

라스트마일 배송을 위한 도심 물류 네트워크 설계: 서울시 사례 연구

김태현* · 윤승진** · 송상화***†

*인천대학교 동북아물류대학원 · **CJ대한통운 · ***인천대학교 동북아물류대학원

Designing Urban Logistics Network for Last-mile Delivery Services: A Case Study in Seoul

TaeHyun Kim* · SeungJin Yoon** · SangHwa Song***†

*Incheon National University

**CJ Logistics

***Incheon National University

Logistics competitiveness is becoming important in last-mile of supply chain where goods are delivered to final consumers. However, it is expensive to design and manage infrastructures for last mile services. We have performed a network optimization for urban logistics to cope with last mile delivery, which is expected to continually grow and change. Simulation analysis has been done based on actual cases and data for a same-day delivery service in Seoul. We have developed an optimal network model for the last-mile delivery service. The study was based on a model in which items was delivered from UCC (Urban Consolidation Center) outside the city center and shipped from LMDC (Last Mile Delivery Center). The changes of factors such as delivery cost and operation cost of LMDC were analyzed with sensitivity analysis and the optimum number of LMDC for Seoul were determined from the total cost perspective.

Keyword : Last-Mile delivery network, Optimization, Simulation

† **Corresponding Author** : Graduate School of Logistics, Incheon National University, 119 Academy-ro, Incheon, South Korea,
E-mail: songsh@inu.ac.kr

Received: 12 May 2020, **Accepted**: 27 May 2020

1. 서론

한국의 이커머스 시장은 매우 빠른 속도로 성장하고 있으며, 유통시장의 소매판매금액에서 온라인이 차지하는 비중은 2013년 12.8%에서 2019년 21.4%로 증가하였다(통계청, 2020). 특히, 모바일에 기반한 신속한 배송 기반 이커머스 산업의 성장이 매우 빠른 상황이다.

과거의 공급망 체계는 공급자 입장에서 더 효율적이면서 비용 절감이 가능한 방법으로 소비자들에게 상품을 제조, 판매, 전달해 왔다. 하지만 이커머스의 성장과 함께 가격 및 품질 경쟁력이 평준화되면서 라스트마일 서비스가 강화되고 있으며, 기업 경쟁이 확장되고 있다.

전통적 물류서비스의 범위는 매장까지의 배송을 담당하는 B2B 영역이었으나, 이커머스 활성화로 인해 소비자에게 직접 배송하는 B2C 영역이 빠르게 증가했고 라스트마일 배송의 대표 서비스인 택배는 이커머스의 성장과 함께 폭발적인 성장을 이어가고 있다. 스스로의 시장 확장에 한계가 있는 물류산업에 반가운 일이지만, 동시에 어려운 문제를 해결한다. 이커머스 특성상 고객은 다양한 품목을 소규모의 작은 빈도로 구매하게 되는데, 이러한 소비자의 구매패턴 변화에 맞춰 빠르게 공급하는 것이 중요한 물류의 기능이 되었다. 이에 따라, 오더 풀필먼트(Order Fulfillment, 고객의 주문을 만족시키기 위한 프로세스)와 라스트마일 배송 등의 말단 물류 기능이 중요해지고 있다.

다양한 서비스 요구에 효율적으로 대응하기 위해 도심의 물류 네트워크에 대한 연구가 반드시 필요하지만, 지금까지 이와 관련한 연구가 부족했다.

본 논문에서는 최근 요구되는 핵심 경쟁력 요소 중 하나인 도심 라스트마일 배송을 효율적으로 수행하기 위한 물류거점의 네트워크 최적화 모델을 연구하였다. 연구의 목적은 세 가지로 정의하였다. 첫 번째, 서울시 환경에 적합한 라스트마일 배송 서비스 레벨을 최적화 시뮬레이션, 민감도 분석 등의 과학적 방법을 통해 평가 해 본다. 두 번째, 제한적 영역에서 수행되었던 이론적 연구를 넘어 실제 비즈니스

환경의 데이터, 프로세스, 제약요인을 반영하여 거점의 수, 위치 등 최적의 도심 네트워크를 모델링 한다. 마지막으로, 시뮬레이션 결과를 기반으로 도심 물류환경 구축을 위해 정부와 지자체, 기업 등 관련 기관의 역할에 대한 방향성을 제시하였다.

2. 선행연구 검토

2.1. 라스트마일 네트워크 관련 선행연구

선행연구는 주제 및 영역에 따라 네트워크 관점에서 거점(Node), 운송수단(Mode), 운영방안(Process) 영역의 세 가지로 분류하여 기존의 연구 문헌을 검토하였다. 기존의 연구는 운송수단과 관련한 내용이 가장 많았는데, 도심 내 환경오염의 주요 원인인 화물자동차를 친환경 운송수단으로 전환하기 위한 연구가 대부분이었다. 도심형 소규모 집배송센터, 노상 주차공간 등 거점의 설치 및 운영에 관한 연구와 물류 공동화와 같은 운영방안에 대한 연구들을 일부 확인 할 수 있었다.

