 있다. 또한, 셀 간격 2 ~ 4는 인접 주파수를 할당할 수 있음을 알 수 있다. 여기서 R_3 는 R_1 과 동일 제약조건으로 해석될 수 있다. 이와 같이 D 와 R 의 조합으로 필라델피아 사례는 9개의 문제 $P_i (i=1, 2, \dots, 9)$ 가 예제로 제시되어 있다. 여기서 P_i 는 문제 (problem) 번호를 의미한다.

필라델피아 사례에 대한 해를 휴리스틱 방법으로 구한 최소 할당 채널수 연구결과는 표 2에 제시되어 있다[6-12].

표 1. 필라델피아 벤치마킹 데이터
Table 1. Philadelphia benchmark instances

Demand Vector ($n = 21$)						
D_1	8, 25, 8, 8, 8, 15, 18, 52, 77, 28, 13, 15, 31, 15, 36, 57, 28, 8, 10, 13, 8					
D_2	5, 5, 5, 8, 12, 25, 30, 25, 30, 40, 40, 45, 20, 30, 25, 15, 15, 30, 20, 20, 25					
D_3	20, 20					
D_4	16, 50, 16, 16, 16, 30, 36, 104, 154, 56, 26, 30, 62, 30, 72, 114, 56, 16, 20, 26, 16					
D_5	32, 100, 32, 32, 32, 60, 72, 208, 308, 112, 52, 60, 124, 60, 144, 228, 112, 32, 40					
Reuse distances						
구분	채널 간격					
	0 1 2 3 4 5					
R_1	$\sqrt{12} = 2\sqrt{3} \approx 4$	$\sqrt{3} \approx 2$	1	1	1	0
R_2	$\sqrt{7} \approx 3$	$\sqrt{3} \approx 2$	1	1	1	0
$R_3 (= R_1)$	$\sqrt{12} = 2\sqrt{3} \approx 4$	2	1	1	1	0

Problems (P_i)					
P_i	D	R	P_i	D	R
P_1	D_1	R_1	P_6	D_3	R_2
P_2	D_1	R_2	P_7	D_4	R_1
P_3	D_2	R_1	$P_8 (= P_1)$	D_1	R_3
P_4	D_3	R_2	P_9	D_5	R_1
P_5	D_3	R_1			

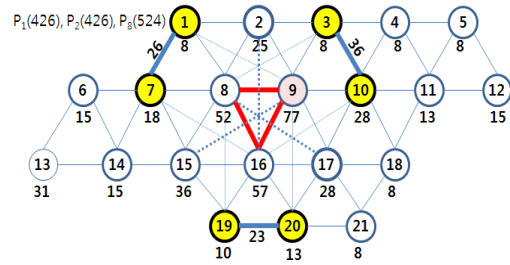
표 2. 필라델피아 사례의 해 결과
Table 2. Summary of results on Philadelphia instances

문제	Known Optimum	Lower bounds				Upper bounds			
		[5,6]	[7,8]	[9]	[7]	[10]	[8]	[11]	
P_1	426~427	426	426	426	428	428	426	426	432
P_2	426~427	426	426	426	429	438	426	-	-
P_3	257	-	257	252	269	260	258	257	263
P_4	252	252	252	252	257	259	253	252	-
P_5	239~240	-	239	177	240	239	239	-	-
P_6	178~188	177	178	177	188	200	198	-	-
P_7	855~856	-	855	855	858	858	856	-	-
P_8	524~527	-	524	427	535	546	527	-	-
P_9	1,713~1724	-	1,713	1,713	1,724	1,724	-	-	-

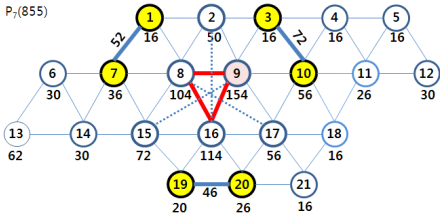
III. 채널 할당 최적화 규칙

필라델피아 사례에서 $P_1(P_2, P_8), P_7, P_9$ 는 중앙집중형 (centralized type)이며, $P_3(P_4)$ 은 분산형 (distributed type)으로 생각할 수 있다. 또한, $P_5(P_6)$ 는 균등형 (uniform type)이다. 따라서 본 사례에 대해 3가지 형태로 분류하여 채널 할당의 최적화 규칙을 제안한다.

