



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0125923
(43) 공개일자 2012년11월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2011-0043673

(22) 출원일자 2011년05월09일

심사청구일자 2011년05월09일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이철수

서울특별시 서초구 신반포로 270, 104동 903호 (반포동, 반포자이)

허은영

전라북도 완주군 봉동읍 둔산리 898-2 첨단코아루아파트 103-404

(74) 대리인

특허법인명인

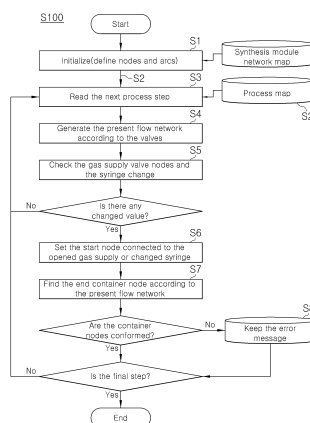
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법

(57) 요약

본 발명은 방사성의약품의 합성모듈을 표현한 네트워크 모델을 이용하여 방사성의약품의 합성을 위한 프로세스 맵을 검증하는 방법에 관한 것이다. 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법은 방사성의약품의 합성을 위한 합성모듈을 노드(node)로 정의하고 상기 합성모듈을 연결하는 연결부재를 아크(arc)로 정의하여, 상기 합성모듈과 상기 연결부재를 네트워크로 모델링하는 단계, 합성을 위한 프로세스 맵과 상기 네트워크를 입력받는 단계, 상기 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계, 상기 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치에 따라 상기 네트워크에 흐름 네트워크를 구성하는 단계, 상기 하나의 프로세스 라인에서 시린지의 위치 또는 가스공급유닛과 연결된 가스밸브의 설정에 변화가 있는지 검사하는 단계, 상기 시린지의 위치에 변화가 있는 경우, 상기 변화가 있는 시린지를 시작노드로 세팅하고, 상기 가스밸브의 설정에 변화가 있는 경우, 상기 가스공급유닛과 연결된 컨테이너 노드를 시작노드로 세팅하는 단계, 상기 흐름 네트워크에서 상기 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드를 찾는 단계, 그리고 상기 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드가 없는 경우, 상기 하나의 프로세스 라인을 에러 라인으로 기록하는 단계를 포함한다. 본 발명에 의하면, 프로세스 맵의 검증에 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010K001051

부처명 교육과학기술부

연구사업명 신기술융합형성장동력사업

연구과제명 PET용 방사성의약품 고수율 자동 합성 시스템 융합 기술 개발

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2010.07.01 ~ 2011.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

방사성의약품의 합성을 위한 합성모듈을 노드(node)로 정의하고 상기 합성모듈을 연결하는 연결부재를 아크(arc)로 정의하여, 상기 합성모듈과 상기 연결부재를 네트워크로 모델링하는 단계,

합성을 위한 프로세스 맵과 상기 네트워크를 입력받는 단계,

상기 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계,

상기 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치에 따라 상기 네트워크에 흐름 네트워크를 구성하는 단계,

상기 하나의 프로세스 라인에서 시린지의 위치 또는 가스공급유닛과 연결된 가스밸브의 설정에 변화가 있는지 검사하는 단계,

상기 시린지의 위치에 변화가 있는 경우, 상기 변화가 있는 시린지를 시작노드로 세팅하고, 상기 가스밸브의 설정에 변화가 있는 경우, 상기 가스공급유닛과 연결된 컨테이너 노드를 시작노드로 세팅하는 단계,

상기 흐름 네트워크에서 상기 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드를 찾는 단계, 그리고

상기 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드가 없는 경우, 상기 하나의 프로세스 라인을 에러 라인으로 기록하는 단계를 포함하는 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 하나의 프로세스 라인이 상기 프로세스 맵의 마지막 프로세스 라인이 아닐 경우, 상기 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계가 상기 하나의 프로세스 라인의 다음 프로세스 라인에 대해 수행되도록 하는 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 3

제1항에서,

상기 흐름 네트워크는 상기 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치를 상기 네트워크의 흐름제어 노드에 반영하여 용액의 흐름이 가능한 경로를 상기 네트워크에 도식화 하여 형성되는 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 노드는 용액을 저장하는 저장유닛을 표현하는 상기 컨테이너 노드, 상기 용액의 흐름을 제어하는 밸브를 표현하는 흐름제어 노드, 그리고 상기 용액의 흐름을 가능하게 하는 이송유닛을 표현하는 압력조절 노드를 포함하고,

상기 아크는 상기 용액이 흐르는 튜브를 표현하는 것인 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 5

제4항에서,

상기 이송유닛은 가스의 공급을 통해 상기 용액을 이송시키는 가스공급유닛 또는 시린지인 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 6

제4항에서,

상기 밸브는 상기 튜브에 대한 입출력을 조절하는 2-way 밸브 또는 카세트를 구성하는 카세트밸브인 네트워크

기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 7

제1항에서,

상기 프로세스 맵은 상기 방사성의약품의 합성모듈의 액추에이터의 상태 및 위치를 정의한 제어 값으로 각각의 프로세스 라인을 형성하는 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 8

제7항에서,

상기 액추에이터는 반응기, 시린지, 카세트밸브, 2-way 밸브, 및 진공펌프 각각의 액추에이터인 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사성의약품의 합성모듈을 표현한 네트워크 모델을 이용하여 방사성의약품의 합성을 위한 프로세스 맵을 검증하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 방사성의약품의 합성은 방사능 피폭 문제가 있어 반드시 차폐가 이루어진 좁은 공간에서 자동합성장비를 통해 진행되어야 하는바, 방사화학적 전문지식 외에 자동합성장비의 사용에 대한 오랜 경험이 필요로 된다. 방사성의약품의 합성과정을 간략히 살펴보면, 우선 합성절차를 설계하고, 합성장비의 구동을 위한 프로세스를 작성한 후, 합성장비를 통한 합성이 이루어진다.

[0003] 도 1은 방사성의약품의 합성을 위한 프로세스 맵의 일부를 예시적으로 나타낸 도면이다.

[0004] 이러한 방사성의약품의 합성은 합성모듈에 프로세스 맵이라는 구동 프로그램을 적용하여 이루어질 수 있다. 도 1을 참조하면, 프로세스 맵은 수백 라인의 장비 구동명령으로 구성되며, 각 라인마다 합성장비의 모든 액추에이터의 상태 및 위치를 정의한 제어 값을 가지고 있어 프로세스 맵이라 한다.