Duin(2010), Browne(2011), Conway(2011), Leonardi(2011)는 도시 내부와 외부의 화물운송 흐름을 분리하고 Urban Consolidation Center(UCC) 입지와 운영방안을 제시하여 그에 따른 기대효과를 산출하였다.

FGM-AMOR(2014), 뉴욕교통부(2014)는 화물자전거를 활용한 화물운송 비용 및 교통정체 변화, 이산화탄소 저감효과 등 주요 사례를 바탕으로 한 개선점에 대해 검토하였다.

권혁구 외(2015)의 연구에 따르면 우리나라의 물류시설 관련 정책은 항만, 공항, 내륙물류기지, 물류단지 등 거점 중심으로 추진되어 왔으며 외국의 정책 사례를 많이 참고하고 있다. 그러나 유럽, 일본 등 국가에서 도시별 특수성을 반영하여 연구된 사례를 국내에 적용하는데 현실적인 한계가 있다. 따라서 실제 비즈니스 환경의 데이터 및 운영모델을 기반으로 우리나라의 환경에 맞는 연구가 필요한 상황이다.

2.2. 본 연구의 차별성

라스트마일 배송의 대표적 형태는 Hub & Spoke 네트워크 기반의 택배서비스이다. 최근 보편적 배송 서비스에서 벗어나 차별적 경쟁력 확보를 위해 기업이 독자적으로 라스트마일 서비스를 제공하는 사례가 늘어나고 있다. 대형마트의 온라인 전용 물류센터가 그 중 하나이며, 수도권 외곽에 풀필먼트 센터를 구축하고 직접 소비자에게 라스트마일 배송 서비스를 제공하고 있다. 그러나 이 모델은 센터에서 직접 배송을 수행하기 때문에 서비스 제공 지역의 범위가 제한적일 수밖에 없다.

이에 비해, 본 연구의 사례 기업인 A社の 경우는 서울시 전체를 대상으로 동일한 라스트마일 배송이 가능한 네트워크를 구축하고 있어, 연구하고자 하는 네트워크와 가장 유사한 형태를 가지고 있다.

따라서 A社 네트워크를 기반으로 현실제약요인을 설정하고 실제 운영 데이터를 활용한 시뮬레이션은 라스트마일 배송 네트워크를 최적화하기 위한 실증적인 연구 결과를 도출하는 데 중요한 요인이라 하

겠다. 사례 기반의 본 연구 결과가 도심의 물류 네트워크를 설계하는데 중요한 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

3. 라스트마일 거점 최적화 방법

3.1. 네트워크 최적화 방법론

네트워크 최적화 모델링은 Mathematical Modeling과 Simulation Modeling, 두 가지의 방법이 있는데, 일반적으로 최적 모델은 Mathematical Modeling을 통해 도출될 수 있으나, 실제 비즈니스에서는 수많은 요인들을 수리모형으로 표현하는 데 한계가 있기 때문에 현실적 제약조건들을 반영하여 의사결정 할 수 있는 Simulation Modeling이 주로 활용되고 있다. 본 연구 또한 실제 비즈니스의 데이터와 프로세스를 활용하여 실증적 결과 도출을 목적으로 하고 있으므로 Simulation Modeling을 활용하였다.

