



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0105867
(43) 공개일자 2023년07월12일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/17 (2006.01) G06F 16/215 (2019.01)
G06F 17/18 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G06F 17/17 (2013.01)
G06F 16/215 (2019.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2022-0001431</p> <p>(22) 출원일자 2022년01월05일
심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
윤성욱
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교(안암동5가)
설상훈
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교(안암동5가)
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
특허법인씨엔에스</p> |
|---|---|

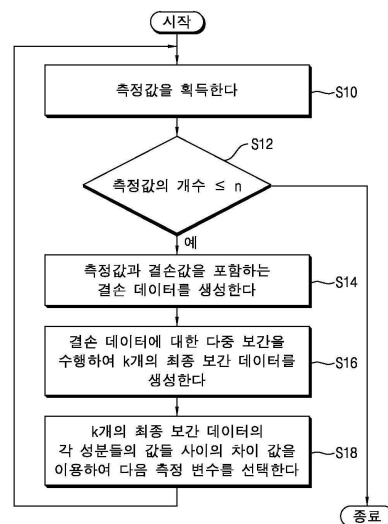
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템**

(57) 요약

본 발명은 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템을 개시한다. 이 방법은 측정 대상의 z 개의 변수들 중 적어도 하나의 측정 변수의 측정값을 획득하고, z 개의 성분들에 상기 측정 변수의 측정값 및 측정하지 않은 나머지 결손 변수들의 결손값들을 가지는 결손 데이터를 생성하고, 상기 결손 데이터에 대한 다중 보간을 수행하여 상기 z 개의 성분들에 최종 보간값들을 각각 가지는 k (k 는 1보다 큰 자연수)개의 최종 보간 데이터를 생성하고, 상기 k 개의 최종 보간 데이터의 각 성분의 최종 보간값들의 평균값을 구하여 상기 z 개의 성분들에 상기 평균값들을 가지는 평균 데이터를 획득하고, 상기 k 개의 최종 보간 데이터 각각과 상기 평균 데이터의 각 성분의 상기 최종 보간값과 상기 평균값 사이의 차이 값을 이용하여 상기 측정 변수를 제외하고 가장 큰 차이 값을 가지는 변수를 다음 측정 변수로 선택하는 것을 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06F 17/18 (2013.01)

(72) 발명자

김재현

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교(
안암동5가)

임희정

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교(
안암동5가)

명세서

청구범위

청구항 1

측정 대상의 z 개의 변수들 중 적어도 하나의 측정 변수의 측정값을 획득하고,

z 개의 성분들에 상기 측정 변수의 측정값 및 측정하지 않은 나머지 결손 변수들의 결손값들을 가지는 결손 데이터를 생성하고,

상기 결손 데이터에 대한 다중 보간을 수행하여 상기 z 개의 성분들에 최종 보간값들을 각각 가지는 k (k 는 1보다 큰 자연수)개의 최종 보간 데이터를 생성하고,

상기 k 개의 최종 보간 데이터의 각 성분의 최종 보간값들의 평균값을 구하여 상기 z 개의 성분들에 상기 평균값들을 가지는 평균 데이터를 획득하고, 상기 k 개의 최종 보간 데이터 각각과 상기 평균 데이터의 각 성분의 상기 최종 보간값과 상기 평균값 사이의 차이 값을 이용하여 상기 측정 변수를 제외하고 가장 큰 차이 값을 가지는 성분의 변수를 다음 측정 변수로 선택하는 것을 포함하고,

상기 측정 대상의 상기 z 개의 변수들 중 n (n 은 상기 z 보다 작은 자연수)개의 측정 변수들로부터 상기 측정값들을 획득하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 다음 측정 변수로 선택하는 것은

상기 k 개의 최종 보간 데이터 각각과 상기 평균 데이터의 각 성분의 상기 최종 보간값과 상기 평균값 사이의 차이 값을 구하여 상기 z 개의 성분들에 z 개의 편차들을 각각 가지는 k 개의 편차 데이터를 획득하고,

상기 k 개의 편차 데이터의 각 성분의 편차들을 이용하여 상기 z 개의 성분들에 z 개의 표본 분산들을 가지는 표본 분산 데이터를 획득하거나, 상기 z 개의 성분들에 z 개의 표준 편차들을 가지는 표준 편차 데이터를 획득하고,

상기 z 개의 표본 분산들 또는 상기 z 개의 표준 편차들 중 최대 표본 분산 또는 최대 표준 편차를 가지는 성분의 변수를 상기 다음 측정 변수로 선택하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는 것은

상기 z 개의 성분들에 후보값들을 각각 포함하는 m (m 은 상기 k 보다 크거나 동일한 자연수)개의 후보 데이터를 수신하고,

상기 m 개의 후보 데이터 각각과 상기 결손 데이터 사이의 유사도를 계산하여 m 개의 유사도를 획득하고,

상기 m 개 유사도 중 임계값 이하의 유사도를 가지는 k 개의 후보 데이터를 k 개의 최종 후보 데이터로 선택하고,

상기 k 개의 최종 후보 데이터 각각의 상기 z 개의 성분들 중 상기 결손 데이터의 상기 측정 변수들의 상기 측정값들을 가지는 측정 성분들과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 k 개의 대체 데이터를 생성하고,

상기 k 개의 대체 데이터 각각을 보간하여 k 개의 중간 보간 데이터를 생성하고,

상기 결손 데이터를 이용하여 상기 k 개의 중간 보간 데이터에 대한 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는 것을 포함하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 m 개의 유사도를 계산하는 것은

상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들의 합과 상기 m 개의 후보 데이터 각각의 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들과 동일한 성분들의 후보값들의 합 사이의 차이 값을 획득하여 상기 m 개의 유사도를 생성하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 5

제3 항에 있어서, 상기 k 개의 대체 데이터를 생성하는 것은

상기 k 개의 최종 후보 데이터 각각의 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 상기 k 개의 대체 데이터를 생성하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는 것은

상기 k 개의 중간 보간 데이터 각각의 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분과 동일한 성분들의 중간 보간값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법은

상기 k 개의 대체 데이터 각각의 상기 z 개의 성분들의 대체값들의 합과 상기 k 개의 중간 보간 데이터 각각의 상기 z 개의 성분들의 중간 보간값들의 합 사이의 차이 값을 구하여 k 개의 제1 차이 값들을 생성하고,

상기 k 개의 중간 보간 데이터 각각의 상기 z 개의 성분들의 상기 중간 보간값들의 합과 상기 k 개의 최종 보간 데이터 각각의 상기 z 개의 성분들의 최종 보간값들의 합 사이의 차이 값을 구하여 k 개의 제2 차이 값들을 생성하고,

상기 k 개의 제1 차이 값들 및 상기 k 개의 제2 차이 값들을 이용하여 확신도를 구하는 것을 추가적으로 포함하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 8

z 개의 성분들에 후보값들을 각각 포함하는 m 개의 후보 데이터를 수신하고,

상기 m 개의 후보 데이터 각각과 결손 데이터 사이의 유사도를 계산하여 m 개의 유사도를 획득하고,

상기 m 개 유사도 중 임계값 이하의 유사도를 가지는 k (k 는 상기 m 보다 작은 자연수)개의 후보 데이터를 k 개의 최종 후보 데이터로 선택하고,

상기 k 개의 최종 후보 데이터 각각의 상기 z 개의 성분들 중 결손 데이터의 상기 z 개의 성분들 중 측정 변수들의 측정값들을 가지는 측정 성분들과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 k 개의 대체 데이터를 생성하고,

상기 k 개의 대체 데이터 각각을 보간하여 k 개의 중간 보간 데이터를 생성하고,

상기 결손 데이터를 이용하여 상기 k 개의 중간 보간 데이터에 대한 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는 것을 포함하는 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서, 상기 결손 데이터는

상기 z 개의 성분들 중 측정 대상의 z 개의 변수들 중 임의의 n (n 은 상기 z 보다 작은 자연수)개의 측정 변수들의 측정값들을 상기 n 개의 측정 성분들에 가지고, 나머지 $z-n$ 개의 성분들에 결손값들을 가지는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 k 개의 대체 데이터를 생성하는 것은

상기 k 개의 최종 후보 데이터 각각의 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 상기 k 개의 대체 데이터를 생성하고,

상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는 것은

상기 k 개의 중간 보간 데이터 각각의 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들과 동일한 성분들의 중간 보간값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는

결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 장치의 제조 과정은 웨이퍼 상에 서로 다른 층들에 패턴을 형성 및 적층하는 공정들로 구성된다. 반도체 장치가 설계된 대로 동작을 수행하기 위하여 각 층들에 형성된 패턴들이 설계된 의도대로 형성되어야 한다.

[0003] 반도체 측정 시스템은 각 공정에서 형성된 패턴들이 정확한지를 확인하기 위하여 각 공정의 전후에 측정 또는 검사를 수행할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시에 따른 실시예들의 과제는 완전 데이터 없이 결손 데이터를 효과적으로 획득하고 결손 데이터를 보간하여 유효한 보간 데이터를 생성할 수 있는 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템을 제공하는데 있다.

