

우편집중국 관할권역 조정 시뮬레이터 개발사례

차병철⁺ · 김완석

한국전자통신연구원 우정기술연구센터

Simulator for restrict adjustment of mail sorting centers: A case study

Byung-Chul Cha · Wan-Seok Kim

Postal Technology Research Center, ETRI, Daejeon 305-700

This paper introduces the methodology for restrict adjustment of 25 mail sorting centers including 3 new mail sorting centers to balance their work loads and minimize their operating costs. We calculated the capacity of mail sorting centers considering mail types and analyzed the collection/delivery mail volume of 214 post offices to measure the work loads of mail sorting centers. We also developed the mathematical model and genetic algorithm to find the optimal solution for this problem.

Keyword: mail sorting center, load balancing, genetic algorithm

1. 서론

최근 수도권 신도시 개발(용인, 죽전, 신갈, 동백지구 등)로 인해 수원우편집중국 관할지역에 대단지 아파트가 급속도로 증가하였다. 급증하는 우편물로 인하여 수원우편집중국의 과부하로 우편물 정시소통에 어려움이 예상되자 서울체신청에서는 <그림 1>과 같이 수원우편집중국 관할 수용국인 경기용인 및 용인수지 우체국을 성남우편집중국 수용국으로 편입하는 방안을 검토한 후 우정사업본부에 수용국 조정을 요청하였다. 이에 따라 우정사업본부에서는 성남우편집중국 부하를 고려하여 성남우편집중국 관할 수용국인 서울서초우체국을 동서울우편집중국 수용국으로 변경하는 것을 추가적 검토하여 대상 우편집중국 관할권역을 조정하였다.

이와 같이 일부 수용국의 급격한 우편물량 변동시, 우편물 정시소통과 우편집중국의 운영비용을 최소화하기 위해서는 우편집중국간 업무부하를 평준화할 수 있도록 관할권역을 효율적으로 조정할 수 있는 방안이 필요하게 되었다. 또한, 우정사업본부에서는 22개 우편집중국 건설 완료후, 우편배달서비스 사각지역으로 대두된 지역의 우편서비스 제고와 전자상거

래 활성화로 인한 소포물량 급증 등 우편환경 변화에 부응하여 울산, 목포, 포항지역에 우편집중국을 신설하여 2007년도에

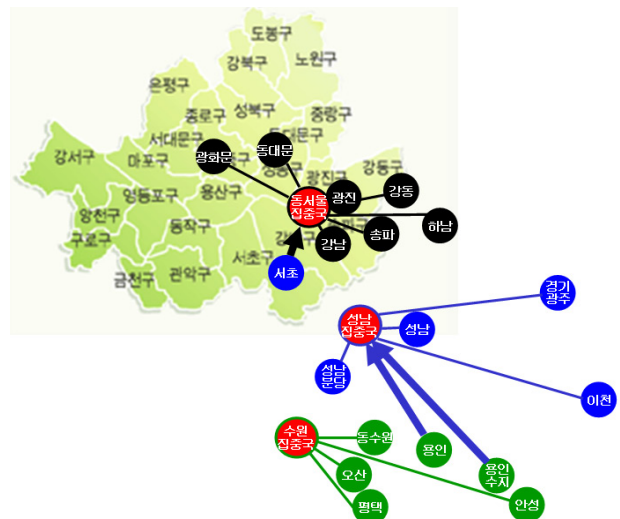


그림 1. 수도권 우편집중국 관할권역 조정

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 우정기술개발사업의 일환으로 수행하였음(2006-X-001-03, 실시간 우편물류 요소기술 개발).

*연락처 : 차병철 박사, 305-700 대전광역시 유성구 가정동 161, 한국전자통신연구원 우정기술연구센터 물류기술연구팀,

Fax : 042-860-6508, E-mail : bccha@etri.re.kr

2007년 05월 접수, 2회 수정 후 2007년 08월 게재확정.

개국, 운영하도록 계획하고 있기 때문에 적절한 우편집중국 관할권역 조정이 필요하게 되었다. 현재 우편집중국 관할권역 조정은 체신청의 의견을 수렴하여 우정사업본부에 의해 이루어지고 있는데, 우편집중국과 수용국간 거리를 고려하여 2~3개 수용국의 재할당에 의한 우편집중국간 물량변화를 과거 우편집중국 운영실적과 비교함으로써 조정의 근거로 삼고 있다. 그러나 이와같은 일부 수용국의 재할당에 의한 분석방법에는 한계가 있으며, 특히 우편집중국 관할권역 조정과 같은 네트워크 설정문제는 전체적인 최적화를 통해 그 효과를 극대화할 수 있다

<그림 2>와 같이 국내 우정사업본부의 우편물류체계가 국내국 - 집배국 - 집배모국 - 직체국국 및 운송중심국으로 이루어진 단단계 수작업 처리에서 교환센터와 우편집중국을 중심으로 한 Hub and Spoke 구조로 바뀌고 나서 우편집중국 및 우편물류 네트워크에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.

우편집중국 운영에 관한 연구로 남윤석, 이흥철(2000)은 공정개선을 위한 시뮬레이션 분석을 통해 우편집중국의 최적인 운영방안을 수립하는 방법에 대하여 논의하였다. 엄인섭 외(2003)는 우편집중국의 우편물 처리실태를 자동화 지표를 통해 제시하고 시뮬레이션에 기반하여 우편집중국의 자동화 부분에 중점을 둔 운영효율화 방안을 제시하였다. 김대기, 최재필(2004)은 우편집중국의 운영효율성을 DEA(Data Envelopment Analysis) 모델을 통해 평가하고 시스템 다이내믹스 모델을 통해 정책적인 대안을 도출하는 방안을 제시하였다. 우편물류 네트워크에 관한 연구로 박상용 외(2005)는 우편운송망의 최적화를 위하여 신규 운송망의 개설이나 운송계획 변경 대안에 대한 검증, 평가를 위한 시뮬레이션 시스템을 개발하였다. 노승중

외(2003)는 소포물류센터의 연도별, 권역별 소요를 추정하고 우정사업본부의 소포물류센터 네트워크 구축방향을 제시하였다. 일반물류 네트워크와 관련한 연구로 박양병(2000)은 물류네트워크 설계와 계획을 위한 분석모델과 의사결정지원시스템 개발을 위한 시스템 설계방안과 이상적인 시스템 구조를 제안하였다.

본 연구와 유사한 연구로 정기호, 고창성(2002)은 택배 운송 네트워크 설계를 위한 할당 문제를 다루었는데 수송비용을 최소화 하는 수리모형을 제안하고 비선형 문제를 해결하기 위한 탐색적 해법을 개발하였다. 고창성 외(2003)는 화물터미널의 용량을 고정시킨 상황에서 각 영업소의 수주마감시간을 결정하는 연구를 수행하였고, 고창성, 민호기(2006)는 이전의 연구를 확장하여 화물터미널 용량과 수주마감시간을 동시에 결정하는 문제에 대한 수리모형을 제시하고 유전자 알고리즘을 이용한 해법을 제시하였다. 고창성, 이희정(2006)은 동일한 문제에 대해 최적화/시뮬레이션 반복기법을 적용하여 화물터미널의 용량과 영업소의 수주마감시간을 결정하는 방법론을 제시하였다.