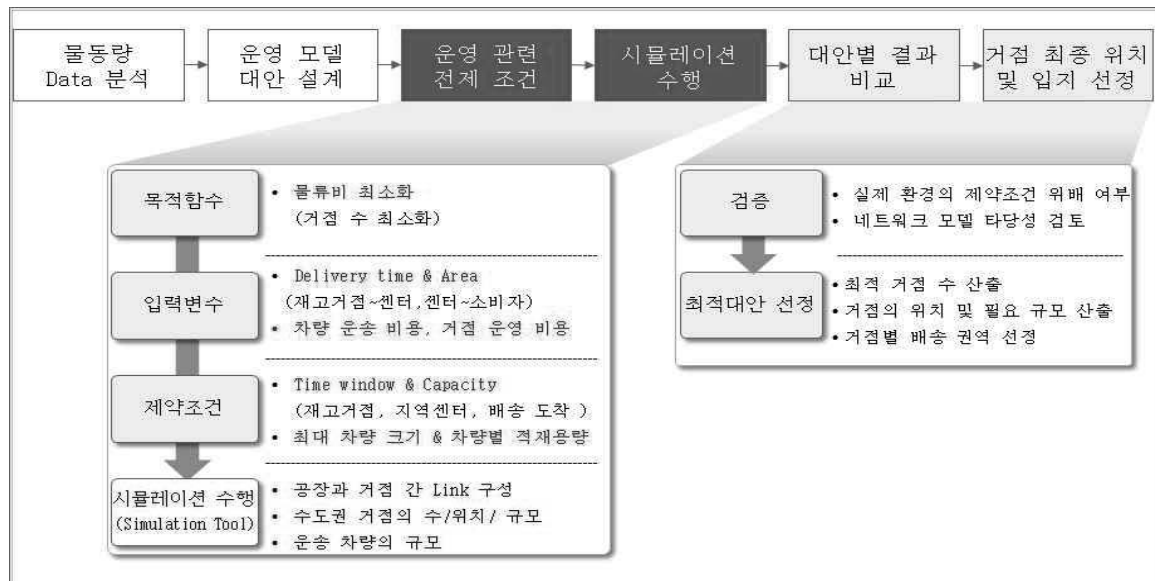


Fig. 1. 최적화 시뮬레이션 진행 절차

3.2. 최적화 시뮬레이션 절차

본 연구에서의 최적화 시뮬레이션은 <Fig. 1> 같이 6단계 프로세스로 진행하였다. 목적함수는 서비스 조건 및 제약조건들을 준수하는 범위 내에서 물류비용 최소화로 정의하였으며, 주요 제약조건은 각 거점의 운영 시간(Business hour), 고객 배송 시간(Time window), 차량 적재 용량 등이 설정되었다.

3.3. 연구 범위 및 방법

서울시 전체를 라스트마일 배송의 대상지역으로 할 때, 필요한 거점의 수 및 위치를 산정하기 위한 연구를 수행하였다.

우선 A社の 비즈니스 환경을 분석하여 시뮬레이션을 위한 기초 Parameter 값을 산출하였다. 이후 서비스 리드타임 변화에 따른 거점 수 변화, 거점 위치 변경에 따른 비용 변화 등 민감도 분석을 통해 서울시를 기준으로 라스트마일 배송을 위한 최적 거점의 수 및 위치를 산정하였다.

4. 시뮬레이션 기법에 의한 사례 분석

4.1. A社 네트워크 현황 분석

A社の 서울시 네트워크는 <Fig. 2>와 같이 1개의 재고거점과 29개의 분류센터로 구성되어 있다. 재고거점은 24시부터 Point to Point 방법을 통해 29개 분류센터로 순차적 운송을 수행하고, 상품을 공급받은 각 분류센터는 크로스도킹 방식으로 최종 소비자의 지역별 분류작업을 수행한다. 분류된 상품은 해당 지역센터의 배송 차량에 적재되어 각 소비자에게 Milk-Run 방식으로 배송을 수행한다. 이 때 배송은 07시 내에 완료해야 하는 제약(Time Window)이 있다.

현재의 네트워크 구조에서는 재고거점의 출고 Capacity 대비 거점이 많기 때문에 지역 분류센터로의 운송 차량이 대기하는 문제가 발생하게 되는데, 이는 곧 전체의 비효율을 초래하는 원인으로써 최적화 시뮬레이션 시 고려해야 할 요소이다.