[0005] 본 개시에 따른 실시예들의 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 개시에 따른 실시예들에 따르면, 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법은 측정 대상의 z 개의 변수들 중 적어도 하나의 측정 변수의 측정값을 획득하고, z 개의 성분들에 상기 측정 변수의 측정값 및 측정하지 않은 나머지 결손 변수들의 결손값들을 가지는 결손 데이터를 생성하고, 상기 결손 데이터에 대한 다중 보간을 수행하여 상기 z 개의 성분들에 최종 보간값들을 각각 가지는 k (k 는 1보다 큰 자연수)개의 최종 보간 데이터를 생성하고, 상기 k 개의 최종 보간 데이터의 각 성분의 최종 보간값들의 평균값을 구하여 상기 z 개의 성분들에 상기 평균값들을 가지는 평균 데이터를 획득하고, 상기 k 개의 최종 보간 데이터 각각과 상기 평균 데이터의 각 성분의 상기 최종 보간값과 상기 평균값 사이의 차이 값을 이용하여 상기 측정 변수를 제외하고 가장 큰 차이 값을 가지는 성분의 변수를 다음 측정 변수로 선택하는 것을 포함하고, 상기 측정 대상의 상기 z 개의 변수들 중 n (n 은 상기 z 보다 작은 자연수)개의 측정 변수들로부터 상기 측정값들을 획득할 수 있다.

[0007] 본 개시에 따른 실시예들에 따르면, 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법은 z 개의 성분들에 후보값들을 각각 포함하는 m 개의 후보 데이터를 수신하고, 상기 m 개의 후보 데이터 각각과 결손 데이터 사이의 유사도를 계산하여 m 개의 유사도를 획득하고, 상기 m 개 유사도 중 임계값 이하의 유사도를 가지는 k (k 는 상기 m 보다 작은 자연수)개의 후보 데이터를 k 개의 최종 후보 데이터로 선택하고, 상기 k 개의 최종 후보 데이터 각각의 상기 z 개의

성분들 중 결손 데이터의 상기 z 개의 성분들 중 측정 변수들의 측정값들을 가지는 측정 성분들과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 상기 결손 데이터의 상기 측정 성분들의 상기 측정값들로 대체하여 k 개의 대체 데이터를 생성하고, 상기 k 개의 대체 데이터 각각을 보간하여 k 개의 중간 보간 데이터를 생성하고, 상기 결손 데이터를 이용하여 상기 k 개의 중간 보간 데이터에 대한 상기 k 개의 최종 보간 데이터를 생성하는 것을 포함할 수 있다.

[0008] 본 개시에 따른 실시예에 따르면, 측정 시스템은 구동 제어신호에 응답하여 측정 대상의 z 개의 변수들 중 적어도 하나의 측정 변수의 측정을 출력하는 측정기; 및 상기 측정 변수의 측정값을 획득하고, z 개의 성분들에 상기 측정 변수의 측정값 및 측정하지 않은 나머지 결손 변수들의 결손값들을 가지는 결손 데이터를 생성하고, k 개의 최종 보간 데이터의 각 성분의 최종 보간값들의 평균값을 구하여 상기 z 개의 성분들에 상기 평균값들을 가지는 평균 데이터를 획득하고, 상기 k 개의 최종 보간 데이터 각각과 상기 평균 데이터의 각 성분의 상기 최종 보간값과 상기 평균값 사이의 차이 값을 이용하여 상기 측정 변수를 제외하고 가장 큰 차이 값을 가지는 성분의 변수를 다음 측정 변수로 선택하고, 상기 다음 측정 변수에 기초하여 상기 구동 제어신호를 발생하는 제어기를 포함하고, 상기 측정 대상의 상기 z 개의 변수들 중 n (n 은 상기 z 보다 작은 자연수)개의 측정 변수들로부터 상기 측정값들을 획득할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 개시에 따른 실시예들에 따르면, 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템은 측정 대상의 모든 변수로부터 측정 값을 획득하지 않고, 불확실성이 높은 변수로부터 낮은 변수로 순차적으로 측정값을 획득하여 결손 데이터의 불확실성을 효과적으로 해소함으로써, 측정 횟수가 작더라도, 즉, 결손 데이터의 결손율이 높더라도 결손 데이터로부터 유효한 최종 보간 데이터를 획득할 수 있다.

[0010] 또한, 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템은 복수개의 최종 후보 데이터를 이용하여 결손율이 높은 결손 데이터에 대한 다중 보간을 수행하여 복수개의 최종 보간 데이터를 생성하고, 복수개의 최종 후보 데이터 및 복수개의 최종 보간 데이터에 대한 확신도를 생성함으로써, 유효한 최종 후보 데이터 및 유효한 최종 보간 데이터를 선택할 수 있다.

[0011] 추가적으로, 본 개시에 따른 실시예에 따르면, 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템은 측정 대상의 모든 측정값을 획득하지 않고도 측정 대상의 측정 결과를 효과적으로 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 개시에 따른 실시예의 측정 시스템의 구성을 개략적으로 도시하는 블록도이다.
 도 2는 본 개시에 따른 실시예의 제어기의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
 도 3은 본 개시에 따른 실시예의 측정 변수 선택부의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
 도 4는 본 개시에 따른 실시예의 다중 보간 데이터 생성부의 구성을 도시하는 블록도이다.
 도 5a 및 도 5b는 본 개시에 따른 실시예의 다중 보간 데이터 생성부의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
 도 6은 본 개시에 따른 실시예의 확신도 생성부의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
 도 7은 본 개시에 따른 실시예의 측정 대상을 도시하는 도면이다.
 도 8은 본 개시에 따른 실시예의 측정 대상의 이미지의 완전 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 9는 본 개시에 따른 실시예의 결손 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 10은 본 개시에 따른 실시예의 최종 보간 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 11은 본 개시에 따른 실시예의 평균 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 12는 본 개시에 따른 실시예의 편차 데이터, 표본 분산 데이터, 및 표준 편차 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 13는 본 개시에 따른 실시예의 결손 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 14는 본 개시에 따른 실시예의 후보 데이터 및 최종 후보 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 15는 본 개시에 따른 실시예의 결손 여부 데이터를 도시하는 도면이다.
 도 16은 본 개시에 따른 실시예의 대체 데이터를 도시하는 도면이다.

도 17은 본 개시에 따른 실시예의 중간 보간 데이터를 도시하는 도면이다.

도 18은 본 개시에 따른 실시예의 최종 보간 데이터를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 첨부된 도면을 참고로 하여 본 개시에 따른 실시예들의 결론 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이 방법을 이용한 측정 시스템을 설명하면 다음과 같다.
- [0014] 도 1은 본 개시에 따른 실시예의 측정 시스템의 구성을 개략적으로 도시하는 블록도이다.
- [0015] 도 1을 참조하면, 측정 시스템(100)은 측정 장치(200) 및 데이터베이스(300)를 포함하고, 측정 장치(200)는 측정기(10) 및 제어기(20)를 포함할 수 있다. 측정기(10)는 측정부(12) 및 스테이지(14)를 포함하고, 스테이지(14)의 상부에 측정 대상(16)이 위치할 수 있다. 제어기(20)는 측정 변수 제어부(24), 결론 데이터 생성부(26), 측정 변수 선택부(28), 및 보간 데이터 생성부(29)를 포함할 수 있다.
- [0016] 도 1에 도시된 블록들 각각의 기능을 설명하면 다음과 같다.
- [0017] 측정부(12)는 제1 구동 제어신호(dcon1)에 응답하여 측정 대상(16)의 측정 변수의 측정값(md)을 출력할 수 있다. 측정부(12)는 제1 구동 제어신호(dcon1)에 응답하여 측정 대상(16)의 측정 변수에 따라 측정 방법을 변경하여 측정값(mdata)을 획득할 수 있다. 예를 들면, 측정부(12)가 측정 대상(16)의 이미지를 획득할 때, 측정 변수는 이미지의 화소들 중 하나이고, 측정값(md)은 서로 다른 위치로부터 획득되는 이미지의 화소값일 수 있다. 측정부(12)가 측정 대상(16)의 하나의 위치로부터 측정 대상(16)의 다양한 특성들(예를 들면, 전류, 전압, 저항, 온도 등)을 획득할 때, 측정 변수는 다양한 특성들 중 하나이고, 측정값(md)은 하나의 위치로부터 획득되는 다양한 특성 값들 중 하나의 값일 수 있다.
- [0018] 스테이지(14)는 제2 구동 제어신호(dcon2)에 응답하여 측정 대상(16)의 측정 위치를 이동할 수 있다.
- [0019] 측정 변수 제어부(24)는 측정 변수(pd)에 기초하여 제1 구동 제어신호(dcon1) 및/또는 제2 구동 제어신호(dcon2)를 출력할 수 있다.
- [0020] 결론 데이터 생성부(26)는 측정 변수(pd) 및 측정값(md)에 기초하여 결론 데이터(ded)를 생성할 수 있다. 예를 들면, 결론 데이터(ded)는 측정 대상(16)의 z개의 변수들 중 n(n은 z보다 작은 자연수)개의 측정 변수(들)의 값(들)은 측정값(들)로 표현되고, 측정되지 않은 결론 변수들의 값들은 미리 정해진 결론값(예를 들면, “0” 또는 NaN(not a number) 등)으로 표현되는 데이터일 수 있다.
- [0021] 측정 변수 선택부(28)는 결론 데이터(ded) 및 k(k는 2 이상의 자연수)개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 이용하여 다음 측정 변수(pd)를 계산하여 선택할 수 있다.
- [0022] 다중 보간 데이터 생성부(29)는 결론 데이터(ded)와 m(m은 k보다 크거나 동일한 자연수)개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)를 이용하여 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 출력할 수 있다.
- [0023] 데이터베이스(300)는 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 저장하고, m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)를 출력할 수 있다. m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)는 측정 대상(16)의 완전 데이터와 관련있는 데이터일 수 있다. 예를 들면, 측정 대상(16)의 완전 데이터가 숫자 “7” 인 경우에 m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)는 다양한 숫자들, 예를 들면, “0” 내지 “6” 및 “8” 내지 “9” 일 수 있다.
- [0024] 도 1에서, 결론 데이터 생성부(26), 측정 변수 선택부(28), 및 다중 보간 데이터 생성부(29)는 하나의 기능 블록으로 구성될 수 있다. 도 1에서, 결론 데이터 생성부(26), 측정 변수 선택부(28), 및 다중 보간 데이터 생성부(29)는 하드웨어로도 구현될 수 있으나, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수도 있다. 도 2는 본 개시에 따른 실시예의 제어기의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하면, 결론 데이터 생성부(26)는 측정값(md) (또는 측정 변수(pd))의 개수가 n개 이하인지를 판단한다(S12). 여기에서, 측정 대상(16)이 z개의 변수들을 포함할 때, n은 z보다 상당히 작은 수일 수 있다.
- [0026] 만일 단계(S12)를 만족하면, 결론 데이터 생성부(26)는 측정값(md)과 결론값을 포함하는 결론 데이터(ded)를 생성한다(S14). 예를 들면, 결론 데이터(ded)는 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 각 성분은 측정값(md) 또는 결론값을 포함할 수 있다. 2차원 매트릭스 데이터의 경우 총 z(= x개의 행 × y개의 열)개의 성분을 가지며, 각각의 성분을 해당하는 행과 열로 표현할 수 있다. 결론 데이터(ded)의 z개의 성

