

MEMS 설계용 2차원 데이터의 중복요소 제거를 통한 3차원 CAD 모델로의 변환

김용식*, 김준환**

Data Translation from 2D MEMS Design Data by the Removal of Superposed Entity to the 3D CAD Model

Yongsik Kim* and Junhwan Kim**

ABSTRACT

Although there are many needs to use 3D models in MEMS field, it is not easy to generate 3D models based on MEMS CAD. This is because MEMS CAD is based on 2D and their popular format-GDSII file format- has its own limits and problems. The differences between GDSII file format and 3D CAD system, such as (1) superposed modeling, (2) duplicated entity, (3) restricted of entity type, give rise to several problems in data exchange. These limits and problems in GDSII file format have prevented 3D CAD system from generating 3D models from the MEMS CAD. To remove these limits and solve problems, it is important to extract the silhouette of data in the MEMS CAD. The proposed method has two main processes to extract silhouette; one is to extract the pseudo-silhouette from the original 2D MEMS data and the other is to remove useless objects to complete the silhouette. The paper reports on the experience gained in data exchange between 2D MEMS data and 3D models by the proposed method and a case study is presented, which employs the proposed method using MEMS CAD IntelliMask and Solidworks.

Key words : MEMS, CAD, Silhouette, Solidworks, Data Exchange, Sketch

1. 서 론

최근 들어 MEMS 구조물을 이용하여 미세 제어에 응용하거나, 활용 범위를 넓혀 다양하게 적용하는 연구가 많이 진행되고 있다. 실제 현재의 MEMS 공정은 반도체 제작 공정과 기계공학, 물리학, 광학 등의 기존 분야와 결합되어 계속 발전하고 있다.

이러한 MEMS와의 결합은 다양한 효과를 가져오나, 기존 분야와 다른 제작 방법으로 인하여 설계 시 고려 사항들이 기존의 방법과는 차이가 있다. MEMS 제작 공정이 대체로 반도체 제작 공정에 기반하기 때문에 공정의 한계와 제작 방법의 상이함에 따라 추가적인 고려를 필요로 한다.

이러한 고려 사항을 야기하는 중요 원인 중 하나는, 주 설계 자료들이 2차원 평면 도면들의 집합이라는 것이다. 반도체 제작 공정으로부터 파생된 MEMS 제작 공정을 지원하는 대부분의 MEMS용 CAD 시스템은 일부 예외가 있으나, 2차원 모델의 생성 및 처리 위주이다. 따라서, 상당수 MEMS용 CAD 시스템은 3차원 모델을 생성할 수 있는 일반적인 CAD 시스템에 비해 좀더 다른 2차원 CAD의 성격을 띄며, 이러한 특징은 3D 생성시 제약으로 따른다.

MEMS에서의 3D 모델은 해석 작업을 위해서 특히 중요하다. Fig. 1은 일반적인 MEMS 제작 공정에 대한 작업순서이다¹⁾. 초기 시작은 도출된 아이디어에 대해서 어떤 MEMS 제작 방식을 적용할지를 결정함으로써 시작된다. 결정된 프로세스에 따라 모델을 생성하며, 제작 단계에 따라 모델을 각각의 Layer로 나누어 제작한다. 이 과정에서 생성된 Geometry를 통해 해석 프로그램으로 결과를 예측해 보면서 최종 디자

*WRG 기술 기획실

**교신저자, 정희원, WRG 기술 기획실

- 논문투고일: 2005. 11. 17

- 심사완료일: 2006. 11. 03

인을 결정한다. 이러한 사전 준비 작업 후, 제작에 들어가며 제작된 결과물에 대한 실험에 따라 디자인 변경이 발생할 수도 있다.

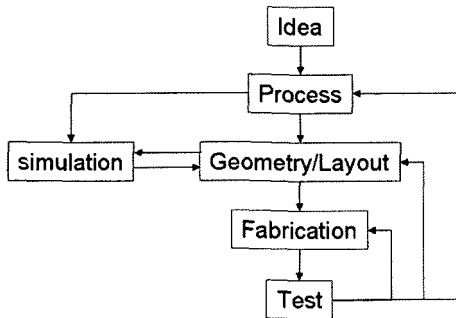


Fig. 1. MEMS 제작 공정 프로세스¹⁾.

이러한 일련의 과정에서, MEMS 제작 공정에서 대상체에 대한 해석 시뮬레이션은 필수적인 요소가 되고 있다. 이것은 응력 분포 및 온도 측정 등의 작업이 상대적으로 작은 크기로 인하여 직접 측정하기 어려운 것도 한 이유이다. Fig. 2는 MEMS CAD중 하나인 IntelliMask CAD에서 설계되고 있는 electro-thermal actuator와 해석 틀인 ANSYS에서 이를 불러 들여 해석을 진행한 후의 결과 모습이다.

