(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0068083
(43) 공개일자 2023년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 65/40 (2022.01) *G06F 3/01* (2006.01)
H04L 41/00 (2022.01)
(52) CPC특허분류
H04L 67/125 (2022.05)
G06F 3/016 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0154022
(22) 출원일자 2021년11월10일
심사청구일자 2021년11월10일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
정철
서울특별시 광진구 천호대로110길 36 503호
응우옌 란 안
서울특별시 광진구 자양로23나길 7-6 102호
(74) 대리인
김현승

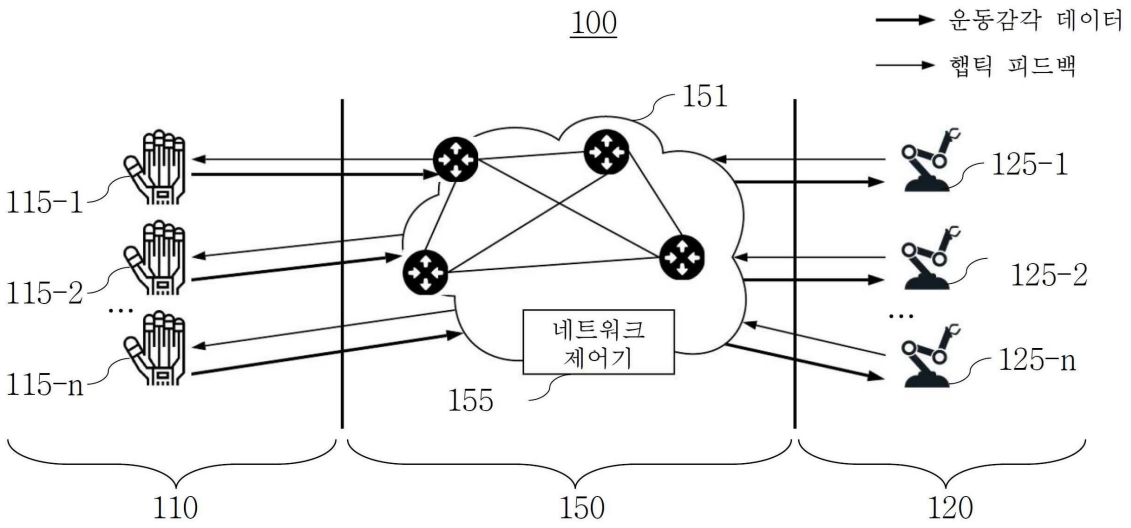
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스 할당**

(57) 요 약

협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스 할당을 위한 장치가 제공된다. 협력 원격제어 시스템은 복수의 햅틱 연결(이를 통해서 각자의 협력 원격제어기가 제어됨)을 제공하는 네트워크 상에서 동작한다. 제공된 장치는, 복수의 햅틱 연결에 각각 대응하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값을 측정하고, 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적인지 또는 정상적인지를 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하고, 만일 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된 경우, 복수의 햅틱 연결 중 하나 이상의 정상적인 것의 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약을 판정하는 햅틱 연결성 모니터링 모듈과, QoS 제약을 만족시키는, 네트워크의 슬라이스의 세트를 식별하는 수락 제어 모듈과, 네트워크의 슬라이스의 식별된 세트 내의 특정한 슬라이스를 이례적인 햅틱 연결에의 할당을 위해 선택하는 슬라이스 할당 모듈을 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H04L 41/5006 (2022.05)
H04L 67/14 (2022.05)
H04L 67/61 (2022.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711132097
과제번호 2019R1A4A1023746
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원(R&D)
연구과제명 Tactile Internet을 위한 초저지연 고신뢰 햅틱 데이터 통신 기술 및 촉각 센서/액튜에이터 기술 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

협력 원격제어 시스템(collaborative teleoperation system)에서의 네트워크 슬라이스 할당(network slice allocation)을 위한 장치로서, 상기 협력 원격제어 시스템은 복수의 햅틱 연결을 제공하는 네트워크 상에서 동작하되, 상기 복수의 햅틱 연결을 통해서 각자의 협력 원격제어기가 제어되고, 상기 장치는,

상기 복수의 햅틱 연결에 각각 대응하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값을 측정하고, 상기 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적인지 또는 정상적인지를 상기 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하고, 만일 상기 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된 경우, 상기 복수의 햅틱 연결 중 하나 이상의 정상적인 것의 상기 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약을 판정하는 햅틱 연결성 모니터링 모듈과,

상기 QoS 제약을 만족시키는, 상기 네트워크의 슬라이스의 세트를 식별하는 수락 제어 모듈과, 상기 네트워크의 슬라이스의 상기 식별된 세트 내의 특정한 슬라이스를 상기 이례적인 햅틱 연결에의 할당을 위해 선택하는 슬라이스 할당 모듈을 포함하는,

장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 QoS 값을 측정하는 것은 서비스 수준 협약(Service Level Agreement: SLA) 모니터링을 수행하여 네트워크 성능 메트릭(Network Performance Metric: NPM)을 측정하는 것과, 상기 측정된 NPM을 상기 QoS 값으로 맵핑하는 것을 포함하는,

장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 QoS 값을 측정하는 것은 상기 각각의 햅틱 연결의 직전의 QoS 값 및 현재의 QoS 값을 측정하는 것을 포함하고, 상기 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 상기 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 것은 상기 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 상기 현재의 QoS 값 및 상기 직전의 QoS 값 간의 제1 차이 및 상기 현재의 QoS 값 및 상기 각각의 햅틱 연결에 요구되는 QoS 값 간의 제2 차이 중 적어도 하나에 기반하여 검출하는 것을 포함하는,

장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 QoS 제약은 상기 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 상기 측정된 QoS 값의 평균인,

장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 QoS 제약은 상기 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 상기 측정된 QoS 값 중 최소인 것인,

장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 특정한 슬라이스는 상기 식별된 세트 내의 각각의 슬라이스의 경로 비용에 기반하여 선택되고, 상기 네트워크의 임의의 슬라이스는 가상 머신(Virtual Machine: VM)의 제1 세트 및 상기 제1 세트 내의 두 VM 간의 연결의 제2 세트에 의해 나타내어지고, 상기 각각의 슬라이스에 대해 상기 경로 비용은 노드 사용 비용 및 링크 사용 비용의 합으로 주어지되, 상기 노드 사용 비용은 상기 각각의 슬라이스의 상기 제1 세트 내의 각각의 VM에 의해 상기 각각의 슬라이스에 할당된 프로세서의 처리 속도(processing rate)에 기반하여 판정되고, 상기 링크 사용 비용은 상기 각각의 슬라이스의 상기 제2 세트 내의 각각의 연결의 대역폭에 기반하여 판정되는,

장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 특정한 슬라이스를 선택하는 것은 탐욕 알고리즘(greedy algorithm)을 사용하여 상기 특정한 슬라이스를 선택하는 것을 포함하는,

장치.

청구항 8

협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스 할당을 위한 방법으로서, 상기 협력 원격제어 시스템은 복수의 햅틱 연결을 제공하는 네트워크 상에서 동작하되, 상기 복수의 햅틱 연결을 통해서 각자의 협력 원격제어기가 제어되고, 상기 방법은,

상기 복수의 햅틱 연결에 각각 대응하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값을 측정하는 단계와,

상기 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적인지 또는 정상적인지를 상기 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 단계와,

만일 상기 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된 경우, 상기 복수의 햅틱 연결 중 하나 이상의 정상적인 것의 상기 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약을 판정하는 단계와,

상기 QoS 제약을 만족시키는, 상기 네트워크의 슬라이스의 세트를 식별하는 단계와,

상기 네트워크의 슬라이스의 상기 식별된 세트 내의 특정한 슬라이스를 상기 이례적인 햅틱 연결에의 할당을 위해 선택하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 QoS 값을 측정하는 단계는 서비스 수준 협약(Service Level Agreement: SLA) 모니터링을 수행하여 네트워크 성능 메트릭(Network Performance Metric: NPM)을 측정하는 단계와, 상기 측정된 NPM을 상기 QoS 값으로 맵핑하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 QoS 값을 측정하는 단계는 상기 각각의 햅틱 연결의 직전의 QoS 값 및 현재의 QoS 값을 측정하는 단계를 포함하고, 상기 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 상기 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 단계는 상기 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 상기 현재의 QoS 값 및 상기 직전의 QoS 값 간의 제1 차이 및 상기 현재의 QoS 값 및 상기 각각의 햅틱 연결에 요구되는 QoS 값 간의 제2 차이 중 적어도 하나에 기반하여 검출하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 QoS 제약은 상기 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 상기 측정된 QoS 값의 평균인,

방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 QoS 제약은 상기 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 상기 측정된 QoS 값 중 최소인 것인,

방법.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 특정한 슬라이스는 상기 식별된 세트 내의 각각의 슬라이스의 경로 비용에 기반하여 선택되고, 상기 네트워크의 임의의 슬라이스는 가상 머신(Virtual Machine: VM)의 제1 세트 및 상기 제1 세트 내의 두 VM 간의 연결의 제2 세트에 의해 나타내어지고, 상기 각각의 슬라이스에 대해 상기 경로 비용은 노드 사용 비용 및 링크 사용 비용의 합으로 주어지되, 상기 노드 사용 비용은 상기 각각의 슬라이스의 상기 제1 세트 내의 각각의 VM에 의해 상기 각각의 슬라이스에 할당된 프로세서의 처리 속도에 기반하여 판정되고, 상기 링크 사용 비용은 상기 각각의 슬라이스의 상기 제2 세트 내의 각각의 연결의 대역폭에 기반하여 판정되는,

방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 특정한 슬라이스를 선택하는 단계는 탐욕 알고리즘을 사용하여 상기 특정한 슬라이스를 선택하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 15

컴퓨터 프로세서에 의해 실행되는 경우 상기 컴퓨터 프로세서로 하여금 제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 실행가능 명령어가 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 협력 원격제어 시스템(collaborative teleoperation system)에서의 네트워크 슬라이스 할당(network slice allocation)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 촉각 인터넷(Tactile Internet)은 인간 대 머신(Human-to-Machine: H2M) 상호작용(interaction) 분야에서 새로 부상하는 기술로서, 촉각 애플리케이션(tactile application)의 초저지연(ultra-low-latency), 고신뢰성, 고확장성, 가용성 및 보안 요구사항을 충족시키기 위해 사용된다. 이 인터넷 네트워크는 콘텐트 전달 네트워크(content delivery network)로부터 역량 세트 전달 네트워크(skill-set delivery network)로의 새로운 패러다임 전환을 제공한다. 예를 들어, 협력 원격제어 시스템은 촉각 애플리케이션을 위해 그러한 네트워크 환경에서 동작할 수 있다. 협력 원격제어 시스템은 운용자(operator) 내지 그의 디바이스가 다수 존재하는 마스터 도메인(master domain) 및 원격제어기(teleoperator)가 다수 존재하는 슬레이브 도메인(slave domain)을 포함하며,

이들 운용자가 슬레이브 도메인에 햅틱(haptic) 제어를 제공하고 원격제어기가 동일한 장소에서 공통의 과제를 공동으로 수행하도록 동기화되어 과제를 완료하는 것을 목표로 한다.