분들 중 측정 성분들(측정 변수들에 대응)에 측정값(md)을 포함하고, 결손 성분들(결손 변수들에 대응)에 결손 값들을 포함할 수 있다.

[0027] 만일 단계(S12)를 만족하지 않으면 동작을 종료한다.

[0028] 다중 보간 데이터 생성부(29)는 결손 데이터(ded)에 대한 다중 보간을 수행하여 k개의 최종 보간 데이터를 생성한다(S16). 예를 들면, 다중 보간 데이터 생성부(29)는 결손 데이터(ded)를 m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)를 이용하여 다중 보간을 수행하여 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 생성할 수 있다. 예를 들면, m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm) 각각은 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z개의 성분들에 z개의 후보값들을 포함할 수 있다.

[0029] 측정 변수 선택부(28)는 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)의 각 위치들에서 최종 보간값들 사이의 차이 값을 이용하여 다음 측정 변수(pd)를 선택한다(S18). 예를 들면, k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk) 각각은 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z개의 성분들에 z개의 최종 보간값들을 포함할 수 있다.

[0030] 도 2를 참조하여 상술한 바와 같이, 측정값(md)이 획득될 때마다, 결손 데이터(ded)의 측정값(md)의 개수가 증가하고 결손값의 개수가 감소할 수 있다. 또한, 제어기(20)는 측정값(md)이 획득될 때마다, 결손 데이터(ded)에 대한 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 생성할 수 있으며, k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 이용하여 다음 측정 변수(pd)를 선택할 수 있다.

[0031] 도 3은 본 개시에 따른 실시예의 측정 변수 선택부의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.

[0032] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 측정 변수 선택부(28)는 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)의 각 성분의 최종 보간값들의 평균값을 계산하여 평균값 데이터를 생성한다(S18-4). 예를 들면, 평균값 데이터는 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 $x \times y$ 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z개의 성분들에 z개의 평균값들을 포함할 수 있다.

[0033] 측정 변수 선택부(28)는 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)와 평균값 데이터를 이용하여 각 성분의 표본 분산 또는 표준 편차를 계산한다(S18-4). 즉, 측정 변수 선택부(28)는 k개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)의 각 성분의 최종 보간값과 평균값 데이터의 각 성분의 평균값의 차이 값을 이용하여 k개의 표본 분산 데이터 또는 표준 편차 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들면, k개의 분산 데이터 각각은 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z개의 성분들에 z개의 표본 분산값들을 포함할 수 있다. 표준 편차 데이터는 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z개의 성분들에 z개의 표준 편차값들을 포함할 수 있다.

[0034] 측정 변수 선택부(28)는 결손 데이터(ded)의 결손 성분들(즉, 결손 데이터(ded)의 측정값(들)이 존재하는 측정 성분(들)을 제외) 중 최대 표본 분산값 또는 최대 표준 편차값을 가지는 성분의 변수를 다음 측정 변수(pd)로 선택한다(S18-6).

[0035] 도 3에 도시된 단계들(S18-2, S18-4, S18-6)은 도 2에 도시된 단계(S18)에 포함될 수 있다.

[0036] 본 개시에 따른 실시예에 따르면, 측정 변수 선택부(28)는 결손 데이터(ded)의 결손 성분들의 결손 변수들 중 불확실성이 가장 높은 변수를 다음 측정 변수로 선택함으로써, 결손 데이터(ded)의 불확실성을 효과적으로 해소할 수 있다.

[0037] 본 개시에 따른 실시예에 따르면, 측정 변수 선택부(28)는 도 2 및 도 3에 도시된 바와 달리, 측정 대상(16)의 변수들 중 임의의 n개의 측정 변수들로부터 측정값들을 획득할 수도 있다.

[0038] 도 4는 본 개시에 따른 실시예의 다중 보간 데이터 생성부의 구성을 도시하는 블록도로서, 다중 보간 데이터 생성부(29)는 최종 후보 데이터 선택부(29-1), 대체 데이터 생성부(29-2), 결손 여부 데이터 생성부(29-3), 중간 보간 데이터 생성부(29-4), 및 최종 보간 데이터 생성부(29-5)를 포함할 수 있다. 다중 보간 데이터 생성부(29)는 확산도 생성부(29-6)를 추가적으로 포함할 수 있다.

[0039] 도 4에 도시된 블록들 각각의 기능을 설명하면 다음과 같다.

[0040] 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 결손 데이터(ded) 및 m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)를 수신하고, m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm) 중 결손 데이터(ded)와 유사한 후보 데이터를 k개의 최종 후보 데이터(fced1 ~ fcedk)로 선택하여 생성할 수 있다. 예를 들면, m개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm) 각각은 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z개의 후보값들을 포함할 수 있다. k개의 최종 후보 데이터(fced1 ~

fcedk) 각각은 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z 개의 최종 후보값들을 포함할 수 있다.

- [0041] 대체 데이터 생성부(29-2)는 결손 데이터(ded) 및 k 개의 최종 후보 데이터(fced1 ~ fcedk)를 수신하고, k 개의 최종 후보 데이터(fced1 ~ fcedk)의 결손 데이터(ded)의 측정 성분들과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들로 대체하여 k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk)를 생성할 수 있다. 예를 들면, k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk) 각각은 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z 개의 대체값들을 포함할 수 있다.
- [0042] 결손 여부 데이터 생성부(29-3)는 결손 데이터(ded)를 수신하고, 결손 데이터(ded)의 측정값(들)을 “1”로 대체하고, 결손값들을 “0”으로 대체하여 결손 여부 데이터(wded)를 생성할 수 있다. 예를 들면, 결손 여부 데이터는 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z 개의 결손 여부 값들을 포함할 수 있다.
- [0043] 중간 보간 데이터 생성부(29-4)는 k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk)를 보간하여 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk)를 생성할 수 있다. 중간 보간 데이터 생성부(29-4)는 다양한 보간 방법으로 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk)를 생성할 수 있다. 예를 들면, k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk)는 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, z 개의 중간 보간값들을 포함할 수 있다. 실시예로서, 중간 보간 데이터 생성부(29-4)는 신경망으로 구성될 수 있으며, 신경망을 통해 학습에 의해서 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk)를 생성할 수 있다.
- [0044] 최종 보간 데이터 생성부(29-5)는 k 개의 중간 보간 데이터(mied), k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk), 및 결손 여부 데이터(wded)를 수신하고, 결손 여부 데이터(wded) 및 k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk)를 이용하여 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk)에 대한 k 개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 생성할 수 있다. 즉, 최종 보간 데이터 생성부(29-5)는 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk) 각각의 결손 여부 데이터(wded)가 “1”인 성분들과 동일한 성분들의 중간 보간값들을 k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk) 각각의 결손 여부 데이터(wded)가 “1”인 성분들과 동일한 성분들의 대체값(즉, 측정값)들로 대체하여 k 개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 생성할 수 있다.
- [0045] 확신도 생성부(29-6)는 k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk), k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk), 및 k 개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk)를 수신하고, k 개의 대체 데이터(sed1 ~ sedk) 각각의 대체값들의 합과 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk) 각각의 중간 보간값들의 합 사이의 제1 차이 값 및 k 개의 중간 보간 데이터(mied1 ~ miedk) 각각의 중간 보간값들의 합과 k 개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk) 각각의 최종 보간값들의 합 사이의 제2 차이 값을 구하고, k 개의 제1 차이 값들과 k 개의 제2 차이 값들을 이용하여 k 개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk) 각각에 대한 확신도(cf1 ~ cfk)를 구하여 생성할 수 있다.
- [0046] 실시예로서, 확신도 생성부(29-6)는 k 개의 최종 보간 데이터(ied1 ~ iedk) 중 확신도(cf1 ~ cf2)가 설정 값 보다 높은 최종 보간 데이터만 생성하도록 구성될 수도 있다.
- [0047] 도 5a 및 도 5b는 본 개시에 따른 실시예의 다중 보간 데이터 생성부의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
- [0048] 도 4, 도 5a, 및 도 5b를 참조하여 다중 보간 데이터 생성부의 동작을 설명하면 다음과 같다.
- [0049] 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 데이터베이스(300)로부터 m 개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm)를 수신할 수 있다(S20).
- [0050] 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 m 개의 후보 데이터(ced1 ~ cedm) 중 하나와 결손 데이터(ded) 사이의 유사도를 계산할 수 있다(S22). 예를 들면, 후보 데이터(ced1 ~ cedm) 중 하나의 결손 데이터(ded)의 측정 성분들과 동일한 성분들의 후보값들의 합과 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들의 합 사이의 차이 값을 유사도로 획득할 수 있다.
- [0051] 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 유사도가 임계값 이하인지를 판단할 수 있다(S24).
- [0052] 단계(S24)의 판단 결과를 만족하면, 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 m 개의 후보 데이터들(ced1 ~ cedm) 중 하나를 k 개의 최종 후보 데이터(ied1 ~ iedk) 중 하나로 선택할 수 있다(S26).
- [0053] 단계(S24)의 판단 결과를 만족하지 않으면, 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 m 개의 후보 데이터들(ced1 ~ cedm) 중 하나를 k 개의 최종 후보 데이터(ied1 ~ iedk) 중 하나로 선택하지 않을 수 있다(S28).