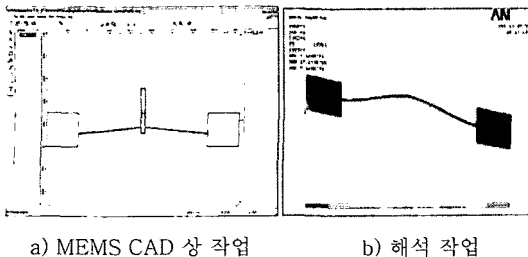


Fig. 2. MEMS 해석 작업.

현재 사용되고 있는 일반적인 해석 프로그램들은 2D 또는 3D 데이터를 이용해서 해석을 수행할 수 있으나, 2D 사용에는 제약이 많다. 따라서 보다 정확한 결과를 얻기 위해서 해석 도구에서 3D 데이터의 사용은 필수적이다.

현재까지 MEMS 구조물에 대한 해석을 위한 3D 데이터의 생성은 범용성이 높은 파일로의 저장 후, 타 3D CAD 시스템에서 불러들인 후, 수정 작업을 거친 후 사용해왔다. 이러한 데이터 수정 작업은 MEMS CAD의 설계 개념이 일반적인 3D CAD와 다르기 때

문에, 많은 시간과 수작업을 요구한다. 경우에 따라서는, MEMS CAD 데이터는 참고만 할 뿐, 연관없이 직접 3D 데이터를 작성하는 경우가 상대적으로 효율적인 상황도 발생하고 있다.

본 연구에서는 이러한 수정 작업의 일부를 자동적으로 처리토록하여 작업 시간을 줄이고자 한다.

이를 위해 본 연구에서는 MEMS 상에서 제작된 데이터를 일반적인 3D CAD 시스템의 스케치 모드에서 불러들일 경우, 문제를 발생시키는 부분을 확인하였다. 이 후, 이러한 문제점을 해결할 수 있도록 3D를 생성하기 전에 3D CAD의 스케치 모드에서 처리할 수 있도록 전처리 프로세서를 제안 및 구현하였다.

이 전처리 프로세스 방법은 다음의 두 가지 단계로 이루어진다. 1단계는 3D CAD의 스케치 모드로 불러들여진 2D 데이터의 실루엣을 가능한 유사하게 추출하는 단계이다. 2단계는 이렇게 획득한 실루엣에 가까운 요소에서 아직도 남아있는 중복 요소를 제거하는 단계이다.

이 방법의 구현은 불러들여진 스케치 요소들에 대한 검색 및 삭제나 복사 등의 처리를 수행할 수 있을 경우 가능하다. 따라서, 본 연구에서 사용된 CAD 시스템이 아닌 다른 3D CAD 시스템에서도 충분한 기능이 API에서 제공될 경우, 본 연구에서 제안한 방법을 구현할 수 있다. 요구되는 기능은 불러들인 스케치 요소들에 대한 검색 기능 및 편집 기능이다. 검색 기능은 각각의 스케치 요소들의 구성 요소들을 확인하는 기능으로 이를 통해 비교 및 정렬을 할 수 있다. 예를 들어, 이 기능을 통해 스케치 내의 선들 내에서 중복된 선인지의 여부를 판단할 수 있다. 편집 기능은 스케치 요소 중 임의의 요소에 대한 삭제, 이동 등을 문제없이 수행하는 기능이다. 이 기능을 통해 검색된 대상에 대한 삭제 또는 이동을 시킬 수 있다.

2. 관련 연구

MEMS 공정에서는 GDSII 파일 포맷이 꾸준히 많이 사용되어 왔다. GDSII 파일 포맷은 일반 2D 파일 포맷에 비해, 원을 표현할 수 없고, geometry 내부의 inner loop를 인정하지 않는 등의 상대적인 제약이 많이 따른다. 그러나, 이 파일 포맷은 제작 장비에 바로 사용되어왔으므로, 이 파일 포맷을 준수하는 것은 제작상의 문제를 줄일 수 있는 가능성이 높았다.

