



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0088997
(43) 공개일자 2023년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/30 (2012.01) G01C 21/34 (2006.01)
G08G 1/01 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/30 (2015.01)
G01C 21/34 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0177297
(22) 출원일자 2021년12월13일
심사청구일자 2021년12월13일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
박수진
서울특별시 강동구 양재대로 1650, 104동 1501호 (명일동, 래미안 솔베뉴)
강승모
서울특별시 강남구 남부순환로363길 30, 101동 501호(도곡동, 도곡쌍용예가아파트)
우성중
서울특별시 성동구 사근동길 65, 101동 414호(사근동, 하이츠아파트)
(74) 대리인
특허법인 제나

전체 청구항 수 : 총 8 항

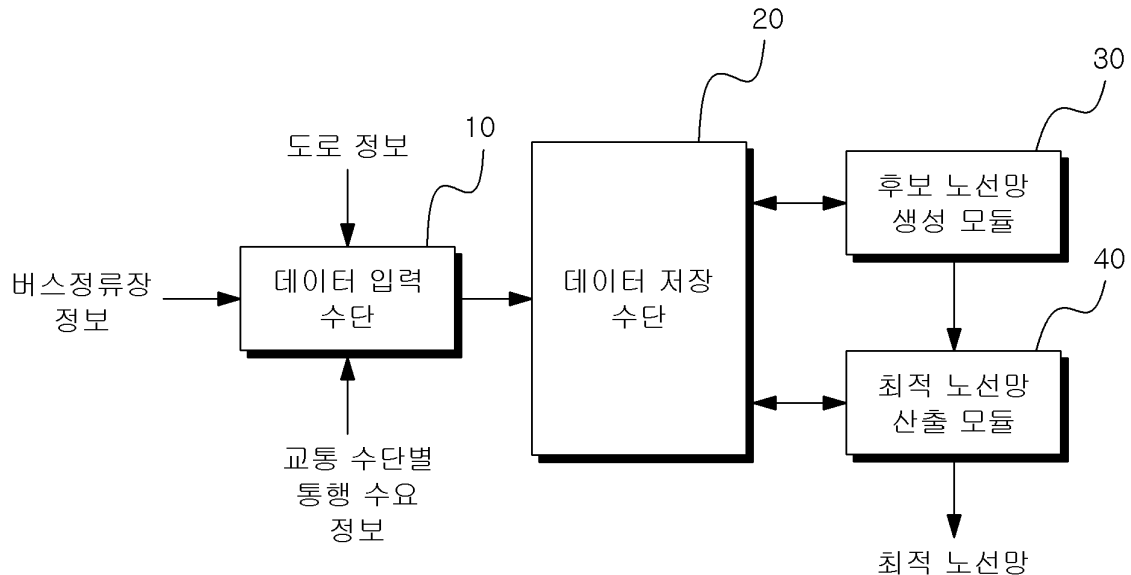
(54) 발명의 명칭 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통의 노선망 구축 방법

(57) 요약

본 발명은, 노선망 설계 대상 도시의 도로 정보, 기존 정류장 정보 및 통행 수요 정보를 이용하여 도로의 통행 시간을 산출하는 단계와; 산출된 도로의 통행 시간 및 기존 정류장 정보를 이용하여 기설정된 범위의 개수의 노선을 갖는 후보 노선망을 생성하는 단계와; 생성된 상기 후보 노선망을 구성하는 각 출발지 및 목적지에 대해 통

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



행시간 및 이용 비용을 고려한 교통 수단별 효용을 산출하여 각 교통 수단별 수요를 산출하는 단계와; 산출된 상기 교통 수단별 수요를 근거로 각 교통 수단별 통행 배정을 수행하는 단계와; 상기 각 교통 수단별 통행 배정을 수행한 결과를 근거로, 상기 후보 노선망이 운영자의 이익에 관한 제1 목적식, 이용자의 이익에 관한 제2목적식 및 공공의 이익에 관한 제3 목적식을 만족하는지 여부를 평가하는 단계; 및 상기 후보 노선망을 생성하는 단계부터 상기 제1 내지 제3 목적식에 대한 만족 여부를 평가하는 단계를 반복 수행하여, 상기 제1 내지 제3 목적식을 만족하는 하나 이상의 최적 노선망을 선택하는 단계;를 포함하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

G08G 1/01 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345330936
과제번호	2020R1A6A1A03045059
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	미래건설환경융합연구소(인간중심 스마트 SOS(Shelter of Sustainability) 인프라구축 및 최적화연구)