[0005] 예시적으로, 중앙 진단용 방사성의약품인 F-18 FDG의 합성절차를 살펴보면, 싸이클로트론(cyclotron)에서 F-18 F-를 생산한 뒤 최종 제제까지 여러 단계의 화학적 합성과정을 갖는다. 이러한 합성절차는 F-18 분리 건조, 불소화 반응, 가수분해, 유기용매 여과, 정제 등의 세부단계로 구분된다. 합성장비에서 이러한 세부단계의 화학적 반응을 처리하기 위해서는 상술한 프로세스 맵이 필요로 된다. 프로세스 맵은 수백 라인의 합성장비 구동명령으로 복잡하게 구성되기 때문에, 이러한 프로세스 맵이 작성된 후에는 반드시 검증이 뒤따라야 한다.

[0006] 도 2는 방사성의약품 합성모듈의 실제 형상, 단순화(simplification),한 상태 및 네트워크 모델로 표현한 상태를 나타낸 도면이다.

[0007] 그런데 기존의 프로세스 맵 검증은 도 2의 (a)를 단순화한 도 2의 (b)를 이용하여 시각적인 그래픽 시뮬레이션을 통해 검증하는 방식으로 이루어졌다. 즉, 작업자가 프로세스 맵의 매 라인마다 설정되어 있는 밸브의 상태 및 위치 등을 시각적으로 확인하고, 용액의 흐름이 가능한지 또는, 용액의 흐름이 적절한 이동경로를 통해 이송되는지를 검증하였다. 이와 같이 기존의 시각적 검증 방식을 통하여서는 프로세스 맵의 오류를 높은 효율로 찾아낼 수가 없어, 프로세스 맵 검증을 위해 작업자가 많은 시간과 노력을 들여야 했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점들을 해결하기 위해 창출된 것으로서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 프로세스 맵의 검증에 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있는 효율적인 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법은 방사성의약품의 합성을 위한 합성모듈을 노드(node)로 정의하고 상기 합성모듈을 연결하는 연결부재를 아크(arc)로 정의하여, 상기 합성모듈과 상기 연결부재를 네트워크로 모델링하는 단계, 합성을 위한 프로세스 맵과 상기 네트워크를 입력받는 단계, 상기 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계, 상기 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치에 따라 상기 네트워크에 흐름 네트워크를 구성하는 단계, 상기 하나의 프로세스 라인에서 시린지의 위치 또는 가스공급유닛과 연결된 가스밸브의 설정에 변화가 있는지 검사하는 단계, 상기 시린지의 위치에 변화가 있는 경우, 상기 변화가 있는 시린지를 시작노드로 세팅하고, 상기 가스밸브의 설정에 변화가 있는 경우, 상기 가스공급유닛과 연결된 콘테이너 노드를 시작노드로 세팅하는 단계, 상기 흐름 네트워크에서 상기 시작노드와 연결되는 도달 콘테이너 노드를 찾는 단계, 그리고 상기 시작노드와 연결되는 도달 콘테이너 노드가 없는 경우, 상기 하나의 프로세스 라인을 예러 라인으로 기록하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 하나의 프로세스 라인이 상기 프로세스 맵의 마지막 프로세스 라인이 아닐 경우, 상기 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계가 상기 하나의 프로세스 라인의 다음 프로세스 라인에 대해 수행되도록 할 수 있다.

[0011] 상기 흐름 네트워크는 상기 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치를 상기 네트워크의 흐름제어 노드에 반영하여 용액의 흐름이 가능한 경로를 상기 네트워크에 도식화 하여 형성될 수 있다.

[0012] 상기 노드는 용액을 저장하는 저장유닛을 표현하는 상기 콘테이너 노드, 상기 용액의 흐름을 제어하는 밸브를 표현하는 흐름제어 노드, 그리고 상기 용액의 흐름을 가능하게 하는 이송유닛을 표현하는 압력조절 노드를 포함하고, 상기 아크는 상기 용액이 흐르는 튜브를 표현하는 것일 수 있다.

[0013] 상기 이송유닛은 가스의 공급을 통해 상기 용액을 이송시키는 가스공급유닛 또는 시린지일 수 있다.

[0014] 상기 밸브는 상기 튜브에 대한 입출력을 조절하는 2-way 밸브 또는 카세트를 구성하는 카세트밸브일 수 있다.

[0015] 상기 프로세스 맵은 상기 방사성의약품의 합성모듈의 액추에이터의 상태 및 위치를 정의한 제어 값으로 각각의 프로세스 라인을 형성할 수 있다.

[0016] 상기 액추에이터는 반응기, 시린지, 카세트밸브, 2-way 밸브, 및 진공펌프 각각의 액추에이터일 수 있다.

[0017] 한편, 본 발명의 한 실시예에 따른 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체는 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의하면, 프로세스 검증에 많은 시간과 노력이 필요했던 시행착오적 방법인 기존의 그래픽 시뮬레이션을 통한 시각적인 검증 방법 대신에, 합성모듈을 네트워크로 표현하여 수리적으로 프로세스 맵을 검증함으로써, 프로세스 맵의 검증에 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 방사성의약품의 합성을 위한 프로세스 맵의 일부를 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 방사성의약품 합성모듈의 실제 형상, 단순화(simplification),한 상태 및 네트워크 모델로 표현한 상태를 나타낸 도면이다.

도 3은 방사성의약품 합성모듈 중 카세트밸브의 구성 및 카세트밸브에 대한 제어명령을 나타낸 개념도이다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법의 흐름도이다.