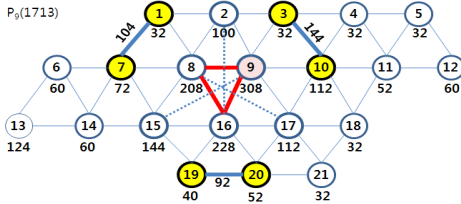
첫 번째로, P_1, P_7, P_9 의 중앙집중형인 경우 배정 규칙은 그림 2와 같이 10채널과 6채널의 사이클을 갖도록 배정한다.



배정 규칙	#9 (77)	#16 (57)	#8 (52)	$(1+7) = 26, (19+20) = 36$
	$77-36=41$	$57-36=21$	$52-36=16$	$\max\{26, 23, 36\} = 36$
10 채널	$(2*d_{16})$ $19*2=38$	(d_8+3) $16+3=19$	(기본) 16	$21-16=5, \lceil 5/2 \rceil = 3$ $9-x-16-x-x-9-x-8-x-x$
6 채널	$77-38=39$	$57-19=38$	$52-16=36$	$9-x-16-x-8-x$



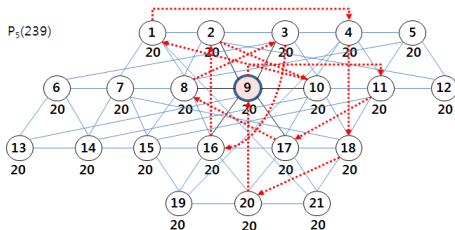
배정 규칙	#9 (154)	#16 (114)	#8 (104)	$(1+7) = 52, (19+20) = 46$ $(3+10) = 72$
채널	$154-72=82$	$114-72=42$	$104-72=32$	$\max\{52, 46, 72\} = 72$
10 채널	$(2 * d_{16})$ $37 * 2 = 74$	$(d_8 + 5)$ $32 + 5 = 37$	(기본) 32	$42 - 32 = 10, \lceil 10/2 \rceil = 5$ $9-x-16-x-x-9-x-8-x-x$
6 채널	$154-74=80$	$114-37=72$	$104-32=72$	$9-x-16-x-8-x$



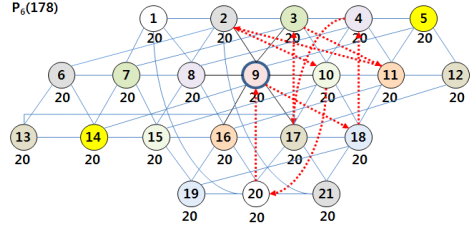
배정 규칙	#9 (308)	#16 (228)	#8 (208)	$(1+7) = 104, (19+20) = 92$ $(3+10) = 144$
채널	$308-144=164$	$228-144=84$	$208-144=64$	$\max\{104, 92, 144\} = 144$
10 채널	$(2 * d_{16})$ $74 * 2 = 148$	$(d_8 + 10)$ $64 + 10 = 74$	(기본) 64	$84 - 64 = 20, \lceil 20/2 \rceil = 10$ $9-x-16-x-x-9-x-8-x-x$
6 채널	$308-148=160$	$228-84=144$	$208-64=144$	$9-x-16-x-8-x$

그림 2. 중앙 집중형의 채널 배정 규칙
Fig. 2. Channel assignment rule for centralized type

두 번째로, P_3 의 균등형인 경우 배정 규칙은 그림 3과 같이 재사용 채널 기준을 만족하도록 그래프 색 배정 (graph coloring) 규칙을 찾아 배정한다.



(9,13)-(11,15)-(17)-(8,5)-(8,6)-(16)-(2,12)-(10,14)-(1,21)-(4,19)-(18,7)-(20)



(9,5,14)-(18,19)-(4,8)-(7,12,13)-(3,7)-(11,16)-(2,6,21)-(10,15)-(20,1)
그림 3. 균등형의 채널 배정 규칙
Fig. 3. Channel assignment rule for uniformed type

세 번째로, P_3 의 분산형인 경우 최적의 정규화된 배정 규칙은 찾지 못하였으며, 그림 4의 배정규칙을 제안한다.

