



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0050600
(43) 공개일자 2019년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05B 23/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G05B 23/0259 (2013.01)

G05B 23/0221 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0146153

(22) 출원일자 2017년11월03일

심사청구일자 2017년11월03일

(71) 출원인

한림대학교 산학협력단

강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)

(72) 발명자

김의직

강원도 춘천시 지석로 29, 514동 1103호 (석사동, 휴먼타운아파트)

권정혁

강원도 춘천시 스무숲1길 32-9, 202호 (석사동)

(74) 대리인

유민규

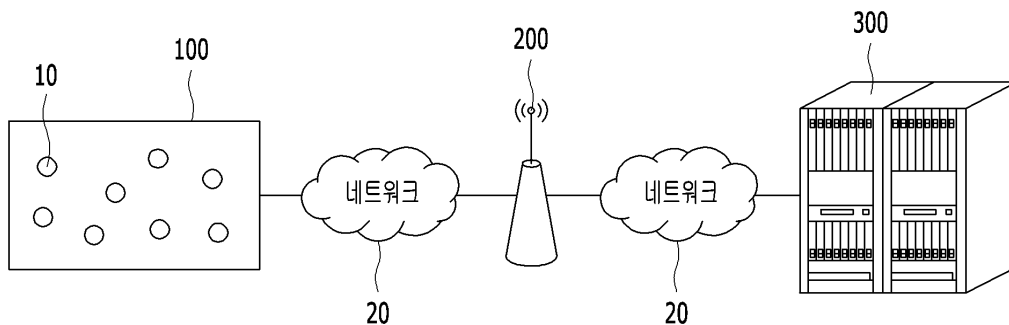
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템

(57) 요약

산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템이 개시되며, 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템은, 산업 기기의 동작 정보를 감지하는 복수의 사물인터넷 센서를 포함하는 센싱 장치, 상기 센싱 장치로부터 상기 산업 기기의 동작 정보를 수집하고, 상기 동작 정보를 실행 실패 검출 장치로 전송하는 게이트웨이 및 상기 동작 정보에 의한 실패 유형 별 데이터 세트의 최근접 중심 분류에 기초하여 상기 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성하는 실행 실패 검출 장치를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 17/18 (2013.01)

H04L 67/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2017R1D1A1B03031055

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원사업(기본연구)

연구과제명 산업환경 안전을 위한 사물인터넷 빅데이터 통합 프레임워크 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한림대학교 산학협력단

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템에 있어서,

산업 기기의 동작 정보를 감지하는 복수의 사물인터넷 센서를 포함하는 센싱 장치;

상기 센싱 장치로부터 상기 산업 기기의 동작 정보를 수집하고, 상기 동작 정보를 실행 실패 검출 장치로 전송하는 게이트웨이; 및

상기 동작 정보에 의한 실패 유형 별 데이터 세트의 최근접 중심 분류에 기초하여 상기 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성하는 실행 실패 검출 장치를 포함하는 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 실행 실패 검출 장치는,

상기 동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성과 연계된 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성하는 데이터 세트 생성부;

실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 동일한 실패 유형의 실행 실패 속성 중 하나의 실행 실패 속성을 선택하는 속성 선택부;

선택된 실행 실패 속성의 실행 실패 속성값의 평균 및 분산을 연산하는 연산부;

연산된 상기 평균 및 분산을 통해 상기 클러스터를 생성하는 클러스터 생성부; 및

생성된 상기 클러스터를 디스플레이하는 출력부를 포함하는 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 속성 선택부는,

동시에 측정된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 실행 실패 속성을 선택하는 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 실행 실패 속성값은, 상기 산업 기기의 실행 실패 이후 미리 설정된 주기에 따라 미리 설정된 횟수로 수집된 값인 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 연산부는,

수학적 1에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고,

[수학식 1]

$$E(X_{j,k}) = \sum_{i=1}^n \frac{X_{i,j,k}}{n}$$

상기 $E(X_{j,k})$ 은 상기 산업 기기의 실행 실패의 k번째 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대해 선택된 속성값들의 평균이고, 상기 X는 속성값이고, n은 최대 측정 횟수이고, i는 측정 횟수이고, j는 하위 데이터 세트의 인덱스이고, k는 산업 기기 실행 실패 유형의 인덱스인 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 연산부는,

수학식 2에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 분산을 연산하고,

[수학식 2]

$$\text{Var}(X_{j,k}) = E(X_{j,k}^2) - E(X_{j,k})^2$$

상기 $\text{Var}(X_{j,k})$ 은 산업 기기의 실행 실패의 k번째 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대해 선택된 속성값들의 분산이고, 상기 X는 속성값이고, j는 하위 데이터 세트의 인덱스이고, k는 산업 기기 실행 실패 유형의 인덱스인 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 클러스터 생성부는,

상기 클러스터를 상기 실행 실패 유형별로 생성하고,

각 클러스터의 중심까지의 거리를 수학식 3에 기초하여 연산하되,

[수학식 3]

$$c_{j,k} = \left(\sum_{l=1}^j \frac{E(X_{l,k})}{j}, \sum_{l=1}^j \frac{\text{Var}(X_{l,k})}{j} \right)$$

상기 $c_{j,k}$ 은 k번째 기계 실행 실패 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대한 이차원 점들을 포함하는 클러스터의 중심인 것인, 실행 실패 검출 시스템.

