

경로 트리밍을 이용한 항공 라우팅용 공구경로 생성

양 경 부* · 조 경 호**

Tool Path Generation for Aerospace Routing using Path Trimming

Kyung-Boo Yang* · Kyung-Ho Cho**

ABSTRACT

An offset loop of profiles in sheet metal part is a tool paths for profile-machining. Offsetting is one of the most geometric problem in case of complex shape. In this paper we describe a method for generating NC tool paths for aerospace routing process using path trimming based on pair-wise intersection.

Key Words : CNC, Tool path, Offset, Path Trimming, Pair-wise Intersection

1. 서 론

항공 라우팅(routing)은 얇은 판재를 소재로 하는 항공기 부품을 3차원 자동 밀링 머신을 이용하여 가공하는 것으로 판재의 프로파일(profile) 가공을 위주로 하기 때문에 대표적인 2.5차원 가공분야이다. 이 분야는 복잡한 형상 설계와 정밀한 부품 가공을 요구하고 있어 CAD/CAM을 이용한 설계와 가공작업이 매우 중요하다. 본 논문에서는 라우팅 작업을 하기 위해 NC코드를 생성함에 있어 중요한 공구경로를 구성하기 위한 프로파일 부품 형상의 오프셋(offset) 경로를 생성하는 것을 목적으로 한다.

시트메탈(sheet metal) 부품 형상의 오프셋은 단

혀있는 부품 외곽 혹은 내부의 루프(loop) 형상을 가공에 사용 될 공구반경 만큼 가공 방향 면으로 이동하여 공구가 이동할 새로운 가공 루프를 생성하는 것으로 복잡한 형상인 경우 기하학적 문제를 내포하고 있어 다양한 오프셋 생성 알고리즘이 제시되어 있다.

대표적인 오프셋 경로 생성 방법은 Pair-wise Intersection으로 가공 형상의 각 엔티티(entitiy, 루프를 구성하는 라인, 아크 요소)에 대해 기본 오프셋을 시행한 후 각각의 오프셋 경로의 교차점을 계산하고 남은 불필요한 요소를 찾아 제거하는 방법이다.[1-4] 이 방법은 교차점 계산에 많은 시간을 사용하고 필요 없는 요소를 찾아 제거하는 로직 구성에 따라 다양한 결과를 가져오기 때문에 다양한 형상에 적용하거나 설계자에 의한 보이지 않는 오류를 처리하는데 한계가 있다. 다른 방법은 Voronoi Diagram을 이용한 방법으로 오프셋 경로의 꼬임을 미리 예측하여 생성하는 것으로 구현이 어렵고 수치계산 오류를 발생하기 쉬운 단점이 있다.[5] 또, 한 가지 방법

* 제주대학교 대학원

Graduate school, Cheju Nat'l Univ.

** 제주대학교 기계에너지시스템공학부, 첨단기술연구소

Faculty of Mechanical, Energy and System Eng., Cheju Nat'l Univ., Res. Inst. Adv. Tech.

은 픽셀(pixel)을 이용한 오프셋 방법이 있는데 비교적 안정적인 결과를 보장하고 있으나 픽셀 정밀도에 따라 오프셋 정밀도가 달라지며 정밀도를 높이면 많은 메모리와 계산시간을 필요로 하기 때문에 정밀한 가공에는 적합하지 않다.[6]

본 논문에서는 Pair-wise Intersection을 기반으로 오프셋 경로를 생성하고 있으며 항공 라우팅 설계 부품들의 특성상 복잡한 형상들과 많은 엔티티를 가지고 있는 형상들에 대해서 정상적인 오프셋 가공경로를 생성하기 위한 경로 트리밍(path trimming) 기법을 적용해 본다. 이 방법은 기존 Pair-wise Intersection방법의 마지막 단계의 간섭을 일으키는 부분과 교인 루프 등의 불필요한 요소를 제거하는 방법의 하나로 기본 오프셋 경로의 교차점을 모두 연결하고 꼬여있거나 간섭을 일으키는 부분들도 모두 경로로 가정하여 생성한 후 필요 없는 경로를 찾아 트리밍 하는 방식이다.