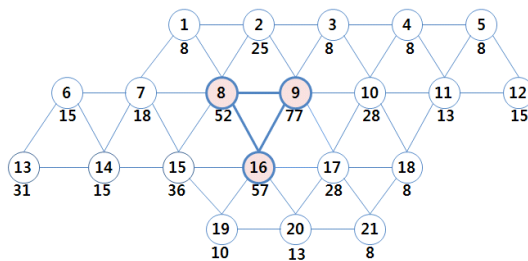
채널배정	개수	누적 채널수
 (12,20)-(18,7)-(9,13)-(11,19)-(21,14)-(8,5)-(10,6)	12	84
 (12,16)-(18,7)-(9,13)-(11,15)-(21,1)-(10,14)	5	114
 (12,16)-(18,7)-(9,13)-(11,15)-(21)-(10,14)	3	132
 (12,8)-(17,6)-(11,15)-(20)-(10,14)	8	172

채널배정	개수	누적 채널수
<p>(12,16)-(18,7)-(9)-(11,15)-(21)-(10,6)</p>	5	202
<p>(12,2)-(18,7)-(9)-(11,15)-(17)-(4,15)</p>	4	226
<p>(12,2)-(18,7)-(9)-(11,19)-(8)-(10,14)</p>	1	232
<p>(12,16)-(3)-(11,19)-(8)-(10,14)</p>	1	237
<p>(12,16)-(3)-(11,19)-(8)-(10)</p>	1	242
<p>(12)-(3)-(17)-(4,19)-(8)-(10)</p>	1	248

채널배정	개수	누적 채널수
<p>(12)-(3)-(17)-(4)-(8)-(10)</p>	1	254
<p>(12)-(3)-(17)-(4)-(x)-(10)</p>	1	260
<p>(12)-(x)-(4)-(x)-(10)-(12)</p>	1	266

그림 4. P_3 의 채널배정 규칙
Fig. 4. Channel assignment rule for P_3

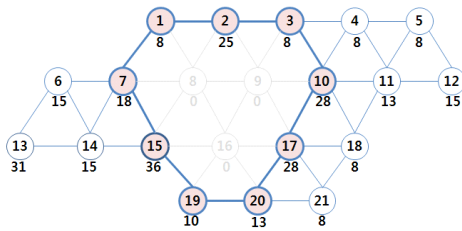
P_1 의 중앙 집중형에 대한 채널 배정 과정은 그림 5에 제시되어 있다. 첫 번째로, 중심부에 존재하는 #9, #16, #8을 10채널과 6채널로 배정한다. 다음으로, 중심부와 인접한 #1, #2, #3, #7, #10, #15, #17, #19, #20을 배정한다. 세 번째로, #17의 나머지를 배정한다. 마지막으로 외곽 노드들은 중심부와 인접 노드들에 대해 채널 재사용 기준을 적용하여 배정한다.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
11	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
21	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
31	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
41	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
51	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
61	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
71	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
81	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
91	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
101	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
111	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
121	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
131	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
141	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
151	#9	-	#8	-	-	#9	-	#16	-	-
161	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
171	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-

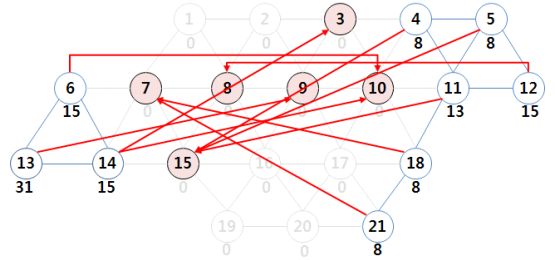
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
181	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
191	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
201	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
211	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
221	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
231	#8	-	#16	-	-	#8	-	#16	-	-
241	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
251	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
261	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
271	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
281	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
291	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
301	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
311	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
321	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
331	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
341	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
351	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
361	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
371	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
381	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
391	#16	-	#8	-	-	#16	-	#8	-	-
401	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-
411	#8	-	#9	-	-	#8	-	#9	-	-
421	#9	-	#16	-	-	#9	-	#16	-	-