본 논문에서는 3개 신설 우편집중국을 포함하는 25개 우편집중국 업무부하를 평준화하여 운영비용을 최소화하기 위한 우편집중국 권역조정 시뮬레이터 개발사례를 소개하고자 한다. 제 2장에서는 연구절차를 위한 우편집중국 관할권역 조정 방법론에 관해 설명한다. 제 3장에서는 본 문제의 최적해를 구하기 위한 혼합정수계획모형에 관해 소개하고, 제 4장에서 해법으로 개발된 유전자 알고리즘을 설명한다. 제 5장에서는 개발된 유전자 알고리즘이 탑재된 시뮬레이터에 대해 소개하고 결론을 맺고자 한다.

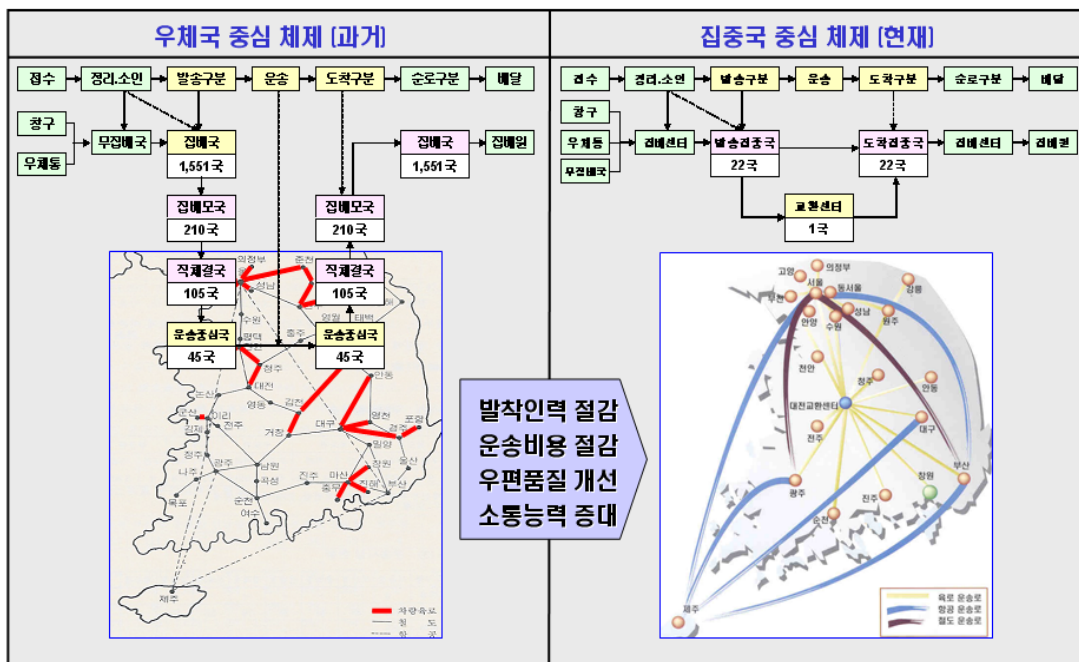


그림 2. 우편물류 네트워크의 과거와 현재

2. 우편집중국 관할권역 조정 방법론

우편집중국 관할권역 조정을 위한 수리모형을 개발하기 위해서는 <그림 3>과 같이 먼저 우편집중국 처리능력에 대한 분석과 관할 수용국별 우편물량에 대한 분석이 필요하다. 이를 통해 우편집중국의 업무부하를 정의하고, 우편집중국간 업무부하를 평준화할 수 있도록 하는 모형을 개발하여 최적의 우편집중국 권역조정안을 수립할 수 있다.

현재 우편집중국의 구분처리능력에 대하여는 명확한 기준이 설정되어 있지 않다. 그래서 우편집중국의 구분처리능력 대비 구분대상물량으로 정의할 수 있는 우편집중국 업무부하를 정확히 산정할 수가 없다. 단지 과거 우편집중국의 운영실적을 기준으로 우편집중국의 처리능력을 산정하고 있다. 그러나 운영실적이 우편집중국의 처리능력을 정확하게 반영하지는 못하며, 동일한 규모라도 교환센터간 거리 등 여러 가지 우편집중국의 특별한 환경에 따라 구분처리능력이 상당히 달라질 수 있다. 그렇기 때문에 우편집중국 환경에 따른 특성치를 반영하여 우편집중국 구분처리능력을 산정함으로써 우편집중국의 업무부하를 정확히 산정할 필요가 있다. 우편집중국의 구분작업은 <그림 4>와 같이 관할 수용국으로부터 수집된 우편물을 배달지 관할 우편집중국으로 보내기 위한 발송구분과 다른 우편집중국으로부터 운송되어온 우편물을 배달을 위해 관할 집배센터별로 배분하기 위한 도착구분으로 크게 나누어진다.

우편집중국의 발송, 도착 구분처리능력을 산정하기 위해서

본 연구에서는 먼저 전체 우편집중국의 운송방법지정서로부터 각 우편집중국의 운송현황을 분석하고 이를 통해 <그림 5>와 같이 각 우편집중국별 발송, 도착 구분가용시간을 도출하였다. 그리고 각 우편집중국별로 구해진 발송, 도착 구분가용시간과 우편종별 시간당 표준기계처리능력을 기준으로 각 우편집중국의 우편종별 기계구분처리능력을 산정하였다.

수용국별 우편종별 발송, 도착구분 대상 물량에 대해서는 우정사업본부의 우편물류통합 정보시스템인 PostNet을 통해 수집하여 분석하였다. <표 1>에서와 같이 전국의 우체국 수는 3,600여 개에 달하지만 물량분석은 발송, 도착구분 대상물량에 대한 데이터 수집이 가능하고 현재 우편집중국 관할권역 조정대상이 되는 총괄국 수준의 214개소를 대상으로 취합된 물량데이터를 이용하였다.

우편집중국 관할권역 조정에 가장 큰 영향을 미치는 수용국과 우편집중국간 운송거리 및 이동시간에 관한 데이터는 알맵 v2.7을 이용하여 수집, 분석하였다.