청구항 8

산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 방법에 있어서,

산업 기기의 동작 정보를 감지하는 단계;

상기 동작 정보를 수집하고, 상기 동작 정보를 전송하는 단계;

상기 동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성과 연계된 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성하는 단계;

실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 동일한 실패 유형의 실행 실패 속성 중 하나의 실행 실패 속성을 선택하는 단계;

선택된 실행 실패 속성의 실행 실패 속성값들의 평균 및 분산을 연산하는 단계;
연산된 상기 평균 및 분산을 통해 상기 클러스터를 생성하는 단계; 및
생성된 상기 클러스터를 디스플레이하는 단계를 포함하는 것인, 실행 실패 검출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 실행 실패 속성을 선택하는 단계는,
동시에 측정된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 실행 실패 속성을 선택하는 것인, 실행 실패 검출 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 실행 실패 속성값은, 상기 산업 기기의 실행 실패 이후 미리 설정된 주기 적으로 미리 설정된 횟수로 수집된 값인 것인, 실행 실패 검출 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 평균 및 분산을 연산하는 단계는,
수학식 4에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고,
[수학식 4]

$$E(X_{j,k}) = \sum_{i=1}^n \frac{X_{i,j,k}}{n}$$

상기 $E(X_{j,k})$ 은 상기 산업 기기의 실행 실패의 k번째 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대해 선택된 속성값들의 평균이고, 상기 X는 속성값이고, n은 최대 측정 횟수이고, i는 측정 횟수이고, j는 하위 데이터 세트의 인덱스이고, k는 산업 기기 실행 실패 유형의 인덱스인 것인, 실행 실패 검출 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,
상기 평균 및 분산을 연산하는 단계는,
수학식 5에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 분산을 연산하고,
[수학식 5]

$$\text{Var}(X_{j,k}) = E(X_{j,k}^2) - E(X_{j,k})^2$$

상기 $\text{Var}(X_{j,k})$ 은 산업 기기의 실행 실패의 k번째 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대해 선택된 속성값들의 분산이고, 상기 X는 속성값이고, j는 하위 데이터 세트의 인덱스이고, k는 산업 기기 실행 실패 유형의 인덱스인 것인, 실행 실패 검출 방법.

청구항 13

제8항에 있어서,
상기 클러스터를 생성하는 단계는,

상기 클러스터를 상기 실행 실패 유형별로 생성하고,
 각 클러스터의 중심까지의 거리를 수학적 식 6에 기초하여 연산하되,
 [수학적 식 6]

$$c_{j,k} = \left(\sum_{l=1}^j \frac{E(X_{l,k})}{j}, \sum_{l=1}^j \frac{\text{Var}(X_{l,k})}{j} \right)$$

상기 $c_{j,k}$ 는 k번째 기계 실행 실패 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대한 이차원 점들을 포함하는 클러스터의 중심인 것인, 실행 실패 검출 방법.

청구항 14

제8항 내지 제13항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체 제7항 내지 제11항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 산업용 사물인터넷(IIoT)을 이용하여 보다 신뢰성 있고 효율적이며 안전하게 산업 기기를 운용할 수 있는 특성으로 인해 주목받고 있는 분야 중 하나이다. 산업 기기를 이용한 제조 환경에서 산업 기기들이 올바르게 동작하는지에 대한 여부를 검출하기 위해 사물인터넷 센서가 활용되고 있다. 센서에서 수집된 정보는 빅데이터 분석에 의해 의미 있는 데이터로 추출되고 이에 기초하여 산업 기기의 오작동, 실행 실패와 같은 문제를 예측하기 위한 연구들이 시도된 바 있다.

[0003] 산업 기기의 실행 실패는 유지 보수 비용과 결함 제품 증가와 같은 부정적인 결과를 초래할 수 있기 때문에, 상기 센서들로부터 수집된 데이터를 사용하여 정확하게 산업 기기의 실행 실패의 유형을 검출하는 것은 필수적이다. 즉 정확한 실행 실패 검출을 위해 기계 실행 실패와 기계 상태 간의 관계가 정확하게 분석될 필요가 있다. 종래의 분석 방법으로는 연관 분석, 회귀 분석, 신경망과 같은 다양한 빅데이터 분석 기술을 사용한 검출 모델이 제시된 바 있다. 그러나, 이러한 종래의 검출 모델은 데이터 분석에 있어 높은 복잡도에 의해 연산이 용이하지 않으며, 이로 인해 실제 산업 환경에 적용하는 것이 어려운 문제점이 있다.

[0004] 본원의 배경이 되는 기술은 한국공개특허공보 제10-2017-0112467호에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 산업 기기의 실행 실패 검출의 정확성을 유지하면서, 데이터 분석에 대한 연산의 복잡도를 감소시킬 수 있는 산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들도 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 일 실시예에 따른 산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템은, 산업 기기의 동작 정보를 감지하는 복수의 사물인터넷 센서를 포함하

는 센싱 장치, 상기 센싱 장치로부터 상기 산업 기기의 동작 정보를 수집하고, 상기 동작 정보를 실행 실패 검출 장치로 전송하는 게이트웨이 및 상기 동작 정보에 의한 실패 유형 별 데이터 세트의 최근접 중심 분류에 기초하여 상기 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성하는 실행 실패 검출 장치를 포함할 수 있다.

[0008] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 실행 실패 검출 장치는, 상기 동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성과 연계된 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성하는 데이터 세트 생성부, 실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 동일한 실패 유형의 실행 실패 속성 중 하나의 실행 실패 속성을 선택하는 속성 선택부, 선택된 실행 실패 속성의 실행 실패 속성값의 평균 및 분산을 연산하는 연산부, 연산된 상기 평균 및 분산을 통해 상기 클러스터를 생성하는 클러스터 생성부 및 생성된 상기 클러스터를 디스플레이하는 출력부를 포함할 수 있다.

[0009] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 속성 선택부는, 동시에 측정된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 실행 실패 속성을 선택할 수 있다.

[0010] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 실행 실패 속성값은, 상기 산업 기기의 실행 실패 이후 미리 설정된 주기에 따라 미리 설정된 횟수로 수집된 값일 수 있다.

[0011] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 연산부는, 수학적 1에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산할 수 있다. 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 연산부는, 수학적 2에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 분산을 연산할 수 있다.