도 5a 내지 5d는 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법에 따라 프로세스 맵의 각 프로세스 라인마다 네트워크에 형성되는 흐름 네트워크를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하에서 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조로 상세히 설명한다.
- [0021] 본 발명은 방사성의약품의 합성과정 중 방사성물질 및 시약의 누수를 방지하고 프로세스에 대한 신뢰성을 보장하기 위해 시뮬레이션으로 프로세스를 검증하는데 있어서, 수리적으로 프로세스 맵을 검증할 수 있도록 합성모듈을 네트워크로 표현하는 방법과 이렇게 표현된 네트워크를 기반으로 작성되어 있는 프로세스 맵을 검증하는 방법에 관한 것이다.
- [0022] 이를테면 본 발명은 1회용 카세트(disposable cassette) 타입의 PET용 방사성의약품 합성장비의 구성요소들을 네트워크로 표현하고 이를 이용하여 프로세스 맵을 검증함으로써, 잘못된 프로세스로 인해 합성장비의 구동 시 발생할 수 있는 오류를 제거할 수 있다. 보다 상세하게는, 본 발명은 합성용액의 흐름관점에서 용액의 저장을 위한 용기(vial, reservoir, syringe, waste bottle 등), 흐름을 제어하는 요소, 화학적 반응을 위한 장비, 장비 외부적인 요소 등을 네트워크로 표현한 후, 이를 이용하여 수리적으로 프로세스 맵을 검증하는 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법에 관한 것일 수 있다.
- [0023] 우선, 방사성의약품 합성장비의 구성을 예시적으로 살펴본다.
- [0024] 도 2의 (a)를 참조하면, 방사성의약품 합성장비(이를테면 PET용 합성장비)는 합성용액 흐름 관점에서 볼 때, 시약병(vial), 저장기(reservoir), 주사기(syringe), 카세트(cassette), 반응기(reactor), 폐기통(waste bottle) 등의 용액을 저장하는 용기, 용액의 이동을 제어하는 밸브들(actuator), 및 시린지(syringe)와 같이 용액을 이동시키는 장치의 구성을 포함할 수 있다. 또한, 합성장비의 외부적 구성요소로는 질소 가스, 진공, 압축 공기(compressed air)와 같은 가스공급유닛이 있으며, 이들은 용액의 이동, 세척 등의 역할을 지원할 수 있다. 제어적인 측면에서는 합성장비는 밸브 및 시린지 등의 액추에이터를 제어하는 CPU와 정확한 구동 및 모니터링을 위한 센서를 포함할 수 있으며, 합성을 위한 프로세스 맵이 이러한 CPU와 같은 제어유닛에 반영되어 합성장비가 구동된다고 볼 수 있다.
- [0025] 도 3은 방사성의약품 합성모듈 중 카세트밸브의 구성 및 카세트밸브에 대한 제어명령을 나타낸 개념도이다.
- [0026] 도 2의 (a) 및 도 3을 참조하면, 카세트(이를테면 1회용 카세트)는 하나의 매니폴더(manifolder)에 다섯 개의 카세트밸브(이를테면 3-way 밸브)가 부착되어 있으며, 프로세스 맵에 따라서 용액이 흐르는 방향을 단절시키거나 연결경로(이를테면 카세트밸브의 위치)를 변경할 수 있다. 각각의 밸브에는 용액 저장 용기가 부착되거나 용액의 이동을 위한 튜브가 연결될 수 있다. 카세트에 부착되는 밸브 외에 합성장비는 용액의 흐름을 제어하고 가스공급을 차단하는 다수의 2-way 밸브들을 포함할 수 있다.
- [0027] 방사성의약품 합성에 수반되는 화학반응은 이러한 밸브 동작의 조합과 가열 또는 냉각 등의 일련의 조합의 연속적인 과정을 통해 이루어진다고 할 수 있다. 프로세스 맵에 오류가 있어 밸브 조작 등이 잘못 되면, 사용되는 방사성동위원소나 시약(reagent)들의 유출이 초래될 수 있으므로, 안정성의 확보 측면에서 합성장비의 구동과 관련한 합성 프로세스 맵에 대한 검증은 반드시 필요하다.
- [0028] 한편, 외부 가스공급유닛은 질소(N₂), 압축공기(Air; compressed air), 진공(Vac; Vacuum) 등을 이용한다. 외부 가스공급유닛은 이러한 가스나 진공을 통해 연결된 저장 용기의 압력을 변화시킬 수 있고, 밸브 조작과 함께 용액을 이동시킬 수 있다. 도 2의 (a)와 같은 방사성의약품 합성모듈의 구성은 도 2의 (b)와 같이 단순화할 수 있다.
- [0029] 도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법의 흐름도이다.
- [0030] 이하에서는, 도 4를 참조하여 상술한 방사성의약품 합성장비의 구성을 네트워크로 모델링한 후, 이를 이용하여 합성 프로세스 맵을 보다 효율적으로 검증하는 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(이하 '본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법'이라 함)(S100)에 대해 살펴본다.
- [0031] 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 방사성의약품의 합성을 위한 합성모듈을 노드(node)로 정의하고 합성모듈을 연결하는 연결부재를 아크(arc)로 정의하여, 합성모듈과 연결부재를 네트워크로 모델링하는 단계(S1)를 포함한다.
- [0032] 용액이 흘러가는 경로에 따라서 방사성의약품의 합성모듈은 노드(node)와 아크(arc)로 표현될 수 있다. 예시적으로, 용액이 흘러가는 튜브는 아크로 표현할 수 있으며, 용액이 저장되는 시약병(vial)과 같은 경우 컨테이너 노드(container node), 용액의 흐름을 제어하는 밸브는 흐름제어 노드, 용기 내 압력을 조절하는 압력조절 노드

(manipulator node)로 표현할 수 있다.

[0033] 다시 말해, 노드는 용액을 저장하는 저장유닛을 표현하는 컨테이너 노드, 용액의 흐름을 제어하는 밸브를 표현하는 흐름제어 노드, 그리고 용액의 흐름을 가능하게 하는 이송유닛을 표현하는 압력조절 노드를 포함할 수 있다. 또한, 아크는 용액이 흐르는 튜브를 표현할 수 있다. 이때, 이송유닛은 가스의 공급을 통해 용액을 이송시키는 가스공급유닛 또는 시린지일 수 있고, 밸브는 튜브에 대한 입출력을 조절하는 2-way 밸브 또는 카세트를 구성하는 카세트밸브일 수 있다.

[0034] 상술한 각각의 노드는 표 1에서 보는 바와 같은 특성을 가질 수 있다.

[표 1] 노드와 아크의 분류

노드 구분	특 성		입출력점
노드	컨테이너 노드	합성과정에서 다양한 용액이 일시적 또는 영구적으로 저장되는 공간을 표현함	multi in-out
	압력 조절 노드	시린지	1
		가스공급유닛	2 (directed)
흐름 제어 노드	2-way 밸브	용액의 흐름을 제어하는 장치를 노드로 표현한 것으로 흐름을 단절시키나 방향을 바꾸어 주는 역할을 한다.	2
	카세트밸브		3 (indexed)

[0035]

[0036] 컨테이너 노드에는 다수의 입출력 아크가 연결될 수 있다. 2-way 밸브와 같은 흐름제어 노드는 입출력을 위한 두 개의 아크가 연결되며, 0과 1로서 입출력을 제어하게 될 수 있다. 반면, 다섯 개의 카세트밸브(3-way 밸브)로 구성된 카세트(cassette)는 3개의 입출력 아크를 갖게 되며, 도 3을 참조하면, 양끝의 카세트밸브를 제외한 가운데 3개의 카세트밸브는 ①과 ③번 입출력 점이 이웃한 밸브와 연결된 형태로 표현될 수 있다. 카세트밸브의 ②번 입출력 점에는 시약병(vial), 저장소(reservoir), 시린지(syringe), 반응로(reactor), 폐수용기(waste bottle) 등과 같이 용액을 저장할 수 있는 컨테이너 노드나 이송을 위한 튜브(arc)가 연결될 수 있다. 따라서 카세트밸브에 대한 제어명령은 도 3에 나타난 바와 같이 3가지 경우가 가능하다. 이러한 제어명령은 프로세스 맵 검증에 있어 용액의 흐름이 가능한지를 판단하는 중요한 수단으로 사용될 수 있다.