3. 혼합정수계획 모형

수집된 데이터 및 분석결과를 바탕으로 우편집중국 관할권역 조정을 위한 수리모형을 개발하기 위하여 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- 우편집중국 관할권역 조정을 위한 수용국 재할당시 가장 중



그림 3. 우편집중국 관할권역 조정 방법론



그림 4. 우편집중국 발송, 도착 구분작업

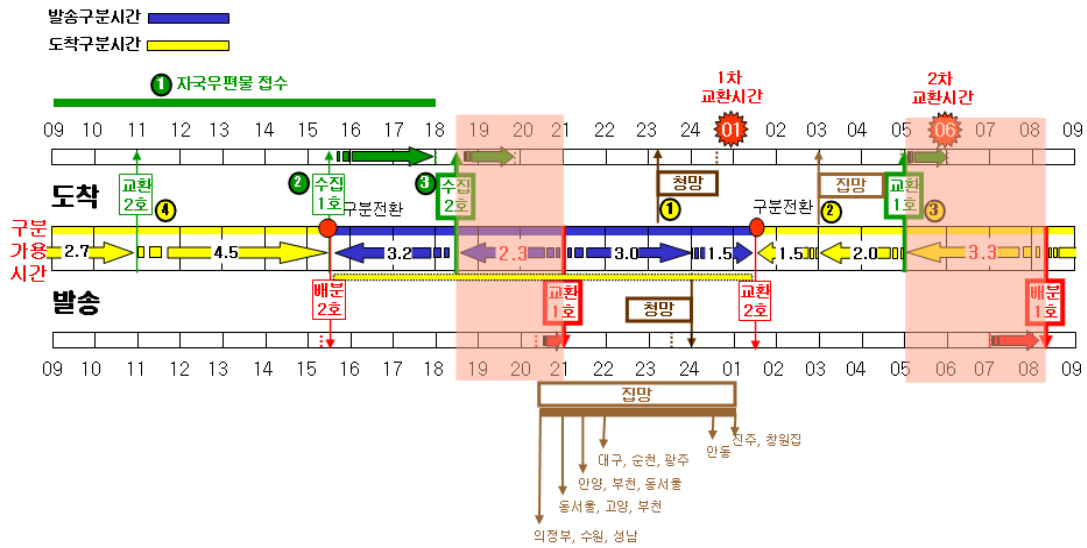


그림 5. 우편집중국의 발송, 도착구분가용시간 분석

표 1. 우편집중국 관할 수용국 현황

집중국명	일처리 용량	대 지	건 물		구분기 개수					수용국 수			
			건평	층수	서장	플랫	패킷	소포	계	총괄국	관내국	취급소	계
서울	250	7,582	9,445	4	5	2	1	1	9	6	59	55	120
동서울	350	15,638	16,983	3	5	2	2	1	10	7	83	71	161
의정부	250	7,961	10,737	5	4	2	1	1	8	12	134	39	185
고양	150	4,820	5,983	5	2	1	1	1	5	6	60	33	99
안양	150	4,218	6,020	6	2	1	1	1	5	5	46	40	91
부천	250	8,073	10,204	6	3	2	1	1	7	10	110	90	210
성남	150	4,026	6,168	4	2	1	1	1	5	5	57	48	110
수원	75	4,712	3,246	3	1	1	1	1	4	7	94	27	128
부산	250	11,267	9,532	6	4	2	2	1	9	17	175	90	282
창원	125	6,027	5,008	3	2	1	1	1	5	9	119	35	163
진주	50	5,314	1,997	2	1	-	1	1	3	9	120	12	141
대전	150	29,224	9,829	2	2	1	1	1	5	14	180	59	253
천안	50	4,504	2,698	2	1	-	1	1	3	7	93	26	126
청주	50	3,406	3,364	3	1	1	1	1	4	8	109	14	131
광주	150	10,000	5,527	3	2	1	1	1	5	19	241	51	311
순천	50	5,409	2,725	3	1	-	1	1	3	7	93	9	109
대구	250	8,486	10,386	6	4	2	2	1	9	19	243	74	336
안동	50	3,685	1,905	2	1	-	1	1	3	11	143	13	167
전주	75	2,534	3,412	2	1	1	1	1	4	15	213	39	267
원주	50	5,128	3,910	3	1	1	1	1	4	13	134	29	176
강릉	50	4,300	2,163	2	1	-	1	1	3	6	55	8	69
제주	35	3,188	3,058	3	1	-	-	1	2	2	36	23	61
계	3,010			278	45	22	24	22	113	214	2,597	885	3,696

요한 고려요소는 수용국과 우편집중국간 운송거리이지만, 우편집중국 부하를 고려하여 수용국에서 가장 가까운 우편집중국뿐만 아니라 다소 거리가 먼 우편집중국에도 허용기준내에서 할당하는 것이 가능하다.

- 우편집중국 관할권역 조정에 따라 발생하는 우편집중국 구분기별 sorting plan의 변경이나 수집, 배분에 대한 운송경로의 변경 등 추가적으로 발생하는 비용에 대해서는 무시할 수 있는 것으로 가정한다.

- 운송거리, 부하외에 권역조정에 따라 구분기계에 요구되는 구분간수 등을 제약식으로 추가할 수 있지만 본 모형에서는 제외하도록 한다.

개발된 수리모형의 의사결정변수, 목적함수, 제약식은 다음의 원칙을 기본으로 설계되었다.

- 의사결정변수(Decision Variable): 수용국을 하나의 우편집중국 관할권역에 할당
- 목적함수 (Objective Function): 조정대상 우편집중국의 부하 평준화도 최소화
- 제약식 (Constraint)
 - 할당제약: 각 수용국은 단 하나의 우편집중국 관할권역에 할당되어야 한다.
 - 거리제약: 각 수용국에서 최단거리에 위치한 우편집중국 이 아닌 다른 우편집중국 관할권역에 할당할 시 추가적인 허용기준치를 초과할 수 없다(예: 서울청의 경우 5km이내, 기타 20km이내 등).
 - 부하: 우편집중국의 부하는 각 우편종별 구분처리능력 대비 구분대상물량 비율의 우편종별 가중합으로 정의한다.

설정된 가정 및 설계원칙을 바탕으로 수리모형 개발에 필요한 기호에 대한 정의와 이에 따라 개발된 우편집중국 관할권역조정을 위한 혼합정수계획모형은 다음과 같다.

