

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 10월 20일 (20.10.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/167453 A1

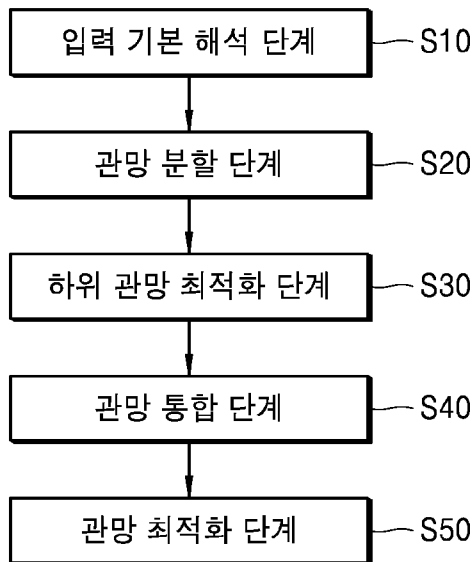
- (51) 국제특허분류:
G06F 17/50 (2006.01) *G06Q 50/08* (2012.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/000763
- (22) 국제출원일: 2016년 1월 25일 (25.01.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0052208 2015년 4월 14일 (14.04.2015) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, 고려대학교(안암동 5가), Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김중훈 (KIM, Joong Hoon); 12402 경기도 가평군 북면 노씨터길 39, Gyeonggi-do (KR). 이호민 (LEE, Ho Min); 13617 경기도 성남시 분당구 금곡로 233, 1003 동 501 호 (금곡동, 청솔마을동아아파트), Gyeonggi-do (KR). 유도근 (YOO, Do Guen); 14050 경기도 안양시 동안구 달안로 153, 203 동 507 호(판양동, 공작성일아파트), Gyeonggi-do (KR).

- (74) 대리인: 홍동우 (HONG, Dong Woo); 06648 서울시 서초구 반포대로 108, 3층 (서초동, 양원빌딩), Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METAHEURISTIC METHOD FOR DESIGNING PIPE NETWORK ON BASIS OF WATER SOURCE TRACING

(54) 발명의 명칭: 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법



S10 ... Input and basic analysis step
S20 ... Pipe network division step
S30 ... Subnetwork optimization step
S40 ... Pipe network integration step
S50 ... Pipe network optimization step

(57) Abstract: The present invention provides a metaheuristic method for designing a pipe network on the basis of water source tracing, the method comprising: an input and basic analysis step for inputting information on pipes and junctions constituting a pipe network which is connected to a plurality of target reservoirs, and performing a basic analysis through hydraulic and water quality analyses; a pipe network division step for identifying dominant reservoirs for the junctions and pipes of the pipe network and dividing the pipe network into a plurality of subnetworks; a subnetwork optimization step for deriving, for each of the subnetworks divided in the pipe network division step, a solution as many times as the predetermined number of solution generations, which has been previously set in a storage unit, using a metaheuristic approach so as to calculate the diameters of the pipes of the divided subnetworks, which allow the water pressure at the junctions to be equal to or greater than a predetermined minimum water pressure previously set and stored in the storage unit and allow objective functions representing the costs of the subnetworks to be minimized; and a pipe network integration step for connecting the divided subnetworks, calculated in the subnetwork optimization step, on the basis of the junctions at which the subnetworks are connected, wherein the pipes are corrected such that the water pressure at the junctions of the integrated pipe network is equal to or greater than the predetermined minimum water pressure previously set and stored in the storage unit.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2016/167453 A1

**공개:**

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은, 복수 개의 대상 저수지와 연결되는 관망을 구성하는 관로 및 절점의 정보를 입력하고, 수리 및 수질 분석을 통한 기본 해석을 실행하는 입력 기본 해석 단계와, 관망의 절점 및 관로에 대한 지배저수지를 확인하여 관망을 복수 개의 하위 관망으로 분할하는 관망 분할 단계와, 상기 관망 분할 단계에서 분할된 하위 관망에 대하여 저장부에 사전 설정된 사전 설정 해 발생 회수로 메타휴리스틱 방식으로 해를 도출하여 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이고 하위 관망의 비용을 나타내는 목적 함수를 최소화시키는 상기 분할된 하위 관망의 관로 관경을 산출하는 하위 관망 최적화 단계와, 상기 하위 관망 최적화 단계에서 산출된 상기 분할된 하위 관망을 연결되는 절점을 중심으로 연결하되, 상기 관망의 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이 되도록 상기 관로를 보정하는 관망 통합 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법을 제공한다.

명세서

발명의 명칭: 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 효율적인 상수도관망 최적설계 기법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수리해석을 통해 수원을 추적하고 관망을 분할하며, 이를 메타휴리스틱 최적화 기법과 결합하여 관망 설계를 수행하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 상수도관망의 설계에는 유전자 알고리즘, 모의 담금질 기법, 개미군집 알고리즘, 화음탐색법 등의 메타휴리스틱 기법의 적용 사례가 증가하고 있다. 이러한 메타휴리스틱 기법은 다양한 비선형성과 복잡성을 수반한 상수도관망 설계문제에 대해 기존의 선형 및 비선형 계획법 등 수학적 설계기법보다 효과적으로 결과를 탐색하는 장점을 지닌다. 하지만 상수도관망의 규모가 날로 증가하며 설계시 고려해야 할 요구조건이 다양해지므로 인해 메타휴리스틱 기법 그 자체만으로 우수한 설계안을 안정적으로 도출해내는 데에 어려움이 발생하고 있다. 최적설계의 효율성과 적용성을 증대시키기 위해 상수도관망의 분할기법이 적용 가능하며 절점과 수원 간의 최단경로와 해당 경로별 가상경사를 산정하여 관망을 분할하는 기법 등이 제시된 바 있다. 하지만 상수도관망 내의 경로를 탐색하고 가상의 경사를 부여하는 작업은 관망의 규모가 증가하거나, 다양한 유량조건 등을 고려할 경우 시간적으로 효율적이지 못하며, 관망 분할 시 대상 상수관망 내의 흐름요소 등의 정보를 효과적으로 활용하지 못한다는 문제를 지닌다. 따라서 이에 대한 대안으로 상수도관망의 수리해석 결과를 바탕으로 한 효과적인 관망 분할 기법의 적용이 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] 본 발명은 관망 수리해석 프로그램을 통한 수원 추적 결과를 바탕으로 하여 상수도관망의 효과적인 분할을 가능하게 하고, 이를 메타휴리스틱 알고리즘에 기반한 관망의 최적설계 기법에 적용하여 기존 설계기법의 효율성과 적용성을 증대시키는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [4] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 복수 개의 대상 저수지와 연결되는 관망을 구성하는 관로 및 절점의 정보를 입력하고, 수리 및 수질 분석을 통한 기본 해석을 실행하는 입력 기본 해석 단계(S10)와, 관망의 절점 및 관로에 대한 지배저수지를 확인하여 관망을 복수 개의 하위 관망으로 분할하는 관망 분할 단계(S20)와, 상기 관망 분할 단계(S20)에서 분할된 하위 관망에 대하여 저장부에 사전설정된 사전 설정 해 발생 회수로 메타휴리스틱 방식으로 해를 도출하여

상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이고 하위 관망의 비용을 나타내는 목적 함수를 최소화시키는 상기 분할된 하위 관망의 관로 관경을 산출하는 하위 관망 최적화 단계(S30)와, 상기 하위 관망 최적화 단계(S30)에서 산출된 상기 분할된 하위 관망을 연결되는 절점을 중심으로 연결하되, 상기 관망의 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이 되도록 상기 관로를 보정하는 관망 통합 단계(S40)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법을 제공한다.

- [5] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 입력 기본 해석 단계(S10)는: 입력부를 통하여 관망의 관로 및 절점 정보와 설정 최소 수압을 포함하는 사전 설정 데이터를 입력하여 상기 저장부에 저장하는 관망 정보 입력 단계(S11)를 포함할 수도 있다.
- [6] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 관망 분할 단계(S20)는: 상기 입력 기본 해석 단계(S10)에서 실행된 상기 관망의 수리 및 수질 해석 결과에 기초하여 상기 절점 및 상기 관로에 대하여 지배 저수지를 설정하는 지배 저수지 설정 단계(S21)와, 상기 지배 저수지 설정 단계(S21)에서 설정된 상기 관로를 해당 지배 저수지 별로 정렬하는 지배 저수지 별 관로 정렬 단계(S23)를 포함할 수도 있다.
- [7] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 하위 관망 최적화 단계(S20)는: 저장부에 사전 설정 저장된 사전 설정 해 발생 회수 및 설정 최소 수압 및 사전 설정 관로를 이용 준비하고, 상기 하위 관망의 관로가 이루는 비용을 해당 하위 관망에 대한 목적 함수로 설정하는 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)와, 상기 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)에서 설정되는 목적 함수를 이용하여 해당 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의의 선택하여 목적 함수를 산출하고, 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상인지 여부를 확인하여 상기 목적 함수를 갱신하여 상기 하위 관망에 대한 하나 이상의 하위 관망 배열을 상기 목적 함수 별로 정렬하는 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)와, 해당 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의의 선택하여 목적 함수를 새로이 산출하고, 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상인지 여부를 확인하여 상기 목적 함수를 갱신하여, 상기 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)에서 생성된 하위 관망 배열을 상기 목적 함수 별로 상기 사전 설정 해 발생 회수만큼 반복 정렬하는 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)와, 상기 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)에서 산출된 하위 관망의 관로 정보를 하위 관망 최적화 해로 출력하는 하위 관망 최적화 산출 단계(S37)를 포함할 수도 있다.
- [8] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)는: 상기 하위 관망에 대한 하나 이상의 하위 관망 배열을 형성하는 하위 관망 배열 생성 단계(S331)와, 상기 하위 관망에 대한 관로를 상기

사전 설정 관로 중 임의 선택하는 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)와, 상기 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)에서 선택된 상기 하위 관망에 대한 목적 함수를 산출하는 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)와, 상기 하위 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출하는 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)와, 상기 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)에서 산출된 하위 관망 목적 함수와, 상기 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)에서 산출된 하위 관망 절점 압력에 기초하여 상기 하위 관망의 목적 함수를 갱신하는 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)와, 상기 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)에서 산출된 하위 관망 배열을 상기 목적 함수에 따라 배열 정렬시키는 하위 관망 배열 정렬 단계(S339)를 포함할 수도 있다.