II. 오프셋 공구경로 생성 방법

오프셋 공구경로를 생성하기 위한 방법은 아래의 단계로 수행된다.

- (1) 원본 형상 루프 각각의 모든 엔티티에 대한 가공 면 방향으로의 기본 오프셋 수행.
- (2) 기본 오프셋 엔티티들의 앞뒤 교차점 계산을 통한 오프셋 루프 생성.
- (3) 트리밍 루프 조건에 해당하는 공구경로 탐색 및 트리밍 조건에 만족하는 지점에 대한 새로운 교차점 생성, 해당 루프 선택 및 트림.

2-1. 기본 엔티티(Entity) 오프셋

오프셋의 첫 번째 단계로 각각의 엔티티들에 대한 기본 오프셋을 수행한다. 가공 공구의 반경만큼 루프의 회전 방향에 따라 진행방향의 좌측 혹은 우측으로 Fig.1과 같이 라인(line)인 경우 법선 벡터를 이용하여 원본 엔티티를 복사, 이동 하며 아크(arc)인 경우 아크 회전방향을 고려하여 각 포인트에서 중심까지의 이동 벡터를 구하고 오프셋만큼의 거리로 아크 반경

을 조정한다. 이때 아크인 경우 Fig.2와 같이 원본 아크 반경과 공구 반경이 같아 조정된 아크 반경이 0인 경우 그 오프셋 된 아크 엔티티는 삭제된다. 이 부분은 경로가 없어도 이전 경로의 끝에 공구가 도달하면 설계치 아크 반경과 일치하여 바로 다음 경로로 이동하여도 정상적인 가공이 되는 경우이다. Fig.3은 공구 반경이 아크 반경보다 큰 경우로 실제 완전한 가공은 이루어 지지 않으나 작업 조건에 따라 발생할 수 있는 경우로 형상에 대한 간섭이 이루어 질 수 있는 상황이다. 이 경우 아크 엔티티를 삭제하지 않고 공구 반경만큼의 거리에 정상적인 아크 오프셋을 수행하며 이 아크는 루프의 회전 방향과 반대 방향으로 회전하는 아크가 된다.

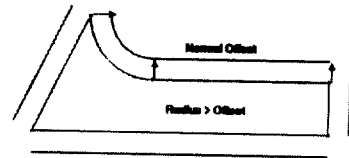


Fig.1 Default normal offset(radius>offset)

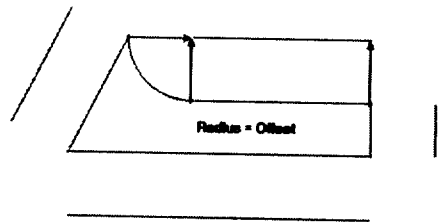


Fig.2 Default normal offset(radius=offset)

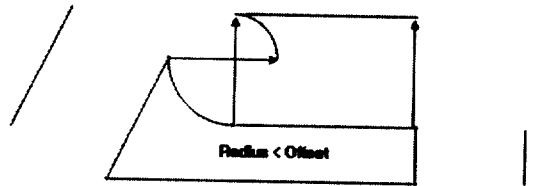


Fig.3 Default normal offset(radius<offset)

2-2. 오프셋 루프 생성

오프셋의 두 번째 단계는 기본 오프셋 엔티티들을

연결하여 오프셋 루프를 생성하는 것이다. 이 과정은 각각의 엔티티들 간의 교차점을 찾아 연결하는 것으로 루프가 꼬이거나 반대방향으로 회전하여도 정상적인 것으로 가정하여 모두 연결한다.