[0003] 그런데, 촉각 인터넷과 같은 네트워크 환경의 지연 요구사항과 관련하여, 일반적으로 촉각 애플리케이션은 1ms의 라운드 트립(round-trip) 지연을 목표로 하는데, 이는 난제 중 하나이다. 네트워크 코딩(network coding)과 햅틱 통신 프로토콜(haptic communication protocol)에 관련된 연구 및 개발에 있어서, 전통적인 네트워크 인프라스트럭처 및 기술을 업그레이드하는 것은 복잡하고, 새로운 제안을 시험하는 데에는 많은 시간과 리소스가 소요된다. 리소스 할당 내지 프로비저닝 솔루션과 관련하여, 초저지연 요구사항이 안정적으로 보장되지 않으며, 아직까지는 제한적인 개선이 이루어졌을 뿐이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스의 할당이 본 문서에 개시된다.

과제의 해결 수단

[0005] 예에서, 협력 원격제어 시스템(collaborative teleoperation system)에서의 네트워크 슬라이스 할당(network slice allocation)을 위한 장치가 제공되는데, 협력 원격제어 시스템은 복수의 햅틱 연결(이를 통해서 각자의 협력 원격제어기가 제어됨)을 제공하는 네트워크 상에서 동작하되, 장치는 다음을 포함한다: 복수의 햅틱 연결에 각각 대응하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값을 측정하고, 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적인지 또는 정상적인지를 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하고, 만일 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된 경우, 복수의 햅틱 연결 중 하나 이상의 정상적인 것의 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약을 판정하는 햅틱 연결성 모니터링 모듈(haptic connectivity monitoring module); QoS 제약을 만족시키는, 네트워크의 슬라이스의 세트를 식별하는 수락 제어 모듈(admission control module); 및 네트워크의 슬라이스의 식별된 세트 내의 특정한 슬라이스를 이례적인 햅틱 연결에의 할당을 위해 선택하는 슬라이스 할당 모듈(slice allocation module).

[0006] 전술된 개요는 상세한 설명에서 추가로 후술되는 몇몇 양상을 단순화된 형태로 소개하기 위해 제공된다. 이 개요는 청구된 주제(subject matter)의 중요 특징 또는 필수적 특징을 식별하도록 의도되지 않고, 청구된 주제의 범위를 정하는 데 사용되도록 의도되지도 않는다. 나아가, 청구된 주제는 본 명세서에서 논의되는 임의의 또는 모든 이점을 제공하는 구현에 한정되지 않는다.

발명의 효과

[0007] 본 개시는 협력 원격제어 애플리케이션에서 협력 원격제어기의 동기화와 함께 초저지연 요구사항에 대처하는 솔루션을 제공한다.

[0008] 본 개시에 따르면, 동적 네트워크 슬라이싱(dynamic network slicing)의 작동을 통해 초저지연 요구사항이 만족될 수 있고, 협력 원격제어 애플리케이션에서 협력 원격제어기가 연결된 햅틱 연결 간에 유사한 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값이 보장될 수 있다.

[0009] 본 개시에 따르면, 햅틱 연결성(haptic connectivity)의 계속적인 모니터링과 함께 네트워크 슬라이스의 동적 할당이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 예시적인 협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스 할당의 예를 보여주는 블록도이다.

도 2는 도 1의 네트워크의 코어 측에 마련된 네트워크 슬라이스의 예를 보여준다.

도 3은 도 1의 네트워크 제어기의 예를 보여주는 블록도이다.

도 4는 도 1의 네트워크 제어기에 의해 수행되는 예시적인 햅틱 연결성 모니터링 프로세스를 보여주는 흐름도이다.

도 5는 도 4의 햅틱 연결성 모니터링 프로세스에서의 QoS 값 측정을 위한 예시적인 SLA 모니터링을 설명하기 위한 도해이다.

도 6은 도 1의 네트워크 제어기에 의해 수행되는 예시적인 수락 제어 프로세스를 보여주는 흐름도이다.

도 7은 도 1의 네트워크 제어기에 의해 수행되는 예시적인 슬라이스 할당 프로세스를 보여주는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 개시에서 사용되는 다양한 용어는 본 문서에서의 기능을 고려하여 상용 용어의 용어법으로부터 선택되는데, 이는 당업자의 의도, 준례, 또는 새로운 기술의 출현에 따라서 달리 인식될 수 있다. 특정한 사례에서, 몇몇 용어에는 상세한 설명에서 개진된 바와 같이 의미가 주어질 수 있다. 따라서, 본 문서에서 사용되는 용어는, 단순히 그 명칭에 의해서가 아니라, 본 개시의 맥락에서 그 용어가 갖는 의미와 일관되게 정의되어야 한다.

[0012] 본 문서에서 용어 "포함하다", "가지다" 등은 이후에 열거된 요소, 예컨대, 어떤 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 정보 또는 이들의 조합의 존재를 명시하는 경우에 사용된다. 달리 표시되지 않는 한, 이런 용어 및 이의 변형은 다른 요소의 존재 또는 추가를 배제하도록 의도되지 않는다.

[0013] 본 문서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "제1", "제2" 등은 몇 개의 서로 닮은 요소를 식별하도록 의도된다. 달리 기재되지 않는 한, 그러한 용어는 이들 요소의 또는 이들의 사용의 특정한 순서와 같은 한정을 부과하도록 의도된 것이 아니라, 단지 여러 요소를 따로따로 지칭하기 위해 사용된다. 예를 들면, 어떤 요소가 일례에서 용어 "제1"로써 참조될 수 있는 한편 동일한 요소가 다른 예에서 "제2" 또는 "제3"과 같은 상이한 서수로써 참조될 수 있다. 그러한 예에서, 이들 용어는 본 개시의 범위를 한정하지 않는 것이다. 또한, 여러 요소의 리스트에서 용어 "및/또는"을 사용하는 것은 열거된 항목 중 임의의 하나 또는 복수 개를 비롯하여 이들 항목의 모든 가능한 조합을 포함한다. 나아가, 단수 형태의 표현은 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 복수 형태의 의미를 포함한다.

[0014] 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 소정의 예가 이제 상세히 기술될 것이다. 다만, 본 개시는 많은 상이한 형태로 체현될 수 있으며, 본 문서에 개진된 예에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 오히려, 이들 예는 본 개시의 범위의 더 나은 이해를 제공하기 위해서 주어지는 것이다.

[0015] 도 1은 예시적인 협력 원격제어 시스템(100)에서의 네트워크 슬라이스 할당의 예를 보여주는 블록도이다.

[0016] 도 1의 예에서, 협력 원격제어 시스템(100)은 마스터 도메인(110), 슬레이브 도메인(120), 그리고 이들 사이에 개재된 네트워크 도메인(150)을 포함한다.

[0017] 도시된 예에서, 마스터 도메인(110)은 복수의 마스터 디바이스(115-1, 115-2, ..., 115-n)(이들은 이하에서 개별적으로 또는 집합적으로 참조 번호 "115"로 지칭될 수 있음)를 포함한다. 예를 들어, 각각의 마스터 디바이스(115)는 인간 운용자(human operator)(이하에서 또한 사용자로 지칭될 수 있음)에 의해 사용되는 디바이스, 가령, 인간 운용자에 의해 착용될 수 있는 햅틱 글러브(haptic glove) 또는 다른 타입의 햅틱 디바이스일 수 있다.

[0018] 도시된 예에서, 슬레이브 도메인(120)은 복수의 슬레이브 디바이스(또는 원격제어기)(125-1, 125-2, ..., 125-n)(이들은 이하에서 개별적으로 또는 집합적으로 참조 번호 "125"로 지칭될 수 있음)를 포함한다. 예를 들어, 각각의 원격제어기(125)는 로봇 손(robot hand)(이는 2개, 3개, 4개, 5개, 또는 다른 복수 개의 손가락 메커니즘을 갖는 로봇식 말단 작동체(robotic end-effector), 가령, 다중 손가락형 로봇식 그리퍼(gripper)일 수 있음), 다른 로봇식 디바이스, 또는 다른 타입의 디바이스일 수 있다. 이들 슬레이브 디바이스(125-1, 125-2, ..., 125-n)은, 예컨대, 하나의 장소에서, 공통의 과제를 수행하도록 제어되는 협력 원격제어기일 수 있다.

[0019] 도시된 예에서, 네트워크 도메인(150)은 협력 원격제어 시스템(100)이 동작하는 네트워크(151)를 포함하는데, 이는 임의의 적절한 타입의 통신 네트워크, 예컨대, 인터넷 프로토콜(Internet Protocol: IP)을 지원하는 아키텍처를 갖는 네트워크, 가령, 5G 네트워크일 수 있다. 예로서, 네트워크(151)는 코어 네트워크(core network)를 포함할 수 있고, 코어 네트워크와의 통신이 되는 액세스 네트워크(access network)를 더 포함할 수 있다. 네트워크(151)는 다양한 네트워크 기능 및/또는 서비스를 구현하기 위한 다양한 네트워크 개체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 네트워크(151)는 코어 네트워크 측에 네트워크 제어기(155)를 포함할 수 있다. 특정한 예에서, 네트워크(151)의 몇몇 네트워크 개체, 가령, 네트워크 제어기(155)는 소프트웨어 정의식 네트워킹(Software-Defined Networking: SDN) 아키텍처를 지원할 수 있다.

[0020] 도시된 예에서, 네트워크(151)는 마스터 도메인(110) 내의 디바이스(115) 및 슬레이브 도메인(120) 내의 원격제어기(125) 간의 연결(이는 또한 본 문서에서 "햅틱 연결"(haptic connection)로 지칭됨)을 제공하여서 이들 디

바이스(115, 125)는 이들 간에 수립된 햅틱 연결을 통해 서로 통신한다. 예를 들어, 슬레이브 도메인(120) 내의 복수의 원격제어기(125-1, 125-2, ..., 125-n) 각각은 상이한 햅틱 연결을 통해 마스터 도메인(110) 내의 복수의 디바이스(115-1, 115-2, ..., 115-n) 중 각자의 대응하는 것과 연결될 수 있다.

[0021] 도시된 예에서, 원격제어기(125)는 그것의 햅틱 연결을 통해 제어된다. 예를 들어, 마스터 디바이스(115)는 햅틱 제어를 위한 신호, 가령, 사용자의 손가락 움직임에 응답하여 마스터 디바이스(115)에 의해 생성된 명령 신호(이는, 예컨대, 운동감각 데이터(kinesthetic data)를 포함할 수 있음)를 햅틱 연결을 통해 원격제어기(125)에 제공할 수 있다. 그러면, 원격제어기(125)는 햅틱 제어 신호에 의해 지시된 동작을 수행할 수 있다. 또한, 원격제어기(125)는 햅틱 피드백(haptic feedback) 신호(이는, 예컨대, 원격제어기(125) 상에 배치된 센서에 의해 획득된 센서 데이터를 포함할 수 있음)를, 가령, 햅틱 제어에 대한 응답으로서, 햅틱 연결을 통해 마스터 디바이스(115)에 제공할 수 있다. 햅틱 피드백은 이후에 촉감 제시를 위해 마스터 디바이스(115)에 의해 처리될 수 있는바, 이로써 사용자로 하여금 현실감 및 몰입감을 경험할 수 있게 한다.