- 인덱스(index)
 - i : 수용국별, $i = 1, \dots, NI$
 - j : 우편집중국별, $j = 1, \dots, NJ$
 - k : 우편종별, $k = 1, \dots, NK$
- 상수 (Constants)
 - D_{ij} : 수용국 i 와 우편집중국 j 간 거리
 - DM_i : 수용국 i 에서 가장 가까운 우편집중국과의 거리
 - DA : 수용국이 가장 가까운 우편집중국에 할당되지 않을 때 추가적으로 허용할 수 있는 허용기준치
 - VO_{ik} : 수용국 i 에서의 우편종별 k 에 대한 발송구분 대상물량
 - CO_{jk} : 우편집중국 j 에서의 우편종별 k 에 대한 발송구분 처리능력
 - VI_{ik} : 수용국 i 에서의 우편종별 k 에 대한 도착구분 대상물량
 - CI_{jk} : 우편집중국 j 에서의 우편종별 k 에 대한 도착구분 처리능력
 - WO_k : 발송구분 대상 우편종별 k 에 대한 부하 가중치
 - WI_k : 도착구분 대상 우편종별 k 에 대한 부하 가중치
- 의사결정변수(Decision Variables)
 - X_{ij} : 수용국 i 를 우편집중국 j 에 할당하면 1, 그렇지 않으면 0 인 이진변수

- RO_{jk} : 우편집중국 j 의 우편종별 k 에 대한 발송구분 부하
- RI_{jk} : 우편집중국 j 의 우편종별 k 에 대한 도착구분 부하
- SR_j : 우편집중국 j 의 가중부하합
- AR : 권역조정 대상 우편집중국들의 가중부하 평균
- PR_j : 우편집중국 j 의 평균대비 Plus 부하
- MR_j : 우편집중국 j 의 평균대비 Minus 부하

$$\text{Min MAD} = \sum_j (PR_j + MR_j) / NJ \quad (1)$$

Subject To

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad \text{for } i = 1, \dots, NI \quad (2)$$

$$\sum_j D_{ij} X_{ij} - DM_i \leq DA \quad \text{for } i = 1, \dots, NI \quad (3)$$

$$\sum_i VO_{ik} X_{ij} = CO_{jk} RO_{jk} \quad \text{for } j = 1, \dots, NJ, \quad k = 1, \dots, NK \quad (4)$$

$$\sum_i VI_{ik} X_{ij} = CI_{jk} RI_{jk} \quad \text{for } j = 1, \dots, NJ, \quad k = 1, \dots, NK \quad (5)$$

$$\sum_k (WO_k RO_{jk} + WI_k RI_{jk}) = SR_j \quad \text{for } j = 1, \dots, NJ \quad (6)$$

$$\frac{\sum_j SR_j}{NJ} = AR \quad (7)$$

$$SR_j - AR = PR_j - MR_j \quad \text{for } j = 1, \dots, NJ \quad (8)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}$$

우편집중국 관할권역조정을 위한 수리모형을 설계할 때 우편집중국간 부하 평준화도를 최대한으로 하기 위하여 여러가지 목적함수를 사용할 수 있다. 본 수리모형에서는 개별 우편집중국의 우편종별 가중부하합에 대한 우편집중국간 평균절대편차(MAD: Mean Absolute Deviation)를 최소화하도록 목적함수를 설정하였다. MAD를 사용한 이유는 식 (7), 식 (8)과 같은 몇가지 제약식을 추가함으로써 혼합정수계획모형으로 표현할 수 있기 때문인데, 해법으로 사용할 유전자 알고리즘을 개발할 때는 MAD뿐만 아니라 평균자승오차를 최소화하는 MSE(Mean Squared Error) 기준 및 권역조정에 따른 비용관련 목적함수도 사용하였다.

제약식 (2)는 할당제약으로 수용국 i 가 오직 하나의 우편집중국에 할당되어야 한다는 것을 의미한다. 제약식 (3)은 거리 허용제약으로 수용국 i 가 가장 가까운 우편집중국에 할당되지 못하고 다른 우편집중국에 할당될 경우, 할당된 우편집중국간 거리와 가장 가까운 우편집중국간 거리의 차이가 허용기준치 DA 를 넘어서지 못하도록 제한하고 있다. 이 제약식은 수용국 i 에서 가장 가까운 우편집중국간 거리와 허용기준치 DA 의 합

보다 멀리 떨어져있는 우편집중국은 대안에서 제외시켜주므로써 해영역을 줄여주는 역할을 한다. 수용국 i 와 우편집중국 j 에 대해 $D_{ij} > DA + DM_i$ 이 성립하는 경우에는 $X_{ij} = 0$ 로 설정할 수 있다. 제약식 (4), (5)는 각각 우편중별 발송 및 도착구분부하를 표현하고 있다. 제약식 (6)은 우편집중국별로 발송, 도착구분에 대한 우편중별 부하에 대하여 가중치를 곱하여 합산한 우편집중국별 가중부하합을 표현하고 있다. 제약식 (7)은 전체 우편집중국 부하의 평균을 구하기 위한 식으로 이 식을 이용하여 제약식 (8)에서는 각 우편집중국의 평균대비 절대편차를 구해낼 수 있다. 앞에서 서술한 바와 같이 제약식 (7), (8)을 이용하여 목적함수식 (1)과 같은 평균절대편차 MAD를 표현할 수 있다.

4. 유전자알고리즘(Genetic Algorithm)

우편집중국의 관할권역 조정 문제는 NI 개의 수용국을 NJ 개 우편집중국에 할당하는 조합최적화 문제로서 가능대안인 NJ^{NI} 를 모두 비교함으로써 최적해를 구할 수 있다. 부산청의 경우, 38개 수용국을 신설 우편집중국을 포함한 4개 우편집중국을 대상으로 관할권역을 조정하게 되면 $4^{38} = 7.56 \times 10^{22}$ 의 권역대안이 존재하고, 각 수용국을 가장 가까운 2개 우편집중국만을 고려하여 권역대안을 작성하더라도 약 2,750억개($2^{38} = 2.75 \times 10^{11}$)의 권역대안을 비교해야 최적해를 구할 수 있게 된다.

이와같이 본 문제의 해영역이 매우 크기 때문에 최적해가

위치하는 탐색영역을 줄이기 위해 전술한바와 같이 각 수용국별로 수용국에서 아주멀리 떨어져 있는 우편집중국을 처음부터 조정안에서 제거하는 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어 부산청의 경우 각 수용국별로 가장 가까이 위치해있는 우편집중국에 비해 20km 이상(거리허용기준) 더 멀리 위치해 있는 우편집중국은 최적으로 선택될 가능성이 매우 낮으므로 이들 조정안들을 제거하게 되면, 38개 조정대상 수용국중 7개 수용국만이 조정 가능한 수용국이 되고, 이들 7개 수용국을 2~4개의 우편집중국에 할당할 수 있는 경우의 수는 최대 16,384개(4^7)에서 최소 128개(2^7)로 원문제에 비해 권역대안의 수가 매우 줄어들게 된다.

비록 현재 신설 우편집중국 관할청에 대해서는 거리허용기준을 통해 해영역을 줄이므로 문제사이즈가 그렇게 크지 않고 하더라도 서울청이나 전국을 대상으로 광범위하게 권역조정을 할 경우나 거리허용기준을 완화할 경우에는 앞에서 개발한 혼합정수계획모형으로는 최적해를 구하기가 어렵게 된다. 또한 가능하다고 하더라도 다양한 목적함수에 대해서 우편집중국의 여러가지 특성치를 반영하여 반복적으로 시뮬레이션을 해야할 경우에는 빠른 시간에 근사최적해를 구할 수 있어야하기 때문에 본 연구에서는 유전자알고리즘을 개발하여 시뮬레이터에 탑재하게 되었다.