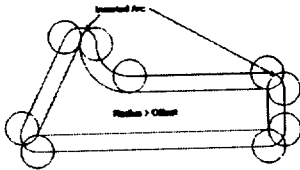


Fig.4 Linked offset loop(radius>offset)

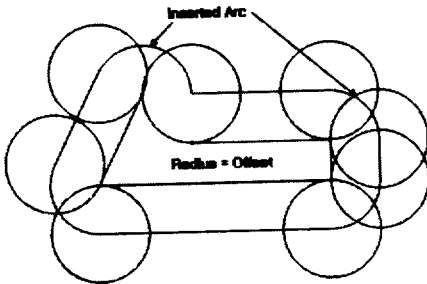


Fig.5 Linked offset loop(radius=offset)

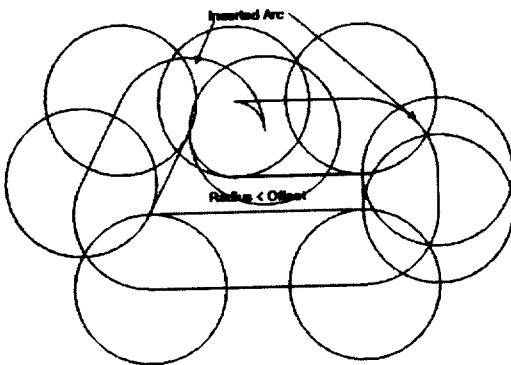


Fig.6 Linked offset loop(radius<offset)

교차점 계산은 Figs.4-6에서 보는 바와 같이 전후 엔티티 간 내부 교차점이 있으면 그 교차점을 새로운 연결 지점으로 변경하며 내부 교차점이 없는 경우는 두 엔티티 간 원본 루프의 교차점을 중심으로 전후 오프셋 엔티티의 끝(p1) 포인트와 시작(p0) 포인트를 연결하는 아크(inserted arc)를 생성하여 이어준다. 새로운 교차점 계산 후 남은 부분은 이전 Pair-wise Intersection에서는 우선 연결 후 나중에

처리하는 과정을 거치나 본 연구에서는 Fig.7과 같이 전후 엔티티의 교점 계산 후 남은 부분을 바로 트리밍 시키는 방법으로 마무리 하여 후처리 과정을 최소화 했다. Figs.4,5를 보면 공구반경이 아크 반경보다 크지 않는 경우는 다음 작업과정 없이 완전한 오프셋 루프를 생성함을 알 수 있다. Fig.6은 오프셋 루프가 한번 꼬이고 있으며 이 경로는 부품 형상에 간섭을 일으키고 있다. 대부분의 복잡한 형상들은 이러한 간섭 부분을 많이 내포하고 있으며 이러한 간섭부분을 없애기 위해 본 연구에서는 경로 트리밍 작업을 수행한다.

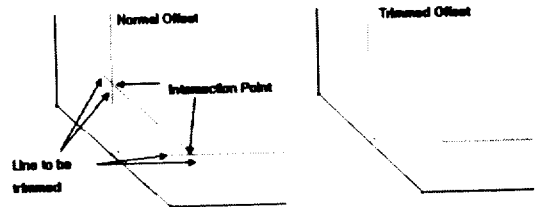


Fig.7 Trimming line for internal intersection

2-3. 경로 트리밍

경로 트리밍 작업은 Fig.8에서 보는 바와 같이 루프 경로가 꼬여 있거나 역회전 하는 루프를 찾아 정리하는 과정이다. 이 과정에서 우선 수행되는 것은 트리밍 해야 할 경로를 탐색하는 것으로 다음의 조건에 해당하는 엔티티를 검색한다.