(a) 중심부 채널 배정



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
11	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
21	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
31	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
41	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
51	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
61	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
71	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
81	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
91	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
101	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
111	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
121	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
131	#9	#19	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
141	#9	#19	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
151	#9	#19	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
161	#9	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
171	#9	#1	#16	#2	#19	#9	#7	#16	#2	#15
181	#9	#1	#16	#2	#19	#9	#1	#16	#2	#15
191	#9	#1	#16	#10	#8	#19	#9	#1	#16	#10
201	#8	#19	#9	#1	#16	#10	#8	#19	#9	#1
211	#16	#10	#8	#19	#9	-	#2	#16	#10	#8
221	#19	#9	-	#16	#10	#8	#17	-	#9	-
231	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16	#10	#8
241	#17	-	#9	-	#16	#10	#8	#17	-	#9
251	-	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16	#10
261	#8	#17	-	#9	-	#16	#10	#8	#17	-
271	#9	-	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16
281	#10	#8	#17	-	#9	-	#16	#10	#8	#17
291	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16
301	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9
311	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8
321	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16
331	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9
341	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8
351	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16
361	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9
371	-	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8
381	-	#9	-	#16	#3	#8	-	#9	-	#16
391	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-	#9
401	-	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8
411	-	#9	-	#3	#8	-	#9	-	#17	#2
421	-	#9	-	#17	#2	-	#9	-	#9	-

(b) 중심부 인접 노드들 채널 배정



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
11	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
21	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
31	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
41	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
51	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
61	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
71	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
81	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
91	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
101	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
111	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
121	#9	#20	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
131	#9	#19	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
141	#9	#19	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
151	#9	#19	#8	#17	#15	#9	#7	#16	#2	#15
161	#9	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
171	#9	#1	#16	#2	#19	#9	#7	#16	#2	#15
181	#9	#1	#16	#2	#19	#9	#1	#16	#2	#15
191	#8	#19	#9	#1	#16	#10	#8	#19	#9	#1
201	#8	#19	#9	#1	#16	#10	#8	#19	#9	#1
211	#16	#10	#8	#19	#9	-	#2	#16	#10	#8
221	#9	#8	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16
231	#8	#17	#9	#16	#10	#8	#17	-	#9	-
241	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16	#10	#8
251	#9	-	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16
261	#8	#17	#9	#16	#10	#8	#17	-	#9	-
271	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16	#10	#8
281	#9	-	#16	#10	#8	#17	-	#9	-	#16
291	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-
301	#16	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-
311	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16	#10
321	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-
331	#16	#10	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-
341	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-	#16	#10
351	#8	-	#9	-	#16	#10	#8	-	#9	-
361	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-
371	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-	#9	-
381	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-
391	#9	#3	#8	-	#9	-	#9	#3	#8	-
401	#9	#3	#8	-	#9	-	#9	#3	#8	-
411	#9	#3	#8	-	#9	-	#9	#3	#8	-
421	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(2)	(3)	(4)

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
11	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
21	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
31	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
41	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
51	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
61	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
71	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
81	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#4	#9,#13	#7,#18	#16	#2	#15,#11
91	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#4	#9,#13	#7,#18	#16	#2	#15,#11
101	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#4	#9,#13	#7,#18	#16	#2	#15,#11
111	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15,#11
121	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15,#11
131	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
141	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
151	#9,#13	#19	#8	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
161	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7,#18	#16	#2	#15
171	#9,#13	#1	#16	#2	#19	#9	#7	#16	#2	#15
181	#9,#13	#1	#16	#2	#19	#9	#1	#16	#2	#15
191	#9,#13	#1	#16	#10,#6	#8	#19	#9	#1	#16	#10,#6

P_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
201	#8	#19	#9	#1	#16	#10,#6	#8	#19	#9	#1
211	#16	#10,#6	#8	#19	#9	-	#12	#16	#10,#6	#8
221	#19	#9	-	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7
231	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	-	#16	#10,#6	#8
241	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9
251	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6
261	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-
271	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16
281	#10,#8	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17
291	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16
301	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17
311	#7	#16	#10,#14	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17
321	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7	#16
331	#10,#14	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9
341	-	#16	#10,#14	-	#9	-	#16	#10,#14	#8	-
351	-	#9	-	#16	#10,#14	#8	-	#9	-	#16
361	#10,#14	#8	-	#9	-	#16	#10,#14	#8	-	#9
371	-	#16	#3,#14	#8	-	#9	-	#16	#3,#14	#8
381	-	#9	-	#16	#3	#8	-	#9	-	#16
391	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-	#9
401	-	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8
411	-	#9	-	#16	#3	#8	-	#9	-	#16
421	-	#9	-	#17	#2	-	-	#9	-	#17