- [0054] 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 m 개의 후보 데이터($ced1 \sim cedm$)에 모두에 대해 단계(S22) 내지 단계(S28)가 수행되었는지를 판단할 수 있다(S30).
- [0055] 만일 단계(S30)를 만족하지 않으면, 최종 후보 데이터 선택부(29-1)는 단계(S22)로 진행하여 m 개의 후보 데이터($ced1 \sim cedm$) 중 나머지 후보 데이터에 대해 단계(S22) 내지 단계(S28)를 수행할 수 있다.
- [0056] 만일 단계(S30)를 만족하면, 대체 데이터 생성부(29-2)는 k 개의 최종 후보 데이터($fced1 \sim fcedk$)의 결손 데이터(ded)의 측정 성분변수들과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들로 대체하여 k 개의 대체 데이터($sed1 \sim sedk$)를 생성할 수 있다(S32).
- [0057] 추가적으로, 도시하지는 않았지만, 결손 여부 데이터 생성부(29-3)는 결손 데이터(ded)의 측정값들을 “1”로 대체하고, 결손값들을 “0”으로 대체하여 결손 여부 데이터($wded$)를 생성할 수 있다.
- [0058] 중간 보간 데이터 생성부(29-4)는 k 개의 대체 데이터($sed1 \sim sedk$)를 보간하여 k 개의 중간 보간 데이터($mied1 \sim miedk$)를 생성할 수 있다(S34).
- [0059] 최종 보간 데이터 생성부(29-5)는 결손 데이터(ded)를 이용하여 k 개의 중간 보간 데이터($mied1 \sim miedk$)에 대한 k 개의 최종 보간 데이터($ied1 \sim iedk$)를 생성할 수 있다(S36). 예를 들면, 최종 보간 데이터 생성부(29-5)는 k 개의 중간 보간 데이터($mied1 \sim miedk$)의 결손 데이터(ded)의 측정 성분들과 동일한 성분들의 중간 보간값들을 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들로 대체하여 k 개의 최종 보간 데이터($ied1 \sim iedk$)를 생성할 수 있다.
- [0060] 다른 예로서, 최종 보간 데이터 생성부(29-5)는 결손 데이터(ded) 및 결손 여부 데이터($wded$)를 이용하여 k 개의 중간 보간 데이터($mied1 \sim miedk$)에 대한 k 개의 최종 보간 데이터($ied1 \sim iedk$)를 생성할 수 있다. 예를 들면, 최종 보간 데이터 생성부(29-5)는 k 개의 중간 보간 데이터($mied1 \sim miedk$) 각각의 결손 여부 데이터($wded$)의 “1”을 가지는 성분들과 동일한 성분들의 중간 보간값들을 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들로 대체하여 k 개의 최종 보간 데이터($ied1 \sim iedk$)를 생성할 수 있다.
- [0061] 도 5a 및 도 5b에 도시된 단계(S20) 내지 단계(S36)는 도 2에 도시된 단계(S16)에 포함될 수 있다.
- [0062] 도 6은 본 개시에 따른 실시예의 확신도 생성부의 동작을 설명하기 위한 동작 흐름도이다.
- [0063] 확신도 생성부(29-6)는 k 개의 대체 데이터($sed1 \sim sedk$) 각각의 대체값들의 합과 k 개의 중간 보간 데이터($mied1 \sim miedk$) 각각의 중간 보간값들의 합 사이의 제1 차이 값을 구하여 k 개의 제1 차이 값들을 생성할 수 있다(S40).
- [0064] 확신도 생성부(29-6)는 k 개의 중간 보간 데이터($mied$) 각각의 중간 보간값들의 합과 최종 보간 데이터(ied) 각각의 최종 보간값들의 합 사이의 제2 차이 값을 구하여 k 개의 제2 차이 값들을 생성할 수 있다(S42).
- [0065] 확신도 생성부(29-6)는 k 개의 제1 차이 값들을 이용하여 k 개의 최종 후보 데이터($fced1 \sim fcedk$)에 대한 k 개의 정확도 및 k 개의 제2 차이 값들을 이용하여 k 개의 최종 보간 데이터($ied1 \sim iedk$)에 대한 k 개의 정확도를 구하여 확신도($cf1 \sim cfk$)를 생성할 수 있다(S44). 예를 들면, k 개의 제1 차이 값들을 이용하여 k 개의 최종 후보 데이터($fced1 \sim fcedk$) 각각의 정확성을 판단하고, k 개의 제2 차이 값들을 이용하여 k 개의 최종 보간 데이터($ied1 \sim iedk$)가 측정값에 가깝게 보간되었는지를 판단할 수 있다.
- [0066] 본 개시의 실시예에 따른 결손 데이터를 획득하고 보간하는 방법 및 이를 이용한 측정 시스템을 측정 대상(16)으로부터 획득된 이미지를 이용하여 설명하면 다음과 같다.
- [0067] 도 7은 본 개시에 따른 실시예의 측정 대상을 도시하는 도면으로, 측정 대상(16)은 웨이퍼일 수 있다.
- [0068] 도 1 및 도 7을 참조하면, 웨이퍼 상에 숫자 “7”이 패터닝되고, 측정 장치(10)의 측정부(12)에 의해서 웨이퍼 상의 16개의 위치들($(x1, y1) \sim (x4, y4)$)로부터 이미지가 획득될 수 있다. 예를 들면, 웨이퍼 상의 16개의 위치들($(x1, y1) \sim (x4, y4)$) 각각에 다이가 집적화될 수 있다.
- [0069] 도 8은 본 개시에 따른 실시예의 측정 대상의 이미지의 완전 데이터를 도시하는 도면으로, 도 7에 도시된 숫자 “7”의 완전 이미지가 4×4 화소들로 구성되는 경우, 도 8에 도시된 완전 데이터는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 도 7에 도시된 16개의 위치들($(x1, y1) \sim (x4, y4)$)의 부분 이미지의 화소값들을 0 내지 15의 값(계조값)들로 나타낸 데이터일 수 있다. 예를 들면, 완전 데이터의 첫번째 행의 성분들($(x1, y1) \sim (x1, y)$)의 부분 이미지들의 화소값들은 3, 5, 5, 5이고, 네번째 행의 성분들($(x4, y1) \sim (x4, y4)$)의 부분 이미지들

의 화소값들은 0, 4, 1, 0일 수 있다. 완전 데이터의 두번째 행의 성분들 및 세번째 행의 성분들의 부분 이미지들의 화소값들은 도식된 바와 같을 수 있다.

[0070] 도 1 내지 도 3, 및 도 7 내지 도 12를 참조하여 측정 변수 선택부(24)의 동작을 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0071] 도 9는 본 개시에 따른 실시예의 결손 데이터를 도식하는 도면으로, 결손 데이터(ded)는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 도 7의 위치(x3, y3)로부터 획득된 부분 이미지에 해당하는 화소값이 4이면, 결손 데이터(ded)의 측정 성분(x3, y3)은 화소값인 4를 가지고, 나머지 결손 성분들은 결손값(?)을 가질 수 있다. 예를 들면, ?는 0 또는 NaN일 수 있다.

[0072] 도 10은 본 개시에 따른 실시예의 최종 보간 데이터를 도식하는 도면으로, 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3)를 도식하는 것이다. 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3) 각각은 4×4 매트릭스로 표현될 수 있으며, 16개의 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에 16개의 최종 보간값들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 최종 보간 데이터(ied1)의 첫번째 행의 성분들((x1, y1) ~ (x1, y4))의 화소값들은 3, 5, 4, 5를 가지고, 최종 보간 데이터(ied2)의 첫번째 행의 성분들((x1, y1) ~ (x1, y4))의 화소값들은 0, 0, 1, 3을 가지고, 최종 보간 데이터(ied3)의 첫번째 행의 성분들((x1, y1) ~ (x1, y4))의 화소값들은 0, 4, 2, 3을 가질 수 있다. 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3) 각각의 두번째 행의 성분들 내지 네번째 행의 성분들의 화소값들은 도식된 바와 같을 수 있다.