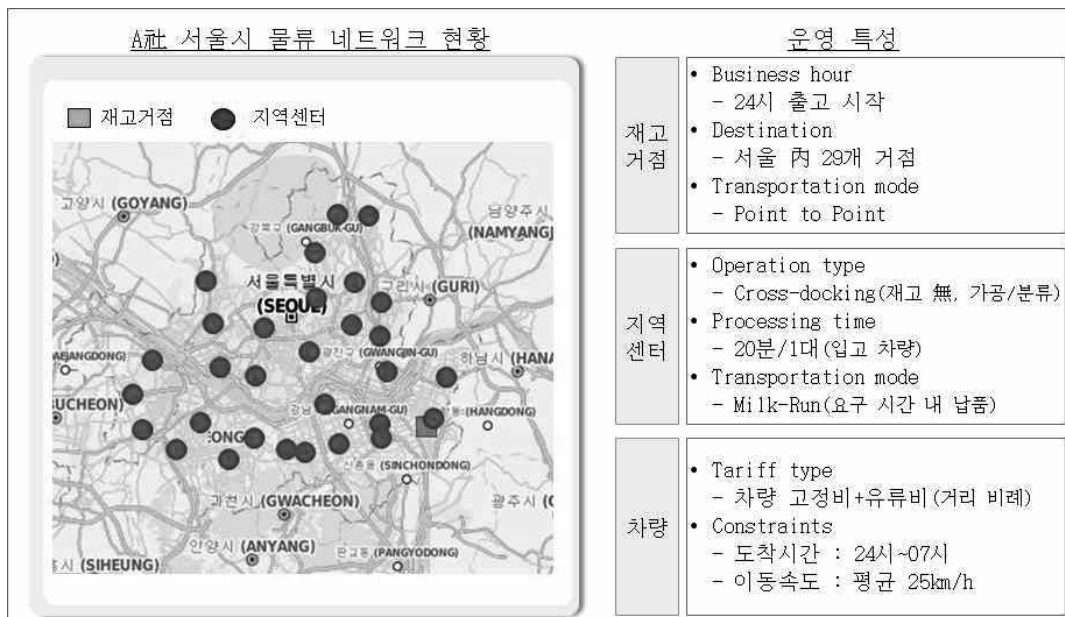


Fig. 2. A社 물류 네트워크 현황과 특성

4.2. 물동량 데이터 분석

물동량의 분포에 따라 네트워크의 구성 및 특성이 달라질 수 있기 때문에, 사례기업의 지역별 물동량 분포와 연구하고자 하는 모델과의 일치성이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 A社의 지역별 물동량과 B2C를 대변하는 택배사(C社 기준)의 물동량을 서울시 25개 행정구별로 비율을 일치시켰다.

4.3. Parameter 및 시나리오 정의

시뮬레이션 실행을 위해 설정한 주요 Parameter 및 제약조건은 UCC와 LMDC에서의 Processing 및

Loading/Unloading 소요시간과 차량의 이동속도, 착지당 납품 소요 시간 등의 요소를 정의하였다(Fig. 3 참고).

또한 시뮬레이션 시나리오의 거점 수 기준은 서울시 25개 행정구를 기준으로 최소 거점모델은 서울시 전체를 1개의 거점이 담당하는 형태, 최대 거점모델은 2개 구를 1개 거점이 담당하는 형태로 하여 거점 수 1개~13개의 시나리오를 정의하였다. 배송 서비스 수준은 3시간~12시간까지 3시간 단위의 4단계로 정의하였다. 따라서 민감도 분석을 위한 시뮬레이션은 거점 수 13단계와 서비스 수준 4단계를 반영하여 총 52개로 시나리오로 정리되었다.

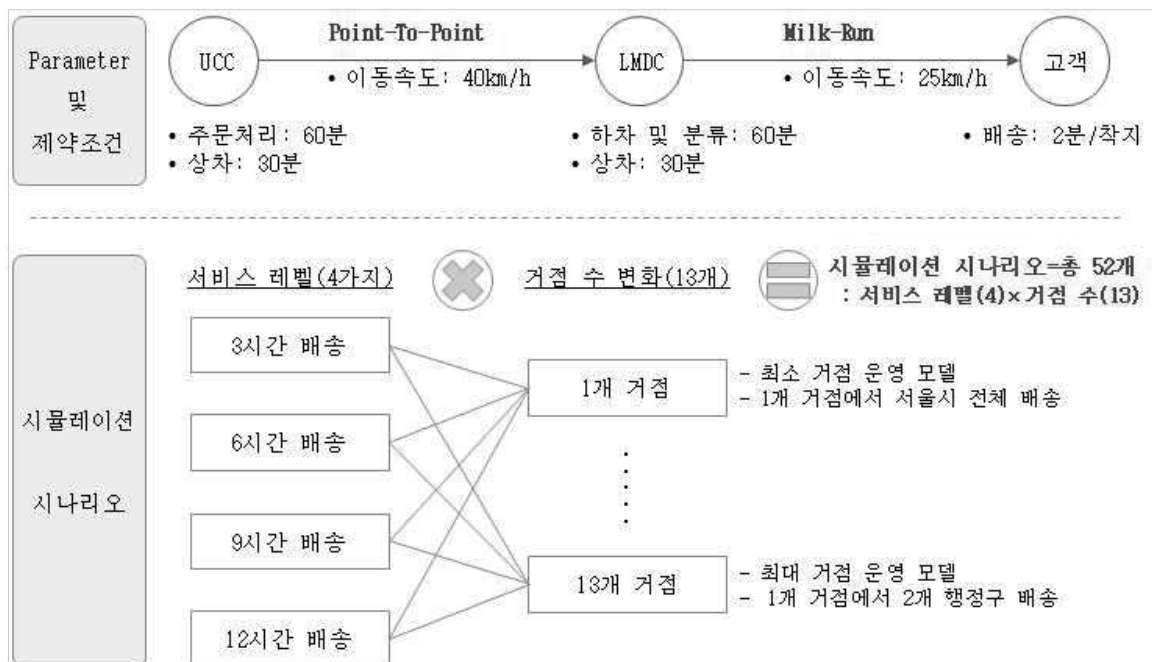


Fig. 3. 시뮬레이션 Parameter 및 시나리오 정의

4.4. 시뮬레이션 결과 분석

52개 시나리오 중 3시간 배송서비스 모델(13개)은 주문~배송 Lead time 제약조건을 만족시키지 못하는 것으로 분석되었다. UCC에서 LMDC까지 상품을 공급

하는데 2시간 이상 소요되어, 배송에 허용되는 시간은 1시간 미만으로 상품 분류, 배송, 이동시간 등을 고려할 때 서울시 전체를 1시간 내에 배송하는 것은 어렵다고 볼 수 있다.