(c) 채널 재사용 외곽 노드들 채널 배정

그림 5. P_1 의 채널 배정

Fig. 5. Channel assignment for P_1

P_1 과 동일한 배정 규칙을 적용하여 P_7 에 채널을 배정한 결과는 표 3에 제시되어 있다. P_9 도 동일한 배정 규칙을 적용하면 최적화된 채널을 배정할 수 있으며, 배정 결과는 제시하지 않았다.

표 3. P_7 의 채널배정

Table. 3. Channel assignment for P_7

P_7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
11	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
21	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
31	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
41	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
51	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
61	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
71	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
81	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
91	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
101	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
111	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
121	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
131	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
141	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
151	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
161	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
171	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
181	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
191	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
201	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
211	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
221	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
231	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
241	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9,#13	#7,#21	#16	#2	#15,#11
251	#9,#13	#20	#8,#12	#17	#15,#5	#9	#7,#18	#16	#2	#15,#11
261	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
271	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
281	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
291	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
301	#9,#13	#19	#8,#12	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
311	#9,#13	#19	#8	#17	#15,#4	#9	#7,#18	#16	#2	#15
321	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
331	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
341	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
351	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
361	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
371	#9,#13	#1	#16	#2	#15	#9	#7	#16	#2	#15
381	#10,#6	#8	#17	#10,#6	#8	#17	-	#9	#8	#17
391	-	#9	#1	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#8
401	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#1	#16	#10,#6	#8
411	#17	-	#9	#1	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9
421	#	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#1	#16	#10,#6
431	#8	#17	-	#9	#1	#16	#10,#6	#8	#17	-
441	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16
451	#10,#6	#8	#17	#10,#6	#8	#17	-	#9	#8	#17
461	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#8
471	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8
481	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9
491	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6
501	-	#9	-	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#8
511	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8
521	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16

P_7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
531	#8	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	-	#9	#7
541	#16	#10,#6	#8	#19	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#19
551	#9	#7	#16	#10,#6	#8	#17	-	#9	#7	#16
561	#8	-	#9	#7	#16	#10,#6	#8	-	#9	#7
571	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
581	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
591	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
601	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
611	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
621	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
631	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
641	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
651	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
661	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
671	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
681	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
691	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
701	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
711	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
721	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
731	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
741	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
751	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-
761	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
771	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
781	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-
791	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
801	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7
811	#16	#3	#8	-	#9	-	#16	#3	#8	-
821	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
831	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8
841	#9	#7	#16	#10,#14	#8	#17	-	#9	#7	#16
851	#8	-	#9	#7	#16	#10,#14	#8	-	#9	#7

P_1 은 중심부 채널배정 결과 416개 채널이 배정되었으며, 중심부 인접 노드들 배정에서 #2(1개)와 #17(10개)가 삽입되어야 하기 때문에 416+11=427개의 채널로 충족시켰다. P_7 도 마찬가지로 838+18=856개의 채널을 배정하였으며, P_9 은 1,680+34=1,714개의 채널로 배정할 수 있다.

P_2 는 채널 동일채널 재사용 노드간 거리가 3으로 P_1 의 4보다 작으나 #9의 77개 채널을 더 이상 축소가 불가능하여 P_1 과 동일한 427개 채널 결과를 얻는다. P_8 은 P_1 과 채널 재사용 거리 기준이 동일하므로 동일한 문제로 취급된다.

이와 같은 방법으로 채널을 배정한 결과, P_3 는 표 4에, P_5 는 표 5에, P_6 는 표 6에 제시되어 있다. P_3 는 266 채널을, P_5 는 240 채널을, P_6 는 180 채널 배정 결과를 얻었다.

