

< 논문 >

사출금형 설계를 위한 웹 기반 간섭 검사시스템

박종명* · 송인호* · 정성종†

(2006년 1월 4일 접수, 2006년 3월 30일 심사완료)

Web-based Interference Verification System for Injection Mold Design

Jong-Myoung Park, In-Ho Song and Sung-Chong Chung

Key Words : Collaboration(협업), Injection Mold(사출금형), Interference Verification (간섭검사), Internet(인터넷), Lightweight CAD File(경량캐드파일)

Abstract

This paper describes the development of a web-based interference verification system in the mold design process. Although several commercial CAD systems furnish interference verification functions, those systems are very expensive and inadequate to perform collaborative works over the Internet. In this paper, an efficient and precision hybrid interference verification algorithm for the web-based interference verification system over the distributed environment has been studied. The proposed system uses lightweight CAD files produced from the optimally transformed CAD data through ACIS kernel and InterOp. Collaborators related to the development of a new product are able to verify the interference verification over the Internet without commercial CAD systems. The system reduces production cost, errors and lead-time to the market. Validity of the developed system is confirmed through case studies.

1. 서론

현대 산업에서 사출품은 점점 다양화 되고 그 수명주기가 점점 짧아지기 때문에 사출금형 업체는 3D CAD 시스템을 도입하여 단납기 요구에 대응 한다. 그러나 아직도 사출금형 설계과정에는 많은 문제점이 있다. 즉, 사출금형 설계 및 생산의 모든 공정에서는 고가의 3D CAD 시스템을 이용할 수 없기 때문에 3D CAD 데이터를 이용하여 2D 도면을 작성한 뒤, 출력한 도면을 배포하는 것이 일반적이고 이로 인한 비용 손실이 발생한다. 그리고 설계 변경시 금형업체의 설계부서와 제작 부서 그리고 고객업체가 지역적으로 분산되어 손실이 발생하고 설계 오류나 설계자의 판단 착오로

발생하는 금형 상의 문제 등이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 대부분의 사출금형 업체에서는 협업용 뷰어시스템의 도입을 검토하고 있다. 현재 상용화된 협업 뷰어시스템으로는 Actify의 Spinfire,⁽¹⁾ Cimmetry System의 AutoVue⁽²⁾ 등이 있다. 그러나 이러한 협업 뷰어시스템은 사출금형 제조 프로세스에 맞추어 제작된 것이 아니기 때문에 사출금형 업체에 적용하기에는 부족하다. 간섭검사 기능을 가지고 있는 일반 상용 뷰어는 간섭검사 확인 시 솔리드 단위의 색상만을 변경한다. 그러므로, 사출금형의 어느 부위에 간섭이 발생하였는지 판단이 곤란하다. 따라서, 종래의 뷰어로는 미소 간섭이 대부분인 사출금형의 경우에는 정밀한 검증이 곤란하다.

관련연구로 Ye 등⁽³⁾은 사출금형의 부품간 계층적 관계를 정의하고 기하학적 구속조건을 이용한 자동조립 알고리즘을 제안하였다. 또한, Chin과 Wong⁽⁴⁾은 사출금형의 개념설계 단계에서 부품 개발을 위한 지식 기반의 평가 시스템을 연구하였다 사출금형을 대상으로 한 간섭검사 연구로 Shin과

† 책임저자, 회원, 한양대학교 기계공학부

E-mail : chung@hanyang.ac.kr

TEL : (02)2220-0444 FAX : (02)2298-4634

* 한양대학교 기계설계학과

Lee⁽⁵⁾는 사출금형에서 제품 취출시 문제가 되는 간섭면을 검색하여 간섭이 발생할 경우 이 부분에 사이드 코어(side core)를 설계하는 방법을 개발하였다. 그러나 이 논문은 구배각을 이용하여 제품과 코어 사이의 간섭만을 확인할 수 있기 때문에 전체 사출금형 부품간 간섭을 파악하지 못한다.

