

# 알루미늄 프로파일 기구의 효과적인 조립 공정의 생성과 가시화

한수현, 경민호, 이환용  
아주대학교

shh1473@ajou.ac.kr, kyung@ajou.ac.kr, hwan@ajou.ac.kr

## Generation and Visualization of Effective Assembly Process for Aluminum Profile Instruments

Suhyeon Han, Minho Kyung, Hwanyong Lee  
Ajou Univ.

### 요약

본 논문은 설계된 알루미늄 프로파일로 만들어질 기구 구조를 어떻게 분리하고 연결해야 부품 조립을 더 쉽고 간단하게 쉽게 작업자들에게 가시화하는 방법을 제안한다. 연구 방법은 주어진 프로파일 결합 조건을 참고하여 부품 결합 순서가 엇갈리거나 서로 충돌하지 않는 선에서 가장 쉽고 빠른 조립 순서를 제공하는 방법을 찾는 알고리즘을 설계하고, JSON 형식으로 작성된 프로파일의 연결 구조파일을 분석하여 가능한 모든 경우의 수에 대비할 수 있는 조립 규칙을 찾고, 이를 가시화한다. 본 연구의 구현 결과는 특정 경우의 수를 제외하고 충돌이 발생하지 않는 결합 규칙을 제안하고 있으나, 사용자가 수동으로 부품을 그룹화를 해야만 하였다. 본 연구에서 제안한 방식의 유용성을 검증하기 위하여 Three.js 를 이용하여 가시화 소프트웨어를 구현하였다.

### I. 서론

알루미늄 프로파일 제작 업체에서 조립을 위해 사용하는 참고 자료는 여러 방향의 2D 도면이나 3D Isometric view 를 인쇄한 것으로, 매우 단순하다. 이 경우 작업자가 미숙하여 조립 패턴을 잘 모르거나, 전문가일지라도 실수를 범할 경우 기존의 조립 부품을 분해하고 고친 뒤 다시 조립하는 등의 번거로운 상황을 야기할 수 있다.

따라서 조립해야 할 프로파일을 직접 설계하지 않은 작업자에게 조립 순서를 스스로 판단하도록 맡기는 것은 매우 비효율적일 수 있다. 하지만 대부분의 프로파일 제작 업체는 이를 자동화하지 않고, 그저 작업자가 알아서 조립하는 방식에 의존하고 있다. 만약 프로파일 구조를 빠르게 분석하고 조립 순서와 유의사항을 선별하는 알고리즘을 설계한다면 작업의 효율을 높이고 더 빠르고 안전하게 프로파일을 조립할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 프로파일을 이루는 각 세그먼트를 부모-자식 관계로 나누어 Tree 구조를 형성한 뒤, 각 계층별로 결합 방식의 우선순위와 무게중심의 변화를 고려하여 작업 실수를 최소화하는 조립 순서 자동 생성 알고리즘을 제안한다.

### II. 본론

#### 2.1 결합 방식

프로파일의 결합 방식은 크게 세 가지로 나뉜다.

첫 번째는 클립을 활용한 결합이다. 이 경우 세그먼트 끝에 결합용 클립을 일부 끼운 뒤 레일에 넣고 끌어서 이동시킨 다음 클립의 뒤에서 볼트를 조인다. 이를 위해서 레일의 양쪽 입구 중 하나는 막혀 있지 않아야 한다. 또한 레일 이동 후 클립의 볼트를 조이려면 결합

위치의 뒤편에는 드라이버를 넣기 위한 구멍이 뚫려져 있어야 한다.

두 번째는 카운터 보어 또는 카운터 싱크 가공을 활용한 결합이다. 카운터 가공이란, 클립 없이 볼트를 깊숙이 넣어 결합하기 위해 세그먼트에 특수한 구멍을 뚫는 것을 말한다. 단순히 클립을 사용할 필요가 없는 결합 방식이라고 봐도 무방하다. 또한 레일을 타고 이동할 필요도 없다. 그러나 드라이버를 위한 구멍은 여전히 필요하다.

세 번째는 유니버설 조인트를 활용한 결합이다. 유니버설 조인트는 레일의 막힘 여부와 구멍의 유무 모두 관련 없이 조립할 수 있는 방식이다. 레일을 타지 않고 중간에 부품을 넣을 수 있도록 설계되어 어떠한 상황에서도 결합이 가능하다.