[0012] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 클러스터 생성부는, 상기 클러스터를 상기 실행 실패 유형별로 생성하고, 각 클러스터의 중심까지의 거리를 수학적 3에 기초하여 연산할 수 있다.

[0013] 본원의 일 실시예에 따른 산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 방법은, 산업 기기의 동작 정보를 감지하는 단계, 상기 동작 정보를 수집하고, 상기 동작 정보를 전송하는 단계, 상기 동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성과 연계된 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성하는 단계, 실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 동일한 실패 유형의 실행 실패 속성 중 하나의 실행 실패 속성을 선택하는 단계, 선택된 실행 실패 속성의 실행 실패 속성값들의 평균 및 분산을 연산하는 단계, 연산된 상기 평균 및 분산을 통해 상기 클러스터를 생성하는 단계 및 생성된 상기 클러스터를 디스플레이하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 실행 실패 속성을 선택하는 단계는, 동시에 측정된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 실행 실패 속성을 선택할 수 있다.

[0015] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 실행 실패 속성값은, 상기 산업 기기의 실행 실패 이후 미리 설정된 주기 적으로 미리 설정된 횟수로 수집된 값일 수 있다.

[0016] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 평균 및 분산을 연산하는 단계는, 수학적 4에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 평균을 연산할 수 있다.

[0017] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 평균 및 분산을 연산하는 단계는, 수학적 5에 기초하여 선택된 상기 실행 실패 속성값의 분산을 연산할 수 있다.

[0018] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 클러스터를 생성하는 단계는, 상기 클러스터를 상기 실행 실패 유형별로 생성하고, 각 클러스터의 중심까지의 거리를 수학적 6에 기초하여 연산할 수 있다.

[0019] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 산업 기기의 실행 실패 검출의 정확성을 유지하면서, 데이터 분석에 대한 연산의 복잡도를 감소시킬 수 있는 산업용 사물 인터넷에 기반한 산업 기기의 실행 실패 검출 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 실행 실패 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 3은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 산업 기기의 정상 유형일 경우 생성된 하위 데이터 세트에 대한 속성값의 평균을 도시한 도면이다.

도 4는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 산업 기기의 충돌 유형일 경우 생성된 하위 데이터 세트에 대한 속성값의 평균을 도시한 도면이다.

도 5는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 산업 기기의 장애 유형일 경우 생성된 하위 데이터 세트에 대한 속성값의 평균을 도시한 도면이다.

도 6은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 실행 실패의 유형별 산점도를 도시한 도면이다.

도 7은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 정상 유형의 산점도를 도시한 도면이다.

도 8은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 충돌 유형의 산점도를 도시한 도면이다.

도 9는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 장애 유형의 산점도를 도시한 도면이다.

도 10은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0023] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0024] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0025] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0026] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 실행 실패 검출 시스템은, 센싱 장치(100), 게이트웨이(200) 및 실행 실패 검출 장치(300)를 포함할 수 있다. 상기 센싱 장치(100)는 산업 기기의 동작 정보를 감지하는 복수의 사물인터넷 센서(10)를 포함할 수 있다. 예시적으로, 센싱 장치(100)는 제조업, 물류업, 건설업과 같이 다양한 산업 환경에 적용될 수 있으며, 산업의 현장에서 활용되는 산업 기기로부터 동작 정보를 감지할 수 있다. 또한 상기 사물인터넷 센서(10)는 산업 현장에서 활용되는 IIoT(Industrial Internet of things) 센서일 수 있으며, 산업 기기의 정상적인 동작, 동작 실패, 동작 오류 등 산업 기기의 동작에 관한 정보를 동작 정보로서 감지할 수 있고, 감지한 정보를 네트워크를 통해 외부로 전송할 수 있다.
- [0028] 게이트웨이(200)는 센싱 장치(100)로부터 동작 정보를 수집하고, 수집된 동작 정보를 실행 실패 검출 장치(300)로 전송할 수 있다. 예시적으로, 게이트웨이(200)는 네트워크(20)를 통해 센싱 장치(100)와 실행 실패 검출 장치(300)간 통신을 중개할 수 있으며, 상기 네트워크(20)는 단말 및 서버와 같은 각각의 노드 상호 간에 정보 교환이 가능한 유, 무선의 연결 구조를 의미하는 것으로, 이러한 네트워크의 일 예에는 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 네트워크, LTE(Long Term Evolution) 네트워크, 5G 네트워크, WIMAX(World Interoperability for Microwave Access) 네트워크, 인터넷(Internet), LAN(Local Area Network), Wireless LAN(Wireless Local Area Network), WAN(Wide Area Network), PAN(Personal Area Network), 블루투스(Bluetooth) 네트워크, 위성 방송 네트워크, 아날로그 방송 네트워크, DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 네트워크 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다.
- [0029] 실행 실패 검출 장치(300)는 상기 동작 정보에 의한 실패 유형 별 데이터 세트의 최근접 중심 분류에 기초하여 상기 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성할 수 있다. 구체적으로, 실행 실패 검출 장치(300)는 상기

동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성과 연계된 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성할 수 있다. 예시적으로, 데이터 세트는 다양한 실행 실패 속성들로 구성된 하위 데이터 세트를 포함할 수 있으며, 하위 데이터 세트는 동일한 실패 유형별로 생성될 수 있다. 예를 들어, 하위 데이터 세트는 충돌 유형, 장애 유형, 정상 유형 각각 경우에 대해 생성될 수 있다. 또한, 상기 하위 데이터 세트와 연계된 실행 실패 속성은 각 속성별로 값을 가질 수 있다. 예시적으로, 상기 속성은 산업 기기가 동작한 힘과 토크를 포함할 수 있다. 실행 실패 속성값은 산업 기기의 실행 실패 이후 미리 설정된 주기에 따라 미리 설정된 횟수로 수집된 값일 수 있다.