일반적인 2D 파일 포맷으로는 DXF 포맷이 많이 사용되어 왔기 때문에, 초기에는 이 두 포맷 사이에

서 데이터 교환을 위한 연구가 많이 시도되었다. AutoCAD와 같은 범용 CAD를 이용하여 DXF 파일 포맷으로 설계도를 작성한 후, GDSII 변환기로 GDSII 파일 포맷으로 변환하려는 시도가 꾸준히 있었다¹⁾. 그러나, 이 경우 GDSII 파일 변환기는 DXF 파일 포맷에서 GDSII 파일포맷으로 변경만 할 뿐, 설계 자료가 해당 포맷에 타당한지는 확인하지 않는다. 이는 설계자가 스스로 GDSII 포맷 규칙에 따라 설계를 해야 하는 부담을 주기 때문에, 완벽한 변환이라고 보기 어렵다.

현재도 DXF 포맷과 GDSII 포맷 사이의 변환 시도는 계속되고 있다. 또한, 다른 소프트웨어로 LASI에 포함되어 있는 dxf2gds 또는 gds2dxf 변환기는 파일 포맷에 따른 변환의 문제는 없으나, 변환 후의 결과가 변환 전과 차이가 많이 나므로 이종의 수정 작업이 따르고 있다²⁾.

3D를 생성하기 위한 다른 방법으로 MEMS CAD 중 일부는 자체 3D 생성 기능을 가진 것을 이용하는 것이다. 한 예로, Intellisuite software의 경우, Intellimask에서 생성한 2D 자료를, 3D Builder라는 패키지 내의 다른 프로그램을 이용해서 부분적으로 3D 모델을 생성할 수 있다. 그러나 이 기능은 GDSII와 같은 상대적으로 널리 사용되는 포맷이 아닌 Intellisuite software 고유 포맷에서만 가능하기 때문에, 외부와의 데이터 교환에는 한계가 있다. 또한 자체 해석 도구의 기능도 타 해석 도구에 부분적으로 미치지 못하기 때문에, 데이터 활용도 측면에서도 데이터 변환 요구가 꾸준히 늘고 있다³⁾.

좀 더 범위를 넓힐 경우, 2D CAD 데이터를 인식해서 3D를 생성하려는 광범위한 시도들도 꾸준히 진행되고 있다. 그러나, 대상이 되는 2D 자료의 특성이 본 연구와 일치되는 경우가 거의 없었다. 대체로 3D 되어 있지 않거나 디지털 정보로 저장되어 있지 않은 대상에 주로 초점을 맞추고 있어서, 본 연구에서 제시한 문제들을 해결하기 위해서 바로 적용하기에는 부적절한 요소가 많다⁴⁾.

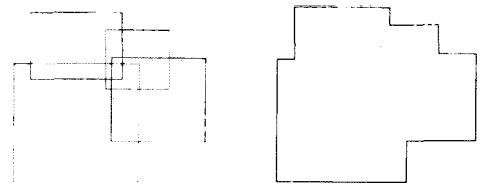
3. 데이터 교환 시의 주요 문제점

MEMS 공정의 시각을 통한 제작은 일반적인 제작 공정과는 많은 차이가 있다. 이러한 차이점을 정리하면 다음과 같다.

3.1 겹친 설계

MEMS 공정에서 설계시 중요 요소는 시각에 사용

되는 빛의 투과 여부이다. 따라서, MEMS 공정에서 대표적으로 사용되고 있는 GDSII 포맷은 투과가 안 되는 부분인 면에 중점을 두고 있다. 한 예로, Fig. 3의 a)와 b)를 이용하여 실제 제작할 경우 설계자는 동일한 형상을 제작할 수 있다. 여기서 대두되는 문제는 실제 설계시에는 구조적인 설계의 영향, 반복된 수정 등으로 결과물이 Fig. 3의 b) 보다는 a)의 형태를 취하기 쉬워진다. 이러한 현상은 3D 생성시 꾸준히 수정 작업의 문제를 야기한다.

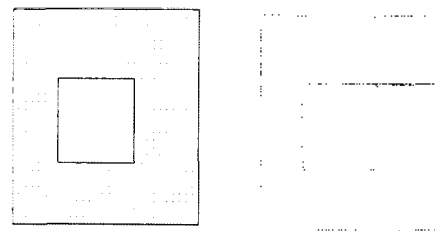


a) 중첩 모델링 b) 하나로 통합된 설계

Fig. 3. GDSII 포맷 상에서 동일한 설계.