- (1) 오프셋 엔티티 양 끝점을 제외한 내부를 지나는 다른 오프셋 엔티티가 있는 경우
- (2) 오프셋 엔티티 한 점에 3개 이상의 포인트가 만나는 경우

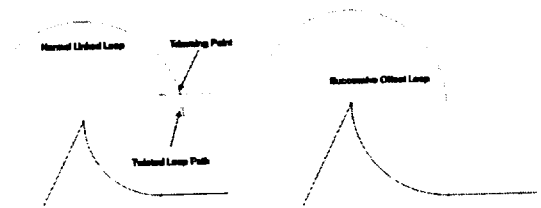


Fig.8 Path trimming of twisted loop path

위 조건에 해당되는 엔티티를 찾은 경우 Fig.9와 같이 트리밍 포인트 X를 기준으로 전후 엔티티 A와

C의 끝점 p0와 p1을 각각 X로 변경하고 그 안쪽에 있는 모든 오프셋 엔티티(B)를 삭제한다. 이 때 루프의 시작점이 꼬인 루프의 첫 번째 엔티티에 있으면 오히려 정상적인 오프셋 루프 전체를 트리밍 하는 경우가 발생하는데 이런 경우는 특별한 처리가 요구된다. 경로 트리밍 과정은 탐색된 모든 트리밍 포인트를 찾아 제거함으로써 완전한 오프셋 루프 생성을 마무리 한다.

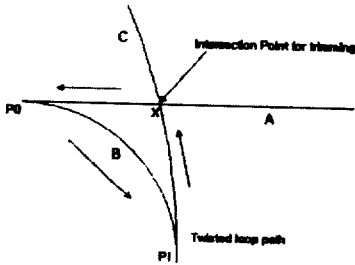


Fig.9 Schematic view of path trimming

III. 항공 라우팅 부품에 적용 및 고찰

구현된 경로 트리밍을 이용한 오프셋 루프 생성 로직의 확인을 위해 현업에서 생산하는 항공 라우팅 부품에 적용을 시켜 보았다. 항공 라우팅 부품은 형상이 복잡하고 스플라인을 이용한 설계가 많아 가공 단계로 넘어 오면서 아주 작은 엔티티를 많이 포함 할 수 있는 것이 특징이다.

Fig.10의 예는 많은 수의 엔티티를 갖지는 않지만 오목한 구석 모서리를 가지고 있어 설계된 아크반경보다 큰 공구반경을 가지는 공구를 사용하는 경우 4 지점에 꼬인 경로가 발생하는 경우로 경로 트리밍 과정을 통해 꼬인 경로가 해소 된 것을 확인 할 수 있다.

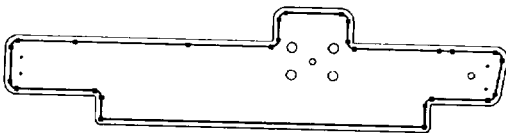


Fig.10 Example 1 of aircraft part

Fig.11 의 예는 오목하게 길게 진입하는 경로가

있는 것으로 설계된 홈의 폭이 공구 직경과 같은 경우 홈의 끝에서 아크 회전 없이 들어가서 바로 나오는 예제로 이런 경우는 오프셋 교차점 연결 단계에서 꼬인 루프가 발생하지 않고 서로 만나는 끝점을 연결하는 방식을 사용하므로 트리밍 없이 처리되었다. 만일 홈의 폭보다 큰 직경의 공구를 사용하는 경우는 경로 트리밍 과정에 포함되어 홈 안으로 공구가 들어가지 못하도록 공구 경로가 생성되었다.