[0030] 실행 실패 검출 장치(300)는 실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 동일한 실패 유형의 실행 실패 속성 중 하나의 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 예시적으로, 실행 실패 검출 장치(300)는 산업 기기의 실행 실패의 발생 이후 가장 많이 변경되는 값들의 집합에 대응하는 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 구체적으로 설명하면, 실행 실패 검출 장치(300)는 상기 센싱 장치(100)에 의해 동시에 측정된 실행 실패 속성별 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 하나의 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 예시적으로, 상기 정상 속성값은 실행 실패 검출 장치(300)에 미리 저장된 값일 수 있다.

[0031] 이후, 실행 실패 검출 장치(300)는 선택된 실행 실패 속성의 실행 실패 속성값의 평균과 분산을 연산할 수 있다. 구체적으로, 실행 실패 검출 장치(300)는 수학적 식 1에 기초하여 선택된 실행 실패 속성값들의 평균을 연산할 수 있다.

[0032] [수학적 식 1]

$$E(X_{j,k}) = \sum_{i=1}^n \frac{X_{i,j,k}}{n}$$

[0033]

[0034] 여기서, $E(X_{j,k})$ 은 상기 산업 기기의 실행 실패의 k번째 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대해 선택된 속성값들의 평균이고, 상기 X는 속성값이고, n은 최대 측정 횟수이고, i는 측정 횟수이고, j는 하위 데이터 세트의 인덱스이고, k는 산업 기기 실행 실패 유형의 인덱스이다.

[0035] 또한, 실행 실패 검출 장치(300)는 수학적 식 2에 기초하여 선택된 실행 실패 속성값들의 분산을 연산할 수 있다.

[0036] [수학적 식 2]

$$\text{Var}(X_{j,k}) = E(X_{j,k}^2) - E(X_{j,k})^2$$

[0037]

[0038] 여기서, $\text{Var}(X_{j,k})$ 은 산업 기기의 실행 실패의 k번째 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대해 선택된 속성값들의 분산이고, 상기 X는 속성값이고, j는 하위 데이터 세트의 인덱스이고, k는 산업 기기 실행 실패 유형의 인덱스이다.

[0039] 실행 실패 검출 장치(300)는 연산된 평균과 분산을 이용하여 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성할 수 있다. 상기 클러스터는 산업 기기의 실패 유형에 대해 각각 생성되므로, 각 클러스터는 실패 유형을 나타낼 수 있다. 실행 실패 검출 장치(300)는 산업 기기의 실행 실패의 발생과 유형을 검출하기 위해 최근접 중심 분류에 기초하여 각 클러스터의 중심까지의 거리를 연산할 수 있다. 클러스터의 중심까지의 거리는 수학적 식 3에 기초하여 연산될 수 있다.

[0040] [수학적 식 3]

$$\mathbf{c}_{j,k} = \left(\sum_{l=1}^j \frac{E(X_{l,k})}{j}, \sum_{l=1}^j \frac{\text{Var}(X_{l,k})}{j} \right)$$

[0041]

[0042] 여기서, 상기 $\mathbf{c}_{j,k}$ 는 k번째 기계 실행 실패 유형에 의해 생성된 j번째 하위 데이터 세트에 대한 이차원 점들을 포함하는 클러스터의 중심을 나타낸다. 예시적으로, j가 3이고 각 하위 데이터 세트의 평균과 분산이 (1,2),

(3,3), (5,1)이면, 수학적 식 3에 기초하여 클러스터의 중심까지의 거리는 $((1+3+5)/3, (2+3+1)/3) = (3,2)$ 로 연산될 수 있다. 한편, 센싱 장치(100)에 의해 감지된 동작 정보에 기초하여 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트가 주기적으로 생성될 수 있으므로, 하위 데이터 세트가 새롭게 생성될 때, 각 클러스터의 중심과 새롭게 생성된 하위 데이터 세트의 점 사이의 거리는 유클리디안 거리 연산 방식을 이용하여 연산될 수 있다. 유클리디안 거리 연산 방식은 공지된 방식이므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0043] 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 산업 기기의 정상 유형일 경우 생성된 하위 데이터 세트에 대한 속성값의 평균을 도시한 도면이고, 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 산업 기기의 충돌 유형일 경우 생성된 하위 데이터 세트에 대한 속성값의 평균을 도시한 도면이며, 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 산업 기기의 장애 유형일 경우 생성된 하위 데이터 세트에 대한 속성값의 평균을 도시한 도면이다.

[0044] 도 3내지 도 5는 실행 실패 검출 시스템의 실효성을 입증하기 위한 실험에 의해 UCI machine learning repository에 의해 제공된 실행 실패 검출 이후 산업 기기의 힘과 토크 측정을 포함하는 데이터 세트를 사용한 결과를 나타낸 것이다. 예시적으로, 상기 데이터 세트의 하위 데이터 세트는 x-axis (F_x), y-axis (F_y), z-axis (F_z)의 힘에 대한 속성과 x-axis (T_x), y-axis (T_y), z-axis (T_z)의 토크에 대한 속성을 포함하며, 상기 실험에 따른 각 실행 실패 속성 값은 산업 기기의 실행 실패 이후 315ms마다 15회 측정되는 설정으로 산출될 수 있다.

[0045] 도 3 내지 도 5에서 F_z 의 평균 간의 차이는 충돌 유형과 장애 유형의 경우 모두에서 다른 실행 실패 속성들보다 크게 나타난 것을 확인할 수 있다. 따라서, 실행 실패 검출 장치(300)는 상기 실행 실패 속성 중 F_z 를 선택할 수 있고, 실행 실패 속성값들의 평균 및 분산을 연산할 수 있다.

[0046] 도 6은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 실행 실패의 유형별 산점도를 도시한 도면이다.

