

# 23 GNN 기반 노드 비용 할당 시스템 및 그 방법

연구자 정보: 제조AI연구센터 태현철 수석연구원 기술이전문의 | tlo@kitech.re.kr

**기술 구분**

**기술 분류**

기계/소재    **전기/전자**    섬유/화학    바이오/의료

**기술 단계 구분**

기초원천기술    **상용화·제품화 기술**

**기술 개요**

본 기술은 GNN(Graph Neural Network)을 기반으로 하여, 복수의 고객 또는 배송지 간 관계와 특성을 반영함으로써 노드 단위의 물류 비용을 자동 산정하는 인공지능 기반 시스템

기존의 Nucleolus 기반 수리적 최적화 기법이 가지는 계산 복잡도 및 대규모 문제 처리 한계를 극복하고, 다양한 현장 데이터에 대한 신속하고 합리적인 비용 분배 가능

노드 간 거리, 배송량(또는 탑승 인원), 방문 허용 시간, 공간 밀도(인근 고객 수) 등 다차원적 요인을 입력 피처로 정량화하고, GNN의 메시지 전달 구조를 통해 노드 간 영향을 학습함으로써 예측의 정밀도와 신뢰도를 확보

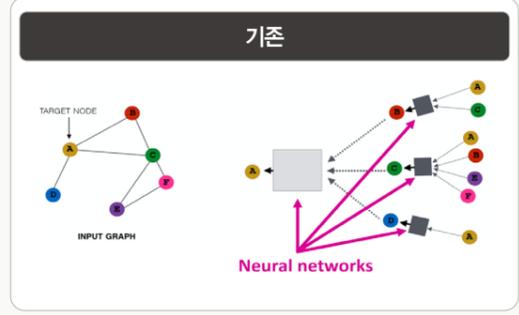
본 기술은 음식 배달, 카셰어링, 택배 물류 등 다수 노드를 기반으로 하는 서비스 전반에 적용 가능하며, 신규 요청에 대해 실시간으로 비용을 추론할 수 있는 확장성과 운용 효율성을 갖춘 지능형 비용 분배 프레임워크

**주요도면/사진**

**기존**

$$\begin{aligned} \text{Min } & Z = \alpha_1(f_{i,i+1} - f_{i,i+2}) + \alpha_2(f_{i,i+2} - f_{i,i+3}) + \alpha_3(f_{i,i+3} - f_{i,i+4}) & (58) \\ & x_{ij} = 1 \quad \forall (i,j) \in E & (59) \\ & x_{ij} + x_{ji} \leq 1 \quad \forall (i,j) \in V^2, i \neq j & (60) \\ & x_{ij} + x_{jk} + x_{ki} - 1 \leq \sum_{l \in V} x_{il} \quad \forall (i,j,k) \in V^3, i \neq j, i \neq k & (61) \\ & f_{i,j} \leq f_{j,i} - x_{ij}(d_{ij} + M) + M \quad \forall (i,j) \in V^2, i \neq j & (62) \\ & f_{i,j} \leq f_{j,i} - x_{ij}(d_{ij} + M) + M \quad \forall (i,j) \in V^2, i \neq j & (63) \\ & f_{i,j} \leq f_{j,i} - x_{ij}(d_{ij} + M) + M \quad \forall (i,j) \in V^2, i \neq j & (64) \\ & \sum_{i \in V} c_{ij} x_{ij} = r_j \quad \forall i \in V, \forall i \in L, j \neq i & (65) \\ & \sum_{i \in V} c_{ij} x_{ij} = r_j \quad \forall i \in V, \forall i \in L, j \neq i & (66) \\ & f_{i,i+1} \geq f_{i,i} \quad \forall i \in V & (67) \\ & f_{i,i+1} \geq f_{i,i+2} \quad \forall i \in V & (68) \\ & f_{i,i+1} \geq f_{i,i+3} \quad \forall i \in V & (69) \\ & x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in V^2, i \neq j & (70) \\ & 0 \leq c_{ij} \leq \text{min}(c_{ij}, r_j) x_{ij} \quad \forall (i,j) \in V^2, \forall i \in L, i \neq j & (71) \\ & f_{i,i} = f_{i,i} = 0 & (72) \end{aligned}$$

→ 굉장히 복잡한 수식을 1시간 이상 풀어야만 각 고객의 정확한 물류 비용의 탐색이 가능



→ GNN을 기반으로 인공지능을 통해 1초 내에 합리적인 각 고객의 물류 비용을 탐색

**기술의 특징 및 장점**

기존 기술 한계	개발 기술 특성
기존의 수리적 최적화 기반 비용 분배 방식은 계산 복잡도가 높아 대규모 고객군에 대한 신속한 비용 산정이 어렵고 실시간 적용이 제한	본 기술은 GNN 기반의 학습 모델을 통해 거리, 시간, 배송량 등 다차원 정보를 반영하여 노드별 물류 비용을 빠르고 합리적으로 예측 가능

**기술 적용제품 및 활용 분야**

음식 배달 플랫폼, 공유형 모빌리티 서비스, 수요응답형 교통시스템(DRT) 등에서 고객 위치 및 조건에 따라 동적인 비용 산정 기능으로 적용 가능

**[기술적용 제품 및 활용분야]** 택배 및 라스트마일 물류 운영 시스템에서 배송 경로와 고객 밀집도에 따라 배송비를 자동 산정하는 인공지능 기반 정산 모듈로 활용 가능

**국·내외 시장 동향**

**[국내 시장 동향]**  
국내 음식 배달, 택배, 공유차량 등 온디맨드 기반 서비스 시장이 급성장하면서 실시간 요금 산정 및 경로 최적화를 위한 AI 기반 물류 기술 수요가 확대되고 또한, 물류 자동화 및 스마트 모빌리티 산업에 대한 정부의 R&D 지원이 지속되며, 실시간 데이터 기반 비용 최적화 기술이 라스트마일 배송, 생활물류 플랫폼 등에 적극 도입되는 중

**[해외 시장 동향]**  
글로벌 물류 및 배송 플랫폼 기업들은 GNN, Reinforcement Learning 등을 활용한 경로·비용 예측 기술을 고도화하고 있으며, AI 기반 네트워크 최적화 기술에 대한 투자도 증가하는 추세로, Amazon, Uber, FedEx 등은 고객 분포, 시간 제약, 수요 밀도를 반영한 동적 요금 체계를 연구·적용 중이며, GNN 기반 기술은 특히 복잡한 고객군 처리에 유리한 솔루션으로 주목

**기술 완성도**

해당되는 단계에 체크 표시

TRL 1    TRL 2    TRL 3    TRL 4    TRL 5    **TRL 6**    TRL 7    TRL 8    TRL 9

**TRL 6** 시스템/서비스시스템 모델 또는 시제품이 유사환경에서 시험 및 검증된 단계

**지식재산권 현황**

No.	특허명	출원일자	출원번호	등록번호
1	GNN 기반 노드 비용 할당 시스템 및 그 방법	2022. 12. 08.	10-2022-0170948	10-2767100