3.2 중복 요소

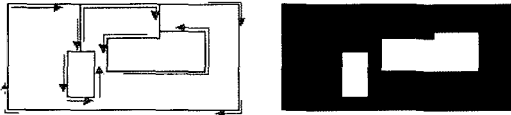
GDSII 포맷은 일반적인 2D 포맷의 표준이라고 할 수 있는 DXF 포맷과 비교해서, 상대적으로 제한 조건이 많다. 가장 큰 특징으로는 GDSII 파일 포맷은 inner loop를 인정하지 않는다. 따라서, Fig. 4와 같이 도넛 형태의 디자인이 있을 경우, GDS II 파일 포맷은 자동으로 C자 형태로 대상을 수정 후 저장한다.



a) 도넛 형태의 모델 (저장 전) b) GDSII 포맷에서 인식된 형태 (저장 후)

Fig. 4. 파일 포맷의 제약에 따른 차이.

동일하게, Fig. 5의 b)와 같은 DXF 파일 포맷의 자료를 불러들일 경우 GDSII 파일 시스템은 a)와 같이 자동으로 편환하여 인식하게 된다. 이러한 현상은 이 데이터를 이용해서 3D 형상을 얻고자 할 경우, inner loop를 제거하기 위해서 생성된 선으로 인해 스케치 오류를 발생시킨다⁵⁾.



a) GDSII 포맷상 저장된 결과 b) DXF 포맷상 저장된 결과

Fig. 5. GDSII 포맷과 DXF 포맷의 차이.

추가로, GDSII 파일 포맷은 한 파일이나 대상체가 가질 수 있는 node 수가 200개로 제한되어 있기 때문에, 복잡한 형상의 대상체는 자동적으로 node 수가 200개 이하가 되도록 2개 이상의 객체로 분할된다. Inner loop와 node 수의 제한으로 생성되는 중복 요소는 3D CAD의 스케치 작업시 수정 작업을 요구한다.

3.3 제한된 형상

GDSII 파일 포맷에서 사용되는 형상은 3D CAD의 스케치 모드에서 지원하는 형상에 비해서 제한되어 있다. 한 예로, GDSII 포맷에서는 곡선 표현이 제한적이어서, 대부분의 곡선이 짧은 직선들의 조합으로 자동 변환된다. 이는 변환 작업에서는 문제가 없으나, 불필요한 구속조건이나 형상 정교가 많아짐으로 인해서 상당한 속도 저하가 있을 수 있다. 한 가지 사례로, 필렛이 적용되어진 25 kb 용량의 GDSII 파일을 이용해서 3차원 IGES 파일을 만들 경우, 35 MB 가량의 데이터가 생성되었다. 이렇게 데이터가 커진 주된 원인은 3D로 생성되어진 필렛이 최소한 40개 이상의 짧은 직선의 조합으로 자동 변환되었기 때문이다.

상기 언급된 차이점으로 인하여, MEMS CAD와 일반 3D CAD 간 데이터 교환은 많은 후처리 작업을 요구한다. 특히, GDSII 파일 포맷이 제한적이고 추가적인 규칙을 가지고 있으므로, 상대적으로 엄격한 일반 3D CAD의 스케치 모드에서 사용되기 위해서는 추가의 수정 작업이 반드시 필요하다. 그러나, 반대의 경우에는 크게 문제가 되지 않는다.

따라서, 본 연구에서는 불러들여진 GDSII 파일 포맷의 데이터가 일반적인 3D CAD 시스템의 스케치 모드에서 문제없이 사용되도록 초점을 맞추었다.

4. 문제점 해결 방안

4.1 겹친 설계

실루엣은 대상체의 최외각 라인을 하나로 이은 곡선이다. 광학을 이용하는 MEMS 제작 공정은 빛의 투과 여부로 제작될 디자인의 식각 여부가 결정된다. 따라서, MEMS 공정에서는 실루엣이 중요하다. 그러므로

MEMS CAD 데이터에서 실루엣 추출은 가장 근본적인 해결책으로써, 겹친 설계 문제를 개선할 수 있다.

4.1.1 실루엣 추출 관련 연구

기존의 2D 데이터에서의 실루엣 추출 방법 중 대부분은 sobel 에서 추출 알고리즘과 같은 영상처리 기법을 사용하여 영상 내 실루엣과 같은 특징선을 추출하여왔다. CAD 데이터는 데이터의 형상이 영상에 비해 간단해서 에지 디텍션이 용이하나, 대부분의 에지 디텍션 알고리즘이 raster image의 vector화를 목적으로 하고 있어, CAD에 사용되는 vector image를 처리하기에는 부적절하였다.