[0047] 실행 실패 검출 장치(300)는 실행 실패 속성값들의 평균 및 분산의 연산에 기초하여 생성된 클러스터를 출력할 수 있다. 도 6은 산업 기기의 실행 실패의 모든 유형(정상(normal), 충돌(collision), 장애(obstruction))에 대한 산점도를 도시한다. 도 6에서 x축과 y축은 각각 F_z 속성 값들의 평균과 분산을 나타낸다. 또한 도 6에서 동일한 색의 점은 동일한 클러스터를 나타낸다. 정상 유형의 경우, 모든 점들은 특정 위치에 집중됨을 보인다. 이는 산업 기기의 정상적인 실행에 사용된 F_z 가 대부분 동일하기 때문이다. 반면 산업 기기의 실행 실패가 발생했을 때, F_z 는 동적으로 변하게 된다. 도 6에 도시된 바와 같이 충돌 유형과 장애 유형에 경우, 각 점들은 산점도 상에서 분산적으로 위치하게 되며, 특히 장애 유형의 경우 F_z 의 변화가 충돌 유형의 경우보다 크기 때문에 충돌 유형보다 더 분산되어 있음을 확인할 수 있다.

[0048] 도 7은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 정상 유형의 산점도를 도시한 도면이고, 도 8은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 충돌 유형의 산점도를 도시한 도면이며, 도 9는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 장애 유형의 산점도를 도시한 도면이다.

[0049] 상기 실험에서 각 클러스터의 중심은 정상 유형은 (15.6,39.5)이고, 충돌 유형은 (-29.2,155944.1)이고, 장애 유형은 (-804.2,1086131.5)로 가정하며, 유형 별 중심을 통해 산업 기기의 실행 실패의 유형을 검출할 수 있다. 예시적으로, 새롭게 생성된 하위 데이터 세트에 대한 평균이 -31.7이고 분산이 260.0이면, 상기 유형별 중심거리 연산에 기초하여 가장 가까운 거리인 충돌로 인한 실행 실패인 것을 검출할 수 있다.

[0050] 도 2는 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 시스템의 실행 실패 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0051] 도 2를 참조하면, 실행 실패 장치(300)는 데이터 세트 생성부(310), 속성 선택부(320), 연산부(330), 클러스터 생성부(340) 및 출력부(350)를 포함할 수 있다. 데이터 세트 생성부(310)는 센싱 장치(100)에 의해 수집된 동작 정보를 게이트웨이(200)를 통해 수신할 수 있다. 데이터 세트 생성부(310)는 동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성을 포함하는 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성할 수 있다. 예시적으로, 데이터 세트는 다양한 실행 실패 속성들로 구성된 하위 데이터 세트를 포함할 수 있으며, 하위 데이터 세트는 동일한 실패 유형별로 생성될 수 있다. 예를 들어, 하위 데이터 세트는 충돌, 장애, 정상의 각 경우에 대해 생성될 수 있다.

[0052] 속성 선택부(320)는 하위 데이터 세트의 실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 하나의 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 예시적으로, 실행 실패 검출 장치(300)는 산업 기기의 실행 실패의 발생 이후 가장 많이 변경되는 값

들의 집합에 대응하는 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 구체적으로 설명하면, 실행 실패 검출 장치(300)는 실행 실패 속성별 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 상기 정상 속성값은 실행 실패 검출 장치(300)에 미리 저장된 값일 수 있다.

[0053] 연산부(330)는 선택된 실행 실패 속성의 평균과 분산을 연산할 수 있다. 연산부(330)는 전술한 수학적 1에 기초하여 선택된 실행 실패 속성값들의 평균을 연산할 수 있고, 수학적 2에 기초하여 선택된 실행 실패 속성값들의 분산을 연산할 수 있다.

[0054] 클러스터 생성부(340)는 연산된 평균과 분산을 이용하여 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성할 수 있다. 상기 클러스터는 산업 기기의 실패 유형에 대해 각각 생성되므로, 각 클러스터는 실패 유형을 나타낼 수 있다. 클러스터 생성부(340)는 산업 기기의 실행 실패의 발생과 유형을 검출하기 위해 최근접 중심 분류에 기초하여 각 클러스터의 중심까지의 거리를 연산할 수 있다. 클러스터의 중심까지의 거리는 전술한 수학적 3에 기초하여 연산될 수 있다.

[0055] 도 10은 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

[0056] 도 10에 도시된 실행 실패 검출 방법은 앞선 도1 내지 도 9를 통해 설명된 실행 실패 검출 시스템에 의하여 수행될 수 있다. 따라서 이하 생략된 내용이라고 하더라도 도 1 내지 도 9를 통해 실행 실패 검출 시스템에 대하여 설명된 내용은 도 10에도 동일하게 적용될 수 있다.

[0057] 단계 S1010에서 센싱 장치(100)는 산업 기기의 동작 정보를 감지할 수 있다. 센싱 장치(100)는 복수의 사물인터넷 센서(10)를 통해 동작 정보를 감지할 수 있다

[0058] 단계 S1020에서 게이트웨이(200)는 상기 동작 정보를 수집하고, 상기 동작 정보를 전송할 수 있다. 예시적으로, 게이트웨이(200)는 센싱 장치(100)로부터 동작 정보를 수집하고 수집된 동작 정보를 실행 실패 검출 장치(300)로 전송할 수 있다.

[0059] 단계 S1030에서 실행 실패 검출 장치(300)는 동작 정보에 기초하여 실행 실패의 유형별 실행 실패 속성을 포함하는 하위 데이터 세트를 포함하는 데이터 세트를 생성할 수 있다. 예시적으로, 데이터 세트는 다양한 실행 실패 속성들로 구성된 하위 데이터 세트를 포함할 수 있으며, 하위 데이터 세트는 동일한 실패 유형별로 생성될 수 있다. 예를 들어, 하위 데이터 세트는 충돌, 장애, 정상의 각 경우에 대해 생성될 수 있다.