[0022] 몇몇 예시적인 구현에서, 네트워크(151)는 네트워크 슬라이싱이 적용될 수 있는 동적으로 재구성가능한 네트워크 아키텍처를 가질 수 있다. 그러한 예시적인 구현에서, 네트워크(151)는 복수의 슬라이스로 구분될 수 있다. 네트워크(151)의 슬라이스 각각은 네트워크(151)에 의해 지원되는 서비스 및/또는 애플리케이션(가령, 협력 원격제어 애플리케이션)을 위해 인스턴스화될(instantiated) 수 있는 네트워크 기능의 조합에 의해 특징지어질 수 있다. 예를 들어, 네트워크(151)의 각각의 슬라이스는 상이한 성능 메트릭(metric) 및/또는 서비스 요구사항과 연관될 수 있다. 이에 따라, 마스터 디바이스(115) 및 원격제어기(125) 간의 데이터 전달을 위해 네트워크(151)의 복수의 슬라이스 중 하나가 동적으로 할당될 수 있다. 이와 같이, 네트워크(151)의 슬라이스는 공유된 물리적 인프라스트럭처 상에 구축된 논리적 네트워크이다. 그러한 네트워크 슬라이싱은 SDN과 더불어 네트워크 기능 가상화(Network Function Virtualization: NFV) 기술에 의해 가능하게 될 수 있다. NFV는 상이한 네트워크 기능의 비용 효율적인 구현을 위해 일반적인 하드웨어를 사용할 수 있게 하며, SDN은 제어 평면(control plane)을 데이터 평면(data plane)과 분리하여 더 용이한 네트워크 관리를 가능하게 한다.

[0023] 몇몇 예시적인 구현에서, 네트워크(151)를 위해 구성된 슬라이스에 대한 정보는 네트워크 제어기(155)로부터 액세스가능한 외부 저장소(repository) 또는 네트워크 제어기(155) 내에 포함된 스토리지(storage) 내에, 가령, 데이터베이스와 같은 형태로, 저장될 수 있다.

[0024] 몇몇 예시적인 구현에서, 네트워크(151)의 슬라이스는 가상화된 네트워크 기능(Virtualized Network Function: VNF)의 모음(collection)을 포함할 수 있다. 특정한 예에서, 네트워크(151)의 슬라이스는 다수의 순서화된 VNF의 체인에 의해 특징지어질 수 있는데, 이는 서비스 기능 체인(Service Function Chain: SFC)로 칭해진다. 예로서, SFC는 NFV 및 SDN에 기반하여 구성될 수 있다. 특정한 예에서, 사용자를 위해 그러한 서비스 체인을 맵핑하는 것은 네트워크(151)의 코어 네트워크 측에서 수행될 수 있다. 추가적으로, 네트워크(151)의 액세스 측에서, 가령, 사용자를 위해 기지국(Base Station: BS)을 선택하기 위해, 네트워크 슬라이싱이 수행될 수 있다.

[0025] 도 2는 네트워크(151)의 코어 측에 마련된 네트워크 슬라이스(200)의 예를 보여준다. 도시된 예에서, 네트워크 슬라이스(200)는 특정한 순서로 마련된 3개의 VNF로 된 SFC를 포함하는데, 이는 "Slice1: VNF1-VNF2-VNF3"으로 표기된다. 예를 들어, 체인 내의 VNF는 각각 가상 연산 기능, 가상 저장 기능 및 가상 네트워킹 기능일 수 있다. 또한, 네트워크 슬라이스(200) 내에는 VNF의 특정한 조합이 상주하고 실행가능한 가상 머신(Virtual Machine: VM)이 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 2는 네트워크 슬라이스(200)에 다음과 같은 VM이 포함됨을 보여준다: VNF1이 배치된 VM1, VNF2가 배치된 VM2, VNF1 및 VNF2가 배치된 VM3, 그리고 VNF2 및 VNF3가 배치된 VM4.

[0026] 도 3은 네트워크 제어기(155)의 예를 보여주는 블록도이다.

[0027] 도 3의 예에서, 네트워크 제어기(155)는 수락 제어 모듈(admission control module)(310), 슬라이스 할당 모듈(slice allocation module)(320) 및 햅틱 연결성 모니터링 모듈(haptic connectivity monitoring module)(330)을 포함한다. 예를 들어, 네트워크 제어기(155)는 네트워크(151)의 슬라이스의 구성, 인스턴스화, 관리 및 기타 제어를 수행할 수 있다. 특정한 예에서, 네트워크 제어기(155)는 네트워크(151)의 코어 측에 배치된 SDN 기반 제어기일 수 있다. 네트워크 제어기(155)의 다른 예시적인 구현이 또한 고려된다. 예를 들어, 네트워크 제어기(155)는 도시되지 않은 추가적인 컴포넌트를 또한 포함할 수 있고/거나, 도 1에 관해서 열거된 컴포넌트 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.

[0028] 도시된 예에서, 수락 제어 모듈(310)은 소정의 요청에 대응하는 네트워크 슬라이스의 세트를 식별하고, 슬라이

스 할당 모듈(320)은 네트워크 슬라이스의 식별된 세트 중에서 할당을 위한 특정한 네트워크 슬라이스를 선택한다. 예를 들어, 수락 제어 모듈(310)은 마스터 디바이스(115)로부터 (가령, 마스터 디바이스(115) 및 원격제어기(125)간의 햅틱 연결을 통해 제공되는) 특정한 수준의 서비스에 대한 사용자 요청을 수신하고 그러한 요청에 대응하는 네트워크 슬라이스의 세트를 찾아낼 수 있고, 슬라이스 할당 모듈(320)은 사용자 요청에 따라 (가령, 특정한 경로 비용에 기반하여 선택된) 슬라이스를 (가령, 그러한 햅틱 연결에, 그리고 결국) 서비스를 위해 할당할 수 있다.

[0029] 도시된 예에서, 햅틱 연결성 모니터링 모듈(330)은 복수의 QoS 값을 측정하는 데, 이들 각각은 복수의 햅틱 연결(이를 통해 각자의 원격제어기(125-1, 125-2, ..., 125-n)가 제어됨) 중 대응하는 것의 QoS를 나타낸다. 햅틱 연결성 모니터링 모듈(330)은 측정된 QoS 값에 기반하여 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적(anomalous)인지 또는 정상적(normal)인지를 검출하고, 만일 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것(환언하면, 비정상적인 것)이 검출된 경우, 복수의 햅틱 연결 중 정상적인 것의 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약(constraint)를 판정한다. 그러면, 수락 제어 모듈(310)은 판정된 QoS 제약을 만족시키는 네트워크 슬라이스의 세트를 찾아낼 수 있고, 슬라이스 할당 모듈(320)은 네트워크 슬라이스의 세트 내의 특정한 네트워크 슬라이스를 검출된 이례적인 햅틱 연결에 할당할 수 있다.

[0030] 이제, 도 4 내지 도 7을 참조하여, 네트워크 제어기(155)의 동작을 더욱 상세히 설명한다.

[0031] 도 4는 네트워크 제어기(155)에 의해 수행되는 예시적인 햅틱 연결성 모니터링프로세스(400)를 보여주는 흐름도이다. 예를 들어, 프로세스(400)는 네트워크 제어기(155)의 햅틱 연결성 모니터링 모듈(330)에 의해 수행될 수 있다. 프로세스(400)의 다른 예시적인 흐름이 또한 고려된다. 예를 들어, 프로세스(400)는 도시되지 않은 추가적인 동작을 또한 포함할 수 있고/거나, 도 4에 도시된 동작 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.

[0032] 동작(410)에서, 협력 원격제어 시스템(100) 내의 복수의 햅틱 연결이 식별된다. 예를 들어, 협력 원격제어 시스템(100)의 협력 원격제어기(125-1, 125-2, ..., 125-n) 각각의 제어를 위해 해당 원격제어기(125) 및 협력 원격제어 시스템(100)의 마스터 디바이스(115-1, 115-2, ..., 115-n) 중 대응하는 것 간에 네트워크(151)를 통해 수립된 햅틱 연결이 식별될 수 있다.

[0033] 동작(420)에서, 복수의 햅틱 연결 각각의 QoS 값이 측정된다. 예를 들어, QoS 값은 다음과 같은 QoS 메트릭 중 하나 또는 조합일 수 있다: 가용성(availability), 지연(latency) 및 전달(delivery). 가용성 메트릭은 특정한 서비스에 대한 요청당 서비스의 실현가능성(feasibility)의 비율을 나타낸다. 지연 메트릭은 서비스를 위한 패킷이 서비스 액세스 포인트로부터 원거리의 타겟까지 이동하고 되돌아오는 데에 걸리는 시간을 나타낸다. 전달 메트릭은 패킷 손실 없이 전달되는 각 서비스의 비율을 나타내는바, 다시 말해, 패킷 손실의 역을 의미한다.

[0034] 몇몇 예시적인 구현에서, 그러한 QoS 값 측정을 위해, 서비스 수준 협약(Service Level Agreement: SLA) 모니터링이 수행될 수 있다. SLA 모니터링은, 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 네트워크 성능 메트릭(Network Performance Metric: NPM) 측정 및 QoS 메트릭 대 NPM 맵핑에 기반하여 서비스 상태를 모니터링하는 프로세스이다. 우선, NPM 측정은, 가령, 네트워크 모니터링 시스템(이는 햅틱 연결성 모니터링 모듈(330)에 연결되거나 포함될 수 있음)에 의해, 소정의 타겟 디바이스(가령, 원격제어기(125))를 위한 서비스가 제공되는 네트워크(가령, 네트워크(151), 그리고 특히 원격제어기(125)와 같은 해당 디바이스가 제어되는 햅틱 연결)를 모니터링함으로써 수행될 수 있다. 예를 들어, 각각의 주어진 NPM은 도 5에 도시된 바와 같이 가용성, 손실(loss), 딜레이(delay) 또는 활용(utilization)에 연관된 메트릭일 수 있고, 상이한 네트워크 모니터링 방안, 가령, 능동적 모니터링(active monitoring) 방안, 수동적 모니터링(passive monitoring) 방안 또는 간이 네트워크 관리 프로토콜(Simple Network Management Protocol: SNMP) 에이전트 기반 모니터링 방안으로 수행될 수 있다. 예로서, 가용성, 손실 및 딜레이 NPM은 능동적 모니터링 방안에 따라 측정될 수 있는데, 이 방안은 테스트 트래픽을 주기적으로 또는 요구 시에 생성하고 테스트 패킷 또는 응답의 성능을 측정하는 것을 수반할 수 있다. NPM 측정 후에, 가령, 햅틱 연결성 모니터링 모듈(330)에 의해, QoS 메트릭 및 NPM 메트릭 간의 맵핑 함수에 따라 QoS 메트릭이 측정될 수 있다. 특정한 예에서, 그러한 맵핑 함수는 다음 표와 같이 주어질 수 있다.