기 여 율	1/3
과제수행기관명	고려대학
연구기간	2020.06.01 ~ 2029.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345359198
과제번호	2021R1A6A3A01088634
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	도시환경 변화와 가변수요를 고려한 다목적 대중교통 노선망 설계 알고리즘 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2021.09.01 ~ 2023.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711132962
과제번호	2021R1A2C2004125
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	다양한 O2O 기반 공유 모빌리티 서비스 스타트업을 위한 토털 네트워크 알고리즘 웨어하우스 구축

기 여 율	1/3
과제수행기관명	고려대학
연구기간	2021.03.01 ~ 2026.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

노선망 설계 대상 도시의 도로 정보, 기존 정류장 정보 및 통행 수요 정보를 이용하여 도로의 통행 시간을 산출하는 단계;

산출된 도로의 통행 시간 및 기존 정류장 정보를 이용하여 기설정된 범위의 개수의 노선을 갖는 후보 노선망을 생성하는 단계;

생성된 상기 후보 노선망을 구성하는 각 출발지 및 목적지에 대해 통행시간 및 이용 비용을 고려한 교통 수단별 효율을 산출하여 각 교통 수단별 수요를 새롭게 산출하는 단계;

산출된 상기 교통 수단별 수요를 근거로 각 교통 수단별 통행 배정을 수행하는 단계;

상기 각 교통 수단별 통행 배정을 수행한 결과를 근거로, 상기 후보 노선망이 운영자의 이익에 관한 제1 목적식, 이용자의 이익에 관한 제2목적식 및 공공의 이익에 관한 제3 목적식을 만족하는지 여부를 평가하는 단계; 및

상기 후보 노선망을 생성하는 단계부터 상기 제1 내지 제3 목적식에 대한 만족 여부를 평가하는 단계를 반복 수행하여, 상기 제1 내지 제3 목적식을 만족하는 하나 이상의 최적 노선망을 선택하는 단계;를 포함하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 교통 수단별 수요는,

승용차 수요 및 대중교통 수요를 포함하는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 도로의 통행 시간은,

교통 수단별 통행 수요를 근거로 각 도로에 교통 수단별 통행 배정을 수행하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 후보 노선망을 생성하는 단계는,

기설정된 범위 내의 개수로 설계 노선 개수를 결정하는 단계;

기존의 전체 정류장에서 정류장을 무작위로 선택하는 단계;

상기 정류장의 선택 순서에 따라 정류장 사이를 연결하여 노선을 생성하는 단계;

생성된 노선 내 정류장 중복 여부, 경로상 지점 중복 여부, 노선의 연장이 설정치를 넘는지 여부를 확인하여 생성된 상기 노선을 기각 또는 수락시키는 단계; 및

수락된 노선의 개수가 결정된 상기 설계 노선 개수가 될 때까지 노선의 생성을 반복하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 노선의 생성시 각 정류장 간의 경로는 도로의 통행시간을 고려한 최단 거리를 기준으로 생성되는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

생성된 상기 노선에 기설정된 범위 내의 배차 빈도수를 무작위로 반영하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 내지 제3 목적식은, 각각 하기 수학적식 1 내지 수학적식 3을 따르는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

<수학적식 1>

$$Max: \beta \sum_{ij} d_{ij}^k - \alpha \sum_k \left(\frac{60}{h} \right) * l_k$$

<수학적식 2>

$$Min \sum_{ij} d_{ij}^k - t f_{ij}^0 - t f_{ij}^1$$

<수학적식 3>

$$Min \sqrt{\frac{\sum_{ij} (E_{ij} - \bar{E})^2}{n_i * n_j}}$$

(여기서, f^k : 노선 k의 빈도수, h : 배차 시간(분), l^k : 노선 k의 연장, l_{max} : 노선 k의 최대 연장, f_{mix} : 최소 빈도수, f_{max} : 최대 빈도수, d_{ij}^k : i부터 j까지의 통행 수요, $t f_{ij}^0$: i부터 j까지의 한번의 통행으로 이동 가능한 통행 수요, $t f_{ij}^1$: i부터 j까지 1회 환승으로 이동 가능한 통행 수요, $\min t_{ij}^{short}$: 승용차 또는 대중교통을 이용한 i부터 j까지의 최소 통행 시간, t_{ij}^{short} : 승용차 또는 대중 교통을 이용한 i부터 j까지의 통행 시간, n_i : 출발지역 개수, n_j : 도착지역 개수, α : 운영 비용(원/km), β : 대중교통 요금(원))