- [9] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)는: 상기 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의 선택하는 하위 관망 업데이트 관로 랜덤 선택 단계(S351)와, 상기 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S353)에서 선택된 상기 하위 관망에 대한 목적 함수를 산출하는 하위 관망 업데이트 목적 함수 산출 단계(S353)와, 상기 하위 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출하는 하위 관망 업데이트 절점 압력 산출 단계(S355)와, 상기 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S353)에서 산출된 하위 관망 목적 함수와, 상기 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S355)에서 산출된 하위 관망 절점 압력에 기초하여 상기 하위 관망의 목적 함수를 갱신하는 하위 관망 업데이트 목적 함수 갱신 단계(S357)와, 상기 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)에서 생성된 하위 관망 배열을, 상기 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S357)에서 산출된 상기 목적 함수에 따라 상기 하위 관망 배열을 정렬시키는 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)를 포함할 수도 있다.
- [10] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359) 후에, 상기 사전 설정 해 발생 회수와 상기 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)의 반복 회수를 비교하는 하위 관망 업데이트 회수 비교 단계(S3591)를 더 구비할 수도 있다.
- [11] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 관망 통합 단계(S40)는: 상기 최적화된 하위 관망을 통합하고 수리 해석하는 전체 관망 통합 수리 해석 단계(S41)와, 상기 관망의 절점의 수압을 상기 사전 설정 최소 수압과 비교하는 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)와, 상기 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)에서 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은 경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 지배 저수지 경로를 탐색하고, 비용을 최소화시키는 관로 변경을 이루고 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압 이상이 되도록 상기 관망을 보정하는 관망 보정 단계(S45)를 포함할 수도 있다.
- [12] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 관망 보정 단계(S45)는: 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은

경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 지배 저수지 경로를 탐색하는 지배 저수지 경로 탐색 단계(S451)와, 상기 지배 저수지 경로의 비용을 산출하는 해당 지배 저수지 경로 비용 산출(S452)와, 상기 지배 저수지 경로의 각 관로의 관경을 상기 사전 설정 관로 중 관경을 증가시키는 관로로 대체하는 경우 비용을 산출하는 각 관로 관경 비용 산출 단계(S453)와, 상기 지배 저수지 경로의 각 관로의 관경을 상기 사전 설정 관로 중 관경을 증가시키는 관로로 대체하는 경우 증가되는 추가 비용을 산출하는 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S454)와, 상기 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S453)에서 산출된 최저 추가 비용 관로 순으로 관경을 증가시키고 상기 관망의 절점의 수압을 체크하는 최저 추가 비용 관로 순 관경 증가 및 수압 체크 단계(S455)와, 상기 최저 추가 비용 관로 순 관경 증가 및 수압 체크 단계(S455)에서 체크된 체크 수압이 상기 사전 설정 최소 수압 이상 여부를 판단 확인하는 체크 수압 비교 판단 단계(S456)과, 상기 체크 수압 비교 판단 단계(S456) 후, 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은 경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 관망 보정이 완료되었는지 여부를 확인 판단하는 보정 완료 판단 단계(S457)를 포함할 수도 있다.

- [13] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 관망 통합 단계(S40) 후, 상기 관망에 대하여 저장부에 사전설정된 사전 설정 해 발생 회수로 메타휴리스틱 방식으로 해를 도출하여 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이고 상기 관망의 비용을 나타내는 목적 함수를 최소화시키는 상기 관망의 관로 관경을 산출하는 관망 최적화 단계(S50)를 더 구비할 수도 있다.

- [14] 상기 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 있어서, 상기 관망 최적화 단계(S50)는: 상기 관망 통합 단계(S40)의 관망 보정 단계에서 산출된 상기 관망에 대한 관로에 대한 목적 함수를 산출하는 보정 관망 목적 함수 산출 단계(S51)와, 상기 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의의 선택하는 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)와, 상기 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)에서 선택된 상기 관망에 대한 목적 함수를 산출하는 관망 목적 함수 산출 단계(S55)와, 상기 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출하는 관망 절점 압력 체크 단계(S56)와, 상기 관망 목적 함수 산출 단계(S55)에서 산출된 관망 목적 함수와, 상기 관망 절점 압력 체크 단계(S56)에서 산출된 관망 절점 압력에 기초하여 상기 관망의 목적 함수를 갱신하는 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)와, 상기 관망 통합 단계(S40)에서 생성된 관망 배열을, 상기 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)에서 산출된 상기 목적 함수에 따라 상기 관망 배열을 정렬시키는 관망 배열 정렬 단계(S59)를 포함할 수도 있다.

발명의 효과

- [15] 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

- [16] 첫째, 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법은, 관망 내의 수리 요소를 통해 공학적인 관점에서 대규모의 관망을 소규모의 하위관망으로 분할하므로 최적설계 대상 문제의 사이즈를 효과적으로 감소시켜 보다 빠른 시간에 우수한 1차 설계안을 도출하도록 지원한다.
- [17] 둘째, 본 발명에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법은, 다양한 메타휴리스틱 기법과 결합할 수 있으며, 이를 통해 각 메타휴리스틱 최적설계 기법의 효율성을 극대화시킬 수 있다.

[18]

- [19] 본 발명은 도면에 도시된 일실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구 범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [20] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 장치의 개략적인 블록 선도이다.
- [21] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 개략적인 흐름도이다.
- [22] 도 3은 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 입력 기본 해석 단계의 세부 흐름도이다.
- [23] 도 4는 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 관망 분할 단계의 세부 흐름도이다.
- [24] 도 5 및 도 6은 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 입력 기본 해석 단계 및 관망 분할 단계를 통하여 도출되는 관망의 개략적인 구성도이다.
- [25] 도 7은 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 하위 관망 최적화 단계의 세부 흐름도이다.
- [26] 도 8은 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 하위 관망 최적화 단계의 하위 관망 초기해 생성 단계의 세부 흐름도이다.
- [27] 도 9는 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 하위 관망 최적화 단계의 하위 관망 초기해 업데이트 단계의 세부 흐름도이다.
- [28] 도 10은 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 관망 통합 단계의 세부 흐름도이다.
- [29] 도 11은 본 발명의 일시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법의 관망 최적화 단계의 세부 흐름도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [30] 이하에서는 본 발명에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 장치(10) 및 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법에 대하여 도면을 참조하여 설명하기로 한다.
- [31] 본 발명에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법을 실행하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 장치(10)는 입력부(10)와, 제어부(20)와, 저장부(30)와, 연산부(40)와 출력부(50)를 포함한다.
- [32] 입력부(10)는 조작자에 의하여 입력 가능한 키보드 내지 USB, 플래쉬 메모리 등의 기타 외부 저장 입력 장치를 포함하는 입력 장치로 구현된다. 입력부(10)를 통하여 조작자는 관망 정보를 입력할 수 있는데 관망 정보는 복수 개의 대상 저수지와 연결되는 관망을 구성하는 복수 개의 관로 및 복수 개의 관로 사이의 절점에 대한 정보를 포함한다.
- [33] 제어부(20)는 입력부(10)를 통하여 입력되는 관망 정보를 저장부(30)에 저장하고, 통상적인 수리 해석 및 수질 해석 산출 과정을 연산부(40)로 하여금 실행토록 하여 관망의 연결된 관로 및 절점에서의 유량 및 수압을 산출할 수 있다. 또한, 제어부(20)는 산출된 수리 및 수질 해석 결과를 이용하여 통상적인 메타휴리스틱 해석 방식을 실행하고, 이를 본원 발명의 수원 추적 기반 관망 설계에 적용할 수 있다.
- [34] 저장부(30)는 제어부(20)의 저장 제어 신호에 따라 입력부(10)를 통하여 입력되는 관망 정보 및 사전 설정 최소 수압 및 사전 설정 해 발생 회수를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하여 제어부(20)를 통하여 설계 방법의 구현 시 사전 설정 데이터를 활용 가능하도록 할 수 있다.
- [35] 연산부(40)는 제어부(20)의 연산 제어 신호에 따라 연산 수행하여 소정의 해를 산출하여 메타휴리스틱 방식을 이용하는 관망의 관로를 최적화시키는 해 도출을 가능하게 할 수 있다.
- [36] 출력부(50)는 제어부(20)의 출력 제어 신호에 따라 작동하여 소정의 최적화된 관로 및 절점을 포함하는 관망에 대한 데이터를 출력할 수 있는데, 본 발명의 출력부(50)는 디스플레이 출력부(미도시)를 포함하여 출력된 관망 정보를 화상 출력하는 구조를 취할 수도 있다.
- [37] 본 발명에서 실행되는 메타휴리스틱 기법은 선형계획법 하에서의 최적해에 대한 구체성의 결여 및 비선형 계획법 하에서의 지역에 국한된 최적해 도출이라는 지엽적 한정의 문제점을 해소하는 유전알고리즘 기법, 시뮬레이티드 어닐링타부서치, 개미알고리즘 내지 하모니써치 알고리즘 기법 등을 포함하는 통상적인 최적해 도출 방식 기법을 나타내며, 본 발명에서는 해의 도출에 있어 통상적인 메타휴리스틱 기법을 이용하는바, 이에 대한 자세한 설명은 생략하며, 본 발명은 이해를 용이하게 하고자 메타휴리스틱 기법의 하모니써치 알고리즘 방식의 무작위선택(random selection), 기억회상(memory

consideration), 피치조정(pitch adjustment) 중 무작위선택 기법을 중심으로 설명하나, 본 발명이 특정 메타휴리스틱 기법에 국한되는 것은 아니다.

[38] 본 발명의 일실시예에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 장치(10)에 대한 제어 방법은 다음과 같다.

[39] 먼저, 본 발명의 일실시예에 따른 입력부(10) 및 제어부(20) 및 저장부(30) 및 연산부(40)를 포함하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 장치(10)에 의하여 입력 기본 해석 단계(S10)가 실행되는데, 이의 구성은 상기한 바와 같다.

[40] 입력 기본 해석 단계(S10)에서 복수 개의 대상 저수지(R, 도 5 및 도 6 참조)와 연결되는 관망을 구성하는 관로(Pipe, 도 5 참조) 및 절점(J, 도 5 참조)의 정보를 입력하고, 수리 및 수질 분석을 통한 기본 해석을 실행한다. 즉, 앞서 기술된 바와 같이 입력부(10)를 통하여 관로(Pipe) 및 관로들이 연결되는 절점(J)과 복수 개의 대상 저수지(R)가 형성하는 상수도에 대한 관망(network)의 관망 정보가 입력되는데, 관망 정보는 이밖에도 관로에 연결되는 펌프 내지 밸브 등의 관로 정보와, 절점과 저수지 이외 탱크 등의 절점 정보를 포함할 수도 있고 이들 정보에는 각 관로, 절점, 저수지, 펌프, 밸브, 탱크 등의 고도에 대한 정보 및 수위정보 등을 포함할 수 있고, 절점에서의 설정 최소 수압을 포함하는 사전 설정 데이터가 입력될 수 있는데, 이를 통해 관망의 해석 및 설계를 위한 기본적인 데이터를 구성하게 되고 이러한 데이터는 저장부(30)에 저장된다.

[41] 또한, 단계 S10에서 제어부(20)는 입력부(10)를 통하여 입력되는 관망의 관망 정보를 이용하여 유량법 내지 수두법을 통해 수리 수질 해석을 실행하는 hardy Cross 법, 선형 이론법, newton-Raphson법, Gradient algorithm 등의 통상적인 상수도 관망 시스템 내의 물의 흐름과 에너지 분포 등을 계산하는 기초적인 수리 해석 및 수질 해석을 실행하여, 관로 정보를 이루는 관로 요소들에 대한 유량, 유속, 흐름 방향, 마찰 손실, 미소 손실 등의 결과를 산출하고, 절점 정보를 이루는 절점 요소들에 대한 수요 유량, 수압, 수두 등의 수리 정보와, 관망의 절점에 대한 수원 추적 정보를 산출하는 수질 정보를 획득할 수 있다. 즉, 관내 유량과 관로내에서 물의 이송경로를 나타내는 흐름 방향은 혼합, 잔류시간을 결정하는데 이용되며, 다른 수리적 특성들도 오염원의 이송과 농도감소에 영향을 준다. 수리해석의 시간변화모의의 결과를 수질해석의 시작점으로서 이용할 수 있고, 관내에서의 수질반응 모의 이외에 주로 이용되고 있는 해석이 물의 취수원 추적 (trace)과 물의 이동시간 (age) 계산을 실행하고, 물의 취수원 추적은 취수원이나 정수장이 여러곳일 경우 혼합비율을 계산하여 주는 기능으로 여러개의 수원, 즉 저수지에서 공급받고 있는 계통에서 추적계산은 각 절점이나 탱크에서 특정 수원에 대한 물의 비율로서 표현되는데, 이러한 계산은 특정 수원에 의해 영향을 받는 지점에 대한 분석에 유용하게 활용할 수 있고, 여러 수원으로부터 물의 혼합되는 정도를 관찰하고 수원의 변경을 검토하는데 이용할 수 있으며, 물의 체류시간은 관망내의 수리 및 수질해석의 근간이 되는 계산으로서, 시작점으로부터 물이 이동하면서의 누적시간을 계산하고, 물의

이동시간은 관로내에서뿐만 아니라 탱크에서의 체류시간 계산에서도 유용하게 사용할 수 있으며 현존하는 상용하는 상수관망의 수리 및 수질해석 프로그램은 다양하게 개발 및 제안되어 왔으며 각 프로그램을 통해 관망 내 각 요소의 거동을 정량적으로 모의할 수 있다. 이러한 해석프로그램을 토한 해석 결과로 도출된 수원추적 결과는 본 발명에서 제안한 기법에 적용될 수 있으며, 본 발명은 특정 수리 해석프로그램 및 수질 해석기법에 제한적이지 않고 포괄적으로 적용될 수 있는 분할 및 최적화를 통한 정확성 확보와 연산량 절감으로 도출 시간 단축을 수반하는 방법의 제시라는 특징이 있으며 이는 다양한 기법을 통한 수원추적 및 관망 최적설계에 적용될 수 있다는 장점이 있다고 볼 수 있다.