표 1

QoS 메트릭	맵핑 함수
가용성 (Availability)	$100 - \frac{\text{device unfunctional time + disconnected time}}{\text{total monitored time}} \text{x100(\%)}$
지연(Latency)	$\frac{\sum RTT}{\text{total number of RTT test packet}} \text{(ms)}$
전달(Delivery)	$100 - \frac{number\ of\ loss\ packet}{\text{total number of test packet}} \text{x100(\%)}$

[0035]

[0036] 여기서 "device unfunctional time"은 해당 디바이스가 기능하지 않는 시간을 나타내고, "disconnected time"은 해당 디바이스와의 연결이 끊겨 있던 시간을 나타내고, "total monitored time"은 SLA 모니터링이 수행된 총 시간을 나타내고, "total number of RTT test packet"은 해당 디바이스와의 테스트를 위해 생성된 라운드 트립 시간(Round Trip Time: RTT) 테스트 패킷의 총 개수를 나타내고, "ΣRTT"는 이들에 대한 RTT의 합을 나타내고, "total number of test packet"은 테스트 패킷의 총 개수를 나타내고, "number of loss packet"은 이들 중 손실된 패킷의 개수를 나타낸다. 도 5 및 표 1를 참조하면, QoS 메트릭 중 가용성은 측정된 NPM 중 가용성에 관련된 "device unfunctional time", "disconnected time" 및 "total monitored time" 값에 따라 측정되고, QoS 메트릭 중 지연은 측정된 NPM 중 딜레이에 관련된 "total number of RTT test packet" 및 "ΣRTT" 값에 따라 측정되고, QoS 메트릭 중 전달은 측정된 NPM 중 딜레이에 관련된 "total number of test packet" 값 및 측정된 NPM 중 손실에 관련된 "number of loss packet" 값에 따라 측정됨을 알 수 있다.

[0037] 동작(430)에서, 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된다. 예를 들어, 그러한 검출은 동작(420)에서 측정된 QoS 값을 사용하여 행해질 수 있다.

[0038] 몇몇 예시적인 구현에서, 앞서 예시된 바와 같이 QoS 메트릭이 측정된 후에, 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 여부가 다음 값에 기반하여 검출될 수 있다: 협력 원격제어 시스템(100) 내의 복수의 햅틱 연결 각각의 현재의 QoS 값(QoS_t); 해당 햅틱 연결의 이전의 QoS 값(가령, 금번 QoS 메트릭 측정 직전에 수행된 QoS 메트릭 측정에 따라 획득된 직전 QoS 값(QoS_{t-1})); 그리고 해당 햅틱 연결에 대해 요구되는 QoS 값(QoS_r). 예를 들어, 어떤 햅틱 연결이 다른 햅틱 연결에 비해 다음과 같은 특성이 상이한 경우 이례적인 것이라고 판정될 수 있다: 현재의 QoS 값 및 요구되는 QoS 값 간의 거리, 예컨대, 차이 값 QoS_t-QoS_r; 그리고/또는 현재의 QoS 값 및 직전의 QoS 값 간의 거리, 예컨대, 차이 값 $\Delta QoS_t=QoS_t-QoS_{t-1}$. 만일 이례적인 햅틱 연결을 검출하는 데에 이들 두 가지 타입의 차이 값 모두를 사용한다면 그러한 검출이 더 효율적일 것이다. 전자의 차이 값은 현재의 QoS 값이 원래 만족시켰어야 할 QoS 요구사항과 얼마나 차이가 나는지를, 그리고 결국 현재의 QoS 값이 양호한지 여부를 나타낸다. 이 차이가 크다면 해당 햅틱 연결은 이례적일 공산이 크다고 볼 수 있다. 또한, 해당 햅틱 연결이 현재의 QoS 값이 측정된 시점에서는 이례적이나 직전의 QoS 값이 측정된 시점에서는 정상적이었다고 가정하면, 후자의 차이 값이 클 것이다. 특정한 예에서, 협력 원격제어 시스템(100) 내의 복수의 햅틱 연결 각각을 전술된 거리 특성에 기반하여 군집화하는(clustering) 방식으로 이례적인 햅틱 연결이 검출될 수 있다. 그러한 군집화는 K-평균 군집화(K-means clustering), 노이즈 있는 애플리케이션의 밀집 기반 공간적 군집화(Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise), 또는 다른 타입의 학습 알고리즘, 가령, 결정 트리(decision tree), k-최근접 이웃(k-Nearest Neighbor: kNN), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine: SVM)과 같은 기계 학습(Machine Learning: ML) 알고리즘에 기반할 수 있다.

[0039] 동작(440)에서, 이례적인 햅틱 연결을 위한 새로운 네트워크 슬라이스에 대한 요청이 QoS 제약(QoS_c)과 함께 생성된다. 예를 들어, 검출된 이례적인 햅틱 연결에 대해, QoS 제약은 그러한 햅틱 연결에 제공될 새로운 네트워크 슬라이스가 정상적이도록, 다시 말해, 다른 정상적인 햅틱 연결의 QoS 값과 어느 정도 비슷한 값을 갖도록 보장하는 값으로 정해질 수 있다. 특정한 예에서, QoS 제약은 협력 원격제어 시스템(100) 내의 복수의 햅틱 연결 중의 정상적인 햅틱 연결의 QoS 값의 평균으로 주어질 수 있다. 다른 예에서, QoS 제약은 복수의 햅틱 연결 중의 정상적인 햅틱 연결의 QoS 값 중 최소인 것으로 주어질 수 있다.

[0040] 동작(450)에서, 새로운 네트워크 슬라이스에 대한 요청이 QoS 제약과 함께 네트워크(151)의 제어를 위한 수락 제어 메커니즘에 발신된다. 예를 들어, 동작(440)에서 새로운 네트워크 슬라이스 요청은 판정된 QoS 제약을 포함하도록 생성될 수 있고, 이후에 그러한 요청이 수락 제어 메커니즘, 가령, 네트워크 제어기(155)의 수락 제어 모듈(310)에 송신될 수 있다.

[0041] 예를 들어, 협력 원격제어 시스템(100)이 마스터 디바이스(115) 및 원격제어기(125)의 쌍을 3개 갖고, 3개의 원격제어기(125)가 동일한 장소에서 물건을 쥐는 공통의 과제를 수행하는 시나리오(이하에서 간략히 "작업 시나리오"로 지칭됨)를 가정하자. 작업 시나리오에서, 각 쌍에 대응하는 햅틱 연결의 QoS 값으로서 지연 메트릭이 사용된다. 만일 원격제어기(125) 중 하나가 큰 지연을 겪고 있다면, 과제는 실패할 공산이 크다. 작업 시나리오에서, 도 4의 프로세스(400)는 다음과 같이 수행될 수 있다: 마스터 디바이스(115) 및 원격제어기(125)의 각각의 쌍에 대응하는 햅틱 연결이 식별됨; SLA 모니터링에 따라 지연이 측정됨; 예로서, 3개의 햅틱 연결은 각각 $L1_t$ = 0.4ms, $L2_t$ = 0.6ms 및 $L3_t$ = 4ms인 지연을 갖는다고 현재 측정되되, 직전의 측정치는 각각 $L1_{t-1}$ = 0.3ms, $L2_{t-1}$ = 0.7ms 및 $L3_{t-1}$= 0.4ms이며, 요구되는 지연은 모두 1ms임; 각각의 햅틱 연결에 대해, 현재의 지연 측정치 및 직전의 지연 측정치 간의 거리 $\Delta L1$-, $\Delta L2_t$, $\Delta L3_t$가 계산되고, 현재의 지연 측정치 및 요구되는 지연 간의 거리 $\Delta L1_{rt}$, $\Delta L2_{rt}$, $\Delta L3_{rt}$가 계산되며, 이들 값을 사용하여 이례적인 햅틱 연결이 검출됨(예를 들어, 3번째 햅틱 연결이 이례적인 햅틱 연결로서 검출되고, 나머지 햅틱 연결은 정상적인 것으로서 검출됨); 이례적인 햅틱 연결의 새로운 슬라이스에 대한 요청을 위해, QoS 제약 L_c가 정상적인 햅틱 연결의 지연 측정치의 평균으로 계산됨(예를 들어, $L_c = (L1_t + L2_t)/2 = 0.5ms$); 그리고 이례적인 햅틱 연결에 대해 QoS 제약(L_c)과 함께 새로운 슬라이스 요청이 수락 제어 모듈(310)에 시그널링됨.

[0042] 도 6은 네트워크 제어기(155)에 의해 수행되는 예시적인 수락 제어 프로세스(600)를 보여주는 흐름도이다. 예를 들어, 프로세스(600)는 네트워크 제어기(155)의 수락 제어 모듈(310)에 의해 수행될 수 있다. 프로세스(600)의 다른 예시적인 흐름이 또한 고려된다. 예를 들어, 프로세스(600)는 도시되지 않은 추가적인 동작을 또한 포함할 수 있고/거나, 도 6에 도시된 동작 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.

[0043] 동작(610)에서, 네트워크(150) 상에 수립된 이례적인 햅틱 연결에 대해 판정된 QoS 제약과 함께 발신된 새로운 네트워크 슬라이스 요청이 수신된다. 동작(620)에서, 이례적인 햅틱 연결을 위해 기존에 제공된 네트워크 슬라이스가 제거된다. 예를 들어, 네트워크 슬라이스의 제거는 프로세서, 스토리지, 대역폭 등의 다양한 리소스의 해제를 수반할 수 있다. 동작(630)에서, 네트워크(151)의 네트워크 슬라이스에 대한 정보가 획득된다. 예를 들어, 네트워크 슬라이스 정보는 네트워크 제어기(155)로부터 액세스가능하거나 네트워크 제어기(155) 내에 포함된 데이터베이스로부터 판독될 수 있다. 동작(640)에서, 네트워크(151)의 네트워크 슬라이스 중에서 QoS 제약을 만족시키는 것이 새로운 네트워크 슬라이스 요청에 맵핑된다. 동작(650)에서, 그러한 슬라이스 대 요청 맵핑이 네트워크(151)의 제어를 위한 슬라이스 할당 메커니즘, 가령, 네트워크 제어기(155)의 슬라이스 할당 모듈(320)에 발신된다.

[0044] 예를 들어, 도 4에 관해서 전술된 작업 시나리오에서, 이례적인 햅틱 연결에 대한 새로운 슬라이스 요청 R_1에 응답하여, 해당 햅틱 연결을 서빙하는(serving) 네트워크 슬라이스가 제거될 수 있다. 이후에, 협력 원격제어 시스템(100)이 동작하는 네트워크(151)의 이용가능한 슬라이스에 대한 소정의 정보(가령, 서빙되는 모든 QoS 메트릭, 가령, 지연, 가용성, 전달 등에 관한 일체의 정보)가 획득될 수 있다. 획득된 네트워크 슬라이스 정보에 기반하여, 예컨대, 네트워크(151)의 두 슬라이스 S_1 및 S_2가 검출된 이례적인 햅틱 연결에 대해 QoS 제약(L_c) 이하의 지연을 보장할 것이라고 판정될 수 있다. 이 맵핑 관계는 네트워크 제어기(155)의 슬라이스 할당 모듈(320)에 시그널링될 수 있다(이하에서 편의상 슬라이스 S_1 및 슬라이스 요청 R_1 간의 맵핑을 S_1-R_1으로, 슬라이스 S_2 및 슬라이스 요청 R_1 간의 맵핑을 S_2-R_1으로, 그리고 이들을 집합적으로 {S_1, S_2}-R_1 이라고 표기할 수 있음).

[0045] 도 7은 네트워크 제어기(155)에 의해 수행되는 예시적인 슬라이스 할당 프로세스(700)를 보여주는 흐름도이다. 예를 들어, 프로세스(700)는 네트워크 제어기(155)의 슬라이스 할당 모듈(320)에 의해 수행될 수 있다. 프로세스(700)의 다른 예시적인 흐름이 또한 고려된다. 예를 들어, 프로세스(700)는 도시되지 않은 추가적인 동작을 또한 포함할 수 있고/거나, 도 7에 도시된 동작 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.