[0037] 도 2의 (a) 및 (b)에 나타나는 방사성의약품 합성모듈의 배치는 도 2의 (c)와 같은 네트워크로 표현될 수 있다. 용액의 흐름은 컨테이너 노드에서 다른 컨테이너 노드로 이동되고, 이러한 용액의 이동은 이동경로상의 제어 점인 흐름제어 노드를 거쳐 이루어질 수 있다.

[0038] 또한 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 합성을 위한 프로세스 맵과 네트워크를 입력받는 단계(S2)를 포함한다.

[0039] 여기서, 프로세스 맵은 방사성의약품의 합성모듈의 액추에이터의 상태 및 위치를 정의한 제어 값으로 각각의 프로세스 라인을 형성할 수 있으며, 이러한 액추에이터는 반응기, 시린지, 카세트밸브, 2-way 밸브, 및 진공펌프 각각의 액추에이터일 수 있다. 즉, 프로세스 맵은 용액의 흐름을 지시하는 명령과 가열/냉각의 화학적 반응을 위한 명령, 밸브들의 제어명령의 혼합으로 구성될 수 있다.

[0040] 또한 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계(S3)를 포함한다.

[0041] 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)에 의한 프로세스 맵의 검증은 장비의 제어 측면이 아니라 용액의 흐름에 초점을 맞추어 이루어진다. 이때, 프로세스 맵의 각각의 프로세스 라인(스텝)은 개별적으로 용액의 흐름을 지시하므로, 이러한 각각의 프로세스 라인 별로 네트워크상의 이동경로와 밸브의 상태 및 위치를 검증할

수 있다.

- [0042] 즉, 프로세스 맵 검증은 현재의 프로세스 라인의 용액의 흐름이 이전 프로세스 라인의 이동경로 및 다음 프로세스의 이동경로와는 독립적이므로, 현재의 프로세스 라인에 의한 용액의 이동경로와 이를 위한 밸브들의 상태 및 위치가 정확한지를 검증하는 것이다. 다시 말해, 작성된 프로세스 맵의 한 프로세스 라인을 통해 합성모듈이 구동될 때 밸브의 상태와 위치에 의해 용액의 흐름이 가능한지를 검증하기 위해 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽어 들인다.
- [0043] 이러한 하나의 프로세스 라인은 크게 밸브 동작 명령과 용액이동을 위한 제어명령으로 구분되며, 두 가지 명령이 동시에 사용될 때는 밸브 동작명령이 우선적으로 적용될 수 있다. 용액의 이동은 가스 압력을 이용한 방법과 시린지를 이용한 두 가지 방법으로 구분될 수 있다. 시린지를 이용한 경우, 시린지 변위가 압력 용기 내 압력차를 유발하여 연결된 저장 용기에 용액을 이동시키며, 하나의 시린지를 사용한다. 반면, 가스공급유닛(진공, N₂, compressed air 등)은 연결된 용기 내의 압력변화를 조절하며 용액을 이송하므로, 반드시 가스공급유닛과 밸브를 사이에 두고 연결되는 용기가 존재하게 된다.
- [0044] 또한 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치에 따라 네트워크에 흐름 네트워크를 구성하는 단계(S4)를 포함한다.
- [0045] 이때, 흐름 네트워크는 하나의 프로세스 라인의 밸브 상태 및 위치를 네트워크의 흐름제어 노드에 반영하여 용액의 흐름이 가능한 경로를 네트워크에 도식화 하여 형성될 수 있다.
- [0046] 또한 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 하나의 프로세스 라인에서 시린지의 위치 또는 가스공급유닛과 연결된 가스밸브의 설정에 변화가 있는지 검사하는 단계(S5)를 포함하고, 시린지의 위치에 변화가 있는 경우, 변화가 있는 시린지를 시작노드로 세팅하고, 가스밸브의 설정에 변화가 있는 경우, 가스공급유닛과 연결된 컨테이너 노드를 시작노드로 세팅하는 단계(S6)를 포함한다.
- [0047] 그리고 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 흐름 네트워크에서 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드를 찾는 단계(S7)를 포함한다. 흐름 네트워크에서 시작노드에서 출발하여 도달 컨테이너 노드에 도달하기 위해서는, 양 노드를 연속적으로 연결하여 주는 아크가 존재하여야 하며, 이러한 아크가 존재하기 위해서는 밸브의 온오프(on/off) 또는 위치의 제어가 프로세스 라인의 제어 값의 설정을 통해 이루어져 있어야 한다.
- [0048] 또한 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드가 없는 경우, 하나의 프로세스 라인을 에러 라인으로 기록하는 단계(S8)를 포함한다. 즉, 밸브의 온오프(on/off) 또는 위치의 제어가 프로세스 라인의 제어 값의 설정을 통해 올바르게 이루어져 있지 못한 경우, 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드가 발견되지 못할 수 있다. 이는 현재의 프로세스 라인의 설정에 오류가 있다는 것을 의미하므로, 상술한 바와 같이 현재의 프로세스 라인을 에러 라인으로 기록해둘 수 있다. 예시적으로 이러한 오류의 기록은 데이터베이스에 저장하는 형태로 이루어질 수 있다.
- [0049] 그리고 도 4를 참조하면, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 하나의 프로세스 라인이 프로세스 맵의 마지막 프로세스 라인이 아닐 경우, 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계가 하나의 프로세스 라인의 다음 프로세스 라인에 대해 수행되도록 할 수 있다. 즉, 프로세스 맵의 수많은 프로세스 라인들 중 하나의 프로세스 라인에 대해 오류 검증이 마쳐지고 나면, 그 다음의 프로세스 라인에 대해 오류 검증이 이루어지도록 할 수 있다. 다만 도 4를 참조하면, 현재의 프로세스 라인이 마지막인 경우에는 프로세스 맵에 대한 검증절차가 종료될 수 있다.
- [0050] 도 5a 내지 5d는 본 발명의 한 실시예에 따른 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법에 따라 프로세스 맵의 각 프로세스 라인마다 네트워크에 형성되는 흐름 네트워크를 나타낸 도면이다.
- [0051] 이하에서는 도 2에 나타난 방사성의약품 합성모듈의 구성에 대하여, 종양 진단에 사용되는 [¹⁸F]FDG(Fluorodeoxyglucose)의 합성을 위한 시작단계에 해당하는 일부 프로세스 맵(도 1 참조)을 입력받아, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)을 통해 프로세스 맵이 검증되는 과정을 예시적으로 살펴본다.
- [0052] 합성 모듈의 실제 구성은 도 2의 (a)와 같고, 이를 도 2의 (b)와 같이 단순화한 후, 도 2의 (c)에 나타난 바와 같은 네트워크로 표현할 수 있다(S1). 참고로, 합성모듈의 네트워크 변환과정 중 카트리지는 컨테이너 노드로 간주하지 않고 튜브와 같은 아크로 간주한다.