- [42] 이와 같은 기초적인 입력 기본 해석 단계(S10)가 실행된 후, 본 발명의 제어부(20)는 관망 분할 단계(S20)를 실행한다. 관망 분할 단계(S20)에서 제어부(20)는 관망의 절점(J) 및 관로(Pipe)에 대한 지배 저수지를 확인하여 관망을 복수 개의 하위 관망으로 분할한다.
- [43] 보다 구체적으로, 관망 분할 단계(S20)는 지배 저수지 설정 단계(S21)와 지배 저수지 별 관로 정렬 단계(S23)를 포함하는데,
- [44] 지배 저수지 설정 단계(S21)에서 제어부(20)는 입력 기본 해석 단계(S10)에서 실행된 관망의 수리 및 수질 해석 결과에 기초하여 관망을 구성하는 절점(J) 및 관로(Pipe)에 대하여 지배 저수지를 설정하는데, 여기서 지배 저수지는 저수지(R) 중 해당 절점 내지 관로를 유동하는 물의 사전 설정 비율 이상, 본 실시예에서는 50% 이상의 물을 공급받는 저수지로 정의된다.

[45] 표 1

[표1]

	저수지1	저수지2	...	저수지 m-1	저수지 m	총합(%)
절점 1	100	0	...	0	0	100
절점 2	60	10	...	0	15	100
...	...	...	...	...	...	...
절점 n-1	0	100	...	0	0	100
절점 n	20	0	...	65	0	100

- [46] 예를 들어, 상기 표 1에는 입력 기본 해석 단계(S10)에서 실행된 수질 해석의 결과가 도시되는데, 절점1의 경우 저수지1로부터 100%의 유량을 공급받고 나머지 저수지들로부터는 유량을 공급받지 않고, 절점2의 경우 다수의 저수지로부터 유량을 공급받지만 가장 많은 유량을 공급받는 지배적인 저수지는 저수지1임을 알 수 있고, 절점n의 경우 저수지1로부터도 유량을 공급받으나 지배적인 저수지는 저수지m-1임을 알 수 있다. 이러한 관계는

절점(J)뿐만 아니라 관로 요소 중 관로(Pipe)에 대해서도 동일한 과정을 통해 각 관로에 대해 어떤 저수지가 지배적인지를 판단할 수 있는데, 이와 같은 j 개의 관로가 존재한다고 가정할 경우 다음 표 2와 같은수원 추적 결과를 도출될 수 있다.

[47] 표 2

[표2]

	저수지1	저수지2	...	저수지 m-1	저수지 m	총합(%)
관로 1	80	0	...	0	10	100
관로 2	100	0	...	0	0	100
...	...	...	...	...	...	...
관로 j-1	0	0	...	100	0	100
관로 j	30	0	...	60	0	100

[48] 이와 같은 관로 요소 들의 수질 해석의 수원 추적 결과를 이용하여 관로에 대한 저수지의 영향도를 정리할 수 있고, 본 발명의 지배 저수지 설정 단계(S21)에서 제어부는, 관망의 각 관로 및 절점에 대한 지배 저수지를 설정하고, 해당 지배 저수지 별로 관로를 정렬하여(S23), 하위 관망을 설정한다(S25)(표 3 참조).

[49] 표 3

[표3]

	지배저수지	하위 관망
관로 1	저수지1	하위 관망 1
관로 2	저수지2	하위 관망 2
..	...	...
관로 j-1	저수지1	하위 관망 1
관로 j	저수지m	하위 관망 m

[50] 본 발명에서 하위 관망의 설정은 지배 저수지의 넘버링과 동일한 넘버링으로 실행하나 이는 일례로서 다른 표기 방식을 취할 수도 있다. 이와 같은 방식으로 지배 저수지 별로 하위 관망이 분류 설정될 수 있다.

[51] 도 5에는 본 발명의 일실시예에 따른 입력 기본 해석 단계의 입력 과정을 거쳐 얻어지는 관망의 정보로서, 먼저 저수지 R1을 시작점으로 하여 이어지는 각 흐름의 방향을 따라 시스템 내의 모든 절점으로 이어지는 경로를 분석하면, J1, J2, J3, J7, J9, J10, J11, J12의 경우 해당 절점을 지나는 유량의 100%가 저수지 R1으로부터 시작된 유량이라는 것을 알 수 있다. 반면 J5, J13의 경우 시스템의 흐름방향을 분석하면 R1으로부터 공급되는 유량은 없으며 R2로부터 유량의

100%를 공급받는 것을 알 수 있다. 또한 J4, J6, J8의 경우 R1을 시발점으로 한 유량과 R2를 시발점으로 한 유량이 섞여 있는 것을 확인할 수 있다. 만약 J4처럼 복수의 수원으로부터 물을 공급받는 지점의 경우(Pipe4로부터 R1의 물을 공급, Pipe5로부터 R2의 물을 공급) Pipe4와 Pipe5로부터 유입되는 유량의 비율을 가중평균하여 J4를 통과하는 유량 중 어느 만큼의 비율의 유량이 R1으로부터 유입되는 것인지 계산할 수 있다. 마찬가지로, 관로의 경우 해당 관로와 연결된 양 끝 절점 중 유량이 유입되는 지점의 절점의 수원추적 결과를 그대로 따르는데, 예를 들어 관로(Pipe3)의 경우 연결된 양 끝 절점 중 유량이 유입되는 절점이 J2이므로 J2의 추적 결과인 100%를 따르며, Pipe5의 경우 J5를 따라 0%, Pipe7의 경우 J4의 결과를 따라 99%를 나타내고, 이러한 과정을 거쳐 각 절점 및 관로에 존재하는 유량 중 어느비율 만큼의 유량이 저수지 R1으로부터 시작되는지 계산한 결과는 도 6에 도시되는 바와 같다. 즉, 도 5의 관망 정보를 입력 기본 해석 단계에서의 수리 해석 및 수질 해석을 거쳐 도 6과 같은 기본적인 관망 해석 정보가 도출될 수 있는데, 이와 같은 입력 기본 해석 단계(S10)를 통해 관망 시스템 내에 존재하는 저수지의 수만큼의 수원추적을 각각 수행하면 특정 절점 및 관로에 유량을 가장 큰 비율로 공급하는 저수지가 어떤 저수지인지 (지배적인 저수지)를 정량적으로 비교하는 것이 가능하고 비교 결과를 바탕으로 관망 분할 단계(S20)에서 전체 상수도 관망 시스템을 소규모의 하위관망들로 구분할 수 있으며 예로 든 관망 시스템의 경우 하위 관망(sub-network) R1과 하위관망(sub-network) R2로 분할이 가능하다.

[52]

[53] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 최적화 단계(S30)를 실행하는데, 하위 관망 최적화 단계(S30)에서 제어부(20)는 관망 분할 단계(S20)에서 분할된 하위 관망에 대하여 저장부(30)에 사전설정된 사전 설정 해 발생 회수(ns)로 메타휴리스틱 방식을 이용하여 해를 도출하고, 절점(J)에서의 수압(WPJ)이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압(WPs) 이상이고 하위 관망의 비용을 나타내는 목적 함수(비용 함수; cost)를 최소화시키는 분할된 하위 관망의 관로 관경을 산출한다.

[54] 본 실시예에서 목적 함수는 상수도 관망 시스템을 설계함에 있어서 가장 기초적인 설계 비용을 최소화시키는 것으로 정의한다. 본 실시예에서 상수도 관망의 설계비용은 상업용 관경별 비용과 각 관로의 길이의 곱으로 나타내며, 네트워크의 모든 관의 비용을 합한 것으로 정의하는데 다음과 같이 표현된다.

[55]

$$cost = \sum_{i=1}^N C(D_i) L_i$$

[56] 여기서, C(Di)=관경별 단위길이 (m)당 비용함수, Li=관로길이 (m), Di=관경 (mm), N=관로의 총 개수를 나타낸다.

[57] 또한, 하위 관망 최적화 단계 및 관망 최적화 단계에서 하기되는 바와 같이 목적

함수의 갱신 과정에서 경우에 따라, 최적 설계 개별 단계의 절점에서의 수압이 사전 설정 최소 수압을 비교하는 수리해석과정에서 각 절점의 압력이 해당 압력조건을 만족하지 못할 경우 목적 함수에 벌칙상수를 부과하여 목적 함수의 결과치를 갱신하는 과정을 벌점 과정 실행이 포함될 수도 있는데, 벌칙 함수(P_i)는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$[58] \quad P_i = \alpha (|h_i - h_{\min}| \text{ or } |h_{\max} - h_i|) + \beta$$

[59] 여기서, h_i : 각 절점의 압력수두 (m), $h_{\min}$: 최소압력수두 (m), $h_{\max}$: 최대압력수두 (m), α, β : 벌칙상수를 나타낸다. 목적 함수에서 벌칙 함수가 직접 가감되거나 별도의 산술식을 통하여 적용될 수도 있는 등 벌칙 함수의 목적 함수에의 반영은 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.

[60] 이와 같은 하위 관망 최적화 단계(S30)는 보다 구체적으로, 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)와, 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)와, 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)와, 하위 관망 최적화 산출 단계(S37)를 포함한다.

[61] 먼저, 제어부(20)는 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)에서, 저장부에 사전 설정 저장된 사전 설정 해 발생 회수(ns) 및 설정 최소 수압(WPs) 및 사전 설정 관로(Pipes)를 이용 준비하고, 하위 관망(subnetwork)의 관로가 이루는 비용을 해당 하위 관망에 대한 목적 함수로 설정하는데, 이에 대한 목적함수는 상기한 바와 같고 각 하위 관망에 대한 최적화를 위한 준비를 실행한다.

[62] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)를 실행하는데, 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)에서 제어부(20)는 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)에서 설정되는 목적 함수를 이용하여 해당 하위 관망에 대한 관로를 사전 설정 관로 중 임의의 선택하여 목적 함수(cost)를 산출하고, 절점(J)에서의 수압(WPi)이 저장부(30)에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압(WPs) 이상인지 여부를 확인하여 결과에 따라 목적 함수(cost)를 갱신하여 하위 관망(subnetwork)에 대한 하나 이상의 하위 관망 배열을 목적 함수 별로 정렬한다.

[63] 즉, 본 발명의 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)는, 하위 관망 배열 생성 단계(S331)와, 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)와, 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)와, 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)와, 하위 관망 배열 정렬 단계(S339)를 포함한다.