[0060] 단계 S1040에서 실행 실패 검출 장치(300)는 실행 실패 속성값의 평균에 기초하여 동일한 실패 유형의 실행 실패 속성 중 하나의 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 예시적으로, 실행 실패 검출 장치(300)는 산업 기기의 실행 실패의 발생 이후 가장 많이 변경되는 값들의 집합에 대응하는 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 구체적으로 설명하면, 실행 실패 검출 장치(300)는 센싱 장치(100)에 의해 동시에 측정된 실행 실패 속성별 실행 실패 속성값의 평균을 연산하고, 연산된 실행 실패 속성별 평균을 정상 속성값과 비교하여 가장 차이가 큰 하나의 실행 실패 속성을 선택할 수 있다. 예시적으로, 상기 정상 속성값은 실행 실패 검출 장치(300)에 미리 저장된 값일 수 있다

[0061] 단계 S1050에서 실행 실패 검출 장치(300)는 선택된 실행 실패 속성의 실행 실패 속성값의 평균과 분산을 연산할 수 있다. 실행 실패 검출 장치(300)는 전술한 수학적 1에 기초하여 선택된 실행 실패 속성값들의 평균을 연산할 수 있고, 수학적 2에 기초하여 선택된 실행 실패 속성값들의 분산을 연산할 수 있다.

[0062] 단계 S1060에서 실행 실패 검출 장치(300)는 연산된 평균과 분산을 이용하여 산업 기기의 실행 실패 유형별 클러스터를 생성할 수 있다. 상기 클러스터는 산업 기기의 실패 유형에 대해 각각 생성되므로, 각 클러스터는 실패 유형을 나타낼 수 있다. 실행 실패 검출 장치(300)는 산업 기기의 실행 실패의 발생과 유형을 검출하기 위해 최근접 중심 분류에 기초하여 각 클러스터의 중심까지의 거리를 연산할 수 있다. 클러스터의 중심까지의 거리는 전술한 수학적 3에 기초하여 연산될 수 있다.

[0063] 단계 S1070에서 실행 실패 검출 장치(300)는 생성된 클러스터를 디스플레이할 수 있다. 실행 실패 검출 장치(300)는 전술한 도 6 내지 도 9와 같이 생성된 클러스터를 디스플레이할 수 있다.

[0064] 본원의 일 실시예에 따른 실행 실패 검출 방법은, 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일

수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0065] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

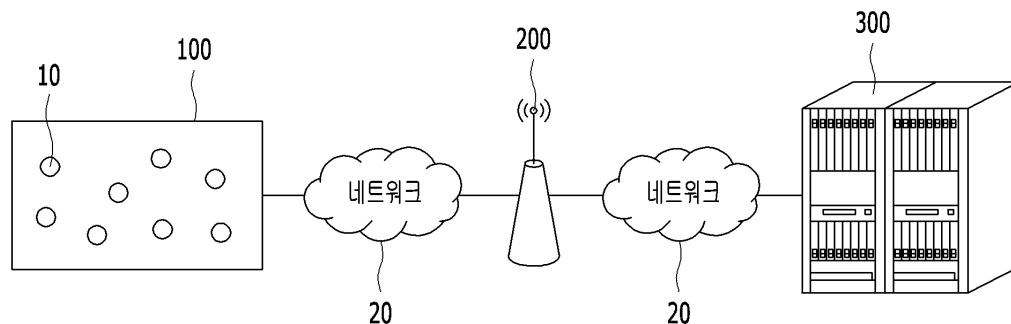
[0066] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

- [0067]
- 10: 사물인터넷 센서
 - 20: 네트워크
 - 100: 센싱 장치
 - 200: 게이트웨이
 - 300: 실행 실패 검출 장치
 - 310: 데이터 세트 생성부
 - 320: 속성 선택부
 - 330: 연산부
 - 340: 클러스터 생성부
 - 350: 출력부

도면

도면1



도면2



도면3

No	F_x	F_y	F_z	T_x	T_y	T_z
1	-1.91667	1.083333	15.33333	3.708333	-4.79167	0.375
2	-2.125	1	15.33333	3.666667	-5.20833	0.583333
3	-1.875	1.041667	15.95833	3.583333	-4.875	0.375
4	-2	0.958333	15.79167	4.083333	-4.91667	0.375
5	-1.91667	0.958333	15.79167	3.5	-4.75	0.416667
6	-1.91667	0.875	16.08333	3.833333	-4.625	0.208333
7	-2	1.041667	16.04167	3.583333	-4.875	0.25
8	-1.833333	1.041667	16.75	3.625	-4.58333	0.333333
9	-1.875	1.041667	14.79167	2.75	-4.70833	0.291667
10	-1.79167	0.708333	14.29167	3.166667	-4.41667	0.041667
11	-1.58333	0.583333	16.08333	3.416667	-3.91667	-0.20833
12	-2.04167	0.791667	13.75	3.416667	-4.58333	0.041667
13	-2.04167	0.833333	16.625	3	-4.95833	-0.20833
14	-1.625	0.583333	14.5	3.791667	-4.45833	0.041667
15	-1.375	1	15.25	2.416667	-4.45833	-0.20833