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 최적 노선망을 선택하는 단계는,

상기 제1 내지 제3 목적식을 만족시키는 파레토 최적의 노선망을 선택하는 것을 특징으로 하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 도시의 도로혼잡과 변동수요를 고려하여 도시의 대중교통 노선망, 구체적으로 버스 노선망을 구축하는 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 기존 도시의 버스 노선망을 개편하거나 신도시에 새로운 버스 노선체계를 구축하기 위해서는, 버스 노선망을 설계하는 작업이 이루어지는데, 이 때 이용자의 편의를 높이는 것도 중요하지만 버스 운영 주체의 이익 또한 고려되어야 한다.
- [0004] 이와 같은 점을 감안하여, 버스 노선망의 설계에 있어 이용객 수요와 교통수단 운영 간 균형을 통해 최적의 편의성 및 경제성을 얻고자 하는 연구 개발이 다양하게 이루어지고 있다.
- [0005] 그러나 기존의 노선망 설계 방법의 경우, 도로 혼잡을 반영하지 않거나 단순히 운영자 비용이나 이용자의 총 통행 시간 최소화를 목적으로 하였다. 이와 같은 기존의 노선망 설계 방법의 경우, 이용자가 많은 지점이나 지역에 대중교통 서비스가 집중될 수 있는 문제가 있다
- [0006] 또한 기존의 노선망 설계 방법의 경우, 전체 이용자 수요를 고정하거나, 승용차로 인한 혼잡을 반영하지 않아, 최종 산출물인 노선망이 실제 상황을 제대로 반영하지 못하여 실제 도로에서 통행 시간 최소화를 구현할 수 없는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2019-0011231호 (2019.01.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 도로 혼잡과 수요의 변동을 고려하여 실제 상황을 제대로 반영할 수 있는 대중 교통의 노선망 구축 방법을 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.
- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 노선망 설계 대상 도시의 도로 정보, 기존 정류장 정보 및 통행 수요 정보를 이용하여 도로의 통행 시간을 산출하는 단계와; 산출된 도로의 통행 시간 및 기존 정류장 정보를 이용하여 기설정된 범위의 개수의 노선을 갖는 후보 노선망을 생성하는 단계와; 생성된 상기 후보 노선망을 구성하는 각 출발지 및 목적지에 대해 통행시간 및 이용 비용을 고려한 교통 수단별 효용을 산출하여 각 교통 수단별 수요를 새롭게 산출하는 단계와; 산출된 상기 교통 수단별 수요를 근거로 각 교통 수단별 통행 배정을 수행하는 단계와; 상기 각 교통 수단별 통행 배정을 수행한 결과를 근거로, 상기 후보 노선망이 운영자의 이익에 관한 제1 목적식, 이용자의 이익에 관한 제2목적식 및 공공의 이익에 관한 제3 목적식을 만족하는지 여부를 평가하는 단계; 및 상기 후보 노선망을 생성하는 단계부터 상기 제1 내지 제3 목적식에 대한 만족 여부를 평가하는 단계를 반복 수행하여, 상기 제1 내지 제3 목적식을 만족하는 하나 이상의 최적 노선망을 선택하는 단계;를 포함하는, 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통 노선망의 구축 방법이 개시된다.
- [0013] 또한, 상기 교통 수단별 수요는, 승용차 수요 및 대중교통 수요를 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 도로의 통행 시간은, 교통 수단별 통행 수요를 근거로 각 도로에 교통 수단별 통행 배정을 수행하여 산출될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 후보 노선망을 생성하는 단계는, 기설정된 범위 내의 개수로 설계 노선 개수를 결정하는 단계와; 기존의 전체 정류장에서 정류장을 무작위로 선택하는 단계와; 상기 정류장의 선택 순서에 따라 정류장 사이를 연결하여 노선을 생성하는 단계와; 생성된 노선 내 정류장 중복 여부, 경로상 지점 중복 여부, 노선의 연장이 설정치를 넘는지 여부를 확인하여 생성된 상기 노선을 기각 또는 수락시키는 단계; 및 수락된 노선의 개수가 결정된 상기 설계 노선 개수가 될 때까지 노선의 생성을 반복하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 노선의 생성시 각 정류장 간의 경로는 도로의 통행시간을 고려한 최단 거리를 기준으로 생성될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 후보 노선망을 생성하는 단계는, 생성된 상기 노선에 기설정된 범위 내의 배차 빈도수를 무작위로 반영하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 제1 내지 제3 목적식은, 각각 하기 수학식 1 내지 수학식 3을 따를 수 있다.