표 4. P_3 의 채널배정

Table. 4. Channel assignment for P_3

P_3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13
11	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5
21	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7
31	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14
41	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20
51	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19
61	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6
71	#12,#20	#18,#7	#9,#13	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#20	#18,#7	#9,#13
81	#11,#19	#21,#14	#8,#5	#10,#6	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15	#21,#1	#10,#14
91	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15	#21,#1	#10,#14	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15
101	#21,#1	#10,#14	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15	#21,#1	#10,#14	#12,#16	#18,#7
111	#9,#13	#11,#15	#21,#1	#10,#14	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15	#21,#1	#10,#14
121	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15	#21	#10,#14	#12,#16	#18,#7	#9,#13	#11,#15
131	#21	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15
141	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15
151	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15
161	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15	#20	#10,#14	#12,#8	#17,#6	#11,#15

171	#20	#10,#14	#12,#16	#18,#7	#9	#11,#15	#21	#10,#6	#12,#16	#18,#7
181	#9	#11,#15	#21	#10,#6	#12,#16	#18,#7	#9	#11,#15	#21	#10,#6
191	#12,#16	#18,#7	#9	#11,#15	#21	#10,#6	#12,#16	#18,#7	#9	#11,#15
201	#21	#10,#6	#12,#2	#18,#7	#9	#11,#19	#17	#4,#15	#12,#2	#18,#7
211	#9	#11,#19	#17	#4,#15	#12,#2	#18,#7	#9	#11,#19	#17	#4,#15
221	#12,#2	#18,#7	#9	#11,#19	#17	#4,#15	#12,#2	#18,#7	#9	#11,#19
231	#8	#10,#14	#12,#16	#3	#11,#19	#8	#10,#14	#12,#16	#3	#11,#19
241	#8	#10	#12	#3	#17	#4,#19	#8	#10	#12	#3
251	#17	#4	#8	#10	#12	#3	#17	#4	-	#10
261	#12	-	#4	-	#10	#12	-	-	-	-

표 5. P₅의 채널배정
Table 5. Channel assignment for P₅

P ₅	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19
11	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14
21	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16
31	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5
41	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15
51	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20
61	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19
71	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14
81	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16
91	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5
101	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15
111	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20
121	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19
131	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14
141	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16
151	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5
161	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15
171	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20
181	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19
191	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14
201	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5	#3,#6	#16
211	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15	#17	#8,#5
221	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20	#9,#13	#11,#15
231	#17	#8,#5	#3,#6	#16	#2,#12	#10,#14	#1,#21	#4,#19	#18,#7	#20

표 6. P₆의 채널배정
Table 6. Channel assignment for P₆

P ₆	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14
11	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19
21	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8
31	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13
41	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7
51	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16
61	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21
71	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15
81	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1
91	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14
101	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19
111	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8
121	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13
131	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7
141	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16
151	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21
161	#10,#15	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15
171	#20,#1	#9,#5,#14	#18,#19	#4,#8	#17,#12,#13	#3,#7	#11,#16	#2,#6,#21	#10,#15	#20,#1

표 7. 필라델피아 사례의 해 비교
Table 7. Compare of Solution for Philadelphia instances

문제	알려진 최적해	Lower bounds				Upper bounds				제안 방법
		(6,7)	(8,9)	(10)	(8)	(8)	(11)	(9)	(12)	
P ₁	426~427	426	426	426	428	428	426	426	432	427
P ₂	426~427	426	426	426	429	438	426	-	-	427
P ₃	257	-	257	252	269	260	258	257	263	266
P ₄	252	252	252	252	257	259	253	252	-	-
P ₅	239~240	-	239	177	240	239	239	-	-	240
P ₆	178~188	177	178	177	188	200	198	-	-	180
P ₇	855~856	-	855	855	858	858	856	-	-	856
P ₈	524~527	-	524	427	535	546	527	-	-	427
P ₉	1,713~1724	-	1,713	1,713	1,724	1,724	-	-	-	1,724

제안된 규칙에 의한 방법과 기존의 휴리스틱 방법들의 연구결과를 비교하여 표 7에 제시하였다. 여기서의 하한값(lower bounds)과 상한값(upper bounds)은 이론적인 채널 할당 수 범위이며, 알려진 최적해는 지금까지 실제로 찾은 최적의 결과이다. 그러나 실제로 채널을 배정한 결과는 제시되지 않고 있다. 기존의 휴리스틱 방법은 랜덤하게 채널을 배정하는데 반해, 제안된 방법은 채널 배정의 규칙성을 찾아냈으며, 단지 P₃와 P₄의 분산형에 대해서만 최적해를 찾지 못하였다. 제안된 알고리즘의 결과를 반영하면 P₆는 최적해 178~188을 178~180으로, P₈는 524~527을 427로 수정되어야 한다.