[64] 먼저, 하위 관망 배열 생성 단계(S331)에서 제어부(20)는 하위 관망(subnetwork1,2)에 대한 하나 이상의 하위 관망 배열을 형성하는데, 여기서 하위 관망 배열은 해당 하위 관망에 대한 관로들에 대한 복수 개의 행 내지 열로 정의한다. 즉, 메모리 장치로 구현되는 저장부(3)에 할당된 하위 관망의 관로들이 가질 수 있는 해의 개수를 행렬로 정의한 것으로서 예를 들어 하위 관망1이 관로1,2,3으로 구성되고 저장부(30)에 할당된 하위 관망1에 대한 해의 행 내지 열의 개수가 3개인 경우, 하위관망 1의 관로 1,2,3은 각각 관로 1,2,3에 대하여

{관로1의 관경 1, 관로2의 관경1, 관로3의 관경1},{관로1의 관경 2, 관로2의 관경2, 관로3의 관경2},{관로1의 관경 3, 관로2의 관경3, 관로3의 관경3}과 같은 조합의 하위 관망 배열을 형성할 수 있고, 새로이 연산되는 해당 하위 관망에 대한 새로운 해는 하위 관망 배열 중 사전 설정 기준에 따라 종전 조합 중 하나를 삭제하고 추가되거나 종전 해당 하위 관망 배열이 유지되는 방식으로 갱신될 수 있다.

- [65] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)를 실행하는데, 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)에서 제어부(20)는 하위 관망(subnetwork)에 대한 관로(Pipe)를 사전 설정 관로(Pipe,s) 중 임의 선택한다. 여기서, 사전 설정 관로(Pipe,s)는 상용화되어 실제 현장에서 적용 가능한 관로의 데이터로서 사전 설정 관로(Pipe,s)는 소정의 설정된 관경을 갖도록 구성되고 비용 데이터는 사전 설정 데이터 중의 하나로 저장부(30)에 사전 설정 저장되어 목적 함수로서의 비용 함수 산출시 소정의 비용 도출이 가능하다.
- [66] 즉, 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)가 종료된 후 제어부(20)는 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)를 실행하는데, 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)에서 제어부(20)는 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)에서 선택된 하위 관망에 대한 목적 함수를 산출하는데, 목적 함수의 산출 방식은 상기한 바와 동일하다.
- [67] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)를 실행하는데, 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)에서 제어부(20)는 하위 관망의 절점(J)에 대한 절점 압력(WPi)을 산출한다. 즉, 상기 단계 S10에서 언급된 통상적인 수리 해석 및 수질 해석 과정을 통하여 분할 후 랜덤하게 선택된 관로로 구성되는 하위 관망의 절점에서의 절점 압력을 산출하여 절점 압력이 사전 설정 최소 수압(WPs)의 구속 조건을 충족하는지 여부를 판단하는 자료로 사용한다.
- [68] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)에서 산출된 절점 압력과 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)에서 산출된 하위 관망 목적 함수를 이용하여 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)에서 하위 관망의 목적 함수를 갱신하고 gkdn1 관망 배열 정렬 단계(S339)에서 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)에서 산출된 하위 관망 배열을 목적 함수에 따라 배열 정렬시킨다.
- [69] 즉, 단계 S337에서 절점 압력이 사전 설정 최소 수압(WPs) 이상인 경우 제어부(20)는 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)에서 별도의 갱신을 실행하지 않고 하위 관망 배열 생성 단계(S331)에서 생성된 하위 관망 해의 조합인 하위 관망 배열을 그대로 유지시키고 추가하되, 단계 S339에서 해당 하위 관망의 해의 조합인 하위 관망 배열을 목적 함수에 따라 배열 정렬하여 할당된 수만큼의 해의 조합만을 유지시킨다.
- [70] 반면, 단계 S337에서 하나 이상의 절점 압력이 사전 설정 최소 수압(WPs) 미만인 경우 제어부(20)는 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)에서 해당 절점의 최소 수압 미만 상태를 고려하여 별점을 산출하고 목적 함수에 별점을 반영하여

수정된 목적 함수를 포함하는 하위 관망의 해의 조합인 관망 배열을 형성하고(S338), 이를 단계 S339에서 목적 함수에 따라 하위 관망 배열을 정렬하여 저장부에 할당된 수만큼의 해의 조합을 이루는 하위 관망 배열을 정렬 형성한다.

[71]

[72] 그런 후, 제어부(20)는 이와 같은 하위 관망 초기해 생성 단계에서 초기해로 구성되는 하위 관망 배열을 산출하고, 이를 이용하여 하위 관망 초기해를 업데이트하는 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)를 실행한다.

[73] 제어부(20)는 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)에서 해당 하위 관망에 대한 관로를 사전 설정 관로 중 임의의 선택하여 해당 관로가 이루는 하위 관망에 대한 목적 함수를 새로이 산출하고, 절점에서의 수압이 저장부(30)에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압(WPs) 이상인지 여부를 확인하여 결과에 따라 목적 함수(cost)를 갱신하여, 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)에서 생성된 하위 관망 배열을 목적 함수(cost) 별로 사전 설정 해 발생 회수(ns)만큼 반복 정렬한다.

[74] 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)는 하위 관망 업데이트 관로 랜덤 선택 단계(S351)와, 하위 관망 업데이트 목적 함수 산출 단계(S353)와, 하위 관망 업데이트 절점 압력 산출 단계(S355)와, 하위 관망 업데이트 목적 함수 갱신 단계(S357)와, 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)를 포함한다.

[75] 먼저, 하위 관망 업데이트 관로 랜덤 선택 단계(S351)에서 제어부(20)는 하위 관망에 대한 관로(Pipe)를 사전 설정 관로(Pipe,s) 중 임의의 선택하는데, 이는 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)의 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)와 유사한데 하위 관망의 관경으로 구성되는 해의 조합을 갱신하도록 사전 설정 관로(Pipek,s) 중 임의의 선택된 관로에 대한 하부 관망의 구성을 임의의 재설계한다.

[76] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 업데이트 관로 랜덤 선택 단계(S351)에서 랜덤 선택된 관로로 구성되는 하위 관망에 대한 비용 즉, 목적 함수를 산출하는 하위 관망 업데이트 목적 함수 산출 단계(S353)를 실행한다.

[77] 그런 후, 본 발명의 제어부(20)는 랜덤하게 형성된 하위 관망의 관로에 대한 목적 함수가 최소 비용을 형성하는 값을 갖더라도 하위 관망으로서의 절점에서의 압력이 사전 설정 최소 수압보다 작은 값을 가질 경우 원활한 상수도 관망을 구성하기 어렵다는 점에서 본 발명의 제어부(20)는 하위 관망 업데이트 절점 압력 산출 단계(S355)를 실행하여 하위 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출한다.

[78] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 업데이트 절점 압력 산출 단계(S355)에서 산출된 절점 압력과, 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S353)에서 산출된 하위 관망 목적 함수에 기초하여 하위 관망 업데이트 목적 함수 갱신 단계(S357)를 실행하고, 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)에 대한 하위 관망 배열을 재배열 정렬함으로써 하위 관망을 구성하는 새로운 해의 포함 여부를 결정하고 하위 관망 배열을 재구성하거나 종전의 하위 관망 배열을 유지시키는 소정의

하위 관망의 관로의 관경으로 형성되는 최적 설계 해의 조합인 하위 관망 배열을 업데이트 갱신한다.

- [79] 이와 같은 하위 관망의 관로의 해에 대한 업데이트가 종료된 후, 제어부(20)는 하위 관망 업데이트 회수 비교 단계(S3591)를 실행하는데, 하위 관망 업데이트 회수 비교 단계(S3591)에서 제어부(20)는 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359) 후에, 사전 설정 해 발생 회수(ns)와 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)의 반복 회수(Np)를 비교하는데, 사전 설정 해 발생 회수(ns)보다 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)의 반복 회수(Np)가 작다면 제어 흐름을 단계 S351로 복귀시켜 소정의 업데이트 과정을 반복실행하고, 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)의 반복 회수(Np)가 사전 설정 해 발생 회수(ns) 이상이라면 제어 흐름을 단계 S35를 종료시키고 단계 S37로 전환시킨다.
- [80] 그런 후, 제어부(20)는 하위 관망 최적화 산출 단계(S37)에서 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)에서 산출된 하위 관망의 관로 정보를 하위 관망 최적화 해로 출력하고 제어 흐름을 단계 S40으로 진행시킨다.
- [81] 관망 통합 단계(S40)에서 제어부(20)는 하위 관망 최적화 단계(S30)에서 산출된 분할된 하위 관망을 하위 관망의 연결되는 절점을 중심으로 연결시키고, 하위 관망 최적화 단계(S30)에서 산출된 분할된 하위 관망의 관망 정보를 이용하여 통합된 관망의 절점에서의 수압이 저장부(30)에 사전 설정 저장된 사전 설정 최소 수압(WPs) 이상이 되도록 관망의 관로를 보정한다.
- [82] 즉, 관망 통합 단계(S40)는 전체 관망 통합 수리 해석 단계(S41)와, 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)와, 관망 보정 단계(S45)를 포함한다. 먼저 전체 관망 통합 수리 해석 단계(S41)에서 제어부(20)는 최적화된 하위 관망을 통합하고 수리 해석하는데, 이러한 수리 해석 단계는 최적화된 분할 하위 관망의 하위 관망 배열 정보를 이용하여 전체 관망을 대상으로 한다는 점을 제외하고 앞서 기술된 입력 기초 해석 단계(S10)에서 언급된 통상적인 수리 해석 과정과 동일한바, 중복된 설명은 생략한다. 하위 관망 최적화 단계(S30)에서 얻어진 분할된 개별 하위 관망에 대한 하위 관망의 관로에 대한 관경의 최적화 해로 구성되는 하위 관망 배열을 이용하여 복수 개의 저수지와 전체 관망을 고려하여 각 관로가 연결되는 전체 관망의 절점에 대한 수압이 산출된 후, 제어부(20)는 산출된 절점의 수압은 저장부(30)에 사전 설정 저장된 사전 설정 최소 수압(WPs)와 비교되는 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)를 실행한다.
- [83] 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)에서의 비교 결과에 따라 관망의 보정 여부, 즉 관망 보정 단계(S45)의 실행 여부가 결정된다. 즉, 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)에서 절점의 수압이 사전 설정 저장된 사전 설정 최소 수압(WPs) 미만인 경우, 제어부(20)는 제어 흐름을 관망 보정 단계(S45)로 전환시키고, 반면, 전체 관망의 절점에서의 절점 수압이 사전 설정 저장된 사전 설정 최소 수압(WPs) 이상인 경우 제어부(20)는 제어 흐름을 관망 정보 출력 단계(S47)로 진행하여 통합된 관망의 관망 정보를 출력 전달한다.