[0019] <수학식 1>

$$[0020] \quad \text{Max} \cdot \beta \sum_{ij} d_{ij}^k - \alpha \sum_k \left(\frac{60}{h} \right)^* l_k$$

[0021] <수학식 2>

$$[0022] \quad \text{Min} \sum_{ij} d_{ij}^k - t f_{ij}^0 - t f_{ij}^1$$

[0023] <수학식 3>

$$[0024] \quad \text{Min} \sqrt{\frac{\sum_{ij} (E_{ij} - \bar{E})^2}{n_i * n_j}}$$

[0025] (여기서, f^k : 노선 k의 빈도수, h : 배차 시간(분), l^k : 노선 k의 연장, $l_{\max}$: 노선 k의 최대 연장, $f_{\min}$: 최소 빈도수, $f_{\max}$: 최대 빈도수, d_{ij}^k : i부터 j까지의 통행 수요, $t f_{ij}^0$: i부터 j까지의 한번의 통행으로 이동 가능한 통행 수요, $t f_{ij}^1$: i부터 j까지 1회 환승으로 이동 가능한 통행 수요, $\min t_{ij}^{\text{opt}}$: 승용차 또는 대중교통을 이용한 i부터 j까지의 최소 통행 시간, t_{ij}^{opt} : 승용차 또는 대중 교통을 이용한 i부터 j까지의 통행 시간, n_i : 출발지역 개수, n_j : 도착지역 개수, α : 운영 비용(원/km), β : 대중교통 요금(원))

[0026] 또한, 상기 최적 노선망을 선택하는 단계는, 상기 제1 내지 제3 목적식을 만족시키는 파레토 최적의 노선망을 선택할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 실시예에 따르면, 도로 혼잡과 수요의 변동을 고려하여 실제 상황을 정확하게 반영할 수 있는 대중교통의 노선망 구축 방법을 제공하는 효과가 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 대중교통 운영자와 이용자 및 공공의 이익을 동시에 만족시킬 수 있는 최적 노선망을 구축할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대중교통의 노선망 구축 시스템을 나타낸 블록 다이어그램.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대중교통의 노선망 구축 방법을 나타낸 순서도.

도 3은 도 2에 도시된 후보 노선망 생성 방법을 구체적으로 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0033] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0034] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0035] 이하, 본 발명에 의한 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통의 노선망 구축 방법의 실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0036] 본 발명에 의한 도로혼잡과 수요변화를 고려한 대중교통의 노선망 구축 방법은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 실행될 수 있는 프로그램, 애플리케이션 등의 형태로 구현 가능한데, 이러한 경우 프로그램, 애플리케이션 등은 컴퓨터 등과 같은 전자기기 등에 구비된 메모리와 같은 기억 수단에 저장되고, 컴퓨터 등과 같은 전자기기의 프로세서에 의해 실행된다.
- [0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대중교통의 노선망 구축 시스템을 나타낸 블록 다이어그램이다.
- [0038] 본 실시예에 따른 대중교통의 노선망 구축 시스템은, 데이터 입력 수단(10), 데이터 저장 수단(20), 후보 노선망 생성 모듈(30) 및 최적 노선망 산출 모듈(40)을 포함한다.
- [0039] 데이터 입력 수단(10)은 사용자로부터 노선망 설계 대상 도시의 도로 정보(도로 네트워크), 기존 정류장 정보, 교통 수단별 통행 수요 정보 등을 입력 받는 기능을 한다.
- [0040] 데이터 저장 수단(20)은 데이터 입력 수단(10)을 통해 입력 받은 정보를 저장하는 기능을 하며, 후보 노선망 생성 모듈(30)과 최적 노선망 산출 모듈(40)에서 생성한 정보를 저장하는 데이터베이스로서의 기능을 한다.
- [0041] 후보 노선망 생성 모듈(30)은 노선망 설계 대상 도시의 도로 정보, 기존 정류장 정보 및 통행 수요 정보를 이용하여 도로의 통행 시간을 산출하며, 산출된 도로의 통행 시간 및 기존 정류장 정보를 이용하여 도로 혼잡을 고려한 후보 노선망을 생성한다.
- [0042] 최적 노선망 산출 모듈(40)은 후보 노선망 생성 모듈(30)을 통해 산출된 후보 노선망에 대하여 운영자의 이익, 이용자의 이익, 공공의 이익을 만족하는지 평가하여 최적 노선망을 산출한다.
- [0043] 이하, 도 2 및 3을 참조하여 본 발명에 의한 대중교통의 노선망 구축 방법에 대하여 상세히 살펴보기로 한다.
- [0044] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대중교통의 노선망 구축 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0045] 먼저, 데이터 입력 수단(10)을 통해 도시의 도로 정보(도로 네트워크 정보), 도시의 기존 정류장 정보, 교통 수단(대중 교통 및 승용차) 별 통행 수요 정보를 입력 받는다.
- [0046] 후보 노선망 생성 모듈(30)을 통해, 이상과 같이 입력된 정보를 이용하여 도로의 통행 시간을 산출한다(S10). 도로의 통행 시간은 교통 수단별 통행 수요(승용차 통행 수요 및 대중 교통 통행 수요)를 근거로 각 도로에 교통 수단별 통행 배정을 수행하여 산출될 수 있다. 여기서, 통행 배정은 출발지와 도착지에 지정된 교통 수단별 통행 수요가 경로 선택을 통해 도로 네트워크에서 차량의 통행 행태를 구현하는 것을 말한다.
- [0047] 다음으로, 후보 노선망 생성 모듈(30)을 통해, 기존 정류장 기반 후보 노선망을 생성한다.
- [0048] 도 3은 도 2에 도시된 후보 노선망 생성 방법을 구체적으로 나타낸 순서도이다.
- [0049] 후보 노선망을 생성하기 위하여, 기설정된 범위 내의 개수로 설계 노선 개수를 결정한다(S21). 설계 노선 개수