[0046] 동작(710)에서, 네트워크(150) 상에 수립된 이례적인 햅틱 연결에 대한 QoS 제약을 만족시키는 네트워크 슬라이스 및 그러한 햅틱 연결을 위한 새로운 네트워크 슬라이스에 대한 요청 간의 맵핑이 수신된다.

[0047] 동작(720)에서, 새로운 네트워크 슬라이스 요청에 맵핑된 각각의 네트워크 슬라이스에 대해 경로 비용이 계산된다. 몇몇 예시적인 구현에서, 어떤 네트워크 슬라이스의 경로 비용은 해당 네트워크 슬라이스를 생성 내지 재구성하는 데에 소요되는 비용이다. 예를 들어, 코어 네트워크 측의 임의의 슬라이스는 앞서 도 2에 관해서 언급된 바와 같은 SFC일 수 있다. SFC는 방향성 그래프 G=(V,E)로 표현될 수 있는데, 여기서 V는 슬라이스 내의 VM을 나타내는 노드의 세트이고, E는 두 VM 간의 연결을 나타내는 링크의 세트이다. 그러면, 주어진 네트워크 슬라이스의 경로 비용은 C=C(V)+C(E)로 나타낼 수 있는데, 여기서 C는 G=(V,E)에 의해 특징지어진 네트워크 슬라이스의 경로 비용이고, C(V)는 네트워크 슬라이스 내의 가상 머신 노드 사용 비용이고, C(E)는 네트워크 슬라이스 내의 가상 머신 간 연결 링크 사용 비용이다. 예로서, 네트워크 슬라이스의 VM 노드 사용 비용 C(V)은 네트워크 슬라이스 내의 각각의 VM이 네트워크 슬라이스를 위해 할당한 중앙 처리 유닛(Central Processing Unit: CPU)과 같은 프로세서의 처리 속도(processing rate)의 총합으로 정의될 수 있다. 또한, 예로서, 네트워크 슬라이스의 연결 링크 사용 비용 C(E)은 네트워크 슬라이스 내의 각각의 연결의 대역폭의 총합으로 정의될 수 있다.

[0048] 동작(730)에서, 가장 낮은 경로 비용을 갖는 네트워크 슬라이스가 선택된다. 몇몇 예시적인 구현에서, 최적의 네트워크 슬라이스를 구하기 위해 탐욕 알고리즘(greedy algorithm)과 같은 근사적인 접근법을 취하고/거나, 신경망(neural network), 강화 학습(reinforcement learning)과 같은 ML을 이용할 수 있다.

[0049] 동작(740)에서, 선택된 네트워크 슬라이스가 이례적인 햅틱 연결에 할당된다.

[0050] 예를 들어, 전술된 작업 시나리오에서, S_1-R_1 맵핑에 대해 S_1의 비용은 45이고, S_2-R_2 맵핑에 대해 S_2의 비용은 36이라고 가정하면, S_2-R_1 맵핑(곧, 요청 R_1에 대해 슬라이스 S_2)이 선택될 수 있다. 그러면, 슬라이스 S_2가 이례적인 햅틱 연결을 서빙하도록 제공될 수 있다.

[0051] 다음은 협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스 할당에 관련된 다양한 예이다.

[0052] 예 1에서, 협력 원격제어 시스템(collaborative teleoperation system)에서의 네트워크 슬라이스 할당(network slice allocation)을 위한 장치는 다음을 포함한다(위 협력 원격제어 시스템은 복수의 햅틱 연결을 제공하는 네트워크 상에서 동작하되, 위 복수의 햅틱 연결을 통해서 각자의 협력 원격제어기가 제어됨): 위 복수의 햅틱 연결에 각각 대응하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값을 측정하고, 위 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하고, 만일 위 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된 경우, 위 복수의 햅틱 연결 중 하나 이상의 정상적인 것의 위 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약을 판정하는 햅틱 연결성 모니터링 모듈(haptic connectivity monitoring module); 위 QoS 제약을 만족시키는, 위 네트워크의 슬라이스의 세트를 식별하는 수락 제어 모듈(admission control module); 및 위 네트워크의 슬라이스의 위 식별된 세트 내의 특정한 슬라이스를 위 이례적인 햅틱 연결에의 할당을 위해 선택하는 슬라이스 할당 모듈(slice allocation module).

[0053] 예 2는 예 1의 주제를 포함하는데, 위 QoS 값을 측정하는 것은 서비스 수준 협약(Service Level Agreement: SLA) 모니터링을 수행하여 네트워크 성능 메트릭(Network Performance Metric: NPM)을 측정하는 것과, 위 측정된 NPM을 위 QoS 값으로 맵핑하는 것을 포함한다.

[0054] 예 3은 예 1 또는 예 2의 주제를 포함하는데, 위 QoS 값을 측정하는 것은 위 각각의 햅틱 연결의 직전의 QoS 값 및 현재의 QoS 값을 측정하는 것을 포함하고, 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 것은 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 현재의 QoS 값, 위 직전의 QoS 값 및 위 각각의 햅틱 연결에 대해 요구되는 QoS 값에 기반하여 검출하는 것을 포함한다.

[0055] 예 4는 예 1 또는 예 2의 주제를 포함하는데, 위 QoS 값을 측정하는 것은 위 각각의 햅틱 연결의 직전의 QoS 값 및 현재의 QoS 값을 측정하는 것을 포함하고, 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 것은 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 현재의 QoS 값 및 위 직전의 QoS 값 간의 제1 차이 및 위 현재의 QoS 값 및 위 각각의 햅틱 연결에 요구되는 QoS 값 간의 제2 차이 중 적어도 하나에 기반하여 검출하는 것을 포함한다.

[0056] 예 5는 예 1 내지 예 4 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 QoS 제약은 위 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 위 측정된 QoS 값의 평균이다.

[0057] 예 6은 예 1 내지 예 4 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 QoS 제약은 위 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 위 측정된 QoS 값 중 최소인 것이다.

[0058] 예 7은 예 1 내지 예 6 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 특정한 슬라이스는 위 식별된 세트 내의 슬라이스 중에서 경로 비용을 최소화하는 것이다.

[0059] 예 8은 예 7의 주제를 포함하는데, 위 특정한 슬라이스는 위 식별된 세트 내의 각각의 슬라이스의 경로 비용에 기반하여 선택되고, 위 네트워크의 임의의 슬라이스는 가상 머신(Virtual Machine: VM)의 제1 세트 및 위 제1 세트 내의 두 VM 간의 연결의 제2 세트에 의해 나타내어지고, 위 각각의 슬라이스에 대해 위 경로 비용은 노드 사용 비용 및 링크 사용 비용의 합으로 주어지되, 위 노드 사용 비용은 위 각각의 슬라이스의 위 제1 세트 내의 각각의 VM에 의해 위 각각의 슬라이스에 할당된 프로세서의 처리 속도(processing rate)에 기반하여 판정되고, 위 링크 사용 비용은 위 각각의 슬라이스의 위 제2 세트 내의 각각의 연결의 대역폭(bandwidth)에 기반하여 판정된다.

[0060] 예 9는 예 1 내지 예 8 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 네트워크의 임의의 슬라이스는 다수의 순서화된 가상화된 네트워크 기능(Virtualized Network Function: VNF)을 포함하고 위 다수의 VNF 중 적어도 하나가 실행가능한 VM이 내부에 제공된다.

[0061] 예 10은 예 1 내지 예 9 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 특정한 슬라이스를 선택하는 것은 탐욕 알고리즘(greedy algorithm)을 사용하여 위 특정한 슬라이스를 선택하는 것을 포함한다.

[0062] 예 11에서, 협력 원격제어 시스템에서의 네트워크 슬라이스 할당을 위한 방법은 다음을 포함한다(위 협력 원격제어 시스템은 복수의 햅틱 연결을 제공하는 네트워크 상에서 동작하되, 위 복수의 햅틱 연결을 통해서 각자의 협력 원격제어기가 제어됨): 위 복수의 햅틱 연결에 각각 대응하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS) 값을 측정하는 것; 위 복수의 햅틱 연결 각각이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 것; 만일 위 복수의 햅틱 연결 중 이례적인 것이 검출된 경우, 위 복수의 햅틱 연결 중 하나 이상의 정상적인 것의 위 측정된 QoS 값에 기반하여 QoS 제약을 판정하는 것; 위 QoS 제약을 만족시키는, 위 네트워크의 슬라이스의 세트를 식별하는 것; 및 위 네트워크의 슬라이스의 위 식별된 세트 내의 특정한 슬라이스를 위 이례적인 햅틱 연결에의 할당을 위해 선택하는 것.

[0063] 예 12는 예 11의 주제를 포함하는데, 위 QoS 값을 측정하는 것은 서비스 수준 협약(Service Level Agreement: SLA) 모니터링을 수행하여 네트워크 성능 메트릭(Network Performance Metric: NPM)을 측정하는 것과, 위 측정된 NPM을 위 QoS 값으로 맵핑하는 것을 포함한다.

[0064] 예 13은 예 11 또는 예 12의 주제를 포함하는데, 위 QoS 값을 측정하는 것은 위 각각의 햅틱 연결의 직전의 QoS 값 및 현재의 QoS 값을 측정하는 것을 포함하고, 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 것은 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 현재의 QoS 값, 위 직전의 QoS 값 및 위 각각의 햅틱 연결에 대해 요구되는 QoS 값에 기반하여 검출하는 것을 포함한다.

[0065] 예 14는 예 11 또는 예 12의 주제를 포함하는데, 위 QoS 값을 측정하는 것은 위 각각의 햅틱 연결의 직전의 QoS 값 및 현재의 QoS 값을 측정하는 것을 포함하고, 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 측정된 QoS 값에 기반하여 검출하는 것은 위 각각의 햅틱 연결이 이례적인지 또는 정상적인지를 위 현재의 QoS 값 및 위 직전의 QoS 값 간의 제1 차이 및 위 현재의 QoS 값 및 위 각각의 햅틱 연결에 요구되는 QoS 값 간의 제2 차이 중 적어도 하나에 기반하여 검출하는 것을 포함한다.

[0066] 예 15는 예 11 내지 예 14 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 QoS 제약은 위 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 위 측정된 QoS 값의 평균이다.

[0067] 예 16은 예 11 내지 예 14 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 QoS 제약은 위 하나 이상의 정상적인 햅틱 연결의 위 측정된 QoS 값 중 최소인 것이다.

[0068] 예 17은 예 11 내지 예 16 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 특정한 슬라이스는 위 식별된 세트 내의 슬라이스 중에서 경로 비용을 최소화하는 것이다.

[0069] 예 18은 예 11 내지 예 16 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 특정한 슬라이스는 위 식별된 세트 내의 각각의 슬라이스의 경로 비용에 기반하여 선택되고, 위 네트워크의 임의의 슬라이스는 가상 머신(Virtual Machine: VM)의 제1 세트 및 위 제1 세트 내의 두 VM 간의 연결의 제2 세트에 의해 나타내어지고, 위 각각의 슬라이스에 대해 위 경로 비용은 노드 사용 비용 및 링크 사용 비용의 합으로 주어지되, 위 노드 사용 비용은 위 각각의 슬라이스의 위 제1 세트 내의 각각의 VM에 의해 위 각각의 슬라이스에 할당된 프로세서의 처리 속도에 기반하여 판정되고, 위 링크 사용 비용은 위 각각의 슬라이스의 위 제2 세트 내의 각각의 연결의 대역폭에 기반하여 판정

된다.

