



물류센터와 Digital Transformation

김민수 LG CNS Entrue Consulting, Consulting Manager

1. 서론

1.1 물류센터 Digital Transformation의 이상과 현실

매년 이맘 때가 되면, 저는 서점에 들러 김난도 교수님의 『트렌드 코리아』를 구매합니다. 대한민국의 트렌드를 결산하고, 차년도에 대한 전망을 생각해 볼 수 있기 때문입니다. 비록 제가 속한 영역보다 훨씬 거시적인 트렌드이지만, 고객에게 어떤 인사이트를 줄 수 있는가에 대해 고민을 할 때에는 큰 도움이 되고 있습니다.

올해에도 『트렌드 코리아』를 읽으면서, 내가 속한 물류 분야의 트렌드는 무엇일까 생각해 보았습니다. 많은 의견이 있을 수 있겠으나, 제가 생각하기에 물류에서 가장 중요한 화두는 자동화·무인화·지능화에 기반한 Digital Transformation(DX)라고 생각합니다.

이 지점에서, 많은 분들은 의아해하실 수 있습니다. 언론이나 논문에서 보여지는 물류창고는 이미 충분히 자동화 되어있으니까요. Amazon의 KIVA, Boston Dynamics의 Stretch 등 수많은 로봇들이 각종 매체를 통해서 홍보되고 있고, 물류창고의 자동화는 이미 당연한 것처럼 여겨지고 있습니다.

하지만 현실은 다릅니다. ‘물류’는 아직까지도 노동 집약적인 산업이고, 열 손가락 안에 꼽을 수 있는 몇몇 선도 물류센터를 제외한다면 쿠팡이나 아마존의 물류센터조차도 인력에 의존하여 고객의 주문을 처리하고 있습니다. 매일매일 수많은 일용직 노동자들이 버스를 타고 수도권 어딘가에 있는 물류센터로 출근해서, 목장갑을 낀 손으로 박스 상하차, 분류, 보관, 피킹, 패킹 등의 업무를 수행하고 있는 상황입니다.

이렇듯 물류센터의 디지털 전환은 아직 첫 발만을 내딛



그림 1. Amazon KIVA(좌), Boston Dynamics Stretch(우)

있을 뿐, 아직까지도 물류센터 DX가 필요한 영역은 수도 없이 많습니다. 특히 COVID-19로 인한 시장의 변화는 물류센터의 DX를 가속화하고 있습니다. 비대면 소비수요는 급증한 반면, 노동자들의 수는 감소하고, 인건비는 상승했습니다.

물류 자동화 시장은 연간 15%씩 성장할 것으로 추정(Logistics iQ, 2022)되고 있는데, 이는 전 세계 경제 성장률인 3% 수준과 비교했을 때 매우 주목할 만한 수치입니다. 이제 유통 물류 업계에서는 디지털 전환이 선택이 아닌 필수적인 요소로 간주되고 있습니다.

1.2 물류자동화를 선도하는 LG CNS

그렇다면 물류센터의 DX는 누가 가장 잘하고 있을까요? 국내에서 물류자동화를 단연 선도하고 있는 회사는 LG CNS입니다. 약 8000억원에 달하는 국내 물류자동화 시장('22년도 기준)에서 30% 내외의 점유율을 차지하며

독보적인 1위를 유지하고 있습니다. 물류센터 구축 사례도 다양합니다. 유통물류 영역에서는 쿠팡, SSG, 컬리, 롯데 등 국내 주요 이커머스 업체의 자동화 물류센터를 구축했으며, CJ 대한통운, 말레이시아 PosLaju 등 국내외 택배업체의 물류자동화 설비 또한 구축하였습니다. 최근에는 의약, 화장품, 의류, 도서 등 버티컬 물류에 대해서도 영역을 확장하고 있습니다.