유전자알고리즘을 설계하는데 있어 가장 중요한 요소중의 하나는 염색체의 표현이다. 또한 이를 하나의 완전한 해로 해석하는 해석절차가 매우 중요하다. <그림 6>에서 보는바와 같이 수용국을 가장 가까운 우편집중국 권역에 할당하지 않고

번호	수용국	순위별 집중국				순위별 손실			Max
		1위	2위	3위	4위	2위 -1위	3위 -1위	4위 -1위	
1	밀양	1	2	4	3	2.8	35.5	42.2	2
2	기장	1	4	2	3	14.5	43.6	88.8	2
3	함안	2	3	1	4	4.2	29.2	97.3	2
4	고성	3	2	1	4	10.9	47.2	115.2	2
5	거제	3	2	1	4	11.2	47.5	115.5	2
6	통영	3	2	1	4	11.2	47.5	115.5	2
7	의령	3	2	1	4	16.5	45.7	113.7	2

그림 6. 권역조정이 가능한 수용국

번호	수용국	염색체	Max	계산	Decoding	할당집중국
1	밀양	0.881	2	2	2	창원우편집중국
2	기장	0.605	2	2	4	울산우편집중국
3	함안	0.766	2	2	5	진주우편집중국
4	고성	0.613	2	2	2	창원우편집중국
5	거제	0.000	2	1	3	진주우편집중국
6	통영	1.000	2	2	2	창원우편집중국
7	의령	0.985	2	2	2	창원우편집중국

그림 7. 염색체 표현

다소 먼 우편집중국 권역에 할당할 경우 허용기준치를 20km라고 했을때, 부산청의 38개 조정대상 수용국 가운데 단 7개의 수용국만이 조정안이 존재하였다. 또한, 조정안이 존재하는 7개 수용국 모두 두 번째로 가까운 우편집중국외에는 허용기준치 20km를 초과하므로 각 수용국의 할당 가능한 우편집중국의 갯수도 모두 최대 2개씩만이 가능하였다. 이는 그림에서 Max값에 주어져 있다.

결국 우편집중국 관할권역조정을 위해 이들 수용국을 부산(숫자 1), 창원(숫자 2), 진주(숫자 3), 울산(숫자 4) 중 한 곳에 할당하면 되기 때문에 해의 표현에 있어 각 수용국이 1에서 4까지의 정수값 중 한개의 값을 가지도록 하면 되지만(가능 권역안 수 16,384개) 해영역을 줄이기 위해서는 각 수용국이 1에서 Max값까지의 값을 가지게 하고 이를 가까운 거리순위별 우편집중국으로 해석해주면 된다(가능 권역안 수 128개).

<그림 7>와 같이 개발한 유전자알고리즘에서는 염색체의 각 유전인자가 0~1사이의 난수값을 가지도록 구성하였고 거리제약을 만족하는 각 수용국별 할당 가능한 우편집중국수 Max값을 이용하여 거리순위를 나타내는 정수를 계산하고 이를 해석하여 할당할 우편집중국을 결정하게 된다. 예를 들어 그림에서 밀양은 거리상 가장 가까운 부산(숫자 1)과 창원(숫자 2) 우편집중국 둘중 하나에 할당가능한데 최적해의 유전인자는 0.881이지만 이 값은 <그림 8>과 같은 변환식을 통해 거리순위를 나타내는 정수값 2로 변환되고 이는 밀양에서 두 번째로 가까운 우편집중국인 창원우편집중국(숫자 2)에 할당한다는 의미를 가지게 된다.

$$X_i = X_i^{LB} + \lfloor (X_i^{UB} - X_i^{LB} + 1) \times Gene(i) \rfloor$$

$$2 = 1 + \lfloor (2 - 1 + 1) \times 0.881 \rfloor$$

그림 8. 유전인자값의 변환식

본 연구에서 개발된 유전자 알고리즘에서 평가를 제외한 교차(Crossover)와 돌연변이(Mutation), 선택(Selection)과정에 대해서는 EVOLVER 4.0에서 제공하는 기능을 활용하여 해를 구하였다. 개발된 유전자알고리즘은 울산, 포항, 목포 등 신설 우편집중국 관할청인 부산청(4개 우편집중국, 38개 수용국), 경북청(3개 우편집중국, 31개 수용국), 전남청(3개 우편집중국, 26개 수용국) 각각을 대상으로 실험한 결과 최적해를 구하는 것을 확인할 수 있었다. 3개 실험의 최적해는 혼합정수계획모형으로부터 구해졌으며, 유전자알고리즘의 종료조건은 1분내로 설정하였다.

5. 우편집중국 관할권역 조정 시뮬레이터

우편물량은 시간에 따라 계속적으로 변화하고, 우편집중국 구분처리능력은 여러가지 우편집중국별 특성치에 따라 달라질 수 있는 여지가 많아서 그때마다 우편집중국 관할권역 조정에 따른 효과를 수작업으로 분석하는 것은 매우 어려운 일이다. 그렇기 때문에 우편집중국 관할권역 조정에 따른 효과를 상시적으로 시뮬레이션하고 최적의 권역조정 대안을 수립하기 위한 우편집중국 관할권역 조정 시뮬레이터를 EXCEL VBA와 EVOLVER 4.0을 이용하여 개발하게 되었다.

<그림 9>에서 보는 바와 같이 개발된 시뮬레이터는 시뮬레이션 파라미터를 입력하는 시뮬레이션 파라미터 입력 메뉴와 우편집중국의 처리능력산정과 관련한 여러 파라미터를 변경할 수 있는 처리능력산정 파라미터 변경 메뉴, 그리고 조정 결과를 확인하고 인쇄하기 위한 확인 및 인쇄 메뉴로 구성되어 있다. <그림 10>은 우편집중국 관할권역조정 시뮬레이터의 사용절차를 보여주고 있다.

시뮬레이션을 하기위해서는 먼저 우편집중국별 특성치를 반영하여 조정대상 우편집중국별 처리능력을 정확히 산정하

집중국 관할권역 조정 시뮬레이터

시뮬레이션 파라미터 입력

수용국선택
거리분석
처리능력

집중국수	4	거리유형	거리	분석시간대	파크시간대후 정시소통
수용국수	41	허용기준	20.0		

가중치
권역조정 (GA)

처리능력산정 파라미터 변경

가용시간	시간당 처리량	처리능력
구분전환시간	기계구분	기계보유댓수
발착준비시간	수작업구분	기계별 효율
		시간대별 활용비율

확인 및 인쇄

- 거리분석
- 처리능력
- 물량
- 조정전(물량합계)
- 조정전(부기인력)
- 조정전(부하)
- GA결과
- 조정후(물량합계)
- 조정후(부기인력)
- 조정후(부하)
- 결과분석
- 통계분석
- 배치결과
- 집중국별 처리능력상세
- 집중국별 운송현황
- 집중국별 기계현황