[0053] 도 1의 프로세스 맵은 F-18 FDG 합성을 위한 시작단계로서, 싸이크로트론에서 생성된 방사성동위원소 물질(^{18}F in H_2O) 중에 필요한 부분을 저장용기(reservoir)에 연결된 QMA 카트리지와 용출용액(Elution)을 이용하여 여과하는 프로세스에 관한 것이다. 표 2를 참조하면, 프로세스 맵의 step(프로세스 라인) 2, 5, 7, 10은 용기 내부의 압력을 외부 가스 및 진공을 이용하여 가압 또는 감압하여 용액을 이송시키는 과정인 반면, step 12는 시린지를 이용하여 용액을 이송하는 프로세스이다. 이러한 프로세스 맵과 상술한 합성도들을 표현한 네트워크를 입력받는 단계(S2)가 진행된 후, 입력받은 프로세스 맵의 프로세스 라인을 하나씩 순차적으로 읽어 들이는 단계(S3)가 진행될 수 있다.

[표 2] [^{18}F] 분리 및 건조

순서	밸브 동작	이송 용액/방법	용액 이송방향
step 1	밸브 및 시린지를 초기화 한다.		
step 2	2-way 밸브 p3, p5번 on	18F/Vacuum	18F→c5
step 3	초기 위치		
step 4	카세트 밸브 5번 1, 카세트 밸브 1번 3		
step 5	2-way 밸브 p4 on	18F/Air	c5→c9
step 6	초기 위치		
step 7	2-way 밸브 p3, p6번 on	Elution/Vacuum	Elu.→c5
step 8	초기 위치		
step 9	카세트 밸브 5번 3, 카세트 밸브 6번 1		
step 10	2-way 밸브 p4 on	Elution/Air	c5→c10
step 11	초기 위치		
step 12	카세트 밸브 1번 3, 카세트 밸브 3번 1	$\text{CH}_3\text{CN/syringe1}$	c3→s1

[0054]

[0055] 도 1의 프로세스 맵의 각 프로세스 라인(스텝)에 따른 흐름 네트워크는 상술한 바와 같이 카세트밸브 위치 및 2-way 밸브의 상태에 따라서 달라진다.

[0056] 도 1 및 표 2의 프로세스 맵의 "Initialize" 단계(step 1, 초기화 단계)에서는 카세트의 모든 밸브 값이 2(도 3의 제어명령 값 참조)이고, 시린지의 위치는 0이다. 2-way 밸브 값은 0으로 모두 닫힌 상태이다. 즉, 2-way 밸브들과 연결된 각각의 아크는 모두 비활성화 된다(도 5a의 (a) 참조).

[0057] 도 1 및 표 2를 참조하면, step 2에서는 2-way 밸브 3과 5의 값이 1이므로 도 5a의 (b)에서 p3, p5는 열림 상태가 되고 이와 연결된 아크들은 활성화 된다. 카세트밸브 ⑤의 위치 값에 따라서 연결되는 아크가 달라지는 바, 현재 값은 step 1부터 2(도 3의 제어명령 값 참조)를 유지하고 있으므로, 도 5a의 (b)에서 c5와 ⑤를 연결하는 아크는 비활성화 상태로 유지된다. 이러한 방법으로 step 2에 대한 네트워크 모델이 흐름 네트워크로 도식화 될 수 있다. 이에 따라 도 5a의 (b)를 참조하면, 진공펌프가 동작하고, 저장용기인 c5의 내부는 감압되어 압력차에 의해 ^{18}F 가 c5로 흡입됨을 알 수 있다. 도 1을 참조하면, step delay time이 60초이므로, 이 과정을 60초간 유지한다. 또한, 도 1을 참조하면, 다음 단계(프로세스 라인)인 step 3은 초기화 단계(step 1)와 같다. 도 5b 내지 도 5d를 참조하면, 상술한 바와 같은 방법으로 나머지 step(프로세스 라인)들에 대한 네트워크 모델을 흐름 네트워크로 도식화(S4) 할 수 있다.

[0058] 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)에 의한 프로세스 맵 검증절차는 프로세스 맵의 각각의 프로세스 라인(step)별로 압력조절 노드의 변화가 있는지 확인하여, 앞서 도식화 한 흐름 네트워크에서 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드가 존재하는지를 검사한다(S5, S6, S7). 이러한 검사는 연결된 컨테이너 노드를 찾는

네트워크 이론을 이용하여 쉽게 이루어질 수 있으므로, 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0059] 프로세스 맵의 해당 프로세스 라인에서 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드가 발견되지 않는 경우 에러 라인(error step)으로 저장한다(S8). 각 프로세스 라인(step)별 시작노드와 연결된 도달 컨테이너 노드는 프로세스 맵 검증 결과인 표 3에 나타난 바와 같다. 다만, 표 3에서 step 12를 보면, 압력조절 노드(syringe 1)는 존재하나 이와 연결된 도달 컨테이너 노드가 없음을 알 수 있다. 이러한 검증 결과에 따라, 프로세스 맵의 프로세스 라인 중 step 12는 용액의 흐름을 위한 밸브 동작에 오류가 있었음을 찾아낼 수 있다. 이러한 검증과정을 프로세스 맵의 모든 프로세스 라인에 대하여 반복적으로 수행한다.

[표 3] 프로세스 맵 검증(Validation of process map)

step	매니플레이터 노드	시작노드	흐름제어 노드 (밸브)	도달 컨테이너 노드	프로세스 라인 검증
1	-	-	-	-	-
2	Vac	c5	p3, p5	¹⁸ F	valid
3	-	-	-	-	-
4	-	-	5, 1	-	valid
5	Air	c5	p4	c9	valid
6	-	-	-	-	-
7	Vac	c5	p3, p6	Elu	valid
8	-	-	-	-	-
9	-	-	5, 6	-	valid
10	Air	c5	p4	c10	valid
11	-	-	-	-	-
12	syringe 1	s1	1, 3	-	false

[0060]

[0061] 방사성의약품(이를테면 PET용 방사성의약품)의 합성은 방사능 피폭 문제로 수작업에 의한 생산이 불가하므로, 원격으로 장비를 통제하여 이루어진다. 이러한 합성장비를 통한 방사성의약품의 생산은 시약의 이동 및 화학적 반응을 표현한 프로세스 맵에 의해 이루어진다. 인체에 직접 투여하는 의약품인 관계로 고순도의 품질을 요구하며, 값비싼 원료로 인하여 고수율의 합성과정을 필요로 한다.