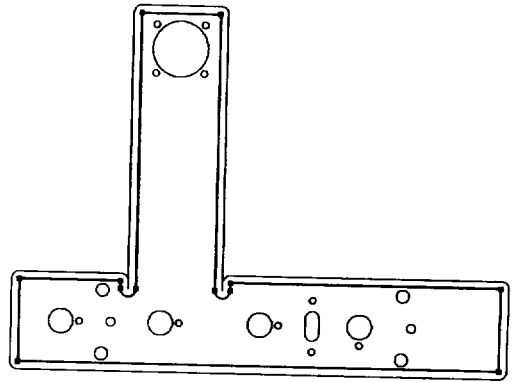


Fig.11 Example 2 of aircraft part

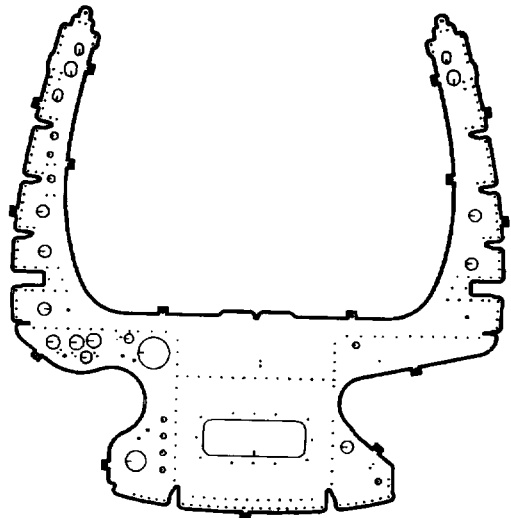


Fig.12 Example 3 of aircraft part

Fig.12는 복잡한 형상에 많은 엔티티를 포함하는 예로 많은 부분에 트리밍 조건에 만족하는 부분이 발생하였고 정상적으로 처리 되었다. 특히 이러한 작고 많은 엔티티를 가지는 부품들인 경우 세부 확대를 하

지 않으면 안 보이는 미세 엔티티들로 인해 복잡하게 꼬이는 경우가 있어 오류 보정을 위해 교차점 계산시 오차범위 설정 후 무시할 수 있는 엔티티를 골라내는 작업을 수행하여 정상적인 오프셋 루프를 생성하였다.

IV. 결 론

항공 라우팅 부품의 가공을 위한 공구 경로 생성에 필요한 오프셋 경로를 Pair-wise Intersection에 기반한 경로 트리밍 기법을 도입하여 구현하였다. 복잡한 형상의 경우 경로 트리밍 조건을 탐색하는 시간이 많이 소요될 수 있으므로 기본 오프셋 이후 교차점 연결 단계에서도 엔티티 트리밍을 적용하여 탐색을 최소화 하였으며 미세 엔티티를 많이 포함하여 복잡하게 얽히는 루프생성을 방지하기 위한 오차보정 조건을 설정하여 실무 항공 부품에 적용 시켰다.

구현된 알고리즘은 항공 라우팅용 소프트웨어에 탑재시켜 실무에 적용하고 있으며 부품 설계의 오류 혹은 설계자 오류로 인한 시각적으로 노출되지 않지만 가공단계에서 발생할 수 있는 오류를 방지하기 위한 오류보정 알고리즘을 추가로 연구하고 있다.

참고문헌

- [1] 박상철, 2001, 공구경로 생성을 위한 영역 오프셋 알고리즘, 대한산업공학회 춘계학술, pp.461-464
- [2] 허진현, 김영일, 전차수, 2003, 포켓가공을 위한 오프셋 및 공구경로 연결 알고리즘, 대한산업공학회 춘계학술, pp.200-207
- [3] Hansen, A. and Arbab, F., 1992, An Algorithm for Generating NC Tool Paths for Arbitrarily Shaped Pockets with Islands, ACM Transaction on Graphics, Vol.11, No. 2, pp.152-182
- [4] S.N.Yang, M.L.Huang, 1993, A New Off-setting Algorithm Based on Tracing Technique, '93 ACM Solid Modeling Symposium, pp.201-210
- [5] 김덕수, 1994, Polygon Offsetting for Pocket Machining of CAM Software, 대한산업공학회 춘계학술, pp.541-546
- [6] B.K.Choi, B.H.Kim, 1997, Die-Cavity Pocketing via Cutting Simulation, Computer Aided Design, Vol.29, No.12, pp.837-846
- [7] 최병규, 전차수, 유우식, 편영식, 정연찬, 2001, CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공, 사이텍미디어, pp.309-358