특히 LG CNS는 신규 물류센터의 설계 및 구축 비용이 높다는 현장의 Pain Point에 대응하기 위해 RaaS(Robot as a Service)를 출시하였습니다. RaaS는 단순히 로봇을 판매하는 것이 아닌, 로봇과 소프트웨어의 도입/설치/운영 컨설팅, 로봇 SI, 실시간 유지보수 및 관리 등 로봇과 관련한 토탈 솔루션을 구축 등의 형태로 제공하는 서비스입니다. 이를 통해 수요와 공급의 변동에 따라 로봇과 소프트웨어를 필요한 만큼 변경시켜 나가며 활용할 수 있습니다.



그림 2. LG CNS 자동화 센터 Concept Art

기존의 물류센터는 규모의 경제를 기반으로 운영되었습니다. 큰 비용을 투자하면 할수록 효율적인 고정형 설비를 설치할 수 있었습니다. 하지만 경기 변동에 유연하게 대응하지 못하는 단점이 있었고, 특히 중소기업들의 경우에는 높은 초기 투자비용으로 인해 진입이 어려웠습니다. 하지만 RaaS를 활용하면 큰 비용을 투자하지 않고도 시장 변화에 유연하게 대응이 가능하며, 구독료를 내면서 원하는 만큼 최신 로봇과 소프트웨어를 선택하여 사용할 수 있습니다. LG CNS는 이러한 물류자동화 시장의 플랫폼화를 통해 시장을 확대하고, 지속가능한 성장모형을 확보하여 국내 물류센터의 DX를 리딩하고 있습니다.

2. 물류센터 DX와 산업공학

지금까지 물류센터 DX 필요성에 대해 간단하게 살펴보았습니다. 그렇다면 IE지식은 물류센터에서 어떻게 활용될 수 있을까요? 사실 물류센터 DX에 산업공학이 쓰일 수 있는 분야는 무궁무진합니다. 아직 자동화 수준이 미흡하고, 많은 업무가 현장 작업자들의 경험과 직관에 의존하여 이루어지고 있기 때문입니다. 특히 유통물류는 소비자의 수요 변동이 심하고(성수기/비수기 수요 10배 이상), 다루는 물품 수가 많으며(수 십만 품목 이상), 배송 대응시간이 빨라야 한다(당일배송, 새벽배송 등)는 특징이 있습니다. 또한 입지와 환경에 따라 물류창고 별 특성과 설치된 설비가 달라 대부분의 알고리즘이 해당 물류센터만을 위한 Rule Based로 개발되어 있는 경우가 많은 상황입니다. 이와 같은 상황속에서도 산업공학에 기반하여 발전하고 있는 DX 사례에 대해 소개하겠습니다.

2.1. 총량피킹 최적화

유통물류에서 고객들의 주문은 실시간으로 발생합니다. 이러한 주문에 가장 빨리 대응하는 방법은 무엇일까

요? 가장 먼저 생각할 수 있는 방법은 마치 장을 보듯 주문 접수 즉시 바구니를 들고 해당하는 상품들을 피킹해서 포장하고 배송하는 것입니다. 이러한 방법을 주문 별 피킹한다고 해서 오더피킹이라고 합니다. 오더피킹은 '건 별 대응 속도'는 매우 빠르지만 주문이 많아질수록 처리하기 위한 인력이 많이 소비됩니다. 그래서 편의점 픽업이나 MFC(Micro Fulfillment Center, B마트/올리브영 등에서 활용하는 도심 속 초소형 물류센터)같이 주문이 적고 빠른 대응이 필요할 때 주로 사용됩니다.

하지만 주문이 몰릴듯이 몰려오는 물류센터의 경우에는 어떨까요? 똑같은 상품에 대해 수 천 건의 주문이 들어오고 매번 피킹을 하는 것은 비효율일 것입니다. 그렇기 때문에 주문을 묶어서 대응하게 됩니다. 예를 들어, (A제품 1개, B제품 1개) 주문이 5건 들어오면 주문 5건을 묶어서 2번 피킹(A제품 5개/B제품 5개 각 1회 피킹)을 하고 나중 에 다시 분배하여 포장하는 방식입니다. 기존에 10번 피킹할 것을 2번만에 피킹 할 수 있는 장점이 있습니다. 다만 주문에 즉시 대응할 수 없고, 포장을 위해 다시 분배해야 하는 단점도 있습니다. 이렇게 묶어서 피킹을 하는 방식을 총량피킹 이라고 합니다.