의 상한값과 하한값은 미리 설정되어 있고, 그 범위 내에서 무작위로 설계 노선 개수를 결정한다.

- [0050] 다음으로, 버스 노선을 구성하는 정류장을 무작위로 선택한다(S22). 이 때 버스 노선을 정류장 개수의 상한값과 하한값은 미리 설정되어 있고, 그 범위 내에서 무작위의 개수로 정류장을 선택한다.
- [0051] 다음으로, 정류장의 선택 순서에 따라 정류장 사이를 연결하여 노선을 생성한다(S23). 노선의 생성시 각 정류장 간의 경로는 앞서 단계(S10)에서 산출한 도로의 통행시간을 고려하여 최단 거리를 기준으로 생성된다.
- [0052] 다음으로, 생성된 노선에 대하여 노선 내 중류장 중복 여부를 확인하고(S24), 경로상 지점 중복 여부를 확인한 후(S25), 노선의 연장(길이)이 설정치(제약)를 넘는지 여부를 확인한다(S26).
- [0053] 생성된 노선 내 동일한 정류장이 2개 이상이거나, 경로상 동일 지점이 2회 이상이거나, 노선의 연장이 설정치 이상인 경우, 해당 노선을 기각하고, 정류장 무작위 선택(S22)을 다시 수행한다.
- [0054] 생성된 노선이 위 3가지 조건을 모두 만족하는 경우, 해당 노선을 수락하고, 생성된 노선에 기설정된 범위(예를 들어, 1시간에 1회 ~ 6회) 내의 배차 빈도수를 무작위로 설정한다(S27).
- [0055] 다음으로, 수락된 노선 개수가 설계 노선 개수를 만족하는지 확인한다(S28). 수락된 노선의 개수가 결정된 설계 노선의 개수보다 작으면 정류장 무작위 선택(S22)를 다시 수행하고, 수락된 노선의 개수가 결정된 설계 노선 개수가 될 때까지 노선의 생성을 반복한다.
- [0056] 수락된 노선의 개수가 기결정된 설계 노선 개수에 도달하면, 노선 생성을 중지하고 수락된 노선들이 포함된 노선망의 생성을 완료한다(S29).
- [0057] 후보 노선망의 생성이 완료되면, 최적 노선망 산출 모듈(40)을 통해, 후보 노선망에 대한 교통 수단별 통행 수요를 산출한다. 이를 구체적으로 설명하면, 후보 노선망을 구성하는 출발지 및 목적지에 대해 통행시간 및 이용 비용을 고려한 교통 수단별 효용을 산출한다, 즉, 각 출발지와 목적지에 대하여 승용차와 대중 교통을 이용하였을 때 소요되는 비용 및 통행 시간을 바탕으로 교통 수단별 효용을 산출하고, 수단의 효용에 따라 목적지까지의 이동 수단을 선택한다. 그리고 이동 수단의 선택에 따라 교통 수단별 통행 수요를 새롭게 산출한다.
- [0058] 다음으로, 최적 노선망 산출 모듈(40)을 통해, 산출된 교통 수단별 통행 수요를 근거로 각 교통 수단별로 통행 배정을 수행하며(S40), 이를 통해 노선망 평가에 도로 혼잡을 반영할 수 있게 된다.
- [0059] 설계되는 후보 노선망에 따라 교통 수단별 효용 및 그에 따른 이동 수단의 선택 결과가 변화하게 되며, 이동 수단의 선택 결과로 도로 혼잡과 통행 수요가 변화한다. 본 실시예에 따르면 노선망의 변화에 따라 변화하는 수요를 반영하여 실제의 통행 패턴을 구현하고, 도로의 혼잡을 반영함으로써 실제 상황을 정확하게 반영할 수 있게 된다.
- [0060] 다음으로, 최적 노선망 산출 모듈(40)을 통해, 각 교통 수단별 통행 배정을 수행한 결과를 근거로 후보 노선망이 운영자의 이익에 관한 제1 목적식, 이용자의 이익에 관한 제2목적식 및 공공 목적에 관한 제3 목적식을 만족하는지 여부를 평가한다(S50).
- [0061] 여기서, 상기 제1 내지 제3 목적식은, 각각 하기 수학식 1 내지 수학식 3을 따른다.