다른 방법으로는 2차원 DXF 도면 파일에서 3차원 생성을 시도한 연구들에서도 실루엣 추출 알고리즘을 제안한 경우도 있다. 이러한 연구 중 정면도와 측면도 등에서 실루엣을 추출하여 3D를 생성하는 연구가 있다^[1]. 그러나, 외곽선 추출에는 효과적이거나 내부에 존재하는 홀 등의 다양한 형상을 인식하기 위해서 추가적인 작업이 요구되는 등의 제한점이 존재한다^[1]. 또한 정면도에서 부족한 정보는 측면도 등에서 가져오기 때문에 하나의 도면에서 실루엣을 추출하고자 하는 본 연구에 적용하기는 부적합하다.

그리고 일반적인 2차원 DXF 도면의 실루엣 추출 방법론을 제안하여 3차원 데이터 생성을 제안한 연구도 있으나, 추출 대상 DXF가 일반 도면 수준의 모델링 조건을 준수해야하기 때문에, 중첩 모델링 등이 가능한 MEMS CAD에서는 inner loop의 발생 등 형상 오차의 발생 가능성이 있다^[1].

4.1.2 유사 실루엣 추출 알고리즘 제안

GDSII 파일에서 실루엣을 추출하는 알고리즘을 직접 구현하는 것은 raster화를 거치면서 정보의 손실이 발생하기 때문에 간접적인 방법이 요구된다. 기존에

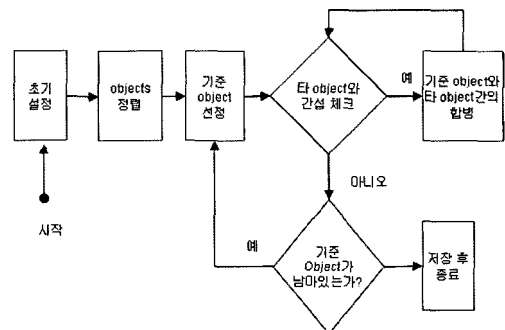


Fig. 6. 유사 실루엣 추출 순서도.

개발된 GDSII 파일 편집기 내에서 여러 모델들에 대한 병합 기능을 이용하여 유사 실루엣을 추출할 수 있었다. 이 알고리즘은 Fig. 6의 순서도로 나타내었다.

GDSII 파일 포맷으로 이루어진 데이터는 각 object가 loop를 이루는 선들의 집합으로 이루어지므로, 이를 이용 내부와 외부의 구별할 수 있다. 위 Fig. 6에서는 이런 점을 이용하여, 간섭이 이루어지는 타 object를 검색 후, 이들 사이를 병합하여 하나의 object로 변환할 수 있다. 이러한 과정을 거치면 간섭이 일어난 object들을 모두 하나로 병합되고 상호 간섭하지 않는 독립된 object들만 남게 된다. 이렇게 처리된 결과를 통해 유사 실루엣을 얻을 수 있다.

하지만, 유사 실루엣은 GDSII 파일포맷에 기반해서 처리가 되었으므로, inner loop를 인정치 않는 특성들로 인하여 외부는 완벽하나 내부가 불완전한 실루엣이다. 완벽한 실루엣을 구성하기 위해서는 그대로 남아있는 중복 요소에 대한 처리가 필요하다.

4.2 중복 요소

4.2.1 중복 요소 제거

상기 4.1.1의 처리를 통해 얻은 유사 실루엣은 기하학적으로 inner loop를 인정치 않아 생성된 내부 중복 요소와, 200개의 node를 넘을 경우 자동 분할되는 제한 조건으로 인하여 불필요한 중복 요소가 여전히 남아있다. 이러한 중복 요소들에 대한 처리는 3D CAD 시스템으로 데이터가 전달되었을 때 3D CAD의 스케치로써 인식되어 추가 작업 없이도 3차원 모델로 변환될 수 있도록 하기 위해서 필요하다.

이의 제거는 순차적 검색 알고리즘¹¹⁾을 이용한 검색으로 중복 요소를 확인한 후, 이를 제거하는 방식으로 진행하였으며, Algorithm 1과 같은 절차를 따랐다.

```

<Algorithm >
- Import data from the converted pseudo silhouette.
- Extract list about line information from imported data.
- Select one line from the line list
  - For each item in the list.
    ----- Check to see if the two points of the selected item match the item in the list.
    ----- If it matches.
    ----- Delete the one found in the list.
    ----- If it does not match.
    ----- Continue searching until you reach the end of the list.
  
```

Algorithm 1. 중복 요소 제거 알고리즘.

4.2에 사용된 데이터는 4.1에서 추출된 유사 실루엣을 입력으로 이용하며, 중복 요소가 없는 순수 실루엣을 결과값으로 출력하게 된다.