- [84] 관망 보정 단계(S45)가 실행되는 경우, 제어부(20)는 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)에서 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 지배 저수지 경로를 탐색하고, 비용을 최소화시키는 관로 변경을 이루고 관망의 절점의 수압이 사전 설정 최소 수압 이상이 되도록 관망을 보정한다. 보다 구체적으로, 관망 보정 단계(S45)는 지배 저수지 경로 탐색 단계(S451)와, 해당 지배 저수지 경로 비용 산출(S452)와, 각 관로 관경 비용 산출 단계(S453)와, 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S454)와, 최저 추가 비용 관로 순 관경 증가 및 수압 체크 단계(S455)와, 체크 수압 비교 판단 단계(S456)과, 보정 완료 판단 단계(S457)를 포함한다.
- [85] 먼저, 지배 저수지 경로 탐색 단계(S451)에서 제어부(20)는 전체 관망의 절점의 수압이 저장부(30)에 저장된 사전 설정 데이터 중의 하나인 사전 설정 최소 수압보다 작은 경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 지배 저수지 경로를 탐색한다. 즉, 제어부(20)는 절점 압력이 사전 설정 최소 수압보다 작은 절점에 대하여 해당 절점부터 해당 절점의 지배 저수지까지의 관로 및 절점으로 이루어지는 지배 저수지 경로를 탐색하여 경로 추출한다.
- [86] 그런 후, 제어부(20)는 해당 지배 저수지 경로 비용 산출(S452)를 실행하는데, 해당 지배 저수지 경로 비용 산출(S452)에서 제어부(20)는 지배 저수지 경로의 비용을 산출한다. 여기서, 비용 산출은 해당 지배 저수지 경로에 대한 관로 요소 및 절점 요소들에 소요되는 비용의 합으로 앞서 언급된 목적 함수 산출 방식과 동일한 방식으로 이루어질 수도 있다.
- [87] 그런 후, 제어부(20)는 해당 지배 저수지 경로에서의 각 관로를 증가시키는 경우, 즉 본 실시예에서는 각 관로의 관경을 사전 설정 관로(Pipe,s) 중 한 치수 큰 관경을 갖는 관로로 선택 교체하는 경우 소요되는 해당 지배 저수지 경로에 대한 비용을 산출하는 각 관로 관경 비용 산출 단계(S453)를 실행한다. 예를 들어, 지배 저수지로부터 문제의 절점까지 {J1, J2, J3}의 관로로 해당 지배 저수지 경로가 이루어진 경우, 각 관로는 {Pipe,s1, Pipe,s2, Pipe,s2}로 구성된다고 할 때(Pipe,s1<Pipe,s2<Pipe,s3), {J1, J2, J3}의 관로를 {Pipe,s2, Pipe,s2, Pipe,s2}, {Pipe,s1, Pipe,s3, Pipe,s2}, {Pipe,s1, Pipe,s2, Pipe,s3}로 하나씩 관경을 증가시키거나 내지는 경우에 따라 {Pipe,s2, Pipe,s3, Pipe,s2}, {Pipe,s2, Pipe,s2, Pipe,s3}, {Pipe,s1, Pipe,s3, Pipe,s3}과 같이 두 개의 관로에 대하여 한 관경씩 증가시키는 조합 내지는, {Pipe,s2, Pipe,s3, Pipe,s3}과 같이 세 개의 관로에 대하여 한 관경씩 증가시키는 조합으로 각 관로 관경 비용 산출 단계(S453)를 실행할 수 있다.
- [88] 그런 후, 제어부(20)는 각 관로 관경 비용 산출 단계(S453)의 해당 지배 저수지 경로에 대한 각 관로의 관경을 증가시킬 경우 발생하는 비용에 대한 추가 비용을 산출하는 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S454)를 실행한다. 즉, 제어부(20)는 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S454)에서, 지배 저수지 경로의 각 관로의 관경을 사전 설정 관로 중 관경을 증가시키는 관로로 대체하는 경우 증가되는

- 추가 비용을 산출하여 실질적으로 각 경우에 대한 추가 증가 비용을 산출한다.
- [89] 그런 후, 제어부(20)는 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S454)에서 산출된 추가 증가 비용을 최저 추가 비용이 이루어지는 해당 지배 저수지 경로에 대한 관로 순으로 관경 증가시킨 경우를 형성 적용하고 수리 해석을 통하여 얻어지는 관망 정보로 해당 절점에서의 수압을 체크하는 최저 추가 비용 관로 순 관경증가 및 수압 체크 단계(S455)를 실행한다.
- [90] 최저 추가 비용 관로 순 관경 증가 및 수압 체크 단계(S455)에서 얻어지는 해당 절점에서의 수압(WP)이 사전 설정 최소 수압(WPs) 이상인지 여부가 체크 수압 비교 판단 단계(S456)에서 실행되고, 만약 체크 수압 비교 판단 단계(S456)에서 절점 수압이 사전 설정 최소 수압이상이라고 판단한 경우, 관망의 절점의 수압이 사전 설정 최소 수압미만이라고 단계 S43에서 판단된 모든 절점에 대한 보정이 완료되었는지 여부를 판단하는 보정 완료 판단 단계(S457)를 실행하고, 반대로 체크 수압 비교 판단 단계(S456)에서 절점 수압이 사전 설정 최소 수압미만이라고 판단한 경우 제어부(20)는 제어 흐름을 단계 S455로 전환시켜 해당 증가된 관경을 원래 사이즈의 관경으로 복귀시키고 다른 관경의 관경 크기를 증가시킨 경우로 설정하고 단계 S455를 반복한다.
- [91] 이와 같은 관망 통합 단계(S40)가 완료된 후, 제어부(20)는 바로 해당 관망에 대한 최적화된 관로의 관경 정보를 출력하지 않고 경우에 따라 전체 관망에 대한 관망 최적화 단계(S50)를 더 실행하는 구조를 취할 수도 있다. 즉, 제어부(20)는 관망 통합 단계(S40) 후 관망 최적화 단계(S50)에서, 관망에 대하여 저장부(30)에 사전설정된 사전 설정 해 발생 회수(ns)로 메타휴리스틱 방식으로 해를 도출하여 절점에서의 수압이 저장부(30)에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압(WPs) 이상이고 관망(network)의 비용을 나타내는 목적 함수(cost)를 최소화시키는 관망의 관로 관경을 산출한다. 보다 구체적으로, 관망 최적화 단계(S50)는 보정 관망 목적 함수 산출 단계(S51)와, 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)와, 관망 목적 함수 산출 단계(S55)와, 관망 절점 압력 체크 단계(S56)와, 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)와, 관망 배열 정렬 단계(S59)를 포함하는데, 일부 단계의 실행 내용은 앞서 기술된 하위 관망 최적화 단계에서의 개별 단계와 대상을 전체 관망으로 형성한다는 점 이외 동일 내지 유사한 구조를 취할 수도 있다.
- [92] 먼저, 제어부(20)는 보정 관망 목적 함수 산출 단계(S51)에서 관망 통합 단계(S40)의 관망 보정 단계에서 산출된 관망에 대한 관로의 목적 함수를 산출하는데, 목적 함수는 앞서 기술된 비용 함수를 나타낸다.
- [93] 그런 후, 제어부(20)는 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)를 실행하여 관망에 대한 관로를 사전 설정 관로 중 임의 선택하고, 관망 목적 함수 산출 단계(S55)를 실행하여 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)에서 선택된 관망에 대한 목적 함수를 산출한다.
- [94] 그런 후, 제어부(20)는 관망 절점 압력 체크 단계(S56)를 실행하는데, 관망 절점 압력 체크 단계(S56)에서 제어부(20)는 관망의 절점에 대한 절점 압력을

산출하는 관망 절점 압력 체크 단계(S56)를 실행한다.

- [95] 그런 후, 제어부(20)는 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)를 실행하여 관망 목적 함수 산출 단계(S55)에서 산출된 관망 목적 함수와, 관망 절점 압력 체크 단계(S56)에서 산출된 관망 절점 압력에 기초하여 관망의 목적 함수를 갱신한다. 여기서, 경우에 따라 관망 절점 압력의 사전 설정 최소 압력과의 비교 결과에 따라 벌점 등이 부가되어 목적 함수가 조정될 수도 있다.

- [96] 그런 후, 제어부(20)는 관망 배열 정렬 단계(S59)를 실행하는데, 관망 배열 정렬 단계(S59)는 앞서 하위 관망 배열 정렬 단계(S3591)과 유사하다. 제어부(20)는 관망 통합 단계(S40)에서 생성된 관망 배열을, 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)에서 산출된 목적 함수에 따라 최적화된 해의 조합으로 형성되는 관망 배열을 정렬시킨다.

- [97] 이와 같은 전체 관망의 관로의 해에 대한 최적화 과정이 실행된 후, 제어부(20)는 관망 최적화 회수 비교 단계(S591)를 실행하는데, 관망 최적화 회수 비교 단계(S591)에서 제어부(20)는 관망 배열 정렬 단계(S59) 후에, 사전 설정 해 발생 회수(n_s)와 관망 배열 정렬 단계(S591)의 반복 회수(N_p)를 비교하여, 사전 설정 해 발생 회수(n_s)보다 관망 배열 정렬 단계(S591)의 반복 회수(N_p)가 작다면 제어 흐름을 단계 S53으로 복귀시켜 전체 관망에 대한 소정의 최적화 과정을 반복실행하고, 관망 배열 정렬 단계(S59)의 반복 회수(N_p)가 사전 설정 해 발생 회수(n_s) 이상이라면 제어 흐름을 단계 S50를 종료시키고 최적화된 전체 관망의 해 내지 관망 배열을 출력한다.

[98]

- [99] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 장치 및 이의 제어 방법은, 메타휴리스틱 방식의 최적해 도출 기법을 실행하되 각 절점에서의 수압이 최소 수압 기준을 충족시키는 구속 조건을 부가하여 최적해의 도출 시간을 최소화시키고 정확도를 증대시키는 구조를 이루는 범위에서 다양한 구성이 가능하다.

산업상 이용가능성

- [100] 본 발명은 상수도관망 최적설계 기법을 제시하였으나, 본 발명은 메타휴리스틱 방식을 이용하여 공급원과 수요가가 존재하는 다양한 네트워크의 설계에 적용할 수 있으며, 또한 물류시스템에 적용할 수도 있는 등 다양한 이용이 가능하다.

[101]

청구범위

- [청구항 1] 복수 개의 대상 저수지와 연결되는 관망을 구성하는 관로 및 절점의 정보를 입력하고, 수리 및 수질 분석을 통한 기본 해석을 실행하는 입력 기본 해석 단계(S10)와,
관망의 절점 및 관로에 대한 지배저수지를 확인하여 관망을 복수 개의 하위 관망으로 분할하는 관망 분할 단계(S20)와,
상기 관망 분할 단계(S20)에서 분할된 하위 관망에 대하여 저장부에 사전설정된 사전 설정 해 발생 회수로 메타휴리스틱 방식으로 해를 도출하여 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이고 하위 관망의 비용을 나타내는 목적 함수를 최소화시키는 상기 분할된 하위 관망의 관로 관경을 산출하는 하위 관망 최적화 단계(S30)와,
상기 하위 관망 최적화 단계(S30)에서 산출된 상기 분할된 하위 관망을 연결되는 절점을 중심으로 연결하되, 상기 관망의 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이 되도록 상기 관로를 보정하는 관망 통합 단계(S40)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서,
상기 입력 기본 해석 단계(S10)는:
입력부를 통하여 관망의 관로 및 절점 정보와 설정 최소 수압을 포함하는 사전 설정 데이터를 입력하여 상기 저장부에 저장하는 관망 정보 입력 단계(S11)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서,
상기 관망 분할 단계(S20)는:
상기 입력 기본 해석 단계(S10)에서 실행된 상기 관망의 수리 및 수질 해석 결과에 기초하여 상기 절점 및 상기 관로에 대하여 지배 저수지를 설정하는 지배 저수지 설정 단계(S21)와,
상기 지배 저수지 설정 단계(S21)에서 설정된 상기 관로를 해당 지배 저수지 별로 정렬하는 지배 저수지 별 관로 정렬 단계(S23)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.
- [청구항 4] 제 1항에 있어서,
상기 하위 관망 최적화 단계(S20)는:
저장부에 사전 설정 저장된 사전 설정 해 발생 회수 및 설정 최소 수압 및 사전 설정 관로를 이용 준비하고, 상기 하위 관망의 관로가 이루는 비용을 해당 하위 관망에 대한 목적 함수로 설정하는 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)와,

상기 하위 관망 최적화 준비 단계(S31)에서 설정되는 목적 함수를 이용하여 해당 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의 선택하여 목적 함수를 산출하고, 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상인지 여부를 확인하여 상기 목적 함수를 갱신하여 상기 하위 관망에 대한 하나 이상의 하위 관망 배열을 상기 목적 함수 별로 정렬하는 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)와, 해당 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의 선택하여 목적 함수를 새로이 산출하고, 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상인지 여부를 확인하여 상기 목적 함수를 갱신하여, 상기 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)에서 생성된 하위 관망 배열을 상기 목적 함수 별로 상기 사전 설정 해 발생 회수만큼 반복 정렬하는 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)와, 상기 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)에서 산출된 하위 관망의 관로 정보를 하위 관망 최적화 해로 출력하는 하위 관망 최적화 산출 단계(S37)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 5]