수학식 1

$$Max: \beta \sum_{ij} d_{ij}^t - \alpha \sum_k \left(\frac{60}{h} \right) * l_k$$

[0062]

수학식 2

$$Min \sum_{ij} d_{ij}^t - t f_{ij}^0 - t f_{ij}^1$$

[0063]

수학식 3

$$\text{Min} \sqrt{\frac{\sum_{ij} (E_{ij} - \bar{E})^2}{n_i^* n_j}}$$

[0064]

[0065]

(여기서, f^k : 노선 k의 빈도수, h : 배차 시간(분), l^k : 노선 k의 연장, $l_{\max}$: 노선 k의 최대 연장, $f_{\min}$: 최소 빈도수, $f_{\max}$: 최대 빈도수, d_{ij} : i부터 j까지의 통행 수요, t_{ij}^0 : i부터 j까지의 한번의 통행으로 이동 가능한 통행 수요, t_{ij}^1 : i부터 j까지 1회 환승으로 이동 가능한 통행 수요, $\min t_{ij}^{\text{ort}}$: 승용차 또는 대중교통을 이용한 i부터 j까지의 최소 통행 시간, t_{ij}^{ort} : 승용차 또는 대중 교통을 이용한 i부터 j까지의 통행 시간, n_i :출발지역 개수, n_j :도착지역 개수, c : 운영 비용(원/km), β : 대중교통 요금(원))

[0066]

제1 목적식은 대중교통을 운영하는 운영자 수익을 최대화하는 것을 목적으로 하는 목적식이며, 제2 목적식은 이용자의 이익에 관한 것으로서, 1회 이내의 환승으로 목적지까지 가지 못하는 통행 수요를 최소화하는 것을 목적으로 하는 목적식이다. 그리고, 제3 목적식은 출발지와 목적지에 따라 승용차 대비 대중교통의 경쟁력을 판단하고, 지역 간 대중교통 경쟁력의 편차를 최소화하는 것을 목적으로 하는 목적식이다.

[0067]

제1 내지 제3 목적식을 동시에 만족시킬 수 있도록 비지배 정렬 기반의 유전자 알고리즘을 사용하여, 3개의 목적식을 만족시키는 파레토 최적의 노선망을 최적 노선망으로 선택한다(S70).

[0068]

이 때, 후보 노선망을 생성하는 단계(S20)부터 제1 내지 제3 목적식에 대한 만족 여부를 평가하는 단계(S50)까지의 단계를 반복 수행하여, 기설정된 수렴 조건(예를 들어, 10,000회 수행)을 만족하는 것이 확인되면(S60), 현재까지 산출된 제1 내지 제3 목적식을 만족하는 하나 이상의 최적 노선망을 최종 결과물로 출력한다(S70).

[0069]

대중교통 노선망의 최적화 목적 중 운영자 비용과 이용자 비용은 경제적으로 효율적인 노선망을 구축할 수는 있으나, 노선망 최적화시 이와 같은 목적만을 고려하는 경우 수요가 밀집된 특정 지역에만 서비스가 제공되거나 이용자의 통행시간을 감소하기 위해 단거리 위주의 노선망이 형성될 수 있다. 따라서 운영자의 경우 운영수입 극대화, 이용자의 경우 1회 이내 환승으로 이동 가능한 수요 극대화, 공공의 경우 불특정 다수가 이용하는 대중교통 특성을 반영하여 출발지 및 목적지에 따라 승용차 대비 대중교통 경쟁력을 판단하고, 지역 간 대중교통 경쟁력의 편차 최소화를 목적으로 하였다.