[0070] 예 19는 예 11 내지 예 18 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 네트워크의 임의의 슬라이스는 다수의 순서화된 가상화된 네트워크 기능(Virtualized Network Function: VNF)을 포함하고 위 다수의 VNF 중 적어도 하나가 실행가능한 VM이 내부에 제공된다.

[0071] 예 20은 예 11 내지 예 19 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 특정한 슬라이스를 선택하는 것은 탐욕 알고리즘을 사용하여 위 특정한 슬라이스를 선택하는 것을 포함한다.

[0072] 예 21에서, 컴퓨터 프로세서에 의해 실행되는 경우 위 컴퓨터 프로세서로 하여금 예 11 내지 예 20 중 어느 한 항에 기재된 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 실행가능 명령어가 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체가 제공된다.

[0073] 예 22는 예 1 내지 예 21 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 각자의 협력 원격제어기 각각은 로봇 손(robot hand)을 포함한다.

[0074] 특정한 예에서, 본 문서에서 언급된 장치, 디바이스, 시스템, 머신 등은 임의의 적합한 유형은 컴퓨팅 장치이거나, 이를 포함하거나, 이에 구현될 수 있다. 컴퓨팅 장치는 프로세서 및 프로세서에 의해 판독가능한 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 포함할 수 있다. 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 하나 이상의 명령어를 실행할 수 있다. 프로세서는 또한 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 다른 정보를 판독할 수 있다. 추가로, 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 새로운 정보를 저장할 수 있고 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 어떤 정보를 갱신할 수 있다. 프로세서는, 예컨대, 중앙 처리 유닛(Central Processing Unit: CPU), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor: DSP), 그래픽 처리 유닛(Graphics Processing Unit: GPU), 프로세서 코어(processor core), 마이크로프로세서(microprocessor), 마이크로제어기(microcontroller), 필드 프로그램가능 게이트 어레이(Field-Programmable Gate Array: FPGA), 애플리케이션 특정 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit: ASIC), 다른 하드웨어 및 로직 회로, 또는 이의 임의의 적합한 조합을 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 다양한 정보, 예컨대, 프로세서에 의해 수행될 수 있는 프로세서 실행가능(processor executable) 명령어의 세트 및/또는 다른 정보로써 인코딩된다. 예를 들어, 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 프로세서에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(가령, 프로세서)로 하여금 본 문서에 개시된 몇몇 동작을 수행하게 하는 컴퓨터 프로그램 명령어 및/또는 그러한 동작에서 사용되는 정보, 데이터, 변수, 상수, 데이터 구조, 기타 등등이 내부에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는, 예컨대, 판독 전용 메모리(Read-Only Memory: ROM), 랜덤 액세스 메모리(Random-Access Memory: RAM), 휘발성(volatile) 메모리, 비휘발성(non-volatile) 메모리, 착탈가능(removable) 메모리, 비착탈가능(non-removable) 메모리, 플래시(flash) 메모리, 솔리드 스테이트(solid-state) 메모리, 다른 타입의 메모리 디바이스, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광 기록 매체, 플롭티컬 디스크와 같은 자기-광 매체, 다른 타입의 저장 디바이스 및 저장 매체, 또는 이의 임의의 적합한 조합을 포함할 수 있다.

[0075] 특정한 예에서, 본 문서에 기술된 동작, 기법, 프로세스, 또는 이의 어떤 양상이나 부분은 컴퓨터 프로그램 제품 내에 구체화될 수 있다. 그러한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 어떤 유형의 (가령, 컴파일형(compiled) 또는 해석형(interpreted)) 프로그래밍 언어, 예컨대, 어셈블리(assembly), 기계어(machine language), 프로시저형(procedural) 언어, 객체지향(object-oriented) 언어 등등으로 구현될 수 있고, 하드웨어 구현과 조합될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터 판독가능 저장 매체의 형태로 배포될 수 있거나 온라인으로 배포될 수 있다. 온라인 배포를 위해, 컴퓨터 프로그램 제품의 일부 또는 전부가 서버(가령, 서버의 컴퓨터 판독가능 저장 매체) 내에 일시적으로 저장되거나 일시적으로 생성될 수 있다.

[0076] 이상의 설명은 상세하게 몇몇 예를 예시하고 기술하기 위해 제시되었다. 본 개시의 범주에서 벗어나지 않고서 위의 교시에 비추어 많은 수정 및 변형이 가능함을 당업자는 응당 이해할 것이다. 다양한 예에서, 전술된 기법이 상이한 순서로 수행되고/거나, 전술된 시스템, 아키텍처, 디바이스, 회로 및 유사한 것의 컴포넌트 중 일부가 상이한 방식으로 결합 또는 조합되거나, 다른 컴포넌트 또는 이의 균등물에 의해 대치 또는 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0077] 그러므로, 본 개시의 범주는 개시된 그 형태에 한정되어서는 안 되며, 후술하는 청구항 및 이의 균등물에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0078] 100: 협력 원격제어 시스템