[0073] 도 11은 본 개시에 따른 실시예의 평균 데이터를 도식하는 도면으로, 평균 데이터(meand)는 도 10에 도식된 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3)의 각 성분의 3개의 최종 보간값들의 평균값을 가지는 데이터이다. 평균 데이터(meand)는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 16개의 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에 16개의 평균값들을 포함할 수 있다. 평균 데이터(meand)는 평균값이 소수점 이하의 값을 포함하는 경우 반올림한 값을 가질 수 있다. 예를 들면, 평균 데이터(meand)의 성분(x1, y1)의 평균값은 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3)의 성분(x1, y1)의 최종 보간값들이 3, 0, 0이므로 $3/3=1$ 일 수 있고, 성분(x1, y4)의 평균값은 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3)의 성분(x1, y4)의 값들이 5, 3, 3이므로 $13/3=4.3$ 의 반올림한 값인 4일 수 있다. 나머지 성분들에 대해서도 동일한 방법으로 평균값을 구해질 수 있으며, 나머지 위치들의 평균값들은 도식된 바와 같을 수 있다.

[0074] 도 12는 본 개시에 따른 실시예의 편차 데이터, 표본 분산 데이터, 및 표준 편차 데이터를 도식하는 도면들이다.

[0075] 도 12를 참조하면, 3개의 편차 데이터(dev1, dev2, dev3) 각각은 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 도 10에 도식된 3개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2, ied3) 각각의 각 성분의 최종 보간값과 도 11에 도식된 평균 데이터(meand)의 각 성분의 평균값 사이의 차이 값을 가지는 데이터이다. 예를 들면, 편차 데이터(dev1)의 성분(x1, y1)은 최종 보간 데이터(ied1)와 평균 데이터(meand)의 성분(x1, y1)의 값들, 즉, 3과 1 사이의 차이 값인 2를 가지고, 편차 데이터(dev2)의 성분(x2, y3)은 최종 보간 데이터(ied2)와 평균 데이터(meand)의 성분(x2, y3)의 값들, 즉, 4와 5 사이의 차이 값인 1을 가지고, 편차 데이터(dev3)의 성분(x2, y2)은 최종 보간 데이터(ied3)와 평균 데이터(meand)의 성분(x2, y2)의 값들, 즉, 9와 3 사이의 차이 값이 6을 가질 수 있다. 이와 같은 방식으로 모든 위치들((x1, y1) ~ (x4, y4))에서 편차를 구하면, 도 12에 도식된 바와 같은 편차들을 가질 수 있다.

[0076] 도 12를 참조하면, 표본 분산 데이터(vard)는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 16개의 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에 16개의 표본 분산들을 포함할 수 있다. 표본 분산 데이터(vard)는 표본 분산이 소수점 이하의 값을 포함하는 경우 반올림한 값을 가질 수 있다. 예를 들면, 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x1, y1)의 표본 분산은 3개의 편차 데이터(dev1, dev2, dev3)의 성분(x1, y1)의 값들, 즉, 2, 1, 1을 제곱한 값들인 4, 1, 1을 합한 값인 6을 2로 나눈 값인 3이고, 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x1, y2)의 표본 분산은 3개의 편차 데이터(dev1, dev2, dev3)의 성분(x1, y2)의 값들, 즉, 2, 3, 1을 제곱한 값들인 4, 9, 1을 합한 값인 14을 2로 나눈 값인 7일 수 있다. 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x2, y2)의 표본 분산은 3개의 편차 데이터(dev1, dev2, dev3)의 성분(x2, y2)의 값들, 즉, 3, 3, 6을 제곱한 값들인 9, 9, 36을 합한 값인 54을 2로 나눈 값인 27일 수 있다. 이와 같은 방식으로 모든 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에서 표본 분산을 구하면, 도 12에 도식된 바와 같은 표본 분산들을 가질 수 있으며, 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x2, y2)에서 최대 표본 분산이 획득되고, 최대 표본 분산을 가지는 성분(x2, y2)에 대응하는 측정 대상(16)의 위치(x2, y2)의 부분 이미지의 화소가 다음 측정 변수(pd)로 선택될 수 있다.

- [0077] 도 12를 참조하면, 표준 편차 데이터(stddev)는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 16개의 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에 16개의 표준 편차들을 포함할 수 있다. 표준 편차 데이터(stddev)의 표준 편차가 소수점 이하의 값을 포함하는 경우 반올림한 값을 가질 수 있다. 예를 들면, 표준 편차 데이터(stddev)의 성분(x1, y1)의 표준 편차는 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x1, y1)의 값인 3의 제곱근인 $\sqrt{3} = 1.73$ 을 반올림한 값인 2가 되고, 표준 편차 데이터(stddev)의 성분(x1, y2)의 표준 편차는 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x1, y2)의 값인 7의 제곱근인 $\sqrt{7} = 2.64$ 을 반올림한 값인 3이 되고, 표준 편차 데이터(stddev)의 성분(x2, y2)의 표준 편차는 표본 분산 데이터(vard)의 성분(x2, y2)의 값인 7의 제곱근인 $\sqrt{27} = 5.19$ 을 반올림한 값인 5가 될 수 있다. 이와 같은 방식으로 모든 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에서 표준 편차를 구하면, 도 12에 도시된 바와 같은 표준 편차들을 가질 수 있으며, 표준 편차 데이터(stddev)의 성분(x2, y2)에서 최대 표준 편차가 획득되고, 최대 표준 편차를 가지는 성분(x2, y2)에 대응하는 위치의 부분 이미지의 화소가 다음 측정 변수(pd)로 선택될 수 있다. 이와 같은 방식으로 모든 성분들((x1, y1) ~ (x4, y4))에서 표본 분산값을 구하면, 도 12에 도시된 바와 같은 불확실성 데이터를 가질 수 있으며, 가장 큰 불확실성을 가지는 성분(x2, y2)에 대응하는 측정 대상(16)의 위치(x2, y2)의 부분 이미지의 화소가 다음 측정 변수(pd)로 선택될 수 있다.
- [0078] 도 1 내지 도 8 및 도 13 내지 도 18을 참조하여 다중 보간 데이터 생성부(29)의 동작을 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0079] 도 13는 본 개시에 따른 실시예의 결손 데이터를 도시하는 도면으로, 결손 데이터(ded)는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 도 7의 5개의 측정 위치들((x1, y2), (x1, y3), (x2, y2), (x2, y3), (x3, y3))로부터 획득된 부분 이미지에 해당하는 화소값들이 5, 5, 0, 4, 4이면, 결손 데이터(ded)의 5개의 성분들((x1, y2), (x1, y3), (x2, y2), (x2, y3), (x3, y3))은 화소값들인 5, 5, 0, 4, 4를 가지고, 나머지 성분들은 결손값(?)을 가질 수 있다.
- [0080] 도 14는 본 개시에 따른 실시예의 후보 데이터 및 최종 후보 데이터를 도시하는 도면으로, 3개의 후보 데이터(ced1, ced2, ced3) 및 2개의 최종 후보 데이터(fced1, fced2)를 도시하는 것으로, 3개의 후보 데이터(ced1, ced2, ced3) 및 2개의 최종 후보 데이터(fced1, fced2) 각각은 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 각 성분들의 값들은 도 14에 도시된 바와 같을 수 있다.
- [0081] 도 13 및 도 14를 참조하면, 결손 데이터(ded)의 측정값들의 합, $5+5+0+4+4=18$ 과 3개의 후보 데이터(ced1, ced2, ced3) 각각의 결손 데이터(ded)의 측정 성분들((x1, y2), (x1, y3), (x2, y2), (x2, y3), (x3, y3))의 후보값들의 합들인 0, 10, 27 각각의 차이 값들, 즉, $18-18=0$, $18-10=8$, $27-18=9$ 을 유사도로 획득할 수 있다. 만일 임계값이 8이라면, 차이 값들이 0과 8인 2개의 후보 데이터(ced1, ced2)는 최종 후보 데이터(fced1, fced2)로 선택되고, 차이 값이 9인 후보 데이터(ced3)는 최종 후보 데이터로 선택되지 않고 탈락될 수 있다.
- [0082] 도 15는 본 개시에 따른 실시예의 결손 여부 데이터를 도시하는 도면으로, 도 13에 도시된 결손 데이터(ded)의 결손 여부 데이터(wded)를 도시하는 것이다.
- [0083] 도 13 및 도 15를 참조하면, 결손 여부 데이터(wded)는 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 도 13에 도시된 결손 데이터(ded)의 측정값들을 “1”로 결손값들을 “0”으로 대체한 데이터이다.
- [0084] 도 16은 본 개시에 따른 실시예의 대체 데이터를 도시하는 도면으로, 도 14에 도시된 2개의 최종 후보 데이터(fced1, fced2)에 대한 2개의 대체 데이터(sed1, sed2, sed3)를 도시하는 것이다.
- [0085] 도 13, 도 15, 및 도 16을 참조하면, 2개의 대체 데이터(sed1, sed2) 각각은 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있으며, 각 성분들의 대체값은 도시된 바와 같을 수 있다. 2개의 대체 데이터(sed1, sed2) 각각은 2개의 최종 후보 데이터(fced1, fced2) 각각의 결손 데이터(ded)의 측정 성분들((x1, y2), (x1, y3), (x2, y2), (x2, y3), (x3, y3))과 동일한 성분들의 최종 후보값들을 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들, 5, 5, 0, 4, 4로 대체하여 구해지는 데이터이다.
- [0086] 도 17은 본 개시에 따른 실시예의 중간 보간 데이터를 도시하는 도면으로, 도 16에 도시된 2개의 대체 데이터(sed1, sed2)를 보간하여 획득되는 2개의 중간 보간 데이터(mied1, mied2)를 도시하는 것으로, 2개의 중간 보간 데이터(mied1, mied2) 각각은 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있다.
- [0087] 도 17을 참조하면, 중간 보간 데이터(mied1)는 대체 데이터(sed1)의 성분들((x3, y2), (x3, y4), (x4, y3))의 대체값들인 1, 0, 1을 2, 1, 2로 보간하여 획득되는 데이터이고, 중간 보간 데이터(mied2)는 대체 데이터(sed