3D CAD의 스케치 모드 상에서 불러들일 경우, 가장 많은 수정 작업을 요구하는 것은 3절에서 언급한 겹친 설계와 중복요소에 기인한다. 이러한 점에 대해서 실제 실루엣을 추출할 경우 해결할 수 있다. 그러나, 이 GDSII 파일 포맷이라는 제한된 조건으로 인하여 유사 실루엣의 추출과 불필요한 요소인 중복 요소를 제거하는 두 단계를 거치므로써 순수 실루엣을 추출할 수 있게 되었다.

다만, 유사 실루엣 추출 대상이 복잡할 경우, 유사 실루엣의 품질이 추출에 사용되는 소프트웨어에 따라 차이가 있을 수 있다. 한 예로, LASI에서 얻은 유사 실루엣은 이 CAD 시스템 자체가 루프의 내외부를 구분하는 다각형 primitive 형상을 제공하지 않기 때문에, IntelliMask 에서 추출된 유사 실루엣보다 중복 요소가 많고 하나로 표현될 수 있는 요소가 여러 부분으로 분할되어 있는 등의 품질 저하를 갖고 있다. 본 연구에서 제안하는 중복 요소 제거 방법은 루프의 내외부 즉, 영역을 가진체로 생성되는 엔티티들을 MEMS CAD에서 제공해 주는, Coventor, Intellisence, L-Edit등의 CAD 시스템들만을 대상으로 할 때 적용 가능하며, 위에서 기술한 품질 저하로 발생한 중복 요소까지는 다루지 않는다.

5. Case Study

5.1 구현 환경 및 시나리오

본 연구의 구현을 위해서 선정된 모델은 Fig. 7에서와 같이 MEMS용 Actuator중 가장 많이 사용되는 Electrothermal actuator 모델이다.

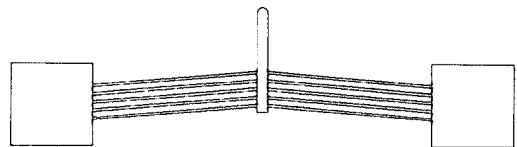


Fig. 7. 테스트에 사용될 GDSII 파일에서 불러온 Thermal actuator.

위의 Fig. 7을 부분 확대해 보면 Fig. 8와 같이 필렛 부위를 설계자가 따로 처리한 것임을 알 수 있다. 이러한 부분은 실제로도 한 번에 설계하기가 어려워서 이런 형태를 자주 취하며, 이런 부분을 직접 3D CAD의 스케치에 가져갈 경우 3D 생성시 문제를 받

생시킬 수 있다.

또한, 이 모델은 곡선과 직선의 조합, 그리고 내부에 다수의 hole이 위치하기 때문에 본 구현 대상으로 선정되었다.

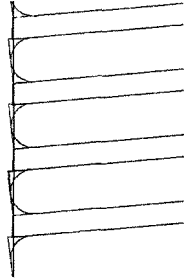


Fig. 8. 설계자가 설계한 fillet 부분.

유사 실루엣 추출 알고리즘의 구현은 API 접근이 가능한 MEMS CAD 내에서 구현되어야 한다. 이는 순수 GDSII 포맷의 파일을 읽을 수 있어야 하기 때문이다. 그러나, 본 연구에서는 제한된 알고리즘을 구현할만큼의 API를 갖춘 MEMS CAD 시스템이 적은 관계로, API로 자동적으로 작업이 이루어지게 구현하는 대신, MEMS CAD 시스템에서 주어지는 기능을 이용하여 알고리즘의 구현 원리와 동일하게 작업함으로써, 유사 실루엣을 얻어낼 수 있었다. 이를 위해 본 연구에서는 MEMS CAD 중에서 Intellisuite software사의 intellimask pro를 선정하여 이용하였다.

중복 요소의 처리를 위해서는 Solidworks 시스템에서 Solidworks API를 이용해서 Algorithm 1의 중복 요소 제거 알고리즘을 구현하였으며, Solidworks의 스케치 모드상에서 실행하였다.

5.2 단품 적용 결과

5.2.1 유사 실루엣 추출

Intellimask pro software의 모델간 병합 기능을 이용하여서 유사 실루엣을 추출하였다. 그 결과는 Fig. 9와 같이 유사 실루엣을 얻을 수 있었다. 또한, Fig. 8의 복잡했던 fillet 부위에 대해서 Fig. 10과 같이 하나로 통합된 형태를 얻을 수 있었다.

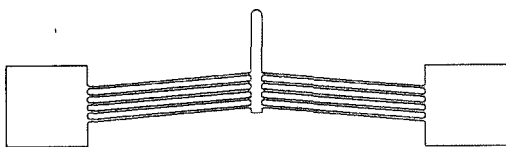


Fig. 9. 유사 실루엣 추출 후의 결과.