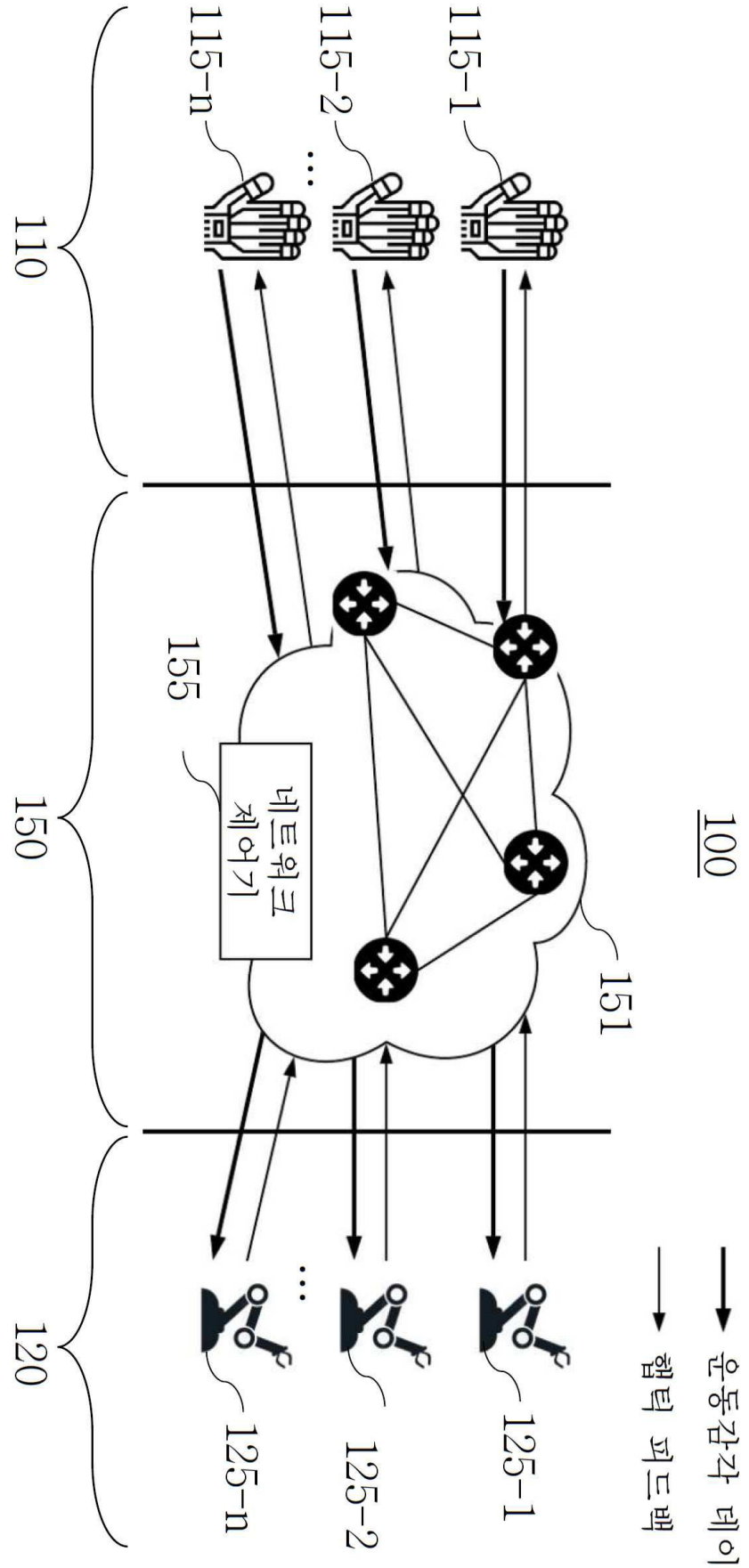
110: 마스터 도메인

120: 슬레이브 도메인

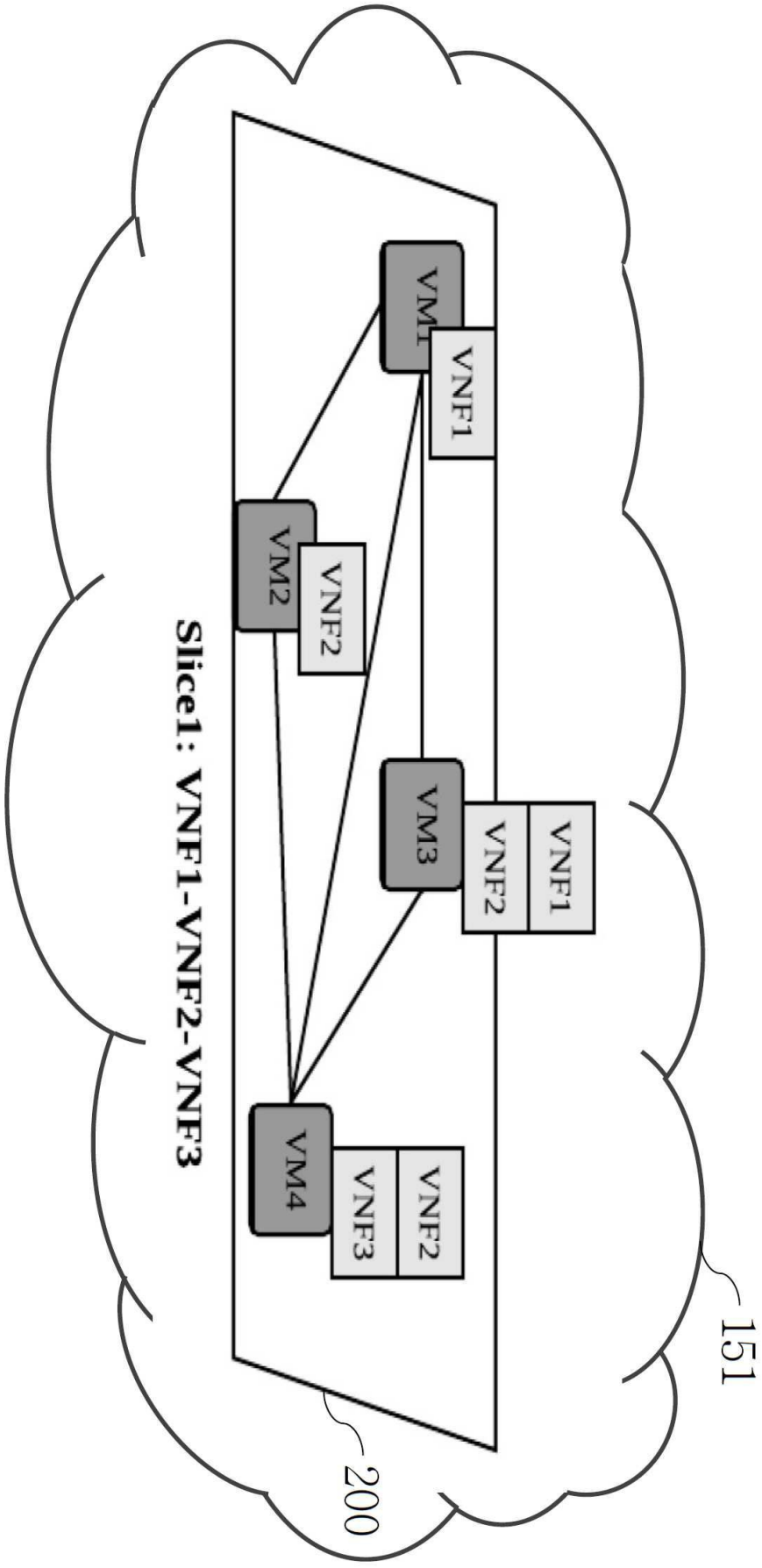
150: 네트워크 도메인

도면

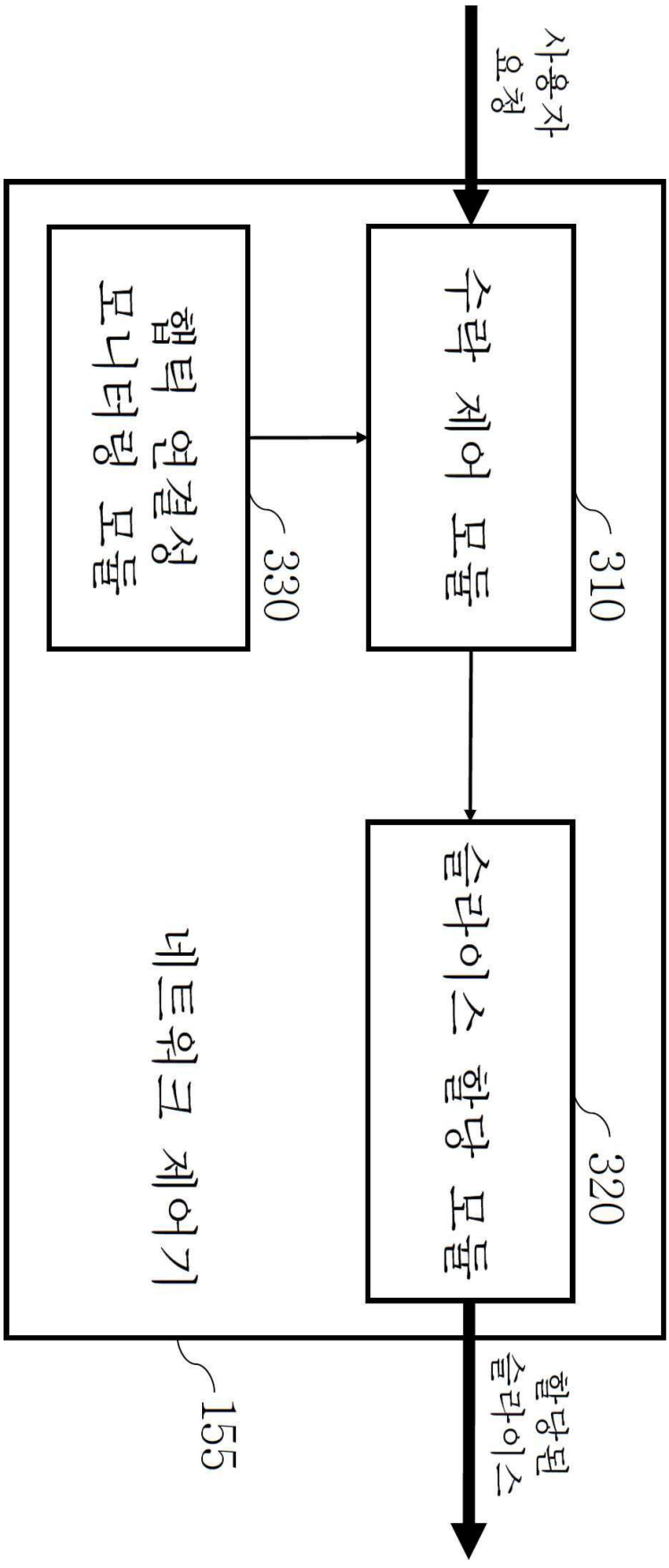
도면1


100
운동감각 데이터
햅틱 피드백
110
150
120
115-1
115-2
115-n
125-1
125-2
125-n
151
155
네트워크 제어기