완성된 프로파일 설계는 이러한 세 가지 방식의 결합이 모두 섞여 구성된다. 각각의 방식은 볼트를 조이기 위한 조건을 가지고 있으므로, 결합 시 우선순위가 존재하며 이를 어길 시 충돌이 발생해 작업에 악영향을 끼칠 수 있다. 이상적인 결합 순서는 클립, 카운터, 유니버설 조인트 순이다.

또한 일반적인 결합이 아닌 십자 형태의 결합의 경우, 한 쪽을 클립이나 카운터로 결합 시 반대쪽은 반드시 유니버설 조인트로 결합해야 한다는 규칙 또한 존재한다. 이는 한 쪽을 결합하면 반대쪽은 뒤가 막혀 유니버설을 제외한 방법을 사용할 수 없기 때문이다. 아래 [그림 1] 참조

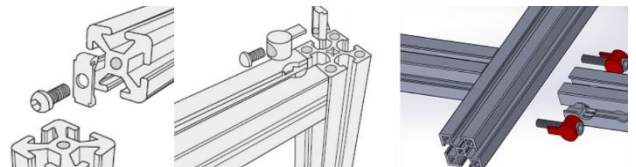


그림 1 다양한 알루미늄 프로파일 조립 방법

## 2.2 Tree 구조 형성

설계가 완성된 프로파일의 구조를 정의한 JSON 파일을 불러와 부품 간의 부모-자식 관계를 분석했다. 하나의 세그먼트에 여러 세그먼트가 결합될 수 있으므로, Tree 구조로 구성하는 것이 가장 적합했다.

Tree 구조를 구성한 뒤에는 각 레벨에 해당되는 번호를 DFS 방식으로 부여하여 모든 부품에 종속성 번호를 부여했다. 충돌이 발생하지 않으려면 종속성 번호가 높은 순으로(Leaf 노드에 가까운 순으로) 먼저 조립해야 하기 때문이다. Root 노드부터 조립을 시작하면 이후 클립 결합 시 드라이버를 사용할 구멍이 막혀버리는 문제가 발생한다.

## 2.3 무게중심을 이용한 조립 순서 결정 방법

현재까지의 조건만 고려하여 조립 순서를 생성할 경우 사용자가 부품 그룹화를 적절하게 진행했다는 전제 하에 조립 과정에서 충돌은 발생하지 않는다. 그러나 충돌이 발생하지 않는 선에서 무작위적으로 다음 조립 부품을 지정하기 때문에 다소 산발적으로 조립 순서가 나타나게 된다는 단점이 존재한다. 본 연구에서는, 작업 친화적인 조립 순서를 제공하기 위해서 무게중심이 가장 적게 변화하는 부품부터 결합하는 방법을 제안하였다.[1]

이를 위해 먼저 모든 부품 n 개의 무게의 합 M 을 구한다. m 은 각 부품의 무게이다.

그리고 다음과 같은 공식을 이용해 무게중심의 위치 G 를 구한다. p 는 각 부품의 위치이다.

$$G = \sum_{i=1}^n (p_i * m_i) / M / n \quad (1)$$

각 조립 단계마다 G 값을 계산하여 그 변화율이 가장 적은 단계부터 차례대로 결합하면, 처음 결합한 부품에서 조금씩 살을 붙이듯 점진적으로 확장하도록 만들 수 있다. 이렇게 되면 작업자는 규모가 큰 프로파일을 불필요하게 회전시키지 않고 결합을 마칠 수 있으며 이는 곧 작업 효율의 향상을 의미한다.

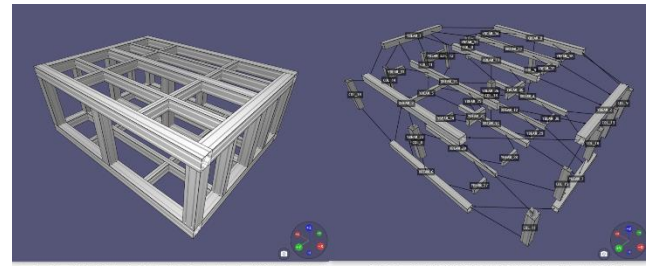
## 2.4 조건 통합

지금까지의 모든 조건을 고려해 보았을 때, 최적의 조립 순서는 부품 Tree 구조의 가장 높은 레벨부터 시작하여 같은 레벨의 부품은 클립, 카운터, 유니버설 순으로 조립하는 것이다. 또한 무게중심을 고려해 그 변화율이 가장 적은 부품부터 차례로 결합한다면, 실수나 충돌 없이 인간 친화적인 조립 순서를 생성할 수 있다.