네트워크 모델에 따른 전체 이동거리의 변화는

〈Fig. 4〉에서 거점 수가 증가하면서 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 일반적으로 거점의 수가 증가하면 거점 운영비는 증가하는 반면, 마지막 배송지까지의 거리가 감소하면서 배송비는 감소하게 된다. 시물레이션 결과를 보면 배송비의 감소 폭이 줄어드는 변

곡점이 거점 3개~5개 수준인 것을 확인 할 수 있다. 즉, 서울시의 라스트마일 거점 네트워크 구성은 배송비 측면에서 판단할 때 최소 3개에서 최대 5개 내의 거점을 선정하는 것이 최적화를 위한 의사결정이 될 수 있음을 의미한다.

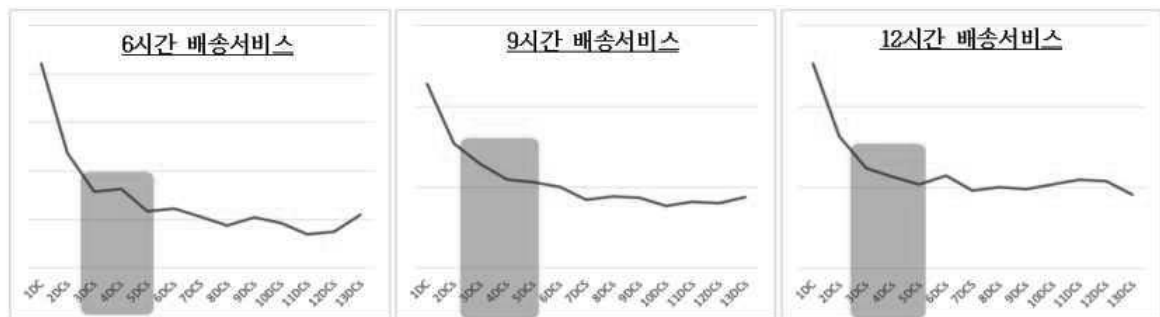


Fig. 4. 거점 수 증가에 따른 배송비 변화

4.5. 최적 네트워크 모델 선정

시물레이션 시나리오 중 서비스 수준이 높은 6시간 서비스 모델을 대상으로 배송비와 거점운영비를 합한 Total Cost 관점의 최적 거점 수 및 위치를 선정하였다.

〈Table 1〉을 보면 배송비는 거점 수에 따른 배송 특성(Route 수, 차량 수, 이동거리 등) 변화를 고려하여 고정비(차량 당 비용)와 변동비(이동거리 당 비용)으로 구분하여 산출하였다.

거점 운영비는 임대비와 인건비로 구분하여 산출하였다. 〈Table 2〉에 표현된 바와 같이 거점별 필요 면적 산출은 1톤 차량 평균 2회전을 고려하여 총 필요 차량 수의 50%를 동시접안 규모로 적용하였고, 접안 면적은 차량 당 20㎡를 적용하였다.

〈Table 3〉에는 거점별 필요 인원 산정을 위해 국내 종합물류기업인 C社の 하역(상·하차)생산성 및 분류생산성을 적용하였다.

〈Table 1〉의 배송비를 월 30일 가동 기준으로 적용하고, 〈Table 2〉의 면적 기준으로 임대비를 산정하고, 〈Table 3〉의 운영인력 기준으로 인건비를 계산하여 거점수가 1개~13개로 변화함에 따른 총 비용을

산출한 결과는 〈Table 4〉에 표시하였다. 서울시를 대상으로 라스트마일 배송 네트워크 최적화 시물레이션을 수행한 결과 LMDC의 거점 수가 3개일 때 전체 비용이 최소가 되고, 5개일 때 최소비용 대비 101%, 4개일 때 최소비용 대비 103% 순으로 평가되었다.

LMDC의 거점 수가 3개, 4개, 5개인 경우에서 각 거점의 최적 위치와 배송권역 선정 시물레이션을 수행한 결과는 〈Fig. 5〉에 표현하였다. 결과에서 보듯이 서울시를 기준으로 라스트마일 배송을 위한 거점은 한강 이남에 2~3개를, 한강 이북에는 1~2개를 운영하는 것이 최적의 모델인 것으로 분석되었다.