[0070]

이때, 일반적인 다목적 알고리즘의 경우 각 목적식에 가중치를 이용하여 설계자의 주관이 반영되는 방법론을 적용하는데, 이러한 방법론의 경우 적절한 가중치를 설정하는 것이 어렵다는 한계가 있다. 따라서 본 발명에서는 다른 목적식을 악화시키지 않으면서 목적식을 만족하는 노선망을 최적 노선망으로 선정하였다.

[0071]

하기 표 1은 상기와 같은 방법을 통해 최적 산출망을 산출한 결과를 예시하고 있다.

표 1

[0072]

	운영자 수익 (백만원)	비만족 수요 (인, %)	지역 간 대중교 통 편차	승용차 이 용자 비율(%)	대중교통 이용자 비 율 (%)	총 노선 연 장(km)	대중교통 노선 수
기존 노선 망	185.8	42,014 (31.2)	1.721	54.9	45.1	1,164	67
기존 노선 망 구축 방 법	207.3	20,335 (12.1)	1.885	43.7	56.3	1,772	51

본 발명에 의한 노선망 구축 방법	200.4	4,042	(2.5)	2.188	45.1	54.9	1,838	50
	198.4	3,887	(2.3)	2.126	44.0	56.0	2,594	64
	201.0	4,529	(2.7)	1.938	44.0	56.0	2,183	56
	201.5	7,580	(4.5)	1.879	43.3	56.7	2,500	62
	199.7	7,340	(4.4)	1.865	43.6	56.4	2,614	65
	204.0	14,544	(8.7)	1.843	43.8	56.2	1,957	61
	203.5	19,124	(11.2)	1.807	42.9	57.1	2,484	62
	202.5	8,708	(5.1)	1.802	43.3	56.7	2,428	63
	202.0	12,224	(7.2)	1.793	42.9	57.1	2,748	64
	202.0	12,804	(7.5)	1.746	43.0	57.0	2,594	64
	201.3	7,409	(4.3)	1.743	42.8	57.2	2,895	65
	201.6	8,060	(4.7)	1.716	43.1	56.9	2,598	64
	202.8	13,070	(7.6)	1.633	42.6	57.4	2,812	62
	*는 전체 대중교통 이용자 중 비만족 수요 비율							

[0073] 표 1은 경기도 고양시를 대상으로 기존의 노선망과, 운영자 수익을 극대화한 기존의 노선망 구축 방법, 그리고 본 발명의 노선망 구축 방법을 통한 최적 노선망 산출예를 각각 보이고 있다.

[0074] 기존의 노선망의 경우 대체적으로 모든 목적식이 기존의 노선망 구축 방법 및 본 발명에 의한 노선망 구축 방법 대비 좋지 않은 결과를 보이는 것으로 확인된다.

[0075] 기존의 운영자 수익을 극대화하는 노선망 구축 방법의 경우, 1회 이상의 환승이 발생하는 비만족 수요나 지역 간 대중교통 편차가 높은 것으로 나타난다.

[0076] 본 발명에 의한 노선망 구축 방법의 경우, 기존의 노선망 구축 방법 대비 운영자 수익이 낮을 수는 있으나, 이외의 다른 목적식들이 대체적으로 개선되는 결과를 보이고 있다. 본 발명에 의한 노선망 구축 방법의 경우, 기존의 노선망 구축 방법 대비 모든 목적식이 개선될 수는 없으나, 파레토 최적에 의해 다수의 최적 노선망들이 선택될 수 있으며, 각 지역의 여건에 따라 다수의 최적 노선망들 중 하나를 선택하여 적용할 수 있는 이점이 있다.