2)의 성분들((x1, y1), (x2, y3), (x2, y4), (x3, y2), (x4, y1), (x4, y3))의 대체값들인 0, 4, 0, 1, 0, 1을 2, 3, 1, 2, 1, 2로 보간하여 획득되는 데이터일 수 있다.

[0088] 도 18은 본 개시에 따른 실시예의 최종 보간 데이터를 도시하는 도면으로, 도 13에 도시된 결손 데이터(ded) 및 도 17에 도시된 2개의 중간 보간 데이터(mied1, mied2)로부터 획득되는 2개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2)를 도시하는 것으로, 2개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2) 각각은 4×4 매트릭스 데이터로 표현될 수 있다.

[0089] 도 18을 참조하면, 2개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2) 각각은 2개의 중간 보간 데이터(mied1, mied2) 각각의 결손 데이터(ded)의 측정 성분들((x1, y2), (x1, y3), (x2, y2), (x2, y3), (x3, y3)))과 동일한 성분들의 중간 보간값들을 결손 데이터의 측정 성분들의 측정값들, 5, 5, 0, 4, 4로 대체하여 획득되는 데이터이다. 도 18에 도시된 예에서는, 중간 보간 데이터(mied2)의 위치(x2, y3)의 중간 보간값인 3만 4로 대체되면 된다.

[0090] 다른 예로서, 2개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2) 각각은 도 13에 도시된 결손 데이터(ded), 도 15에 도시된 결손 여부 데이터(wded), 및 도 17에 도시된 2개의 중간 보간 데이터(mied1, mied2)로부터 획득될 수도 있다. 예를 들면, 2개의 최종 보간 데이터(ied1, ied2) 각각은 2개의 중간 보간 데이터(mied1, mied2) 각각의 결손 여부 데이터(wded)의 “1”을 가지는 성분들((x1, y2), (x1, y3), (x2, y2), (x2, y3), (x3, y3)))의 중간 보간값들을 결손 데이터(ded)의 측정 성분들의 측정값들인 5, 5, 0, 4, 4로 대체하여 획득되는 데이터이다.

[0091] 도 16 내지 도 18을 추가적으로 참조하여, 확신도 생성부(29-6)의 동작을 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0092] 도 16에 도시된 대체 데이터(sed1)의 대체값들의 합인 34와 도 17에 도시된 중간 보간 데이터(mied1)의 중간 보간값들의 합인 37 사이의 제1 차이 값은 3이고, 도 16에 도시된 대체 데이터(sed2)의 대체값들의 합인 28과 도 17에 도시된 중간 보간 데이터(mied2)의 중간 보간값들의 합인 33 사이의 제1 차이 값은 5이다. 이로부터, 최종 후보 데이터(fcd1)가 최종 후보 데이터(fcd2) 보다 더 정확한 후보 데이터임을 추론할 수 있다.

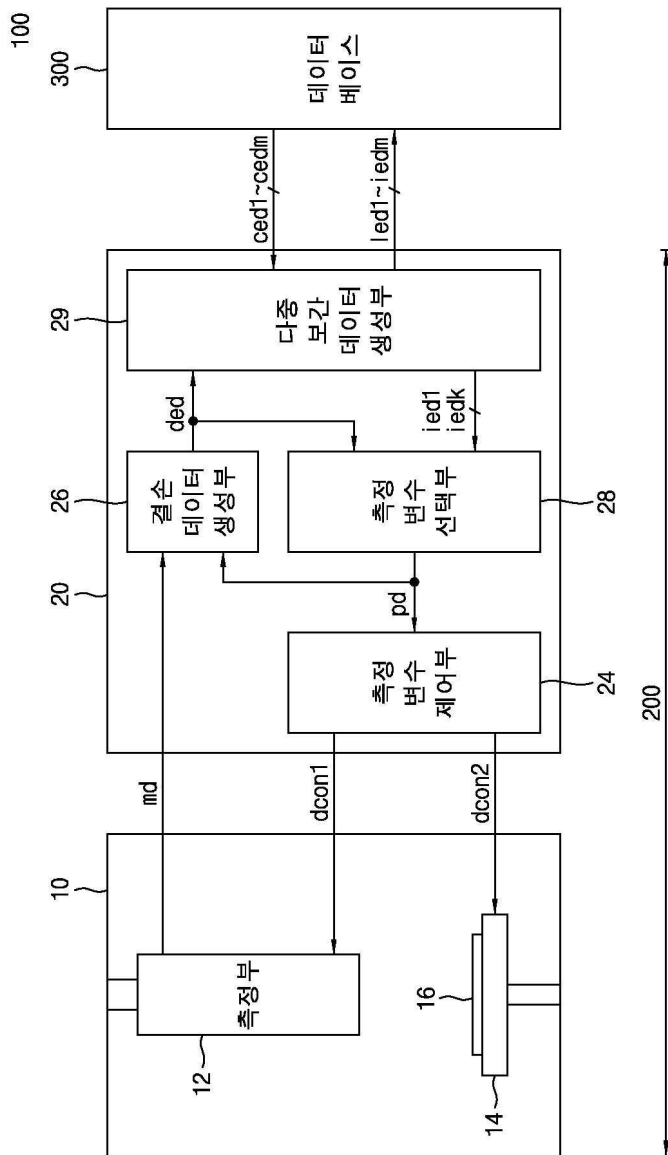
[0093] 도 17에 도시된 중간 보간 데이터(mied1)의 중간 보간값들의 합인 37과 도 18에 도시된 최종 보간 데이터(ied1)의 최종 보간값들의 합인 37 사이의 제2 차이 값은 0이고, 도 17에 도시된 중간 보간 데이터(mied2)의 중간 보간값들의 합인 33과 도 18에 도시된 최종 보간 데이터(ied2)의 최종 보간값들의 합인 34 사이의 제2 차이 값은 1이다. 이로부터, 최종 보간 데이터(ied1)가 최종 보간 데이터(ied2) 보다 더 정확한 보간 데이터임을 추론할 수 있다. 즉, 제2 차이 값으로부터 최종 보간 데이터(ied1)가 최종 보간 데이터(ied2) 보다 도 8의 완전 데이터에 더 가까운 데이터임을 알 수 있다.

[0094] 상술한 실시예들에서, 데이터가 1차원 벡터 데이터 또는 2차원 매트릭스 데이터인 것으로 설명하였으나, 3차원 이상의 데이터일 수도 있다.

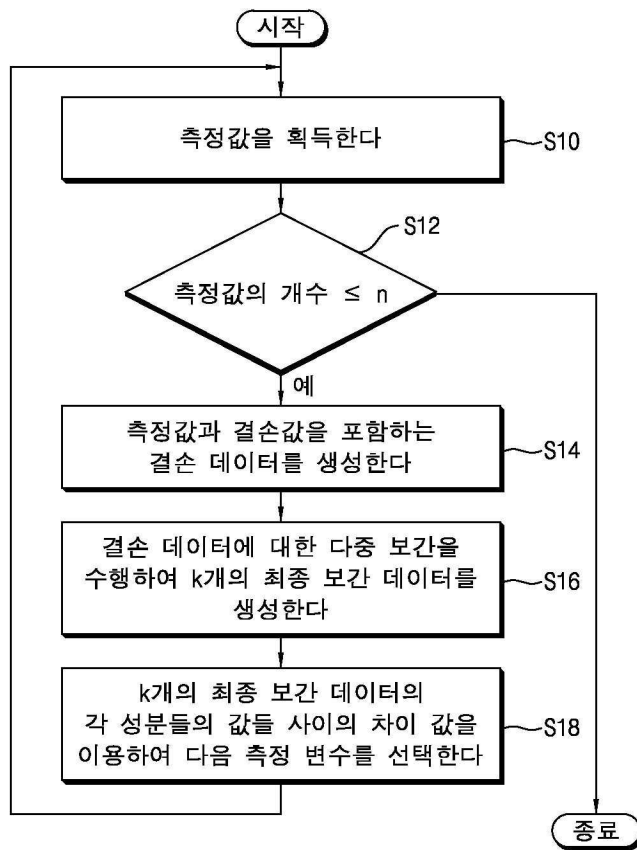
[0095] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 기술적 사상에 따른 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해하여야 한다.