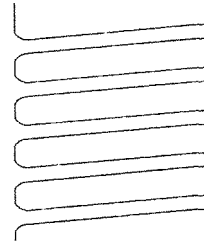


Fig. 10. 수정된 fillet 부분.

5.2.2 중복 요소 수정

위의 유사 실루엣을 추출한 모델은 GDSII 파일의 제한점으로 인하여 다음 Fig. 11와 같이 Electrothermal actuator의 중간 축 부위에서 inner loop의 불인정으로 인한 중복 요소가 발생한다. 이러한 중복 요소는 유사 실루엣을 추출할 때마다 랜덤하게 발생된다.



Fig. 11. 유사 실루엣 추출 후의 중복 요소.

이 중복 부분의 제거를 위하여 Solidworks에서 제공되는 API 작업 환경 중 하나인 Visual Basic에서 Algorithm 1에 따라 작성한 API 프로그램을 통해서 전 처리한 결과, Fig. 12와 같이 중복 라인을 제거할 수 있었다.

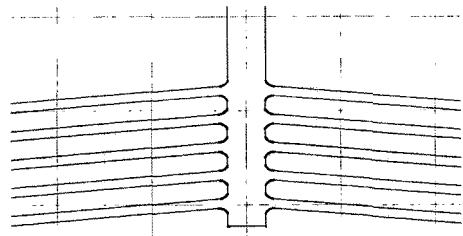


Fig. 12. Solidworks 상에서의 중복 요소 제거 후 결과.

이 결과를 이용해서 3D를 생성할 경우, 추가의 작업없이 Fig. 13과 같이 3D를 생성할 수 있었다. 본 연구에서는 하나의 독립된 Electrothermal actuator를 대상으로만 진행하였다.

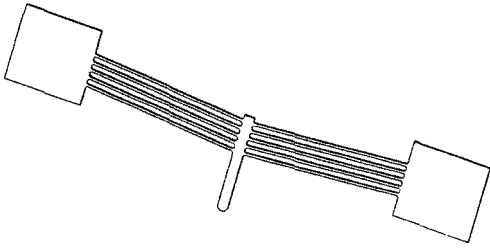


Fig. 13. 최종 완성된 3D 데이터.

제안된 방법을 곡면과 직선, 그리고 hole이 존재하는 복잡한 대상에 적용할 경우에도 추가의 수정 작업 없이 3D 데이터를 생성할 수 있었다. Fig. 14은 좀 더 복잡한 대상에 적용해서 3D를 생성한 모습이다. Fig. 14의 GDSII 파일은 수작업으로 3D를 생성하는 경우 작업자에 따라 일주일 정도의 시간이 소모되었다. 이는 import된 데이터가 복잡해서, 3D CAD 시스템에서 처리를 위한 시간이 많이 소모되기 때문이다. 그러나, 이를 MEMS CAD 시스템에서 후처리 후, 3D CAD 시스템의 API에서 3D 생성전에 전처리를 할 경우, 작업 시간을 상당 시간 줄일 수 있다.

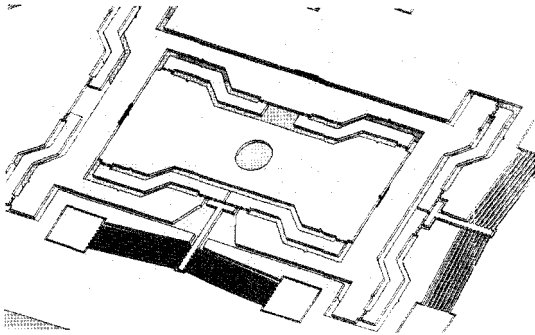


Fig. 14. 다른 모델에 적용 결과.

6. 결 론

MEMS CAD에서 주로 사용되는 대표적인 파일 포맷인 GDSII 포맷은 일반적인 설계에서 사용되는 데이터와 비교해서 보다 엄격한 제한을 가지고 있다. 이러한 제한은 MEMS CAD로부터 데이터를 얻어서 3D 형상을 구성하고자 할 때 문제점들을 발생시키며, 설계자의 수작업이나 후처리 작업에 상당한 시간을 요구하게 된다.

본 연구에서 상기의 문제점을 분석하여, 주요 문제점을 걸친 설계와 중복 요소로 나누었다. 이렇게 나뉜 문제점을 해결하기 위해서 유사 실루엣 추출과 중복

요소 제거 알고리즘을 제시하였다. GDSII 파일 포맷에서 한 번의 절차로 사용자가 원하는 실제 실루엣을 추출하기는 어렵고 MEMS용 CAD의 API 환경이나 변환 후 데이터의 복잡성을 고려할 경우, MEMS용 CAD에서의 후처리 및 3D CAD 시스템의 스케치 모드에서의 전처리로 두 단계로 나누어 처리하는 모델을 제시하였다.