Table 1. 거점 수 변화에 따른 총 배송비 및 배송 특성 비교

거점 수	고정비 (원)	변동비 (원)	총 배송비 (원)	Route 수	차량 수 (대)	총 이동거리 (Km)
1DC	3,640,000	965,880	4,605,880	138	91	1,932
2DCs	2,920,000	761,990	3,681,990	131	73	1,524
3DCs	2,680,000	607,250	3,287,250	125	67	1,215
4DCs	2,720,000	593,755	3,313,755	142	68	1,188
5DCs	2,560,000	522,125	3,082,125	135	64	1,044
6DCs	2,640,000	469,815	3,109,815	128	66	940
7DCs	2,600,000	428,040	3,028,040	136	65	856
8DCs	2,520,000	418,690	2,938,690	131	63	837
9DCs	2,600,000	421,890	3,021,890	141	65	844
10DCs	2,560,000	406,745	2,966,745	139	64	813
11DCs	2,480,000	367,670	2,847,670	131	62	735
12DCs	2,520,000	352,555	2,872,555	134	63	705
13DCs	2,680,000	372,680	3,052,680	133	67	745

Table 2. 각 거점의 필요 면적 산출 결과

거점 수	총 차량 수(대)	회전 수 (회)	동시접안 차량 수 ¹⁾ (대)	접안 면적 ²⁾ (㎡)	작업 면적 ³⁾ (㎡)	개별 거점 면적(㎡)	총 필요 면적(㎡)
1DC	91	1.52	46	920	552	1,472	1,472
2DCs	37	1.79	19	380	152	532	1,064
3DCs	22	1.87	12	240	50	290	870
4DCs	17	2.09	9	180	50	230	920
5DCs	13	2.11	7	140	50	190	960
6DCs	11	1.94	6	120	50	170	1,020
7DCs	9	2.09	5	100	50	160	1,060
8DCs	8	2.08	4	80	50	130	1,040
9DCs	7	2.17	4	80	50	130	1,170
10DCs	6	2.17	4	80	50	130	1,300
11DCs	6	2.11	3	60	50	110	1,210
12DCs	5	2.13	3	60	50	110	1,320
13DCs	5	1.99	3	60	50	110	1,430

1) 동시접안 차량 수 = 총 차량수 ÷ 2 (평균 2회전 적용)

2) 접안 면적 = 동시접안 차량 수 × 20㎡

3) 작업 면적 = 동시 작업 물동량(Pallet) × 4㎡ (최소 규모는 50㎡ 적용)

Table 3. 각 거점의 필요 인력 산출 결과

거점 수	관리자 (명)	하역인력 ¹⁾ (명)	분류인력 ²⁾ (명)	거점별 인원 (명)	총 인원 (명)
1DC	1	8	42	51	51
2DCs	1	4	21	26	52
3DCs	1	3	14	18	54
4DCs	1	2	11	14	56
5DCs	1	2	8	11	55
6DCs	1	2	7	10	60
7DCs	1	2	6	9	63
8DCs	1	1	5	7	56
9DCs	1	1	5	7	63
10DCs	1	1	4	6	60
11DCs	1	1	4	6	66
12DCs	1	1	4	6	72
13DCs	1	1	3	5	65

1) 하역 인력 : 1,400박스/man.hr (C社 하역생산성-택배)

2) 분류 인력 : 250박스/man.hr (C社 분류생산성-3PL)

Table 4. 거점 수 변화에 따른 네트워크 운영 총 비용 변화

거점 수	배송비 (고정비)	배송비 (변동비)	거점 운영비 (임대비)	거점 운영비 (인건비)	비용 합계 (천원/ 月)	최저비용 비 율
1DC	109,200	28,976	89,212	103,000	330,388	126%
2DCs	87,600	22,859	64,484	106,000	280,944	107%
3DCs	80,400	18,217	52,727	111,000	262,344	100%
4DCs	81,600	17,812	55,757	116,000	271,170	103%
5DCs	76,800	15,663	57,575	115,000	265,039	101%
6DCs	79,200	14,094	61,818	126,000	281,112	107%
7DCs	78,000	12,841	63,636	133,000	287,477	110%
8DCs	75,600	12,560	63,030	120,000	271,191	103%
9DCs	78,000	12,656	70,909	135,000	296,565	113%
10DCs	76,800	12,202	78,787	130,000	297,790	114%
11DCs	74,400	11,030	73,333	143,000	301,763	115%
12DCs	75,600	10,576	80,000	156,000	322,176	123%
13DCs	80,400	11,180	86,666	143,000	321,247	122%