IV. 결론

모바일 통신채널 배정 최적화 문제에 대해 지금까지는 휴리스틱 방법을 적용하여 랜덤하게 배정하는 방법밖에 없는 것으로 알려져 있다. 본 논문은 채널 배정에 대해 결정론적 방법의 규칙성을 찾아냈다는데 의미가 있다.

제안된 방법은 중앙집중형과 균등형의 경우 규칙을 적용해도 최적해를 찾을 수 있음을 보였다. 반면에, 분산형의 경우 최적해를 찾는 규칙성은 찾지 못하였다.

통신채널 배정문제를 실제로 적용하기 위해서는 랜덤한 배정 보다는 규칙적인 배정 방법을 적용하는 것이 보다 현실성이 있어 보인다. 따라서 제안된 방법은 실제 적용에 어려움이 없을 것이다.

참고문헌

- [1] L. M. San José-Revuelta, "A New Adaptive Genetic Algorithm for Fixed Channel

- Assignment", Information Sciences, Vol. 177, pp. 2655-2678, 2007.
- [2] W. Y. Shin, S. Y. Chang, J. W. Lee, and C. H. Jun, "Frequency Insertion Strategy for Channel Assignment Problem", Wireless Networks, Vol. 12, pp. 45-52, 2006.
- [3] J. Elhachimi and Z. Guennoun, "Frequency Assignment for Cellular Mobile Systems Using a Hybrid Tabu Search with an Adaptive Constraint Satisfaction Technique", International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 1-5, 2011.
- [4] D. H. Smith, S. Hurley, and S. U. Thiel, "Improving Heuristics for the Frequency Assignment Problem", European Journal of Operational Research, Vol. 107, pp. 76-86, 1998.
- [5] G. K. Audhya, K. Sinha, S. C. Ghosh, and B. P. Sinha, "A Survey on the Channel Assignment Problem in Wireless Networks," Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 11, No. 5, pp. 583-609, 2011.
- [6] M. Duque-Antón, D. Kunz and B. Rüber, "Channel Assignment for Cellular Radio using Simulated Annealing", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 42, pp. 14-21, 1993.
- [7] N. Funabiki and Y. Takefuji, "A Neural Network Parallel Algorithm for Channel Assignment Problems in Cellular Radio Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 41, pp. 430-437, 1992.
- [8] N. Funabiki, N. Okutani and S. Nishikawa, "A Three-stage Heuristic Combined Neural-Network Algorithm for Channel Assignment in Cellular Mobile Systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, pp. 397-403, 2000.
- [9] W. K. Hale, "Frequency Assignment: Theory and Applications", Proceedings of IEEE 68, pp. 1497-1514, 1980.
- [10] S. Hurley, D. H. Smith and S. U. Thiel, "A System for Discrete Channel Frequency Assignment", Radio Science, Vol. 32, pp. 1921-1939, 1997.
- [11] J. C. M. Janssen and K. Kilakos, "An Optimal Solution to the Philadelphia Channel Assignment Problem", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 3, pp. 1012-1014, 1999.
- [12] J. Janssen and K. Kilakos, "Polyhedral Analysis of Channel Assignment Problems: (i) tours", Technical Report LSE-CDAM-96-17, Centre for Discrete and Applicable Mathematics, London School of Economics & Political Science, London, 1996.

저자 소개



이 상 운(Sang-Un, Lee)
 1983년 ~ 1987년 :
 한국항공대학교 항공전자공학과 (학사)
 1995년 ~ 1997년 :
 경상대학교 컴퓨터과학과 (석사)
 1998년 ~ 2001년 :
 경상대학교 컴퓨터과학과 (박사)
 2003.3 ~ 현재 :
 강릉원주대학교 멀티미디어공학과 부교수
 관심분야 : 소프트웨어 프로젝트 관리,
 소프트웨어 개발 방법론,
 소프트웨어 신뢰성,
 그래프 알고리즘
 e-mail : sulee@gwnu.ac.kr