우정기술연구센터
물류기술연구팀

그림 9. 시뮬레이터 메인화면

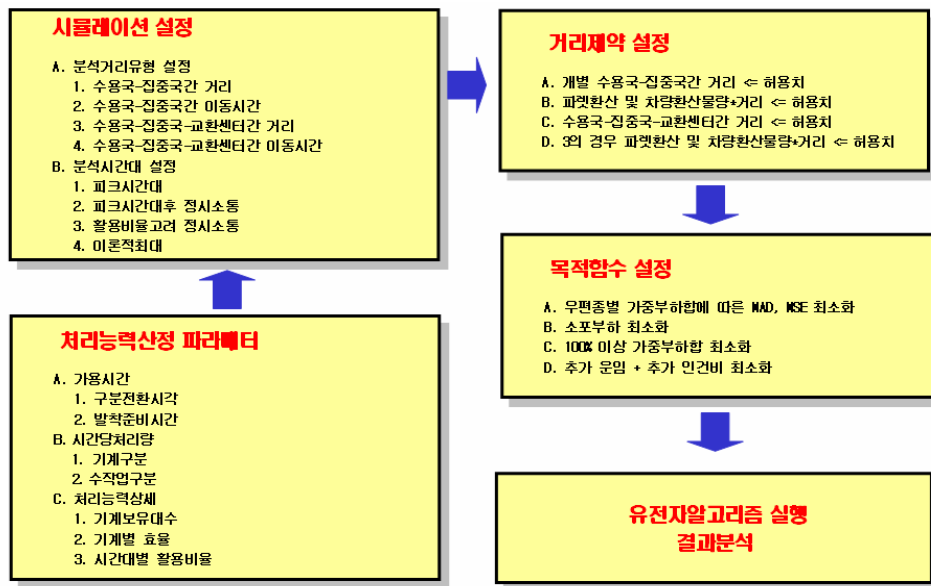


그림 10. 시뮬레이터 사용절차

라인 수	선택		구분	ME	MAD	MSE	손실 (km)	5톤*km	추가운임료	부가인력 (man-hour)	추가인건비	추가비용 합계	교환센터 효과
	1	GA2 (물량거리)											
7	GA1 (거리)	GA2 (물량거리)	조정전	406.0%	112.4%	186.4%	33.3	162.4	175,916	1,601.6	8,008,000	8,183,916	
			조정후	416.1%	90.3%	113.3%	28.2	87.9	103,990	1,455.9	7,279,500	7,383,490	-169,857
			차이	10.1%	-22.1%	-73.1%	-5.1	-74.5	-71,927	-145.7	-728,500	-800,427	-970,284
1	0.680												
2	0.598												
3	0.000												
4	0.568												
5	0.000												
6	0.143												
7	0.000												

그림 11. 유전자 알고리즘 목적함수 설정화면

분석	I	거리	순위별 거리					순위별 집중국					순위별 손실					20.0	순위별 차량*거리 손실					252.5
			1위	2위	3위	4위	5위	1	2	3	4	5	2위 -1위	3위 -1위	4위 -1위	5위 -1위	허용 기준		2위 -1위	3위 -1위	4위 -1위	5위 -1위	허용 기준	
1	부산우편집중국	부산	19.5	50.9	86.2	103.7		1	2	4	3	31.4	66.7	84.2		228.9	486.3	613.9						
2	부산우편집중국	동래	13.3	55.9	70.0	102.2		1	2	4	3	42.6	56.7	88.9		418.9	557.5	874.1						
3	부산우편집중국	부산사상	11.9	44.2	77.4	97.0		1	2	4	3	32.3	65.5	85.1		238.7	484.0	628.9						
4	부산우편집중국	북부산	7.7	50.6	66.1	96.9		1	2	4	3	42.9	58.4	89.2		206.3	280.8	428.9						
5	부산우편집중국	부산사하	17.2	48.2	83.3	103.9		1	2	4	3	31.0	66.1	86.7		253.6	540.8	703.3						
6	부산우편집중국	부산진	13.1	50.6	79.2	103.5		1	2	4	3	37.5	66.1	90.4		333.1	587.1	802.9						
7	부산우편집중국	동부산	17.8	52.8	81.3	105.7		1	2	4	3	35.0	63.5	87.9		148.0	268.4	371.6						
8	부산우편집중국	부산영도	21.4	52.4	88.0	110.0		1	2	4	3	31.0	66.6	88.6		105.1	225.8	300.4						
9	부산우편집중국	부산강서	0.1	48.3	72.0	94.6		1	2	4	3	48.2	71.9	94.5		92.3	137.7	181.0						
10	부산우편집중국	남부산	26.3	55.8	80.8	108.7		1	2	4	3	29.5	54.5	82.4		346.8	640.6	968.6						
11	부산우편집중국	부산금정	17.5	60.0	66.0	106.3		1	2	4	3	42.5	48.5	88.8		319.5	364.6	667.6						
12	부산우편집중국	해운대	23.8	54.0	65.4	118.3		1	4	2	3	30.2	41.6	94.5		220.5	303.7	689.9						
13	부산우편집중국	김해	9.8	32.6	78.5	83.4		1	2	4	3	22.8	68.7	73.6		204.0	614.7	658.6						
14	부산우편집중국	양산	22.8	51.0	63.2	109.5		1	4	2	3	28.2	40.4	86.7		142.2	203.7	437.2						
15	울산우편집중국	밀양	48.0	50.8	83.5	90.2		1	2	4	3	2.8	35.5	42.2		10.4	132.2	157.1						
16	울산우편집중국	기장	30.4	44.9	74.0	119.2		1	4	2	3	14.5	43.6	88.8		26.6	80.1	163.1						
17	부산우편집중국	부산연제	13.0	55.5	72.3	101.8		1	2	4	3	42.5	59.3	88.8		73.2	102.1	152.9						
18	부산우편집중국	부산우편집중국	0.0	1000.0	1000.0	1000.0		1	1	1	1	1000.0	1000.0	1000.0		3401.7	3401.7	3401.7						
19	울산우편집중국	울산	5.9	70.0	110.8	157.2		4	1	2	3	64.1	104.9	151.3		475.6	778.3	1122.5						
20	울산우편집중국	남울산	6.8	68.8	109.6	156.0		4	1	2	3	62.0	102.8	149.2		586.7	972.7	1411.8						

그림 12. 시뮬레이터 거리분석 화면

여야한다. 우편집중국의 처리능력은 처리능력 산정 파라미터 변경 메뉴에서 가용시간, 시간당 처리량, 처리능력상세의 소메뉴를 통해 정확히 산정할 수 있다. 그리고 분석하고자 하는 거리유형 및 분석시간대를 정하고 해영역을 줄이기위한 거리허용제약을 설정하게 되면 시뮬레이터가 자동으로 권역조정이 가능한 수용국들을 결정하게 된다. 마지막으로 <그림 11>

과 같이 부하평준화, 비용최소화 등 원하는 기준에 따라 목적함수를 설정하고 거리분석을 통해 결정된 권역조정 가능대상 수용국들에 대해 유전자알고리즘을 실행하게 되면 최적의 우편집중국 관할권역조정 대안을 수립할 수 있다.