제 4항에 있어서,

상기 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)는:

상기 하위 관망에 대한 하나 이상의 하위 관망 배열을 형성하는 하위 관망 배열 생성 단계(S331)와,

상기 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의 선택하는 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)와,

상기 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S333)에서 선택된 상기 하위 관망에 대한 목적 함수를 산출하는 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)와,

상기 하위 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출하는 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)와,

상기 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S335)에서 산출된 하위 관망 목적 함수와, 상기 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S337)에서 산출된 하위 관망 절점 압력에 기초하여 상기 하위 관망의 목적 함수를 갱신하는 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)와,

상기 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S338)에서 산출된 하위 관망 배열을 상기 목적 함수에 따라 배열 정렬시키는 하위 관망 배열 정렬

단계(S339)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 6]

제 5항에 있어서,

상기 하위 관망 초기해 업데이트 단계(S35)는:

상기 하위 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의 선택하는 하위 관망 업데이트 관로 랜덤 선택 단계(S351)와,

상기 하위 관망 관로 랜덤 선택 단계(S353)에서 선택된 상기 하위 관망에 대한 목적 함수를 산출하는 하위 관망 업데이트 목적 함수 산출 단계(S353)와,

상기 하위 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출하는 하위 관망 업데이트 절점 압력 산출 단계(S355)와,

상기 하위 관망 목적 함수 산출 단계(S353)에서 산출된 하위 관망 목적 함수와, 상기 하위 관망 절점 압력 산출 단계(S355)에서 산출된 하위 관망 절점 압력에 기초하여 상기 하위 관망의 목적 함수를 갱신하는 하위 관망 업데이트 목적 함수 갱신 단계(S357)와,

상기 하위 관망 초기해 생성 단계(S33)에서 생성된 하위 관망 배열을, 상기 하위 관망 목적 함수 갱신 단계(S357)에서 산출된 상기 목적 함수에 따라 상기 하위 관망 배열을 정렬시키는 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 7] 제 6항에 있어서,
상기 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359) 후에, 상기 사전 설정 해 발생 회수와 상기 하위 관망 배열 업데이트 정렬 단계(S359)의 반복 회수를 비교하는 하위 관망 업데이트 회수 비교 단계(S3591)를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 8] 제 1항에 있어서,
상기 관망 통합 단계(S40)는:
상기 최적화된 하위 관망을 통합하고 수리 해석하는 전체 관망 통합 수리 해석 단계(S41)와,
상기 관망의 절점의 수압을 상기 사전 설정 최소 수압과 비교하는 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)와,
상기 전체 관망 절점 수압 비교 단계(S43)에서 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은 경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 지배 저수지 경로를 탐색하고, 비용을 최소화시키는 관로 변경을 이루고 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압 이상이 되도록 상기 관망을 보정하는 관망 보정 단계(S45)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 9] 제 8항에 있어서,
상기 관망 보정 단계(S45)는:
상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은 경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 지배 저수지 경로를 탐색하는 지배 저수지 경로 탐색 단계(S451)와,
상기 지배 저수지 경로의 비용을 산출하는 해당 지배 저수지 경로 비용

산출(S452)와,

상기 지배 저수지 경로의 각 관로의 관경을 상기 사전 설정 관로 중 관경을 증가시키는 관로로 대체하는 경우 비용을 산출하는 각 관로 관경 비용 산출 단계(S453)와,

상기 지배 저수지 경로의 각 관로의 관경을 상기 사전 설정 관로 중 관경을 증가시키는 관로로 대체하는 경우 증가되는 추가 비용을 산출하는 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S454)와,

상기 각 관로 관경 추가 비용 산출 단계(S453)에서 산출된 최저 추가 비용 관로 순으로 관경을 증가시키고 상기 관망의 절점의 수압을 체크하는 최저 추가 비용 관로 순 관경 증가 및 수압 체크 단계(S455)와,

상기 최저 추가 비용 관로 순 관경 증가 및 수압 체크 단계(S455)에서 체크된 체크 수압이 상기 사전 설정 최소 수압 이상 여부를 판단 확인하는 체크 수압 비교 판단 단계(S456)과,

상기 체크 수압 비교 판단 단계(S456) 후, 상기 관망의 절점의 수압이 상기 사전 설정 최소 수압보다 작은 경우 해당 절점부터 해당 지배 저수지까지의 관망 보정이 완료되었는지 여부를 확인 판단하는 보정 완료 판단 단계(S457)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 10]

제 9항에 있어서,

상기 관망 통합 단계(S40) 후, 상기 관망에 대하여 저장부에 사전설정된 사전 설정 해 발생 회수로 메타휴리스틱 방식으로 해를 도출하여 상기 절점에서의 수압이 상기 저장부에 사전 설정 저장된 설정 최소 수압 이상이고 상기 관망의 비용을 나타내는 목적 함수를 최소화시키는 상기 관망의 관로 관경을 산출하는 관망 최적화 단계(S50)를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

[청구항 11]

제 10항에 있어서,

상기 관망 최적화 단계(S50)는:

상기 관망 통합 단계(S40)의 관망 보정 단계에서 산출된 상기 관망에 대한 관로에 대한 목적 함수를 산출하는 보정 관망 목적 함수 산출 단계(S51)와,

상기 관망에 대한 관로를 상기 사전 설정 관로 중 임의 선택하는 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)와,

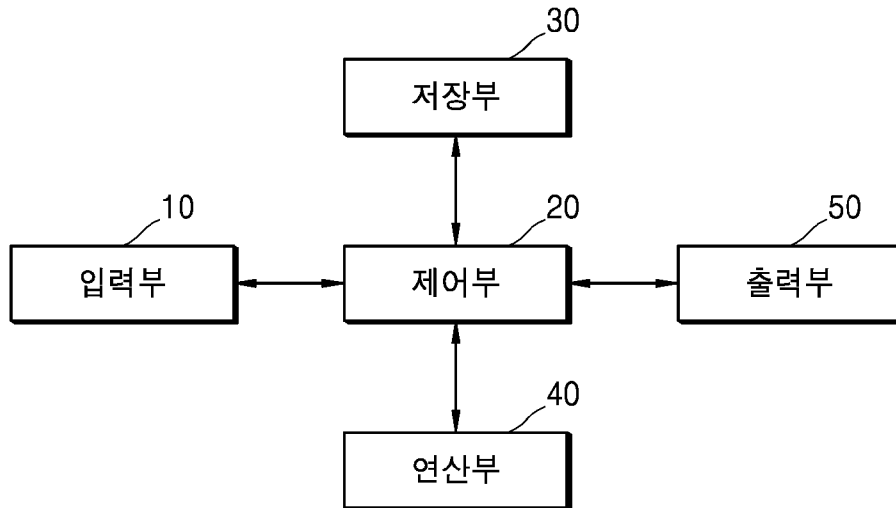
상기 관망 관로 랜덤 선택 단계(S53)에서 선택된 상기 관망에 대한 목적 함수를 산출하는 관망 목적 함수 산출 단계(S55)와,

상기 관망의 절점에 대한 절점 압력을 산출하는 관망 절점 압력 체크 단계(S56)와,

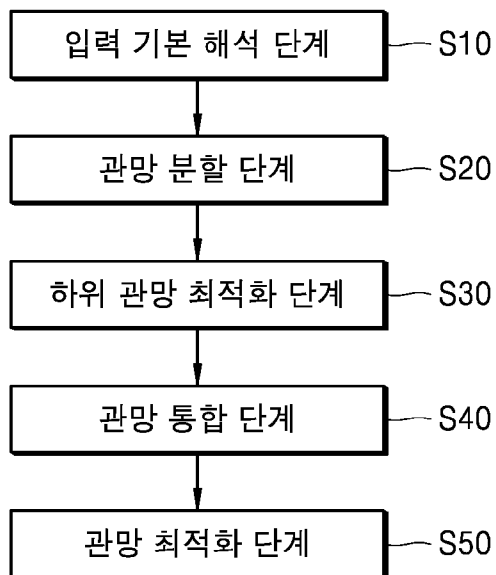
상기 관망 목적 함수 산출 단계(S55)에서 산출된 관망 목적 함수와, 상기 관망 절점 압력 체크 단계(S56)에서 산출된 관망 절점 압력에 기초하여

상기 관망의 목적 함수를 갱신하는 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)와, 상기 관망 통합 단계(S40)에서 생성된 관망 배열을, 상기 관망 목적 함수 갱신 단계(S57)에서 산출된 상기 목적 함수에 따라 상기 관망 배열을 정렬시키는 관망 배열 정렬 단계(S59)를 포함하는 것을 특징으로 하는 메타휴리스틱 수원 추적 기반 관망 설계 방법.

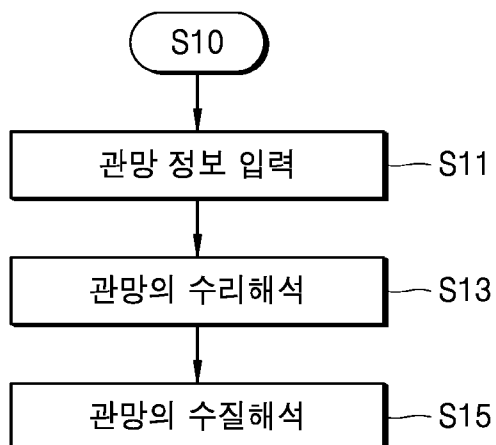
[도1]



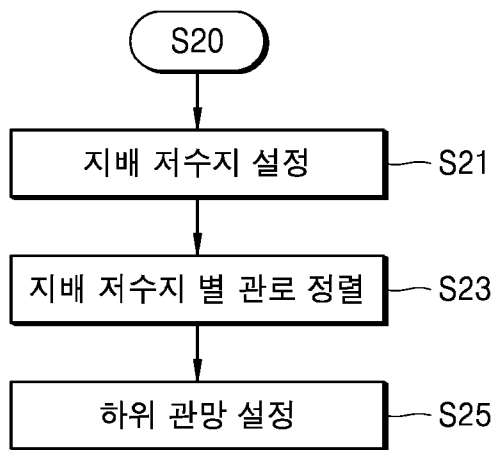
[도2]