[0062] 이러한 합성을 위한 프로세스 맵은 수백라인의 복잡한 절차(프로세스 라인)로 구성되며, 합성과정에 이러한 프로세스 맵을 실제로 적용하였을 때 방사능물질 및 시약의 누수를 방지하고 프로세스에 대한 신뢰성이 보장될 수 있도록, 프로세스 맵에 오류가 있는지 여부를 미리 시뮬레이션으로 검증하는 과정이 필요하다. 그런데 기존의 그래픽 시뮬레이션은 시각적 검증 방법으로 시행착오적 방법이며, 검증에 많은 시간과 노력이 필요하였다.

[0063] 이러한 기존의 문제점을 해결하기 위해, 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)은 수리적으로 프로세스 맵을 검증할 수 있도록 합성모듈을 네트워크로 표현하여 네트워크 기반으로 프로세스 맵의 검증이 이루어지는 프로세스 맵 검증방법을 제시한다. 즉, 본 발명에 의하면, 프로세스 검증에 많은 시간과 노력이 필요했던 시행착오적 방법인 기존의 그래픽 시뮬레이션을 통한 시각적인 검증 방법 대신에, 합성모듈을 네트워크로 표현하여 수리적으로 프로세스 맵을 검증함으로써, 프로세스 검증에 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있다.

[0064] 한편, 본 발명의 한 실시예에 따른 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체는 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함할 수 있다.

[0065] 즉, 본 발명의 실시예는 다양한 컴퓨터로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체를 포함할 수 있다. 이 매체는 지금까지 설명한 것과 같이 본 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법(S100)을 실행하기 위한 프로그램 또는 프로세스를 기록한다. 이 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 이러한 매체의 예로는 하드디스크, 플로피디스크 및 자기테이프와 같은 자기 매체, CD 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 자기-광 매체, 롬, 램, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 구성된 하드웨어 장치 등이 있다. 또는 이러한 매체는 프로그램 명령, 데이터 구조 등을 지정하는 신호를 전송하는 반송파를 포함하는 광 또는 금속선, 도파관 등의 전송 매체일 수 있다. 프로그램 명령의 예로는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함

할 수 있다.

[0066] 이상에서 본 발명의 실시예를 설명하였으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 아니하며 본 발명의 실시예로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 용이하게 변경되어 균등한 것으로 인정되는 범위의 모든 변경 및 수정을 포함한다.

부호의 설명

[0067] S100. 네트워크 기반 프로세스 맵 검증방법

S1. 네트워크로 모델링하는 단계

S2. 프로세스 맵과 네트워크를 입력받는 단계

S3. 프로세스 맵에서 하나의 프로세스 라인을 읽는 단계

S4. 흐름 네트워크를 구성하는 단계

S5. 시린지의 위치 또는 가스밸브의 설정에 변화가 있는지 검사하는 단계

S6. 시작노드로 세팅하는 단계

S7. 시작노드와 연결되는 도달 컨테이너 노드를 찾는 단계

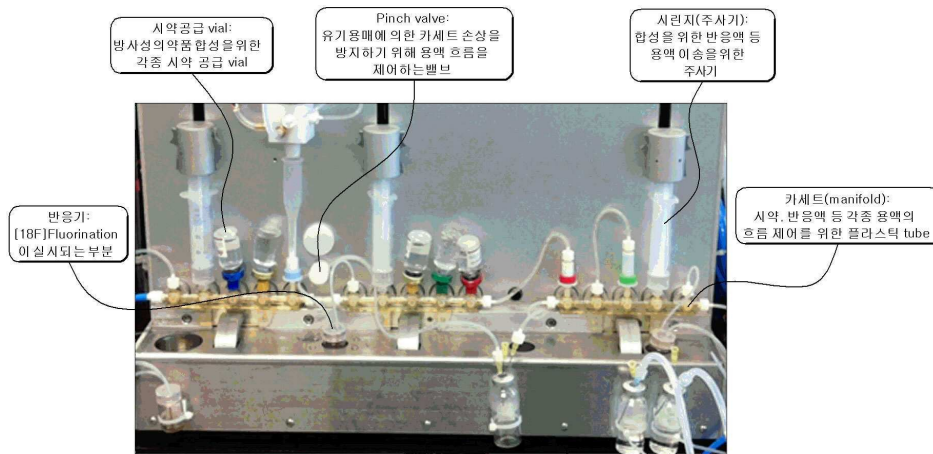
S8. 하나의 프로세스 라인을 예러 라인으로 기록하는 단계

도면

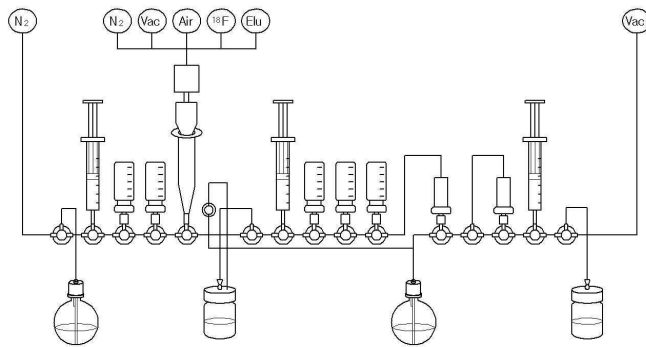
도면1

	Step number	Message	Step Delay Time	Oven	Syringe 1	Syringe 2	Syringe 3	cassette valve, No.1	cassette valve, No.2	cassette valve, No.3	cassette valve, No.4	cassette valve, No.5	cassette valve, No.6	cassette valve, No.7	cassette valve, No.8	cassette valve, No.9	cassette valve, No.10	cassette valve, No.11	cassette valve, No.12	cassette valve, No.13	cassette valve, No.14	cassette valve, No.15	Vacuum pump	2-way valve No.1	2-way valve No.2	2-way valve No.3	2-way valve No.4	2-way valve No.5	2-way valve No.6	2-way valve No.7	2-way valve No.8
1	Initialize		0 sec.	0 °C	0 mm	0 mm	0 mm	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	2 Pos	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit	0 bit
2	step 2		60		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
3	step 3		0		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	step 4		0		0	0	0	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	step 5		100		0	0	0	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	step 6		0		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	step 7		60		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
8	step 8		0		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	step 9		0		0	0	0	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	step 10		100		0	0	0	2	2	2	2	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	step 11		0		0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	step 12		0		12	0	0	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