유사 실루엣을 추출했을 때, 중복 요소를 포함한 실루엣을 추출할 수 있었으며, 이 후 3D CAD 시스템에서 API를 이용해서 중복 요소를 제거함으로써, 3D 생성에 직접적으로 사용될 수 있는 2D 데이터를 얻을 수 있었다.

GDSII 파일 포맷은 일반적인 2D 포맷과 비교해서 많은 형상 정보를 가지고 있지 않으므로, 본 연구에서 제안하는 방법으로 좀 더 복잡한 형상의 GDSII 포맷에서 적용할 것으로 보인다. 따라서 이 부분에 대해서 다양한 모델에 대한 검증 작업이 필요하다.

또한, 본 연구에서 제시하는 알고리즘을 구현할 수 있는 충분한 능력의 API를 가진 MEMS CAD를 선별해내서, 제시된 유사 알고리즘 추출 부분을 좀 더 자동화되게 구현하여 본 연구의 구현 부분을 보완할 예정이다.

본 연구에서 제시된 3D 생성 방법은 한 번의 식각 작업용 디자인을 대상으로 하고 있다. 실제 MEMS 공정은 일반적으로 여러 단계의 식각을 통한 복잡한 형상을 구현하고 있으므로, 한 번의 식각 작업용 데이터로 3D로 생성해 낼 수 있는 본 연구의 방법을 응용한다면, 여러 Layer로 구성된 다층의 복잡한 GDSII 파일 데이터에 대해서 추가 작업없이 동일한 다층의 3D를 구현해낼 수 있을 것으로 보인다. 이 경우, 본 연구에서 제안하는 방법의 활용도는 좀 더 높아질 것으로 보인다.

참고문헌

1. "Intellimask Pro Manual", "Intellimask Manual", "3D Builder Manual", 2005, <http://www.intellisite.com>
2. LASI Home Site, <http://members.aol.com/lasicad/>
3. Coventor Software, <http://www.coventor.com>
4. AutoCAD Manual, <http://www.autocad.com>
5. Peter Litwinowicz, Processing Images and Video for An Impressionist Effect, Proceedings of SIGGRAPH, 1997, pp. 151-158.
6. Drawing Design Rules for DXF to GDSII, http://www.artwork.com/gdsii/asm3500/des_rul/des_rul.htm

7. Tan, Z., Furmanczyk, M., Turowski, M. and Przekwas, A., "CFD-Micromesh: A Fast Geometric Modeling and Mesh Generation Tool for 3D Microsystem Simulations".

8. Kristofer, S. J. Pister, "Introduction to MEMS Design and Fabrication", Berkeley Sensor and Actuator Center, UC Berkeley.

9. 이한민, 한순홍, "2차원 도면으로부터 3차원 CAD 모델의 재구성", 2000 한국 CAD/CAM 학회 학술 발표회 논문집.

10. 박상호, 박종욱, 한순홍, 최영, 양정삼, 박성복, 이명

우, "CAD 데이터 교환 오류 검증 시스템 개발", 2001 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집.

11. Meeran, S. and Taib, J. M., "A Generic Approach to Recognising Isolated, Nested and Interacting Features from 2D Drawings", *Computer-Aided Design*, Vol. 31, pp. 891-910, 1999.

12. Donald Knuth, "The Art of Computer Programming, Volume 3: Sorting and Searching", Third Edition, Addison-Wesley, 1997, ISBN 0-201-89685-0. Section 6.1: Sequential Searching, pp. 396-408.



김 용 식

1998년 KAIST 기계공학과 학사
 2004년 KAIST 기계공학과 석사
 2005년~현재 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology) 지능형 시스템 디비전 (ISD) 객원연구원
 2005년~현재 WRG 기술기획실
 관심분야: 가상현실(VR), MEMS



김 준 환

1995년 KAIST 정밀공학과 학사
 1998년 KAIST 기계공학과 석사
 2003년 KAIST 기계공학과 박사
 1997년~1998년 ETRI 위촉연구원
 2003년~2006년 NIST (美 표준기술연구소) 생산시스템통합 디비전 (MSID) 객원연구원
 2005년~현재 WRG 기술기획실장
 관심분야: CAD Database, Knowledge-based Design, VR, Semantic Web, Ubiquitous Computing