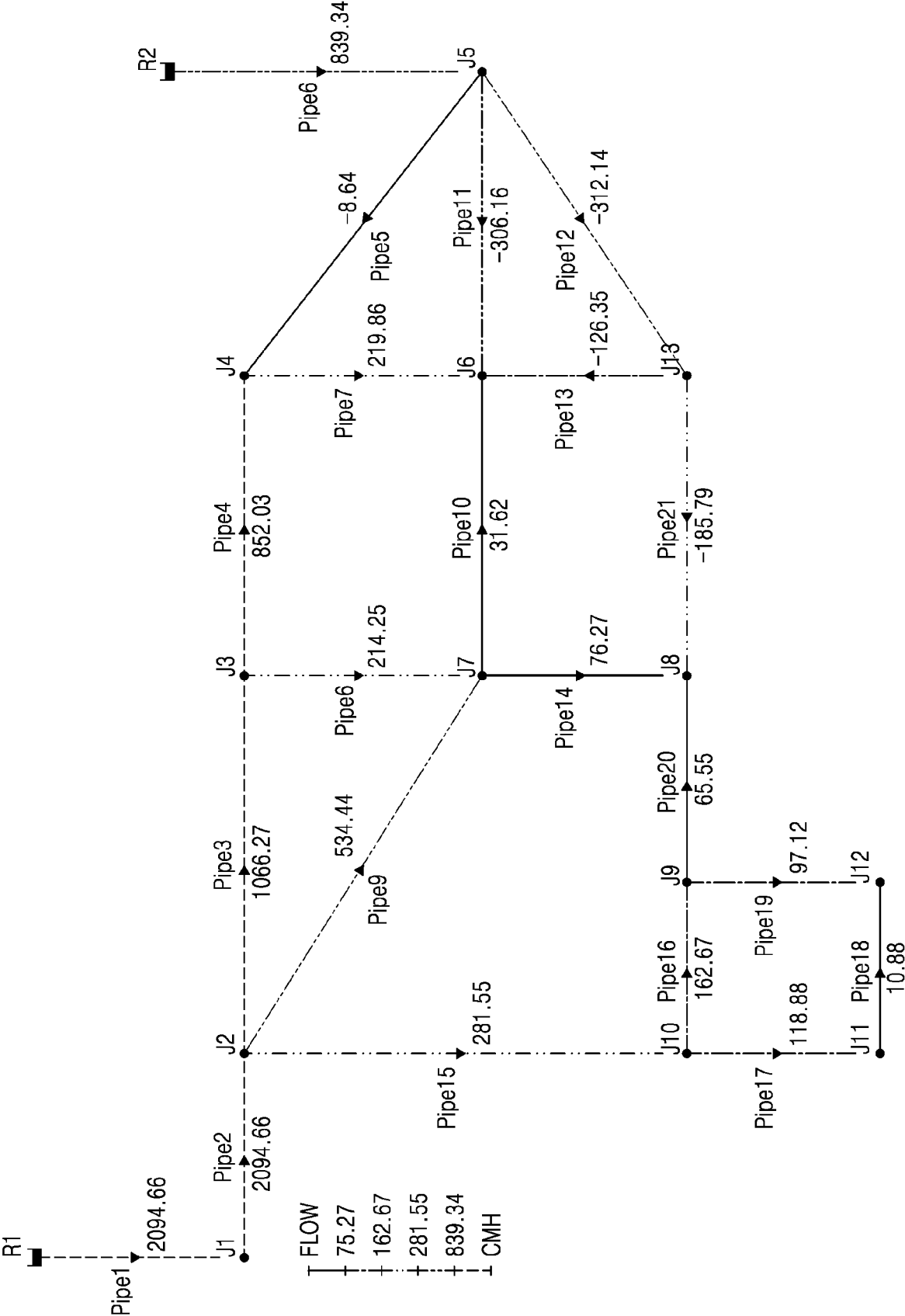
[도3]



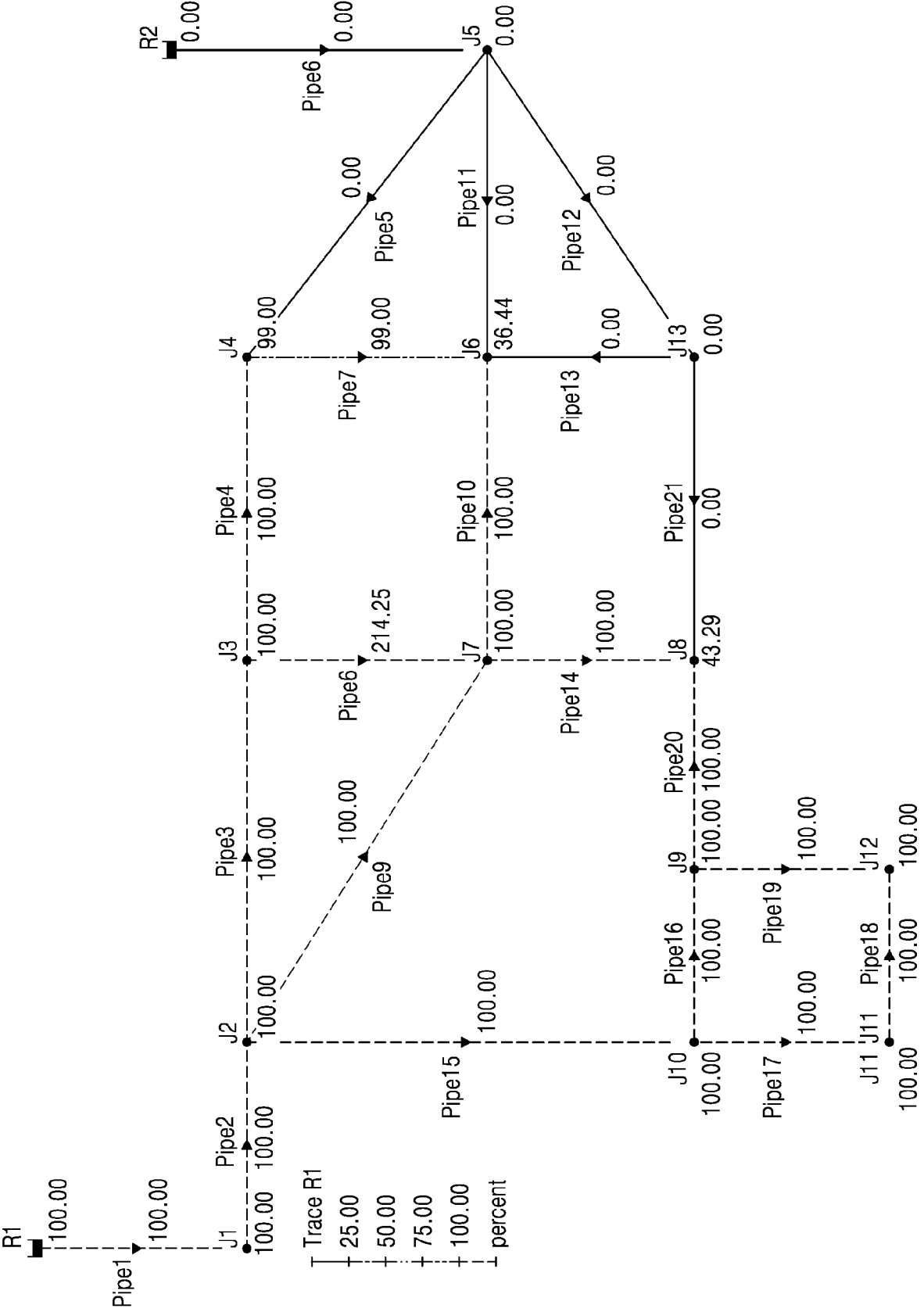
[도4]



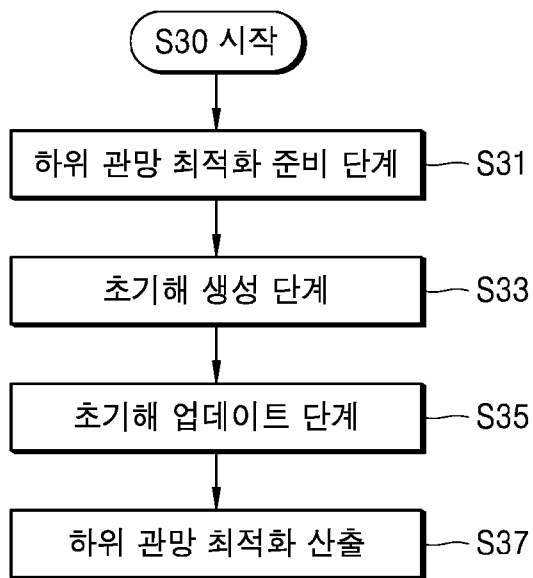
[도5]



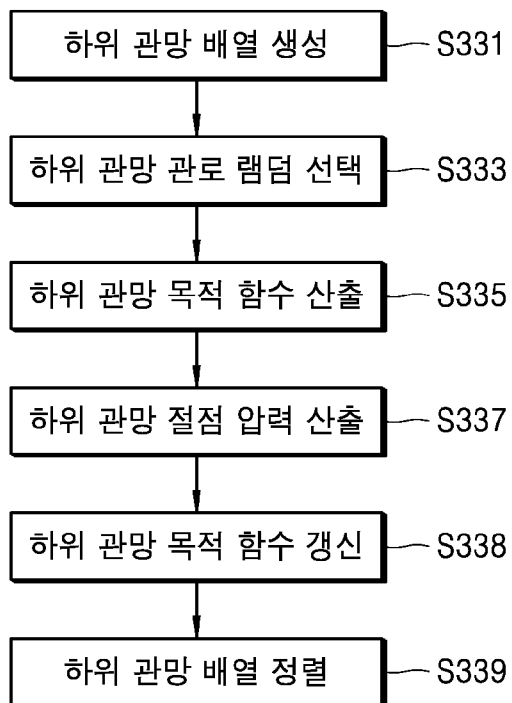
[도6]



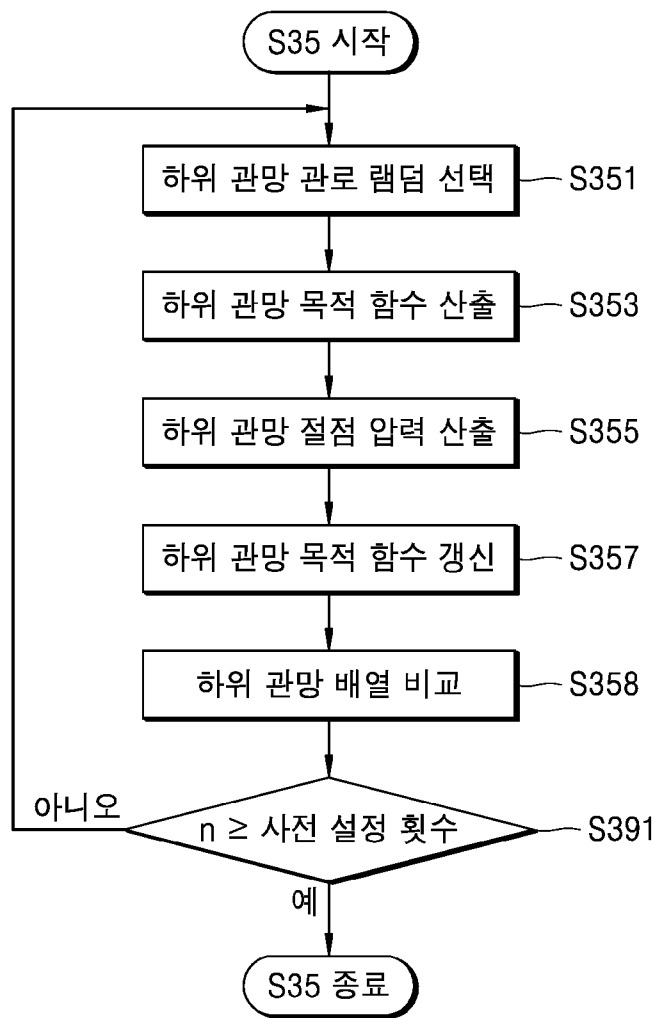
[도7]