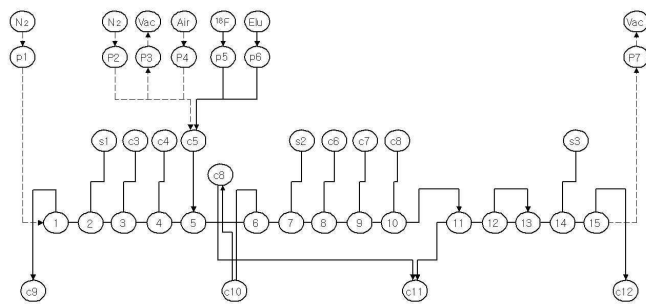
도면2



(a)

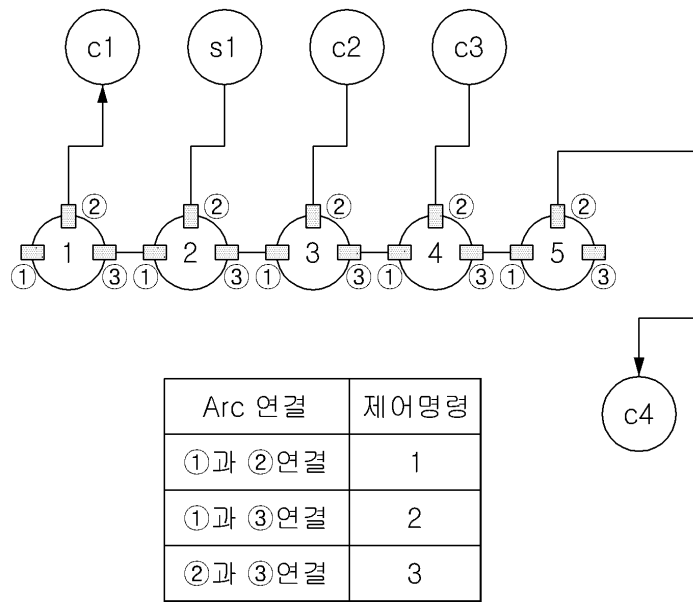


(b)

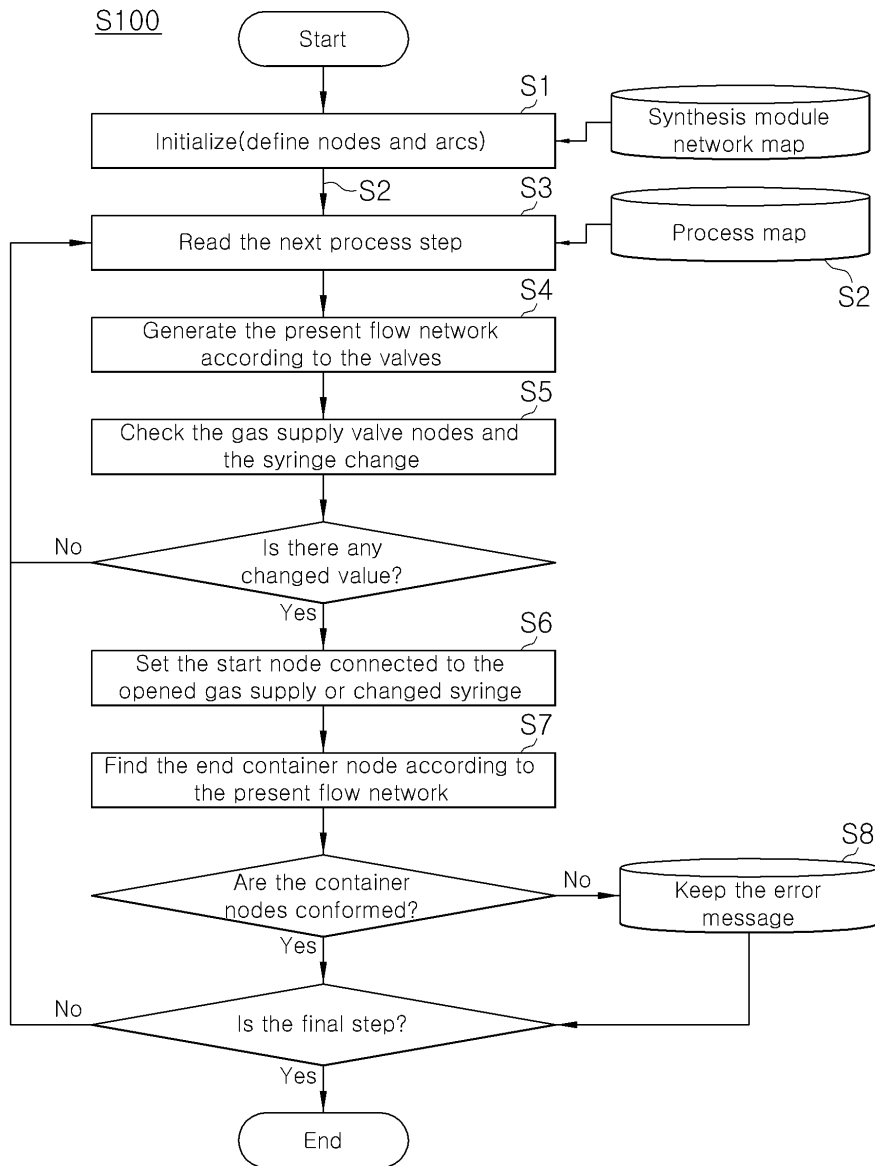


(c)