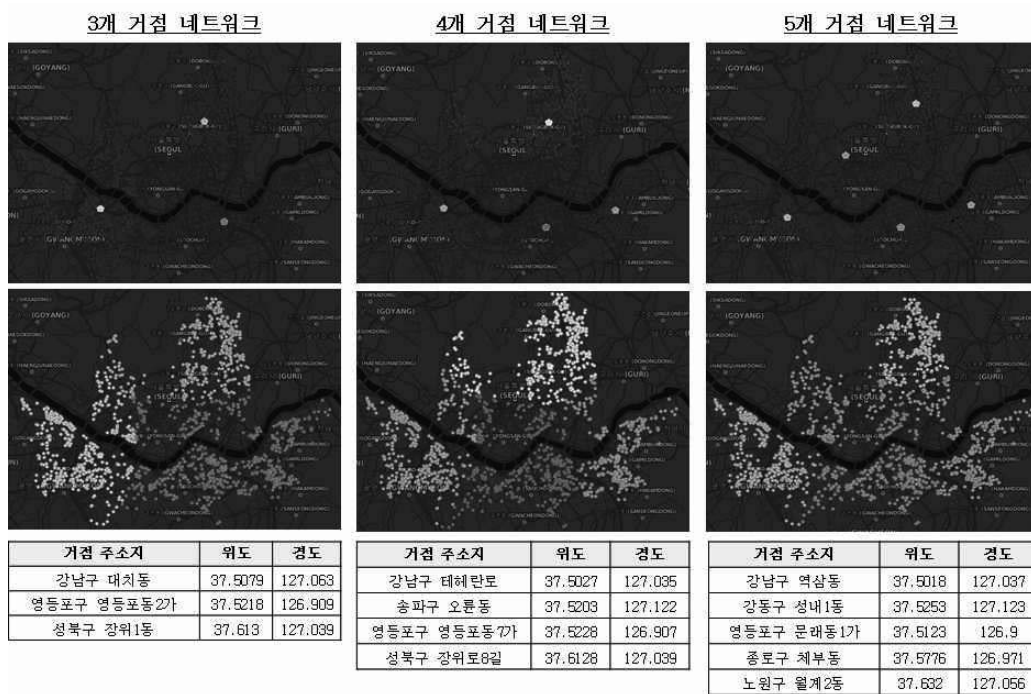


Fig. 5. 서울시 라스트마일 최적 거점의 수, 위치, 권역

5. 결론 및 시사점

라스트마일이 유통 및 물류산업의 화두로 떠오르면서 업체 간 경쟁이 치열하게 진행되고 있다. 각 기업이 고객에게 보다 좋은 서비스 제공을 위해 경쟁하는 것은 소비자에게 혜택을 늘리면서 충성도를 높이는 것은 곧 기업의 성장은 물론 산업 발전의 중요한 동력이 된다. 그러나 라스트마일 배송 경쟁이 과열되면서 비용 측면에서의 과도한 투자가 불가피하다. 서비스와 비용은 상충관계(Trade-off)의 전형적인 사례로써 라스트마일 배송 차별화를 위해서는 그에 상응하는 비용이 발생하는 것은 물론이고, 화물자동차 및 이륜차 등의 수요가 늘면서 도심 내 환경오염 또한 더욱 악화시킬 수 있다. 실제 국내의 경우 쿠팡의 로켓배송을 비롯하여 스마트배송(이베이), 윈더배송(위메프), 슈퍼배송(티몬), 신데렐라배송(CJ오쇼핑), 스마트픽(롯데), 라이브배송(GS샵), 드림배송(현대홈쇼핑) 등 다양한 라스트마일 서비스가 등장하면서 치열

한 경쟁 양상을 보이고 있다.

본 연구는 거점 운영비용과 배송 비용을 종합적으로 고려한 서울시 기준의 최적 LMDC의 수, 위치, 배송권역을 제시하였다. 서울시의 지역 특성 상 대규모의 물류인프라를 확보하기 어렵기 때문에, 외곽에 UCC를 위치시키고 도심에는 소규모 크로스도킹 거점을 운영하는 네트워크 모델을 설계하였다. 최적화 시뮬레이션을 수행하는 과정에서 실제 운영의 사례와 데이터를 활용함으로써 현실적으로 적용 가능한 연구 결과를 도출하였다.

최적의 거점 입지는 강남구(대치동), 영등포구(영등포동), 성북구(장위동)로 선정되었다. 입지에 대한 지역별 물류센터 구축의 적합도, 타당성 등 인프라 측면의 검토가 진행되지 못한 한계점이 있고, 도시에 물류거점을 위치시키는 것이 현실적으로 어려울 수 있지만, 배송차량별 분류 작업을 수행하는데 필요한 면적이 300m² 미만 정도로 도심 내 입지를 고려한 소규모 거점이라는 점에 집중 할 필요가 있다.