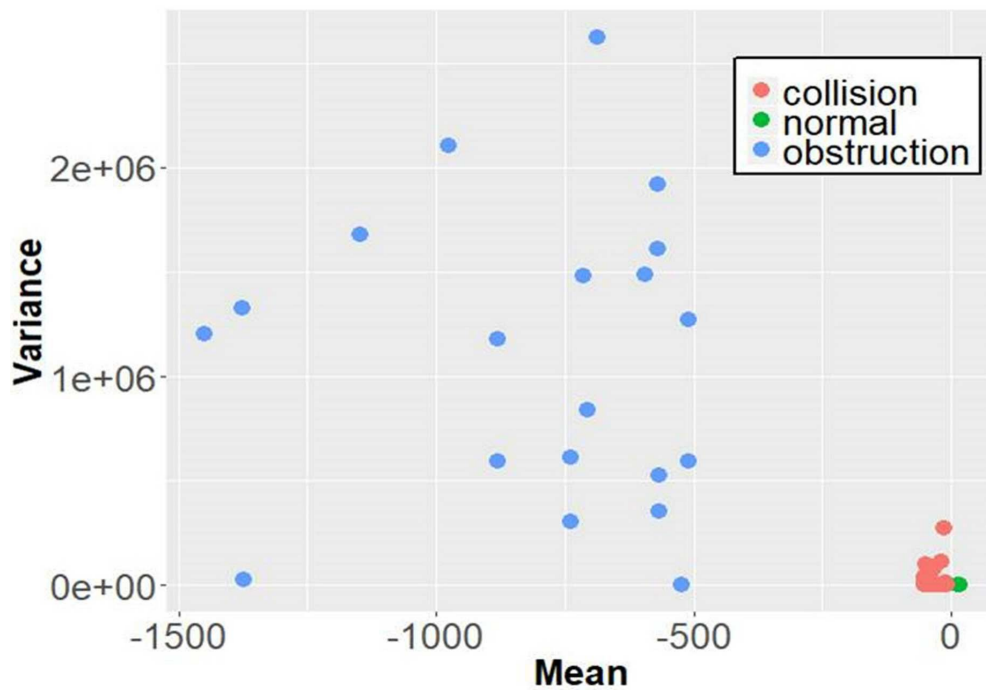
도면4

No	F _x	F _y	F _z	T _x	T _y	T _z
1	2.863636	-0.15909	-14.7955	-9.09091	-3.95455	-1.45455
2	1.772727	0.295455	-20.1136	-8.65909	-3.77273	-0.31818
3	0.272727	-4.34091	-40.4773	-9.77273	1.136364	-0.75
4	0.636364	-2.56818	-11.1364	-3.77273	-6.11364	-0.40909
5	-0.90909	0.363636	-13.7727	-10.0909	-5.93182	-2.15909
6	1.863636	-1.95455	-18.5455	-3.84091	-1.31818	-1.77273
7	2.704545	-2.75	-28.3182	-3.38636	-2.72727	-0.59091
8	4.545455	-3.09091	-51.8864	4.704546	11.59091	-4.90909
9	-0.81818	-0.86364	-9.77273	0.613636	7.068182	-1.09091
10	-0.29545	-1.95455	-31.6591	1.5	9.431818	-1.81818
11	0.022727	-1.79545	-51.2273	0.431818	13.75	-1.52273
12	2.5	-5.38636	-44.5	27.93182	27.47727	-7.47727
13	0.227273	0.136364	-28.1136	4.136364	1.090909	-3.25
14	-1.54545	-1.40909	-31.8636	3.75	-0.18182	-2.52273
15	-1.52273	-1.13636	-48.9545	3.704546	4.977273	-4.09091

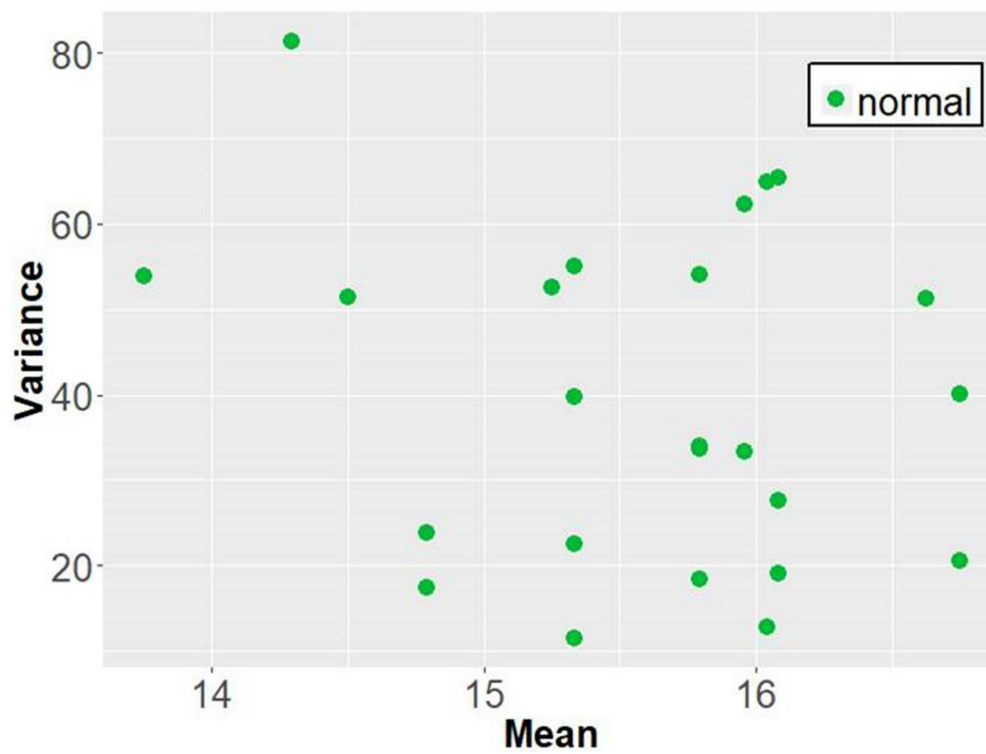
도면5

No	F _x	F _y	F _z	T _x	T _y	T _z
1	40.3	-25.65	-510.8	70.25	-17.15	5.1
2	42.45	-24.45	-568.95	77.6	-25.1	5.9
3	38.45	-14.8	-566.65	52.95	29.45	5.25
4	34.4	-19.4	-740.05	55.55	39.05	1.95
5	15.65	-9.75	-881.4	12.4	-11.3	-0.05
6	5.8	-24.4	-687.45	64.35	45.7	3.1
7	-22.4	-41.7	-705.35	26.55	-16.3	-11.8
8	-0.45	-31.25	-594.35	-23.9	-9	-7.55
9	1.55	-34	-714.5	-2.2	-29.85	-5.9
10	21.35	-33.05	-522.4	-18	-5.95	-7.3
11	9.25	-90.6	-1147.95	2.75	-38.7	-23
12	-28.05	-99.7	-1377.4	-3.1	-47.45	-14.1
13	-36.35	-97.3	-1450.9	12.05	-54	-11.75
14	11	-70.1	-1373.5	5.65	-29.1	-10.35
15	-6.55	-49.1	-975.15	-19.85	-59.1	-1