선행 연구로 이러한 기존의 협업 뷰어를 보완한 웹기반 구배검증 시스템을 구현하였다.⁽⁶⁾ 이 시스템은 웹 환경에 최적화된 경량의 캐드파일을 개발하여 분산환경에서도 고가의 CAD 시스템 없이 사출금형의 치수검증, 마크업, 구배검증 등을 원활하게 검증할 수 있다. 그러나 이 연구는 사출금형 제작 과정에서 필수적인 간섭검사에 대한 고찰이 없다. 또한, 경량의 캐드파일 구조로 인하여 연립방정식을 이용한 간섭검사가 어렵다. 따라서, 경량의 캐드파일을 이용한 사출금형 형상에 적합한 간섭검증 알고리즘에 대한 연구와 이를 적용한 시스템의 개발이 필요하다.

사출금형의 설계과정에서 발생하는 사출금형의 간섭은 사출금형의 재질이 강체로 되어 있기 때문에 금형제작시 조립불능과 금형 손상 같은 치명적인 문제점을 발생시킨다. 이러한 사출금형 부품간의 간섭은 미소간섭이 대부분이기에 설계자가 설계단계에서 간섭여부를 직관적으로 파악하기 어렵다. 이 경우 대부분 설계단계 이후에 실제 금형을 제작한 후 이를 이용한 조립과정에서만 확인이 가능하다. 슬라이드와 록킹블록(locking block) 그리고, 앵글핀(angle pin)과 앵글핀의 도피홀(evasion hole) 사이의 간섭은 슬라이드에 직접적인 영향이 있으며, 이젝터핀(ejector pin)과 코어(core) 사이의 간섭은 제품에 직접적인 영향을 주어 사출금형 제작에 많은 시간과 비용이 소비된다. 본 논문에서는 사출금형 부품간의 효율적인 간섭검사를 위하여 AABB(axis-aligned bounding boxes)tree⁽⁷⁾와 경량캐드파일의 계층 구조를 이용한 복합(hybrid) 간섭검사 알고리즘을 제시함으로써 페이스 하위의 삼각형 단위까지 간섭 부위를 인식 표시함으로써 미소 간섭의 판단이 용이하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사출금형 부품간 주요 간섭 부위를 정의 및 분류한다. 3장에서는 기존의 간섭검사 관련 연구를 기술한다. 4장에서는 본 연구에서 제안하는 간섭검사 알고리즘의 내용을 기술하고, 5장에서는 간섭검사 알고리즘을 적용한 웹 기반의 사출금형 검증시스템의 구성에 대하여 기술한다. 6장에서는 본 논문에서 제시한 알고리즘을 이용하여 구현한 시스템으로 여러 가지 활용사례를 기술하여 본 시스템을 검증한다. 마지막으로 7장에서는 결론을 서술한다.

2. 사출금형의 간섭형상 분류

사출금형의 간섭은 슬라이드 코어 부품, 앵글핀, 이젝터핀, 볼트 등에서 주로 발생한다.

슬라이드 코어 부품들의 간섭은 슬라이드와 록킹블록 사이의 곡면에서 발생한다. 이 경우 두 부품의 곡면간 간섭으로 인하여 슬라이드 코어에 영향을 준다. Fig. 1(a)는 슬라이드와 록킹블록 사이의 간섭 발생 예를 나타낸다.

앵글 핀은 제품 취출시 제품과 금형간의 간섭방지를 위해 설치하는 슬라이드 코어의 작동을 위한 장치이며, 슬라이드 코어의 작동 거리에 따라 앵글 핀의 길이와 경사각도가 변한다. 앵글핀과 앵글핀도피홀 사이의 간섭은 앵글핀의 길이와 각도에 따라 발생한다. 슬라이드 코어 부품 중에서 중요한 역할을 하는 앵글핀과 앵글핀도피홀 사이의 간섭은 슬라이드에 직접적인 영향을 미쳐 슬라이드와 연결된 슬라이드 코어에 손상을 줄 가능성이 높다. Fig. 1(b)에 앵글핀과 앵글핀도피홀 사이의 간섭 발생의 예를 나타낸다.