기업이 개별적으로 라스트마일 관련 인프라를 구

축하고 운영하면서 수도권 대기오염 문제가 심각해지고 있는 것은 자명한 사실이다. 도심에서의 친환경적인 라스트마일 서비스를 활성화하기 위해서는 중앙정부 차원에서 도심형 소규모 물류시설 확보를 위한 규제 완화 및 물류 공동화를 유도하는 정책이 필요하겠으며, 지방자치단체는 수요지와 인접 지역에 물류시설이 위치할 수 있도록 이해관계를 조율하여 기업의 적극적 투자를 도울 필요가 있다. 물류기업은 자동화, 친환경화 등과 관련한 투자를 기반으로 미래 지향적인 서비스를 구축하여 도심에서의 물류가 생활 밀착형 서비스로 정착할 수 있도록 패러다임 전환을 위한 노력을 해 나가야 할 것이다.

본 연구에서 결과에서 제시한 도심의 라스트마일 서비스를 위한 네트워크 모델(외곽 UCC + 도심 LMDC)과 기존 연구에서의 친환경 화물자동차 운영 모델을 잘 접목하여 서울시의 도심 물류정책에 반영하는 것이 필요하겠다.

REFERENCES

- [1] 고현정 (2017). 중국의 신선제품 B2C를 위한 라스트마일 배송에 관한 연구. 전자무역연구, 15(2), 51-71.
- [2] 권혁구, 정승주, 박한영 (2015). 물류시설 규제혁신을 위한 거점물류시설 정책 개편방안 연구. 한국교통연구원, 기본 RR-15-12.
- [3] 김영철, 성행기, 황대성, 김정현, 이해욱, 강경식 (2012). 시뮬레이션 분석을 통한 물류거점체계의 수배송 최적화 연구. 대한안정경영과학회지, 14(4), 177-184.
- [4] 김현정, 금기정 (1998). 물류비용 최소화를 위한 배송센터수 결정 및 규제에 따른 비용변화 실험 모형 개발. 대한교통학회지, 16(1).
- [5] 동휘 (2015). 전자상거래 환경 속에 중국 시읍단위의 물류관리 모델에 관한 연구. 한중경제문화연구, 4.
- [6] 류제현, 김충현 (2016). Last Mile을 향한 왕좌의 게임(Last Mile Winner). 미래에셋대우, 2016년 하반기 Outlook.
- [7] 송상화 (2013). SCM과 Decision Science: What's the next big thing?. 산업공학회지, 20(1), 19-24.
- [8] 송상화 (2015). 옴니채널 시대의 SCM 혁신. 산업공학회지, 22(2), 43-47.
- [9] 이민규 (2016). GIS를 이용한 단말물류 효율화 방안의 기대효과에 관한 연구: 택배업을 중심으로. 한국해양대학교 석사학위논문.
- [10] 이민규, 박진희 (2016). 도심형 집배송센터와 자전거를 활용한 단말물류효율화 방안의 기대효과에 관한 연구. 물류학회지, 26(3), 15-24.
- [11] 이인철, 이명호, 김내현 (2006). 기존 물류 네트워크 기반에서 크로스도킹 거점선정에 관한 연구. 산업공학회지, 19(1), 26-33.
- [12] 통계청 (2020). 온라인쇼핑 동향.
- [13] Browne, M., Allen, J., & Leonardi, J. (2011). Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London. *International Association of Traffic and Safety*

Science, 35.

- [14] Conway, A, Fatisson, P., Cheng, J., & Peters, D. (2011). Urban micro-consolidation and last mile delivery by freight-tricycle in Mahattan: Opportunities and challenges. Paper presented at the TRB 2012 Annual Meeting.
- [15] Duin, J., Quak, H, & Munuzuri, J. (2010). New challenges for urban consolidation centres: A case study in The Hague. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2.
- [16] FGM-AMOR (2014). *Cyclelogistics-moving Europe forward*. Graz.



김 태 현

승실대학교 산업공학과 학사
인천대학교 동북아물류대학원 석사
인천대학교 동북아물류대학원 박사
과정
현재: CJ대한통운 물류기술연구소
수석부장
관심분야: SCM, 도심물류, 풀필먼트



윤 승 진

한양대학교 교통시스템공학 학사
현재: CJ대한통운 물류기술연구소
책임연구원
관심분야: SCM, 도심물류



송 상 화

KAIST 산업공학과 학사·석사·박사
현재: 인천대학교 동북아물류대학원
교수
관심분야: SCM, 물류, 디지털 전환