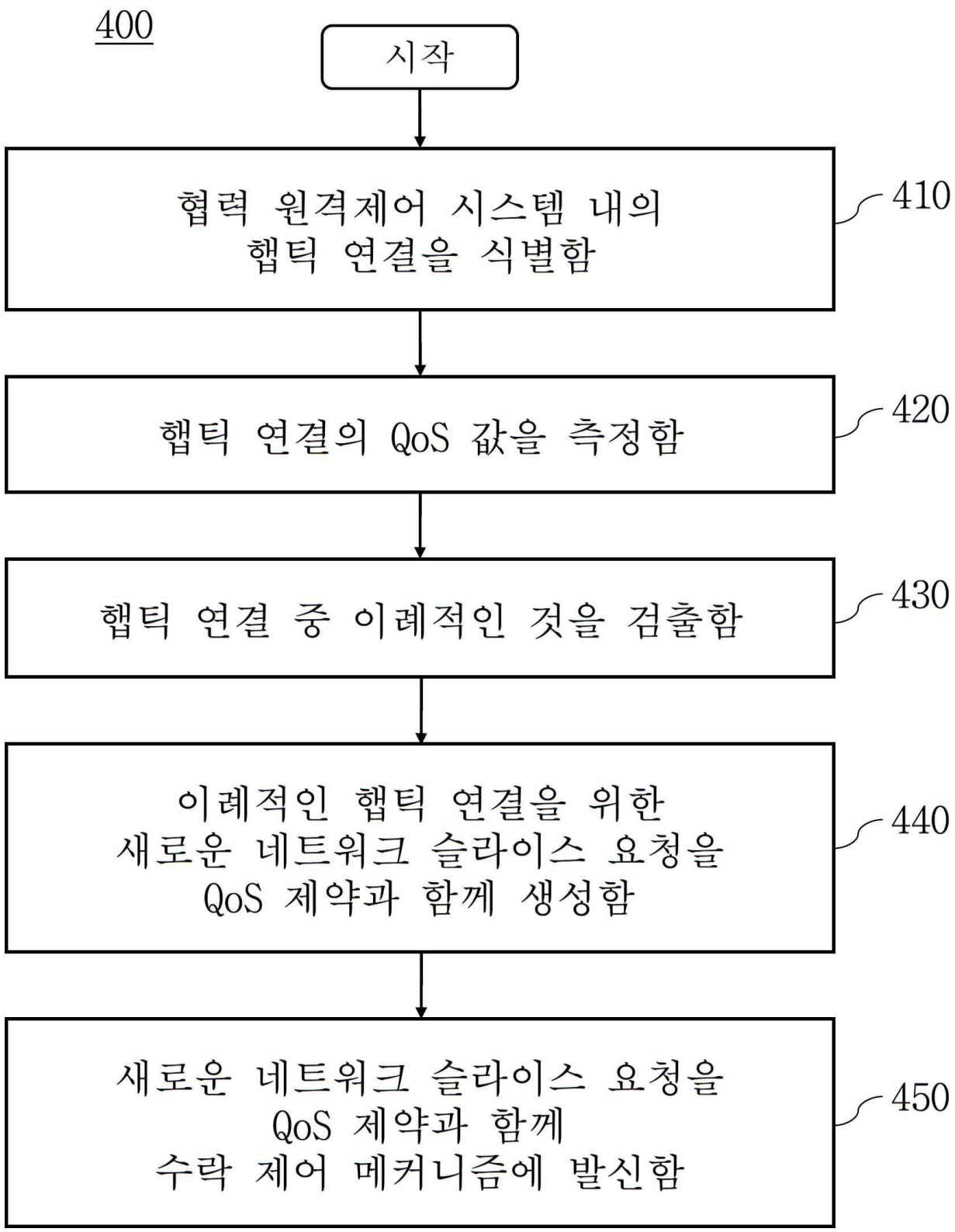
도면2


Slice1: VNF1-VNF2-VNF3
VM1
VNF1
VM2
VNF2
VM3
VNF2
VNF1
VM4
VNF3
VNF2
151
200

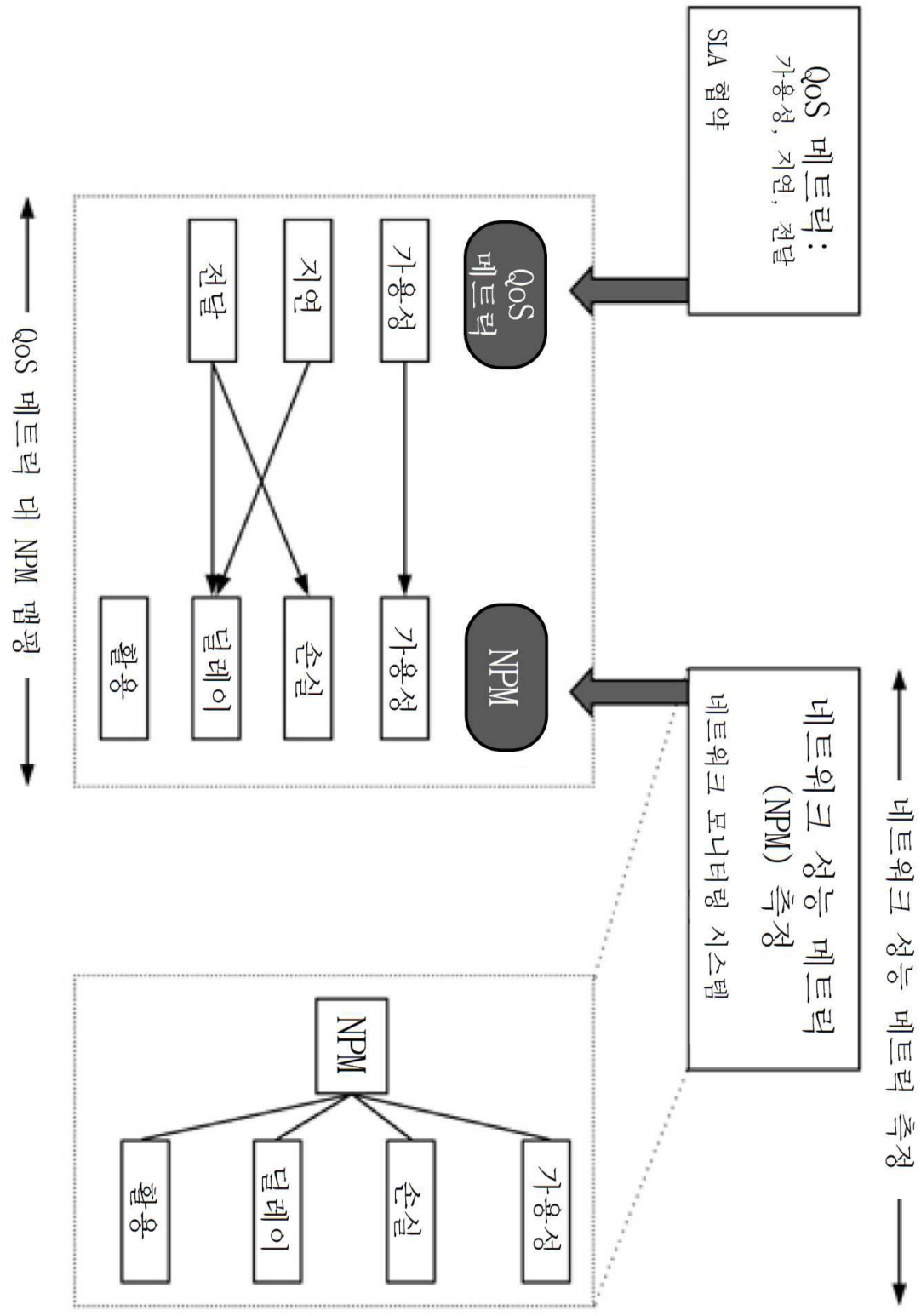
도면3


사용자
요청
수락 제어 모듈
310
햅틱 연결성
모니터링 모듈
330
슬라이스 할당 모듈
320
네트워크 제어기
155
할당된
슬라이스

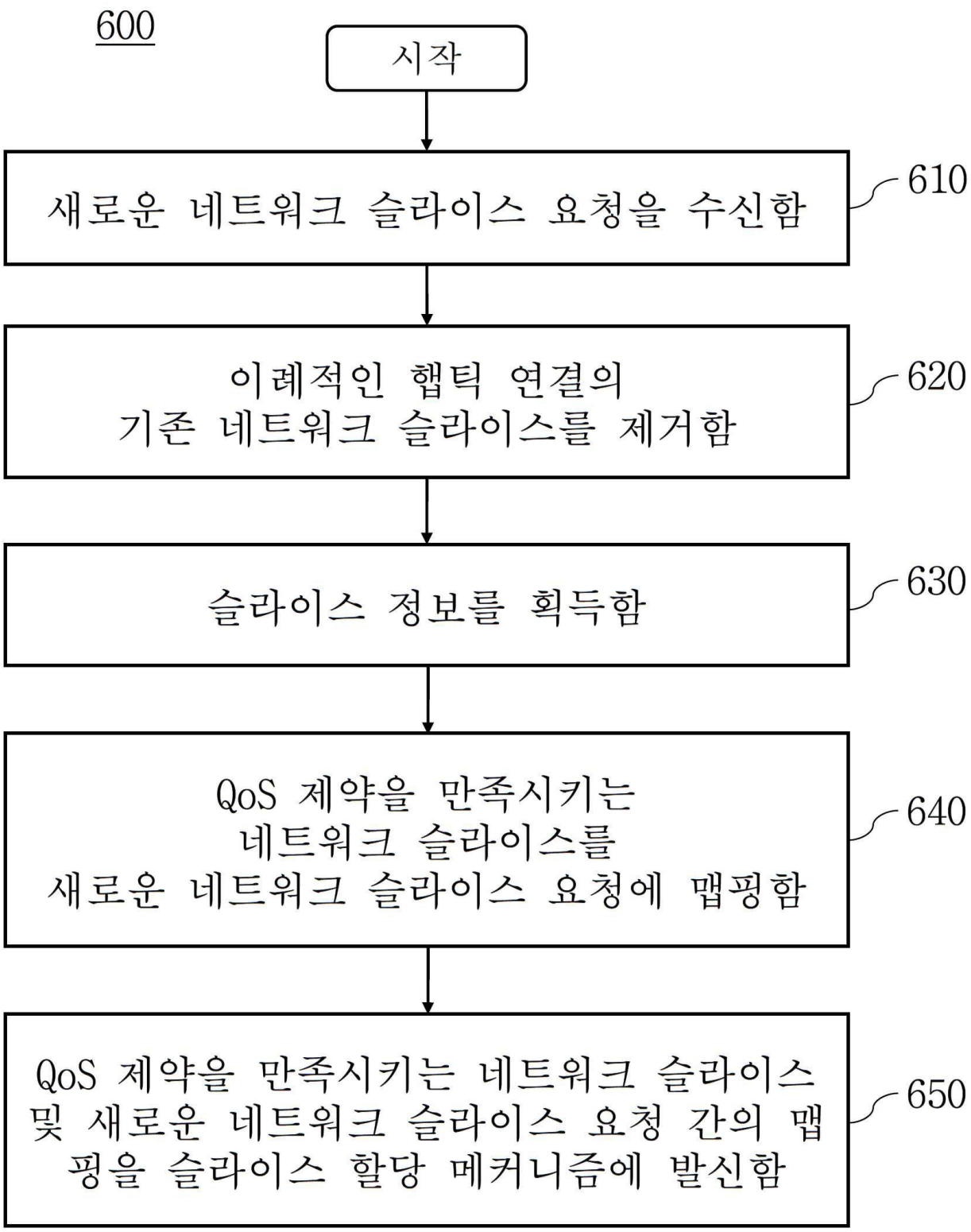
도면4


400
시작
협력 원격제어 시스템 내의
햅틱 연결을 식별함
410
햅틱 연결의 QoS 값을 측정함
420
햅틱 연결 중 이례적인 것을 검출함
430
이례적인 햅틱 연결을 위한
새로운 네트워크 슬라이스 요청을
QoS 제약과 함께 생성함
440
새로운 네트워크 슬라이스 요청을
QoS 제약과 함께
수락 제어 메커니즘에 발신함
450

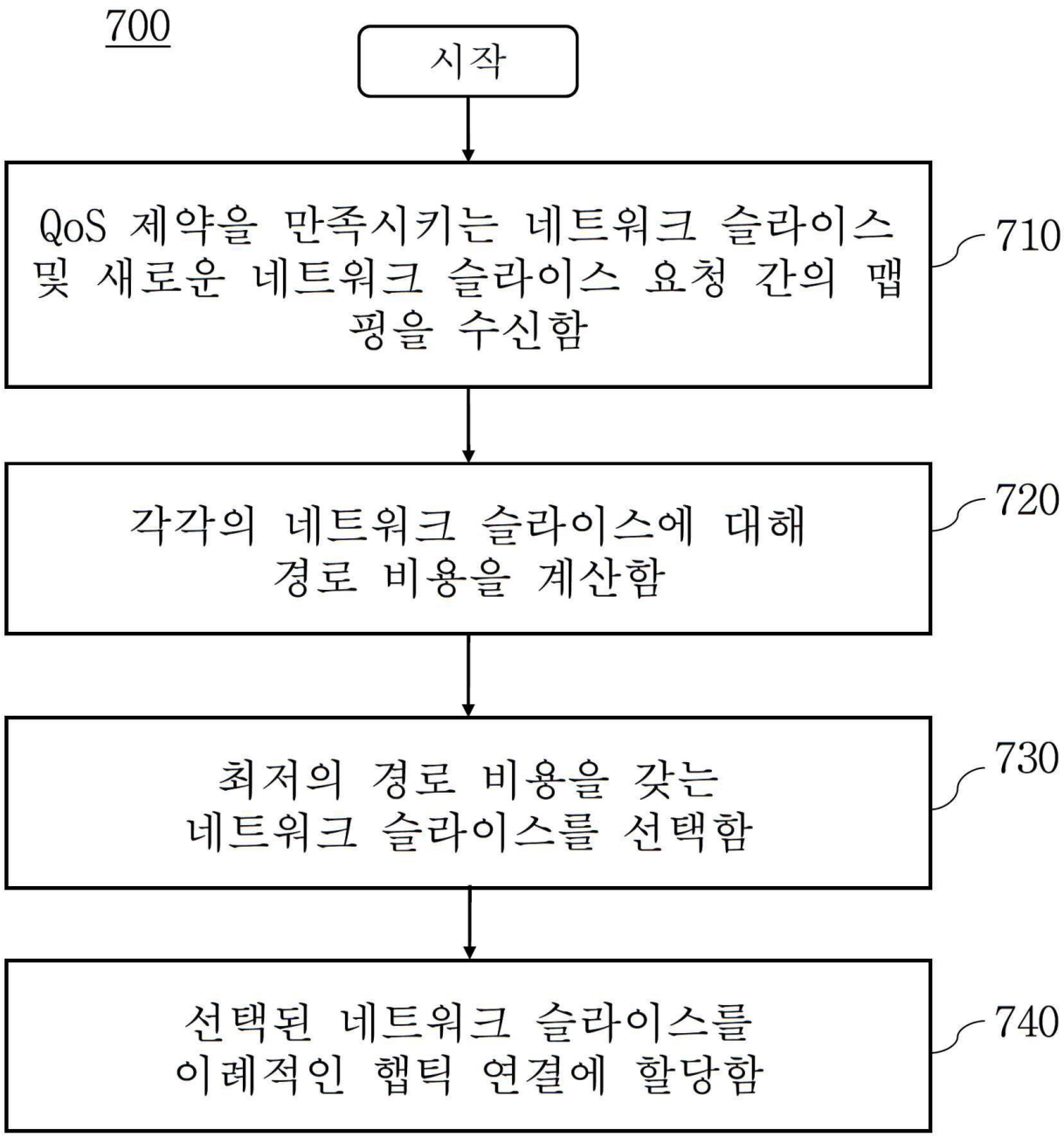
도면5


QoS 메트릭:
가용성, 지연, 전달
SLA 협약
QoS 메트릭
가용성
지연
전달
활용
빌레이
손실
가용성
NPM
네트워크 성능 메트릭 (NPM) 측정
네트워크 모니터링 시스템
NPM
가용성
손실
빌레이
활용
네트워크 성능 메트릭 측정
QoS 메트릭 대 NPM 맵핑

도면6


600
시작
새로운 네트워크 슬라이스 요청을 수신함
610
이례적인 햅틱 연결의
기존 네트워크 슬라이스를 제거함
620
슬라이스 정보를 획득함
630
QoS 제약을 만족시키는
네트워크 슬라이스를
새로운 네트워크 슬라이스 요청에 맵핑함
640
QoS 제약을 만족시키는 네트워크 슬라이스
및 새로운 네트워크 슬라이스 요청 간의 맵
핑을 슬라이스 할당 메커니즘에 발신함
650

도면7


700
시작
QoS 제약을 만족시키는 네트워크 슬라이스 및 새로운 네트워크 슬라이스 요청 간의 맵핑을 수신함
710
각각의 네트워크 슬라이스에 대해 경로 비용을 계산함
720
최저의 경로 비용을 갖는 네트워크 슬라이스를 선택함
730
선택된 네트워크 슬라이스를 이례적인 햅틱 연결에 할당함
740