총량피킹을 하기 위해서는 어떻게 주문을 묶을지가 매우 중요합니다. 아래 <그림 3>을 통해 간단한 예시를 들어 보겠습니다.

Order 1~4가 들어왔고 한 번에 담을 수 있는 바구니의 최대 용량은 8입니다. 먼저 만약 오더피킹을 하게 되면 각 주문 별로 피킹을 하게 되므로 총 4개의 바구니를 이용하여 8번 피킹하게 됩니다. 하지만 주문을 묶는다면 묶는 방법에 따라 Case 1/Case 2/Case 3으로 나눌 수 있고, 각각의 경우에 대해 피킹 횟수는 5/6/7회, 사용하는 바구니 수는 2/2/3개로 서로 다릅니다. 이처럼 피킹을 할 때 주문을 묶는 방식에 따라 피킹 횟수와 필요 바구니 수를 줄일 수 있으며, 피킹 최소화과 사용 바구니 수 최소화를 이루기 위한 최적화 모형 개발을 통해 물류센터의 효율을 높일 수 있습니다.

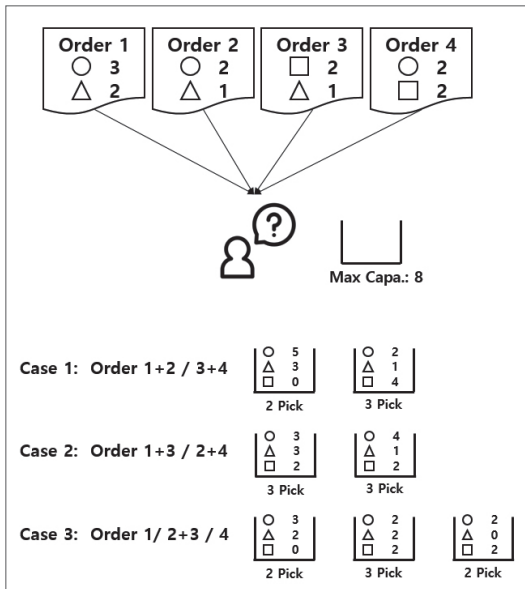


그림 3. 총량피킹 예시

또한 피킹된 바구니를 다시 각 주문 별로 배분할 때도 중요합니다. 각 바구니에 담긴 물품을 분배하여 포장하기 위해서는 주문을 어떤 작업자에게 할당할지 정해야 하기 때문입니다. 이는 일반적으로 알려진 Optimal job scheduling 문제로 치환해서 해결할 수 있습니다. 하지만 실제 문제를 치환하면 대부분 NP-Hard이기에 실무에서는 휴리스틱 기법 또는 머신러닝 기법이 주로 활용되고 있습니다.

2.2. AGV/AMR의 경로 최적화

물류센터에서 피킹을 할 때, 그리고 피킹한 물건을 포장하기 위해 보낼 때도 IE 기법이 활용됩니다. 특히 로봇을 사용할 때 경로 최적화 문제에 맞닥뜨리게 됩니다.

현재 물류센터에서 가장 많이 쓰이고 있는 로봇은 AGV/AMR입니다. AGV는 Automated Guided Vehicle, AMR은 Autonomous Mobile Robot의 약자로서, 실무적으로는 QR코드나 마그네틱 등 Guided 여부에 따라 분류합니다. (이론적으로 overlap되는 부분도 있고, 마케팅적으로 AGV를 AMR로 일컫는 경우도 있으나, 일반적으로



그림 4. Amazon의 AGV KIVA 사용 예



그림 5. LG전자의 서빙로봇 CLOi

고정적인 경로가 정해질 경우는 AGV, 자율주행이 가능한 경우는 AMR로 생각하면 크게 틀리지 않습니다)

현재 AGV는 물품을 보관하다가, 수요가 발생하면 피커(주문에 따라 물품을 피킹하는 작업자)에게 가져가주는 용도로 주로 활용되고 있습니다. 이러한 방식을 GTP(Good To Person)라고 하는데, 다양한 종류의 물품을 숨겨진 넓