<그림 12>와 같이 본 시뮬레이터를 통해서 수용국, 우편집중국간 거리분석뿐만 아니라 <그림 13>과 같이 유전자 알고

조정대상: 부산청		집중국 관할권역 조정전후 비교분석											분석시간대: 활용비율고려 정시소통					
구분	집중국	구분	발송구분+도착구분					도착구분					피량 환산	계 (man-hour)	가중 부하 계			
			소형		대형	소포	특수	소형		대형	소포	특수						
			선구분	일반				선구분	일반									
1	부산우편집중국	처리능력		1,083,000	142,500	26,280		1,778,400	234,000	23,040								
		물량	조정전	411,432	501,900	71,737	44,861	86,647	253,054	1,214,469	218,684	45,754	110,193	1,590				
			조정후	411,163	485,347	69,061	41,988	84,183	237,263	1,165,432	204,523	43,917	106,055	1,510				
			차이	-269	-16,553	-2,676	-2,873	-2,464	-15,791	-49,037	-14,161	-1,837	-4,138	-80				
		부가인력	조정전	28.6	0.0	0.0	371.6	173.3	17.6	0.0	0.0	454.3	220.4	1,265.8				
			조정후	28.6	0.0	0.0	314.2	168.4	16.5	0.0	0.0	417.5	212.1	1,157.3				
			차이	0.0	0.0	0.0	-57.4	-4.9	-1.1	0.0	0.0	-36.8	-8.3	-108.5				
		부하	조정전		46.3%	50.3%	170.7%			68.3%	93.5%	198.6%			627.7%			
			조정후		44.8%	48.5%	153.8%			65.5%	87.4%	190.6%			596.6%			
			차이		-1.5%	-1.8%	-10.9%			-2.8%	-6.1%	-8.0%			-31.1%			
		2	창원우편집중국	처리능력		418,500	69,750	19,440		715,500	119,250	15,390						
				물량	조정전	8,224	147,552	20,934	10,379	28,303	45,896	511,857	122,587	17,846	40,221	515		
	조정후			7,456	132,798	19,008	10,266	25,934	41,186	442,450	101,842	14,827	35,400	455				
	차이			-768	-14,754	-1,926	-113	-2,369	-4,710	-69,407	-20,745	-3,019	-4,821	-61				
부가인력	조정전			0.6	0.0	0.0	0.0	56.6	3.2	0.0	4.8	49.1	80.4	194.7				
	조정후			0.5	0.0	0.0	0.0	51.9	2.9	0.0	0.0	70.8	70.8	126.1				
	차이			-0.1	0.0	0.0	0.0	-4.7	-0.3	0.0	-4.8	-49.1	-9.6	-68.6				
부하	조정전				35.3%	30.0%	53.4%			71.5%	102.8%	116.0%			409.0%			
	조정후				31.7%	27.3%	52.8%			61.8%	85.4%	96.3%			355.4%			
	차이				-3.5%	-2.8%	-0.6%			-9.7%	-17.4%	-19.6%			-53.6%			
3	진주우편집중국			처리능력		207,000	62,100	19,980		371,250	111,375	18,630						
				물량	조정전	12,092	78,080	14,840	8,177	10,878	0	273,036	73,763	8,051	16,407	294		
			조정후	12,963	101,753	18,208	10,386	14,765	11,179	363,637	102,928	11,999	23,533	405				
			차이	871	23,673	3,368	2,209	3,887	11,179	96,601	29,165	3,948	7,126	111				
		부가인력	조정전	0.8	0.0	0.0	0.0	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	32.8	55.4				
			조정후	0.9	0.0	0.0	0.0	29.5	0.8	0.0	0.0	0.0	47.1	78.3				
			차이	0.1	0.0	0.0	0.0	7.7	0.8	0.0	0.0	0.0	14.3	22.9				
		부하	조정전		37.7%	23.9%	40.9%			73.5%	66.2%	43.2%			285.5%			
			조정후		49.2%	29.3%	52.0%			99.6%	92.4%	64.4%			386.8%			
			차이		11.4%	5.4%	11.1%			26.0%	26.2%	21.2%			101.3%			
		4	울산우편집중국	처리능력		223,200	62,775	25,920		381,600	107,325	20,520						
				물량	조정전	1,637	101,792	16,454	4,598	15,921	75,519	362,437	65,262	11,554	24,302	304		
	조정후			1,803	103,426	17,688	5,375	16,967	84,841	384,280	71,003	12,462	26,195	334				
	차이			166	7,634	1,234	777	946	9,322	21,843	5,741	908	1,893	30				
부가인력	조정전			0.1	0.0	0.0	0.0	31.8	5.2	0.0	0.0	0.0	48.5	85.7				
	조정후			0.1	0.0	0.0	0.0	33.7	5.9	2.2	0.0	0.0	52.3	94.2				
	차이			0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.7	2.2	0.0	0.0	3.7	8.5				
부하	조정전				45.6%	26.2%	17.7%			95.0%	60.8%	56.3%			301.6%			
	조정후				49.0%	28.2%	20.7%			100.7%	66.2%	60.7%			325.5%			
	차이				3.4%	2.0%	3.0%			5.7%	5.3%	4.4%			23.9%			

그림 13. 시뮬레이터 조정전 후 물량, 부가인력, 부하 비교분석 화면

조정대상: 부산청		집중국 관할권역 조정전후 부하통계 비교분석											분석시간대: 활용비율고려 정시소통		
통계구분		발송구분+도착구분					도착구분					가중 부하 계			
		소형		대형	소포	특수	소형		대형	소포	특수				
		선구분	일반				선구분	일반							
평균(Mean)	조정전	0.0%	41.2%	32.6%	70.7%	0.0%	0.0%	77.1%	80.8%	103.5%	0.0%	406.0%			
	조정후	0.0%	43.7%	33.3%	71.3%	0.0%	0.0%	81.9%	82.8%	103.0%	0.0%	416.1%			
	차이	0.0%	2.5%	0.7%	0.6%	0.0%	0.0%	4.8%	2.0%	-0.5%	0.0%	10.1%			
평균절대편차(MAD)	조정전	0.0%	4.7%	8.9%	50.0%	0.0%	0.0%	8.9%	17.3%	53.8%	0.0%	112.4%			
	조정후	0.0%	6.0%	7.6%	44.2%	0.0%	0.0%	18.2%	8.3%	43.8%	0.0%	90.3%			
	차이	0.0%	1.2%	-1.3%	-5.8%	0.0%	0.0%	9.3%	-9.0%	-10.0%	0.0%	-22.1%			
평균자승오차(MSE)	조정전	0.0%	0.2%	1.1%	35.0%	0.0%	0.0%	1.1%	3.1%	37.6%	0.0%	186.4%			
	조정후	0.0%	0.5%	0.8%	27.7%	0.0%	0.0%	3.3%	1.0%	27.5%	0.0%	113.3%			
	차이	0.0%	0.3%	-0.3%	-7.2%	0.0%	0.0%	2.2%	-2.1%	-10.2%	0.0%	-73.1%			
구분	차이분석	거리관련		인력관련			추가비용	교관센터							
		손실	차량*거리	추가운임료	부가인력	추가인건비	합계	효과(포함)							
		계(km)	5톤*km	원	man-hour	원	원	원							
조정전	33.3	162.4	175,916	1,601.6	8,008,000	8,183,916									
조정후	28.2	87.9	103,990	1,455.9	7,279,500	7,383,490									
차이	-5.1	-74.5	-71,927	-145.7	-728,500	-800,427									