도면

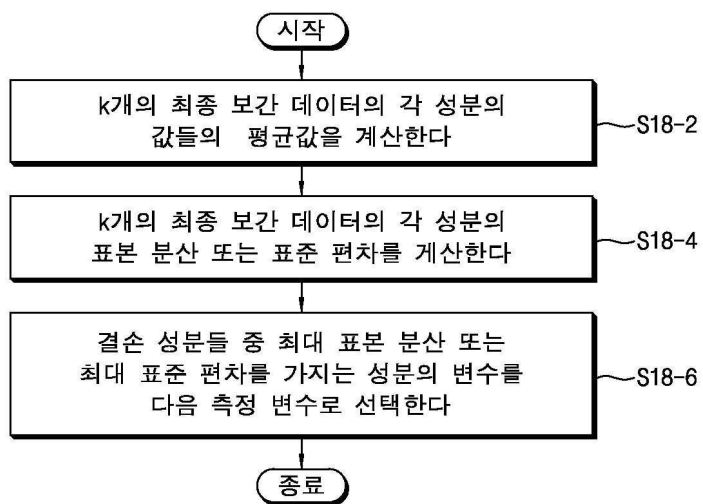
도면1



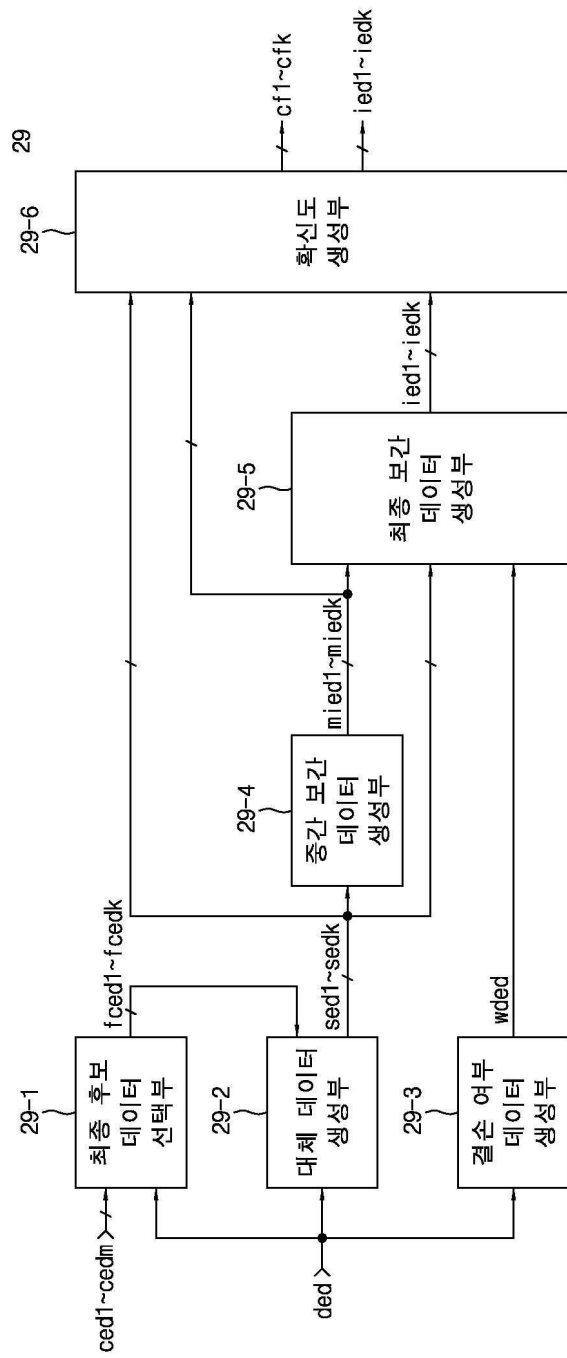
도면2



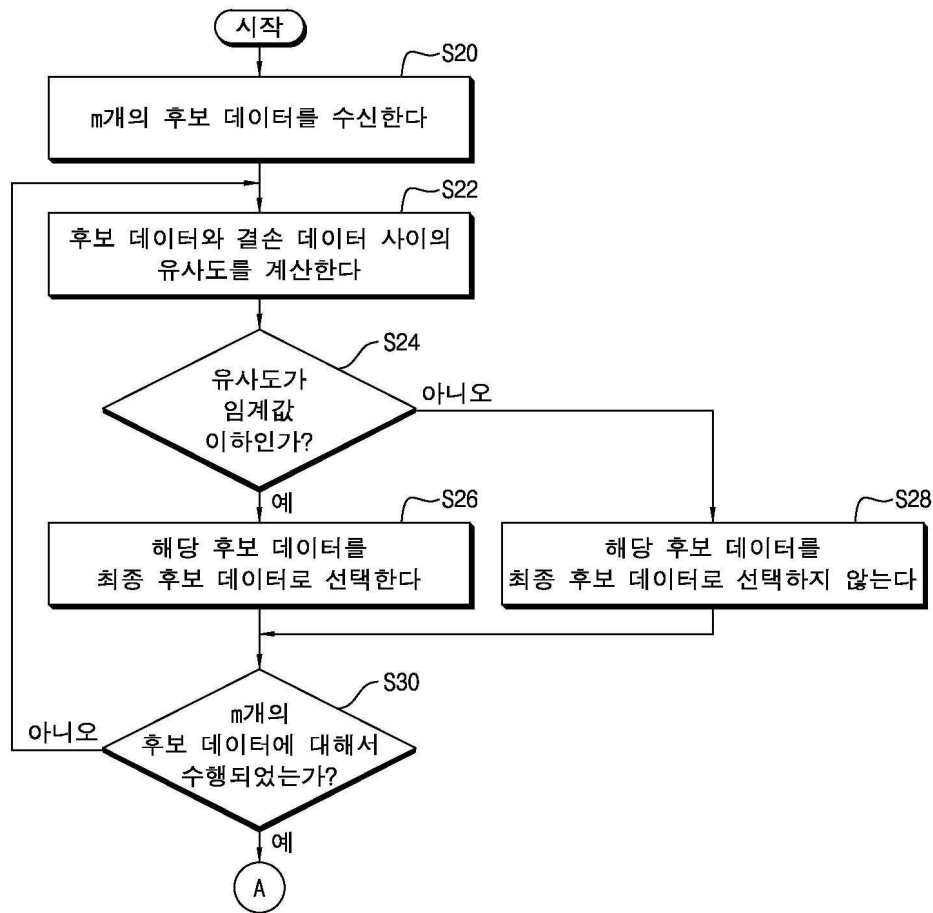
도면3



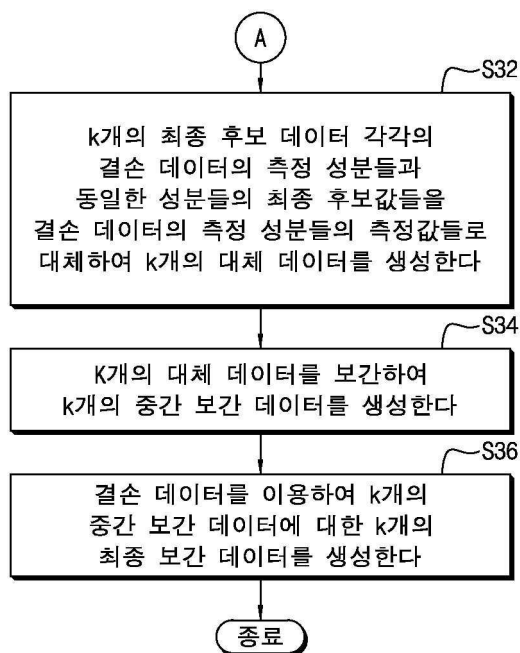
도면4



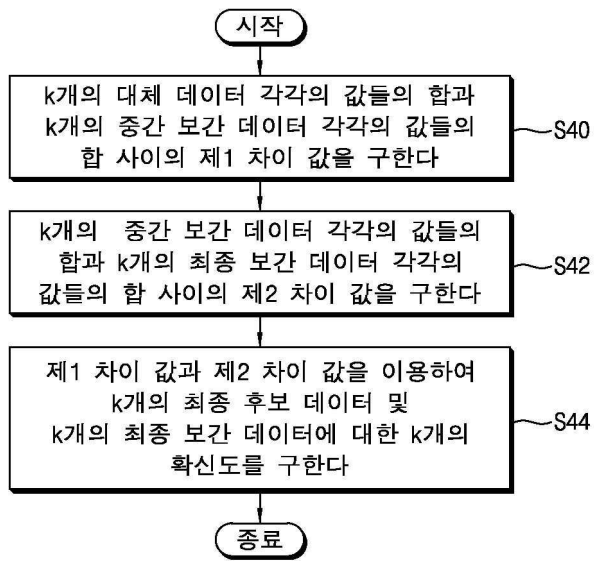
도면5a



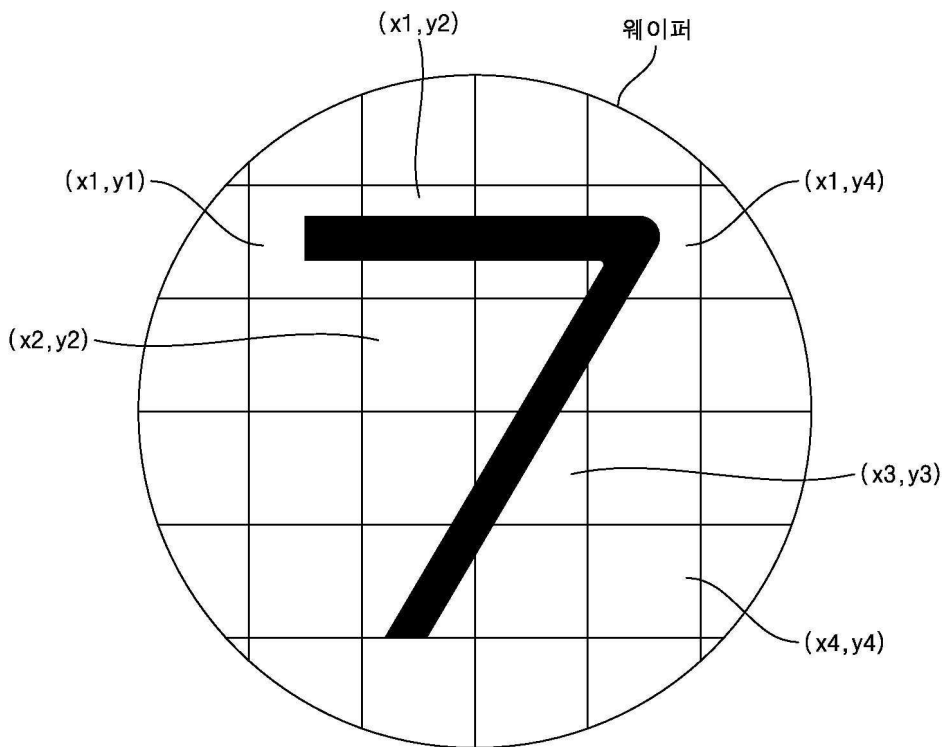
도면5b



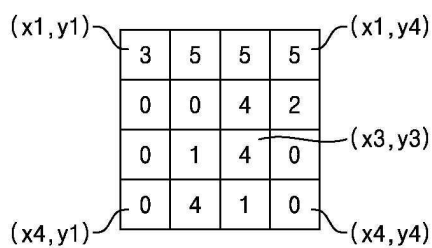
도면6



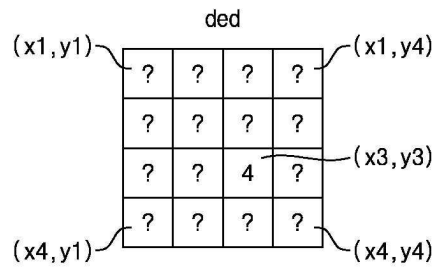
도면7



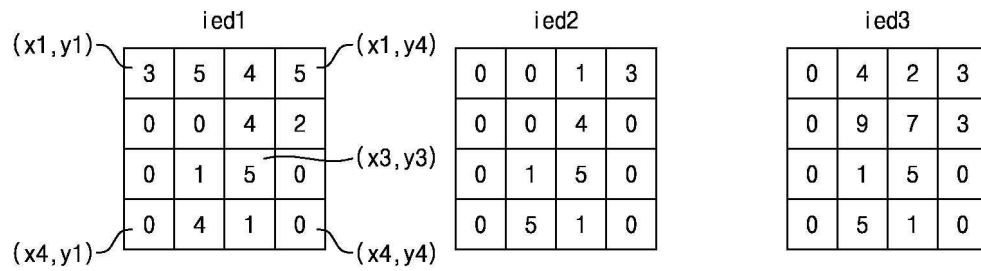