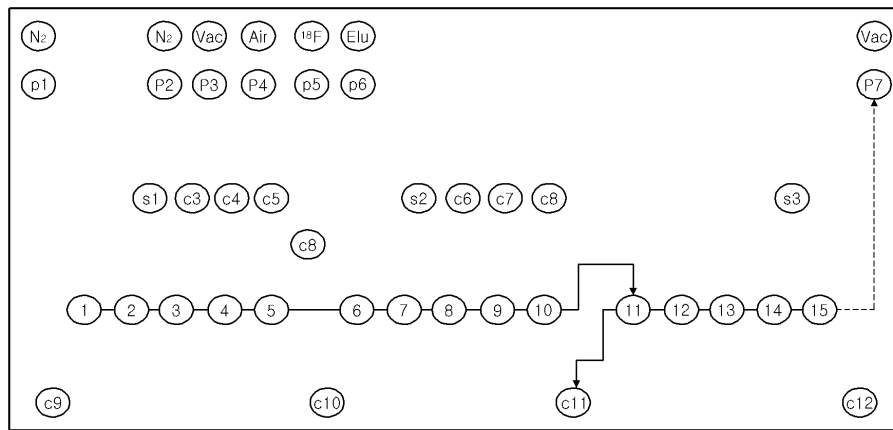
도면3



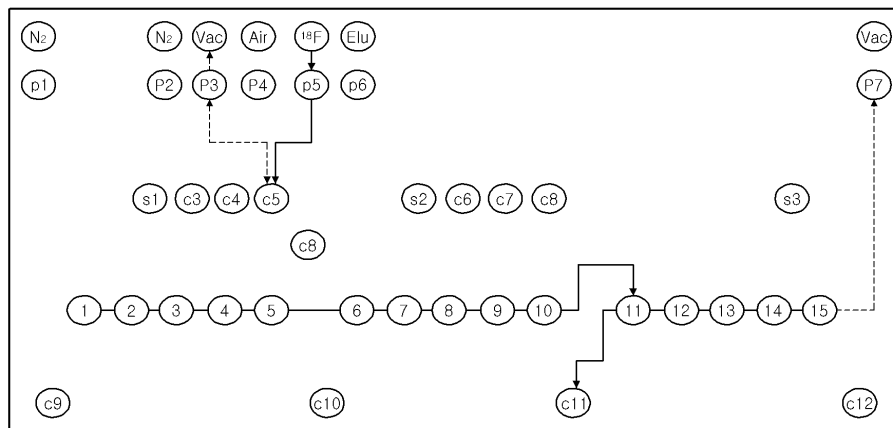
도면4



도면5a

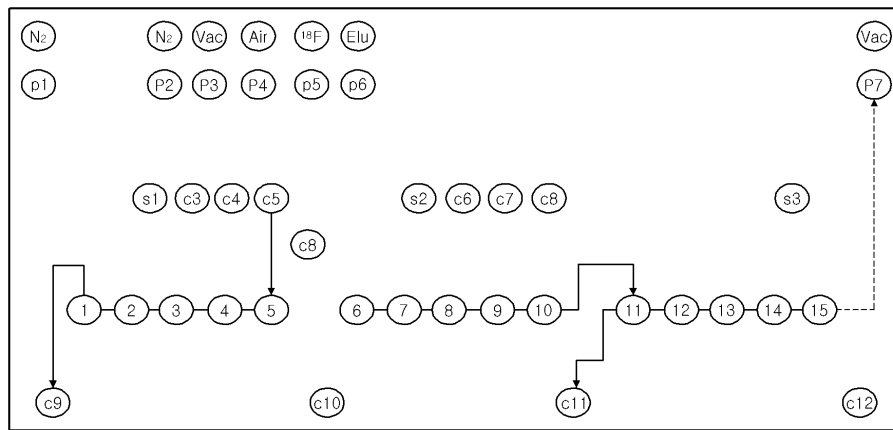


(a) step 1

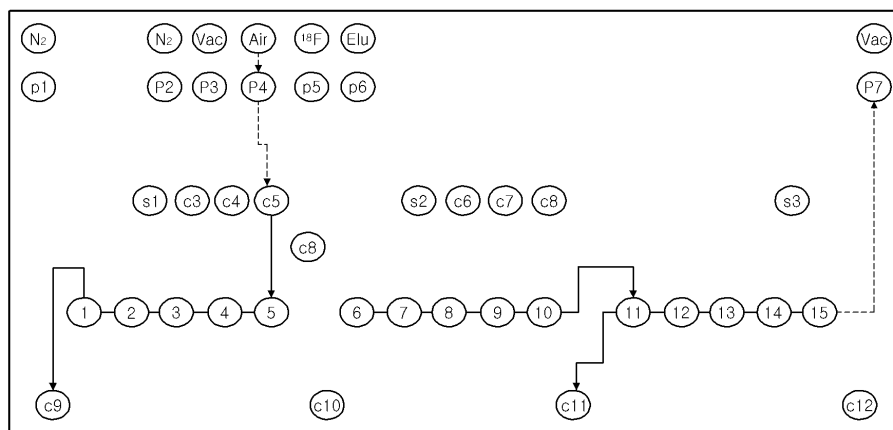


(b) step 2

도면5b

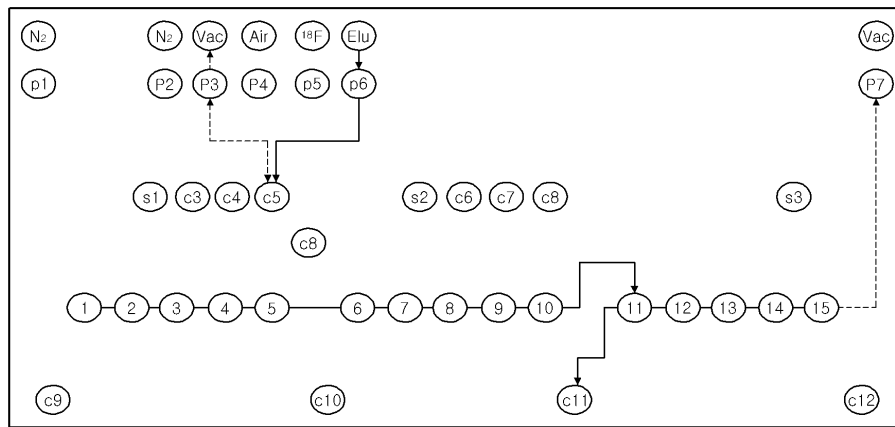


(a) step 4

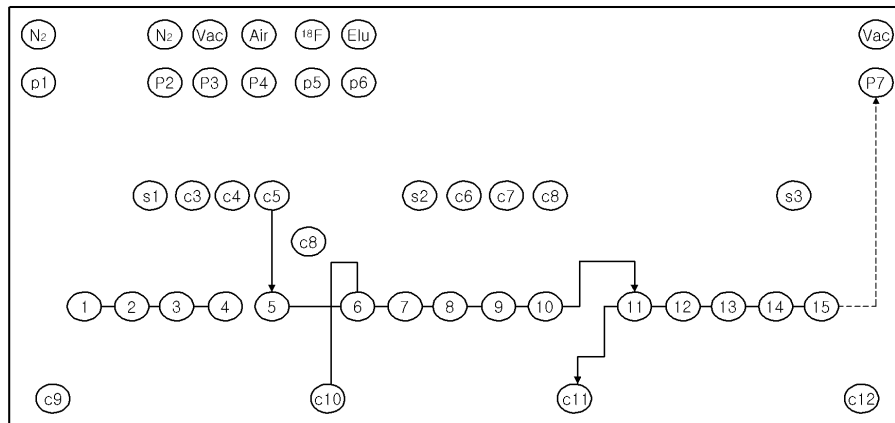


(b) step 5

도면5c



(a) step 7



(b) step 9