[0077] 이상 설명된 본 발명에 따른 실시예는 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 실행될 수 있는 프로그램 코드의 형태로 구현되어 비일시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 코드, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 코드는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은, 프로그램 코드를 저장하고 실행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 코드의 예에는, 컴파일러에 의하여 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용하여 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위하여 적어도 하나의 소프트웨어 모듈로 변경될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0078] 상기에서는 본 발명의 특징의 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

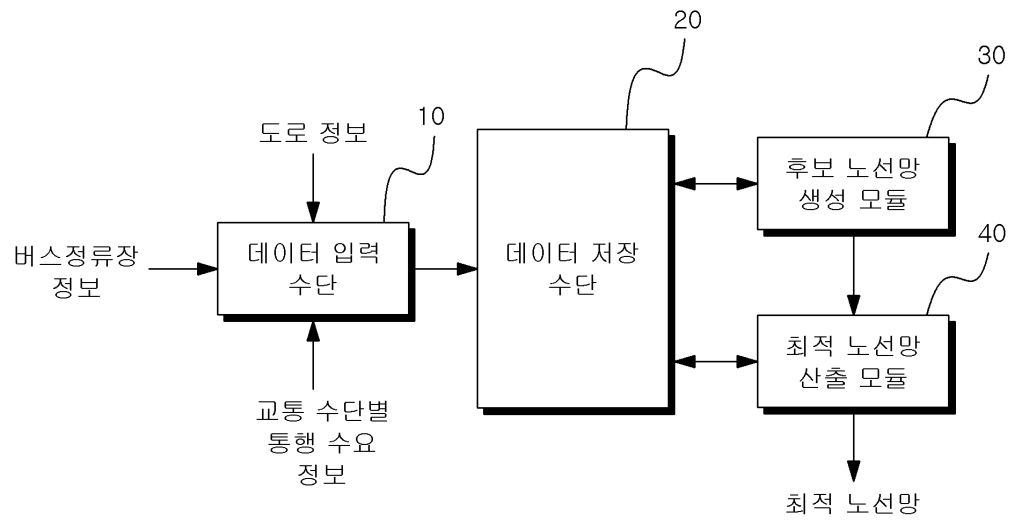
부호의 설명

[0080] 10: 데이터 입력수단 20: 데이터 저장수단

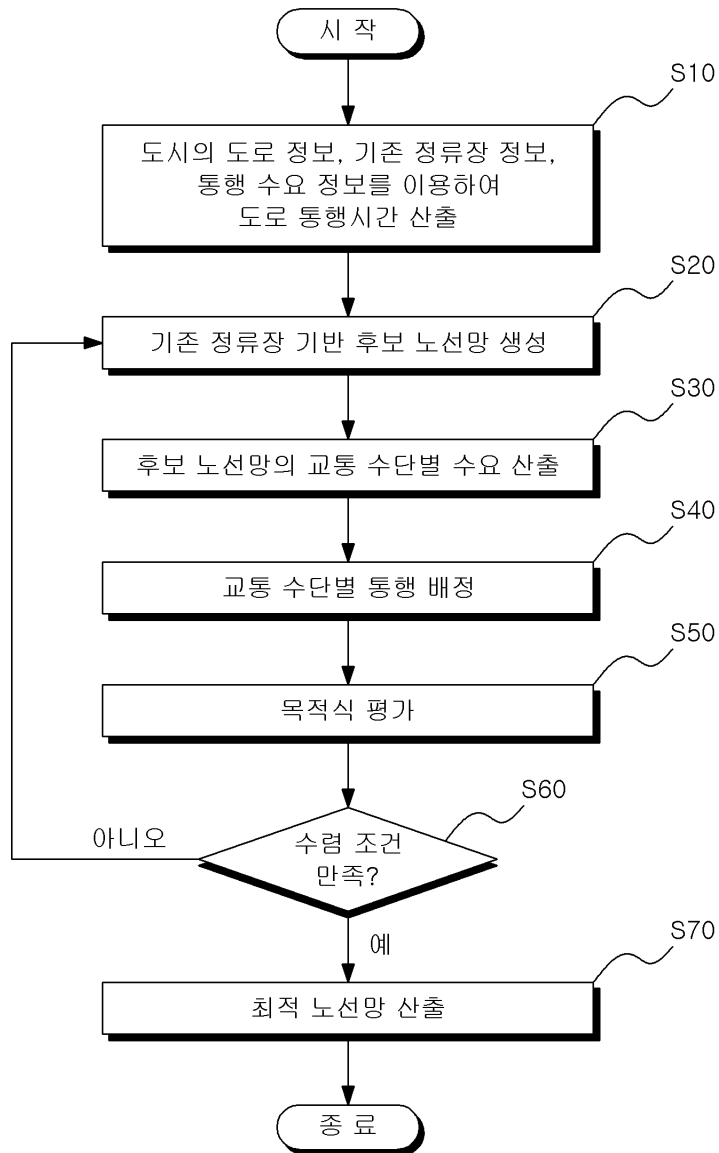
30: 후보 노선망 생성 모듈 40: 최적 노선망 산출 모듈

도면

도면1



도면2



도면3