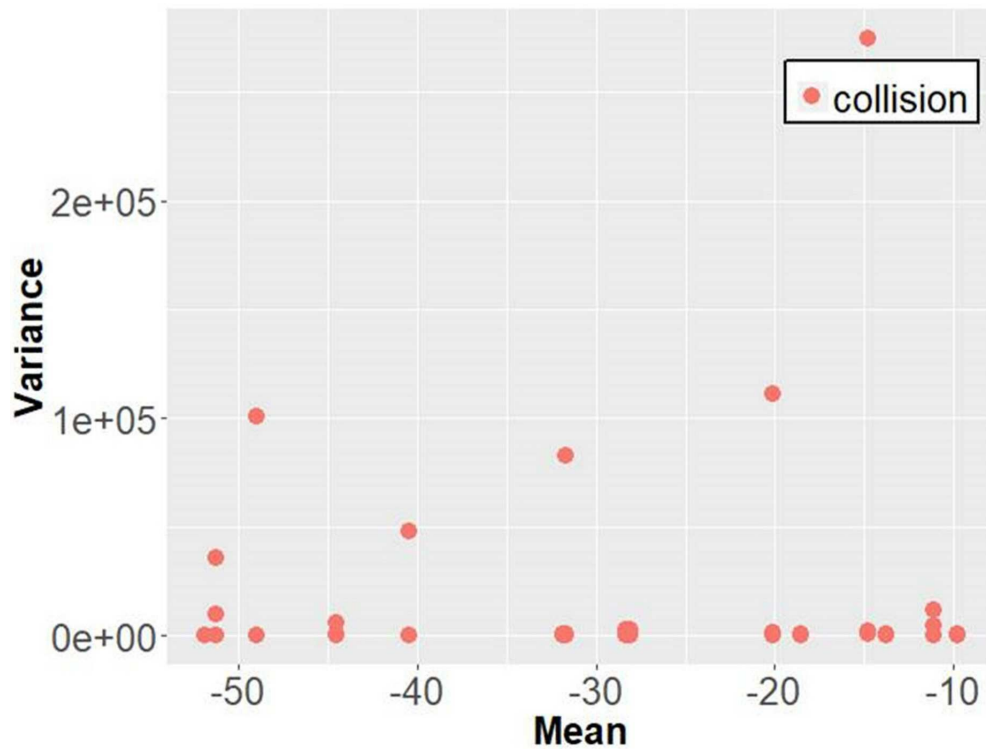
도면6



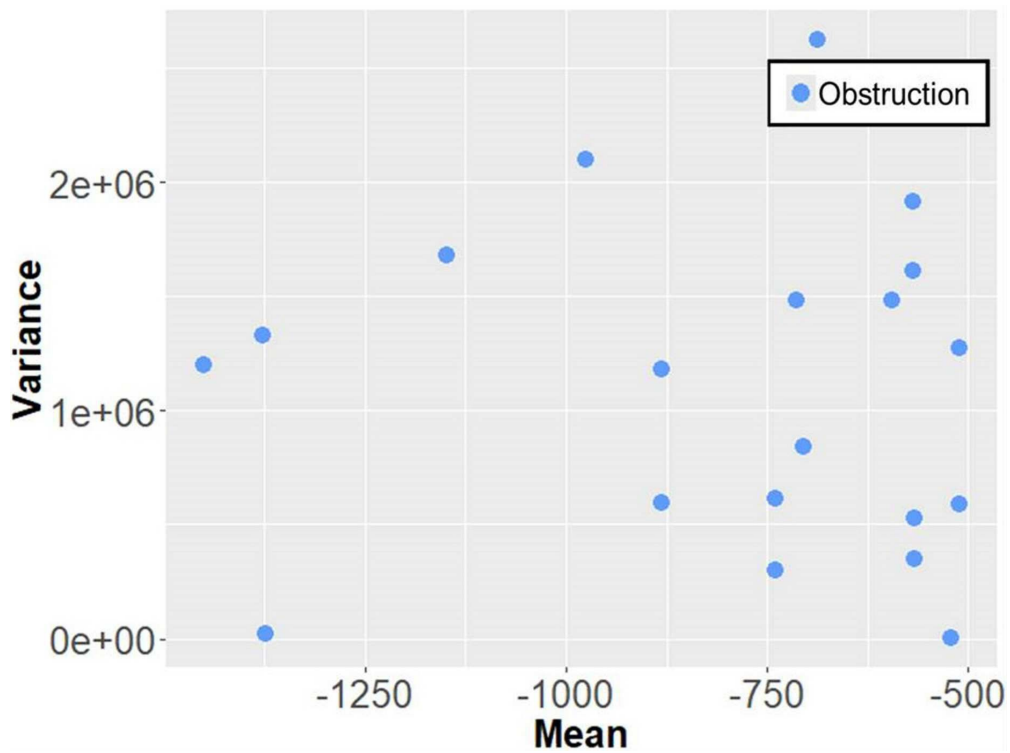
도면7



도면8



도면9



도면10