은 공간에 보관할 수 있고, 사람이 물건을 찾아다닐 필요 없이 눈앞에 도달한 선반(혹은 Bin)에서만 꺼내면 되기에 시간을 줄일 수 있습니다. 예를 들어 아래 <그림 4>의 경우 KIVA가 선반을 지고 피커 앞에 가져오면 피커는 정해진 물품을 피킹하여 오른쪽에 있는 바구니에 집어넣게 됩니다. 이 때 KIVA는 정해진 구역 안에서만 QR코드를 읽어 이동할 수 있습니다. 대부분의 경우 AGV의 이동구역과 사람의 이동구역은 엄격하게 분리되기 때문입니다.

AMR의 경우 AGV 보다는 훨씬 자유도가 높습니다. SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)에 기반하여 자율주행 하기 때문에 정해진 경로를 이동하지 않아도 되며, 센서를 통해 사람이나 장애물에 대한 회피 기동이 가능합니다. 당연히 사람이 오가는 공간에도 활용이 가능하다는 장점이 있습니다. 이 때문에 물품의 유연한 이동이 가능하여 주로 피킹된 물품을 포장장 등 다른 목적지로 이동하는 N to N에서의 이동에 활용됩니다. <그림 5>와 같이 여러분들이 가끔 식당에서 보는 서빙로봇도 AMR의 한 종류라고 볼 수 있겠습니다.

상술하였듯 AGV/AMR은 물건을 적재하고 이동시켜주는 로봇입니다. 이로 인해 자연스럽게 로봇의 이동 경로에 대한 최적화 문제가 발생합니다. 특히 한 대의 로봇이 아닌, 수십대의 로봇이 동시에 이동하기 때문에 전역최적화를 이루기 위해서는 매우 많은 계산량이 수반됨을 쉽게 추론할 수 있습니다. 또한 AMR의 경우는 이동할 수 있는 경로가 특별히 정해지지 않았기 때문에, 새로운 경로에 대한 계산이 실시간으로 필요합니다. 특히 현실세계에서는 제품의 손상, 작업자의 능력 변화, 로봇의 고장 등 다양한 돌발상황이 발생하고, 센서 인식률, 배터리 충전, 재고 관리/보충, 심지어는 알고리즘 구동시간까지 고려해야할 상황이 산적해있습니다. 이러한 상황을 반영하여 강건하고 효과적으로 로봇을 운용할 수 있는 알고리즘을 개발하는 것이 로봇 제조사 혹은 로봇 운영 플랫폼 개발사의 핵심역량으로 작용하고 있습니다.

3. 결론

이처럼 물류센터에는 IE지식을 활용할 수 있는 다양한 분야가 존재합니다. 지면의 제한으로 인해 다 설명하지는 못했지만, 전통적인 재고관리기법에서부터 AI/머신러닝을 이용한 예측, 심지어는 작업자의 UI/UX까지 IE의 전 영역이 물류센터에서 쓰이고 있습니다.

저는 산업공학 연구자이자 컨설턴트로서 물류센터 DX, 더 나아가서 '물류'는 신속히 문제를 파악해서 구체적인 해법을 도출하고, 이를 즉각적으로 반영하여 그 성취를 볼 수 있는 매력적인 분야라고 생각합니다. 많은 연구자들이 동참하여 실제 문제를 함께 연구하고 개척해 나가길 기대합니다.

참고문헌

- [1] Logistics iQ(2022), Warehouse Automation Market – Forecast to 2027, Saint Louis, MO, U.S.A.

저자약력

김민수

경력

- 2022.03 ~ 현재
LG CNS Entru
Consulting Consulting Manager
- 2017.06 ~ 2021.05
육군사관학교 시스템공학과 강사, 조교수
- 2014.09 ~ 2022.02
서울대학교 산업공학과 박사
- 2010.03 ~ 2014.08
서울대학교 산업공학과 학사



관심분야

- 물류, SCM, 무기체계, 최적화