## III. 구현 결과

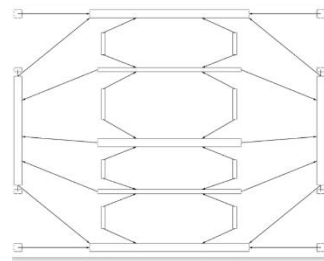
본 연구의 테스트를 위해 Angular[5]와 TypeScript, Three.js[6]를 이용한 웹 기반 알루미늄 프로파일 CAD 프레임워크 환경에서 구현하였다. 부품 정보와 설계가 완료된 프로파일 기구 구조물은 JSON 형식으로 된 파일을 사용했다.

[그림 2]는 비교적 단순한 구조의 알루미늄 프로파일 기구의 설계 데이터를 이용하여 가시화한 결과이다. 결과물은 조립의 선후 관계 및 구조적인 조립 순서를 정확히 표현하고 있다. 반면 구조적으로 복잡한 선후 관계가 존재하는 경우, 본 연구에서 제안한 방법이 정확한 조립 순서를 생성하지는 않는다. 이 경우 사용자의 직접 개입을 통해 우선 순위를 결정하는 그룹화 과정이 필요하다.

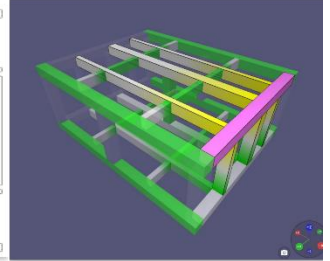


프로그램으로 설계된 프로파일 구조

3D 공간에서 분해된 프로파일



위에서 본 조립도 (인쇄 가능)



단계별로 확인 가능한 조립 순서

그림 2 구현 결과로 만들어진 조립 공정 가시화 결과

## IV. 결론

본 연구에서 제안하는 알고리즘을 사용해 조립 순서를 생성하면 조립 시의 충돌이나 실수를 최소화할 수 있으며, 작업자로 하여금 더 빠르고 편하게 조립 작업을 진행할 수 있도록 하는 조립 가이드라인을 제시할 수 있었다. 하지만 충돌을 완전히 자동으로 예방하는 방법을 제시하지 못하고 있다. 현재, 충돌을 방지하기 위해서는 설계자가 충돌이 발생하는 특수한 경우에 대비해 부품 그룹화를 진행하도록 하였다. 이는 설계자가 프로파일 설계를 할 때 부품들의 그룹화를 하는 것이 효과적이므로 큰 부담은 아니라고 할 수 있다. 본 방법이 갖는 또 하나의 약점으로는 조립 작업자가 유연하게 조립 순서를 정할 수 없다는 것이다. 기존의 작업자는 자신만의 노하우나 익숙한 패턴으로 선호하는 조립 공정을 생성하기를 원하는 경우가 있다. 이를 포함한 선택적 공정 조건을 반영한 조립 순서 제작 방법을 위하여 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2023년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW 중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2022-0-01077)

## 참 고 문 헌

- [1] 박태준. "홀과 핀의 결합으로 조립하는 이케아 가구에 대한 조립 순서 검증 및 최적화". pp. 25-29, 2021.
- [2] 박홍석, 박진우, 박면웅. "조립 순서 자동 생성 시스템 개발". 『한국생산제조시스템학회 2013 춘계학술대회 논문집』, 2013.
- [3] 최민기. "정밀 공작기계 구조 변형 분석을 통한 조립 순서 결정 알고리즘에 관한 연구". 2018.
- [4] 박홍석, 박진우. "조립 방향 자동 판별 및 조립 순서 자동 수정 시스템 개발". 『한국 CAD/CAM 학회 논문집 제 18 권 제 6 호』, 2013.
- [5] 조우진. ANGULAR 앵귤러 첫걸음, 한빛미디어, 2017.
- [6] "Three.js Docs", 2023, (<https://threejs.org/>)