그림 14. 시뮬레이터 조정전 후 부하통계 비교분석 화면

리즘을 통해 도출한 최적안에 대하여 우편집중국 관할권역 조정전후에 대한 물량, 부가인력, 부하변동 등을 분석할 수 있다. 또한 <그림 14>와 같이 부하통계와 더불어 운송비, 인건비 변동 등에 대한 분석결과도 얻을 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 우편집중국의 구분처리능력을 분석하여 우편집중국의 특성치를 반영한 우편중별 발송, 도착 기계구분 처

리능력을 산정하고 이를 바탕으로 우편집중국의 부하를 정의 하였다. 또한, 최적화 알고리즘이 탑재된 시뮬레이터를 개발 함으로써 상시적으로 최적의 우편집중국 관할권역 조정안을 수립하고 그 효과를 분석할 수가 있게 되었다. 우편집중국별 특성치를 더욱 정확히 반영하는 것과 신뢰성 있는 우편중별 물량데이터를 수집하는 것이 남은 과제이기는 하지만 3개 신설 우편집중국 관할청에 대해서 좀 더 다양한 시뮬레이션 분석을 통해 최적의 권역안을 수립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 본다.

추후 본 연구를 바탕으로 <그림 15>와 같이 우편집중국의

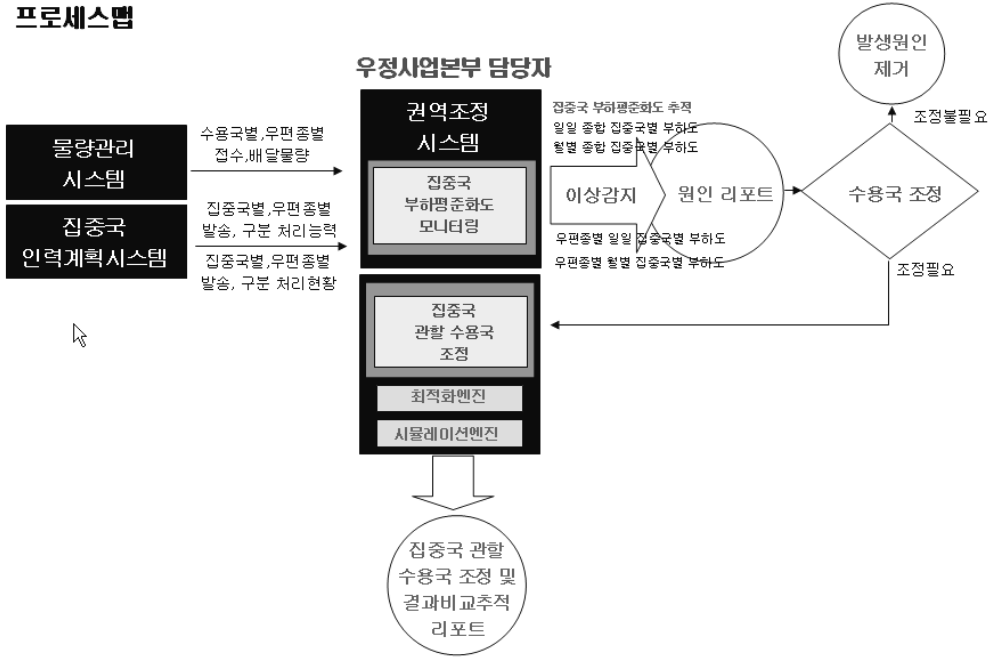


그림 15. 우편집중국 관할권역 조정시스템 프로세스맵

업무부하를 상시적으로 모니터링하고 우편집중국간 부하평준화도에 이상이 감지될 때 즉시 대응하기 위한 시스템 개발이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

Jung, K-H. and Ko, C-S. (2002), Allocation Problem in Door to Door Delivery Service Network, *Proceeding on KORMS/KIIE joint conference*, FB3-14 -17.
 Kim, D-K. and Choi, J-P. (2006), Decision Support Model for Improving the Efficiency of Mail Center, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 6(2), 39-47.
 Ko, C-S. and Lee, H-J. (2006), A Recursive Optimization/Simulation Procedure for Express Courier Service Network Design: Determination of Terminal Capacity and Cut-off Time, *Proceeding on KIIE conference*, 128-134.

KO, C-S. and Min, H-K. (2006), A pick-up and delivery problem with the objective of maximizing profit in express courier services between consolidation terminal and service centers, *Logistics Study*, 14(1), 43-58.
 Ko, C-S., Moon, D-H., Ko, H-J. and Lee, H-J. (2003), Determination of Cut-off Time for Express Service Centers According to Operational Characteristics of Consolidation Terminal, *IE Interfaces*, 16 Special Edition, 99-104.
 Nam, Y-S. and Lee, H-C. (2000), Optimal Operational Schemes of Mailing Center based on Simulation, *IE Interfaces*, 13(4), 680-687.
 Noh, S-J., Rim, S-C. and Hong, M-S. (2003), A Study on the Parcel Warehouse & Distribution Center Network, *IE Interfaces*, 16(4), 411-420.
 Park, S-Y., Lee, T-H., Choi, J-Y. and Lee, S. (2005), Development of the Postal Transportation Network Simulation System, *IE Interfaces*, 18(4), 456-466.
 Park, Y-B. (2000), A Study on Decision Support Systems for Logistics Network Design and Planning, *IE Interfaces*, 13(4), 627-638.
 Um, I-S., Lee, H-C. and Kang, J-Y. (2003), Operational Efficiency Scheme of Mailing Center for Automation, *Proceeding on KORMS/KIIE joint conference*, 999-1006.



차병철

부산대학교 산업공학 학사
 부산대학교 산업공학 석사
 부산대학교 산업공학 박사
 현재: ETRI 우정기술연구센터 선임연구원
 관심분야: Supply Chain Management, 시스템 분석 및 설계



김완석

현재: ETRI 우정기술연구센터 책임연구원
 물류기술연구팀장
 관심분야: 우정물류, 유비쿼터스, 기술분석 및 평가