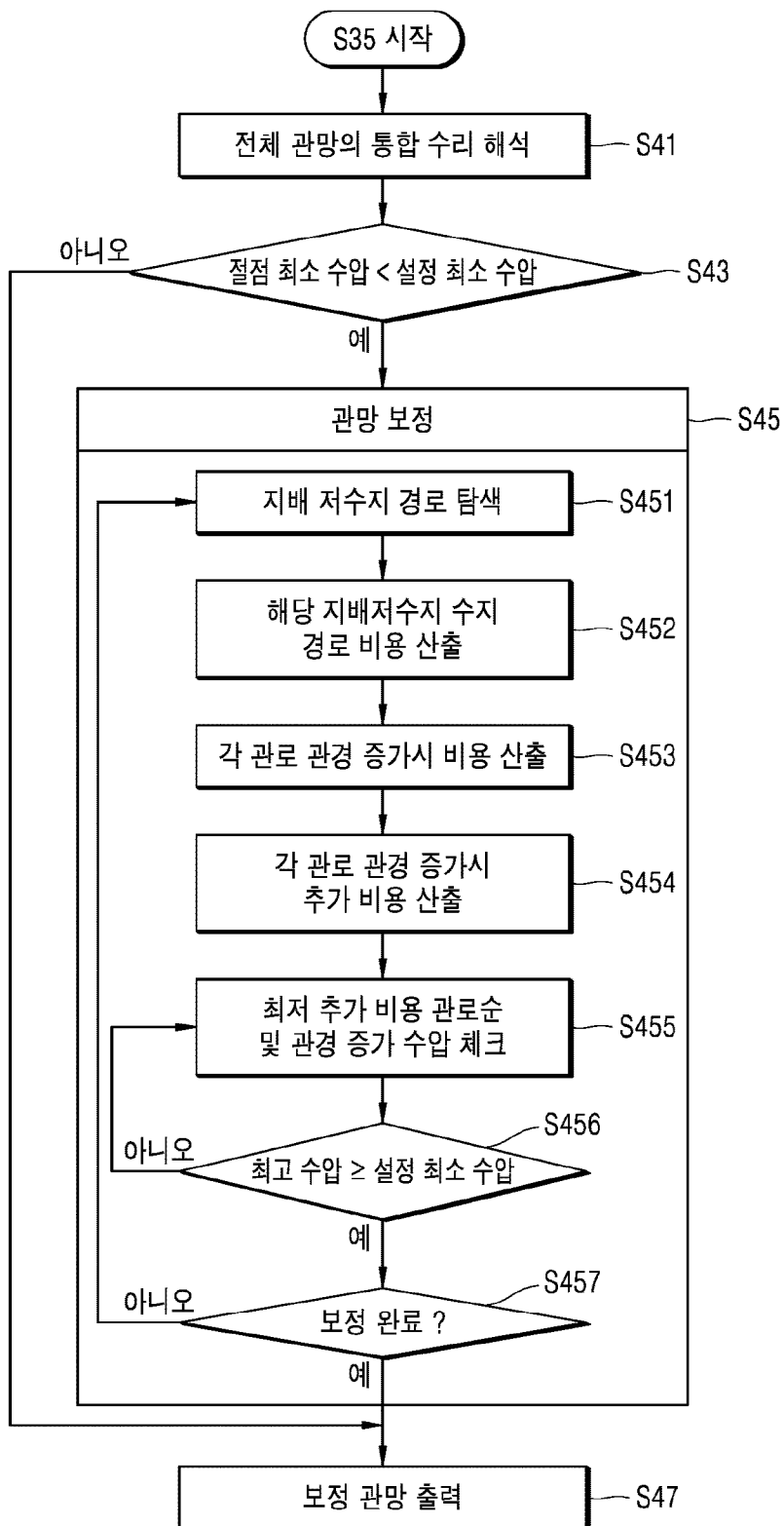
[도8]



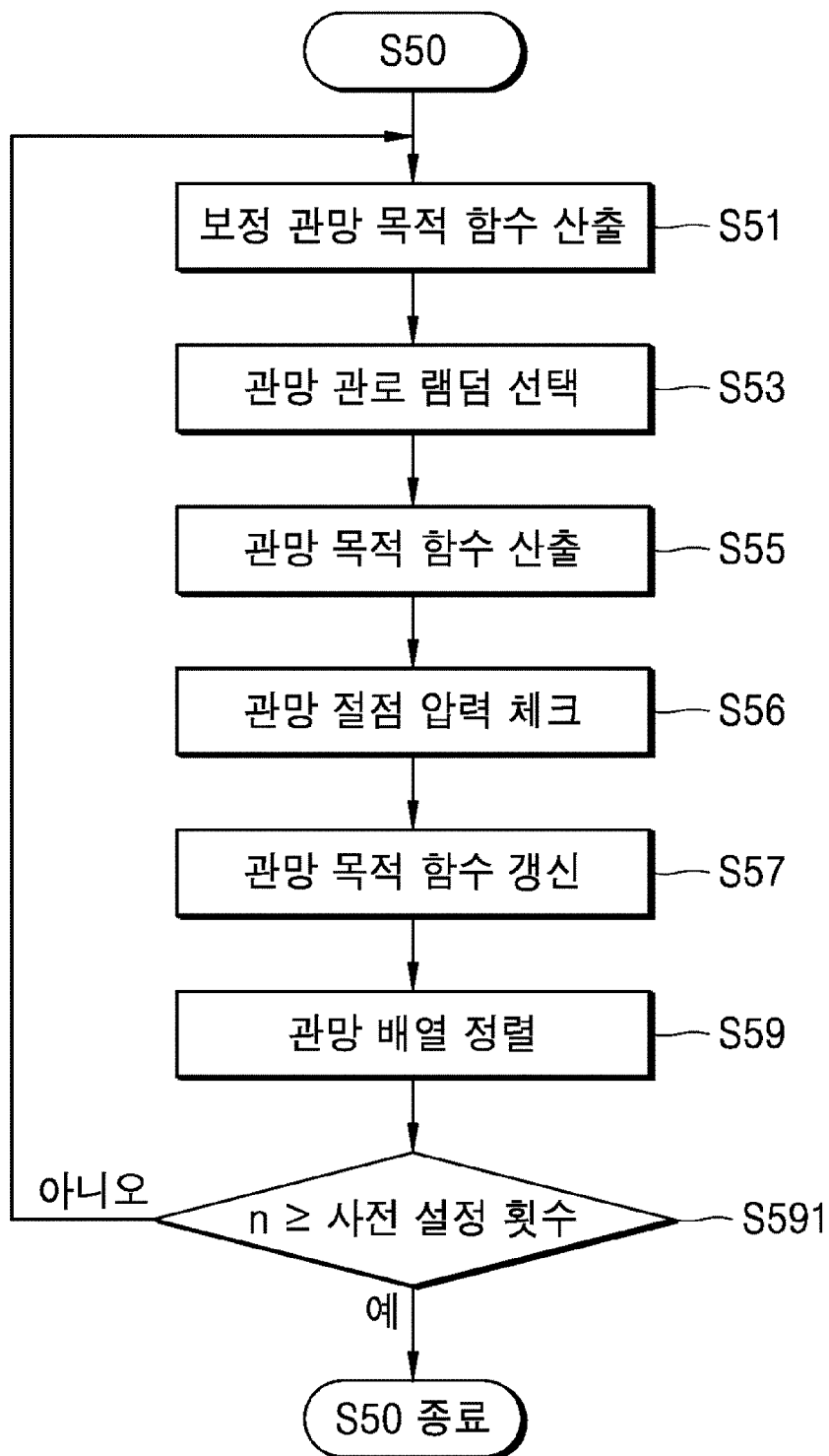
[도9]



[도10]



[도11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/000763**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G06F 17/50(2006.01)i, G06Q 50/08(2012.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F 17/50; G05D 7/06; E03B 1/00; G06Q 50/26; G06Q 50/06; G06Q 50/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: reservoir, pipe line net, pipeline, panel point, metaheuristic, hydraulic pressure.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2011-0071457 A (E-MATRIX CO., LTD.) 29 June 2011 See paragraphs [0021]-[0022], [0029], [0052]-[0054] and [0057]; and figure 1.	1-11
A	KR 10-2004-0021721 A (JUNGSEOK-INHA SCHOOL'S FOUNDATION) 11 March 2004 See claim 1 and figure 1.	1-11
A	KR 10-2011-0065088 A (E-MATRIX CO., LTD.) 15 June 2011 See paragraphs [0022]-[0028] and figure 1.	1-11
A	JP 06-230829 A (HITACHI LTD. et al.) 19 August 1994 See paragraphs [0016]-[0017] and figures 1-2.	1-11
A	KR 10-2000-0038292 A (KIM, Il Bok) 05 July 2000 See claims 1-3 and figures 1-3.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 APRIL 2016 (29.04.2016)

Date of mailing of the international search report

29 APRIL 2016 (29.04.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

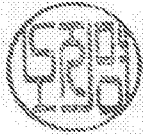
Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/000763

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2011-0071457 A	29/06/2011	KR 10-1065488 B1	16/09/2011
KR 10-2004-0021721 A	11/03/2004	KR 10-0467197 B1	24/01/2005
KR 10-2011-0065088 A	15/06/2011	KR 10-1183656 B1	17/09/2012
JP 06-230829A	19/08/1994	JP 3425160 B2	07/07/2003
KR 10-2000-0038292 A	05/07/2000	KR 10-0314596 B1	12/12/2001

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G06F 17/50(2006.01)i, G06Q 50/08(2012.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G06F 17/50; G05D 7/06; E03B 1/00; G06Q 50/26; G06Q 50/06; G06Q 50/08 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 저수지, 관망, 관로, 절점, 메타휴리스틱, 수압.																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2011-0071457 A (이메트릭스 주식회사) 2011.06.29 단락 [0021]-[0022], [0029], [0052]-[0054]와 [0057]; 및 도면 1 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2004-0021721 A (학교법인 인하학원) 2004.03.11 청구항 1 및 도면 1 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2011-0065088 A (이메트릭스 주식회사) 2011.06.15 단락 [0022]-[0028] 및 도면 1 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 06-230829 A (HITACHI LTD. 등) 1994.08.19 단락 [0016]-[0017] 및 도면 1-2 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2000-0038292 A (김일복) 2000.07.05 청구항 1-3 및 도면 1-3 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	A	KR 10-2011-0071457 A (이메트릭스 주식회사) 2011.06.29 단락 [0021]-[0022], [0029], [0052]-[0054]와 [0057]; 및 도면 1 참조.	1-11	A	KR 10-2004-0021721 A (학교법인 인하학원) 2004.03.11 청구항 1 및 도면 1 참조.	1-11	A	KR 10-2011-0065088 A (이메트릭스 주식회사) 2011.06.15 단락 [0022]-[0028] 및 도면 1 참조.	1-11	A	JP 06-230829 A (HITACHI LTD. 등) 1994.08.19 단락 [0016]-[0017] 및 도면 1-2 참조.	1-11	A	KR 10-2000-0038292 A (김일복) 2000.07.05 청구항 1-3 및 도면 1-3 참조.	1-11
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
A	KR 10-2011-0071457 A (이메트릭스 주식회사) 2011.06.29 단락 [0021]-[0022], [0029], [0052]-[0054]와 [0057]; 및 도면 1 참조.	1-11																		
A	KR 10-2004-0021721 A (학교법인 인하학원) 2004.03.11 청구항 1 및 도면 1 참조.	1-11																		
A	KR 10-2011-0065088 A (이메트릭스 주식회사) 2011.06.15 단락 [0022]-[0028] 및 도면 1 참조.	1-11																		
A	JP 06-230829 A (HITACHI LTD. 등) 1994.08.19 단락 [0016]-[0017] 및 도면 1-2 참조.	1-11																		
A	KR 10-2000-0038292 A (김일복) 2000.07.05 청구항 1-3 및 도면 1-3 참조.	1-11																		
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																				
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																				
국제조사의 실제 완료일 2016년 04월 29일 (29.04.2016)		국제조사보고서 발송일 2016년 04월 29일 (29.04.2016)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 노지명 전화번호 +82-42-481-8528 																		

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2016/000763

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2011-0071457 A	2011/06/29	KR 10-1065488 B1	2011/09/16
KR 10-2004-0021721 A	2004/03/11	KR 10-0467197 B1	2005/01/24
KR 10-2011-0065088 A	2011/06/15	KR 10-1183656 B1	2012/09/17
JP 06-230829A	1994/08/19	JP 3425160 B2	2003/07/07
KR 10-2000-0038292 A	2000/07/05	KR 10-0314596 B1	2001/12/12