도면8



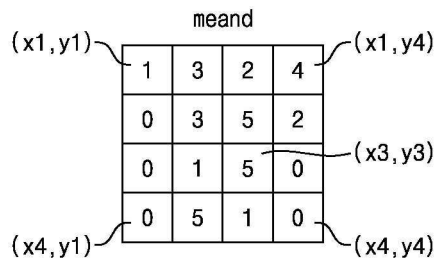
도면9



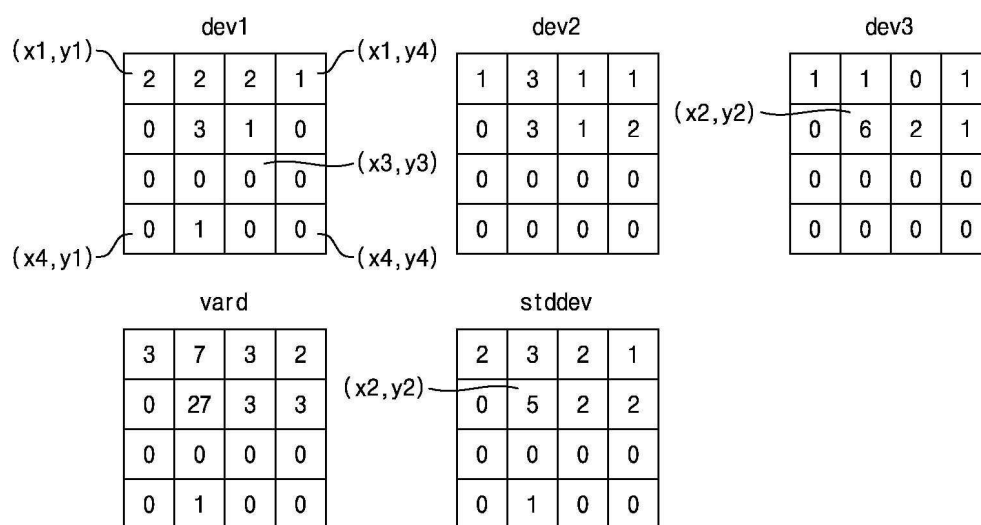
도면10



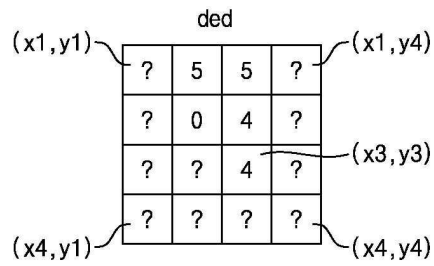
도면11



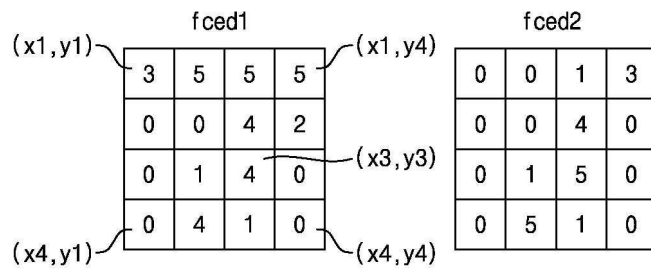
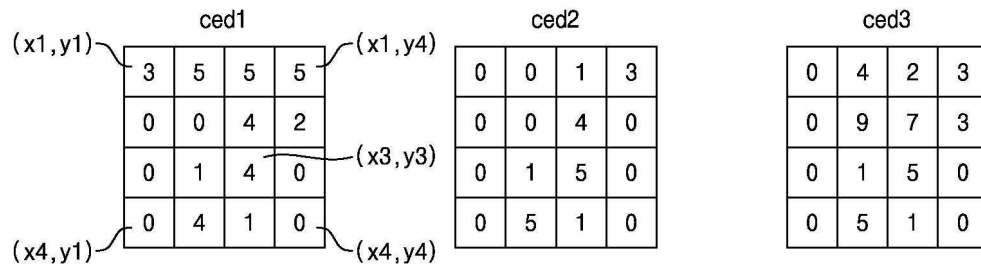
도면12



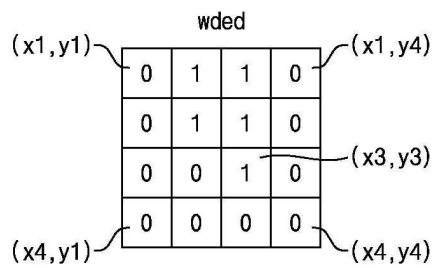
도면13



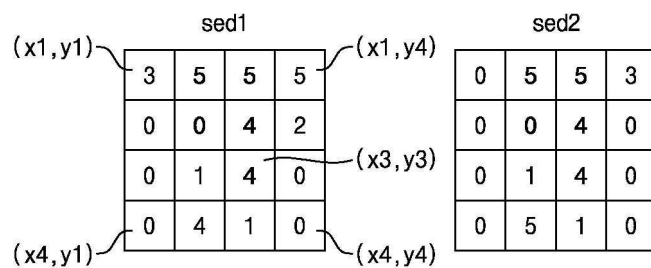
도면14



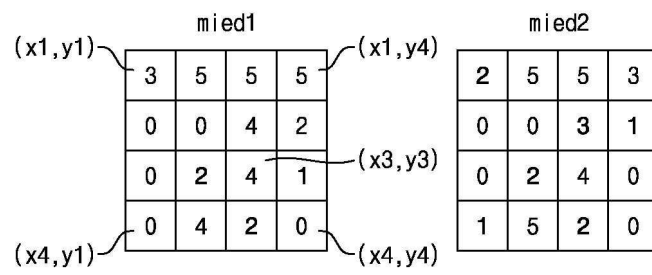
도면15



도면16



도면17



도면18