이젝터핀과 볼트의 간섭은 주로 이젝터핀과 코어에 가공된 이젝터핀 홀 사이의 위치오차에 따라 발생하거나 이젝터핀의 길이가 길게 설계된 경우 발생한다. 볼트의 간섭 또한 볼트의 길이가 가공된 소켓의 깊이보다 길 경우 간섭이 발생한다. Fig

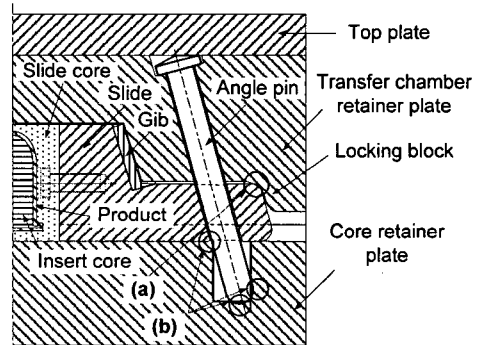


Fig. 1 Interference between two parts: (a) slide and lock, (b) angle pin and angle pin hole

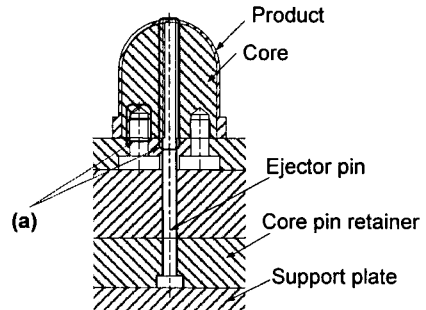


Fig. 2 Interference between ejector pin and core

2(a)에 이젝터핀과 볼트의 간섭 발생의 예를 나타낸다.

3. 간섭검사 관련연구

가상환경에서의 물체간 간섭은 실제환경에서 발생하는 간섭과 같이 물체간 상호 작용을 포함해야 한다. 그러나 가상환경에서 물체간 상호 작용을 표현하기 위해서는 많은 시간과 비용이 요구된다. 따라서, 이를 최소화하는 가상환경에서 효과적인 간섭검사 수행을 위해 계층적 물체 표현 방법의 도입이 필수적이다. 계층적 물체표현 방법을 이용한 간섭검사 연구에는 BV(bounding volume)를 이용한 연구와 공간 분할을 이용한 연구 등이 있다.

가상환경에서 BV를 이용한 간섭검사 연구로는 OBB(oriented bounding box)tree, Spheretree 등이 있다. Gottshark⁽⁸⁾는 OBBtree와 축 분할 이론을 적용하여 신속하고 정확한 간섭검사 알고리즘을 제안하였다. 그러나 사출금형과 같이 부품들이 좌표 평면과 평행하며, 볼록 다면체가 아닐 경우 효율이 반감된다. Hubbard⁽⁹⁾는 Spheretree를 이용한 간섭검사 방법을 제안하였다. 이 연구는 Spheretree와 더불어 Space-Time bounds를 적용하여 더욱 신속하고 정확한 간섭검사 수행이 가능하다. 그러나 이 논문에서는 신속한 간섭검사가 수행되는 반면, 사출금형 부품과 같은 직육면체를 모델링 하기 위해서는 다수의 구가 필요하고, 구에 발생하는 빈 공간으로 인하여 정확한 간섭검사가 어렵다.

공간 분할을 이용한 간섭검사 연구로는 Octree, BSP(binary space partitioning)tree 등이 있다. Vemuri⁽¹⁰⁾ 등은 Octree를 이용하여 곡면을 가진 미세한 조각의 움직임 과정에서 발생하는 간섭을 확인할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 그들은 Octree를 이용하여 볼록하거나 오목한 곡면을 가진 물체에서도 빠르게 간섭검사를 할 수 있도록 하였다. Ar⁽¹¹⁾ 등은 간섭검사를 위해 BSPtree를 이용한 자동 맞춤 데이터구조의 개념을 소개하고 연구 하였다. 그러나 공간 분할을 이용한 간섭검사는 바운딩 볼륨을 이용한 간섭검사에 비해 계산량이 많아 비효율적이다. 또한, 위의 간섭검사 알고리즘들은 축 평형의 직육면체나 실린더 형상으로 구성된 사출금형의 효과적인 간섭검사가 어렵다.

따라서, 본 논문에서는 사출금형의 효과적인 간섭검사를 위하여 기존의 간섭검사 알고리즘의 단점을 극복할 수 있는 AABBtree와 경량캐드파일의 계층구조를 이용한 간섭검사 알고리즘을 제안한다. AABBtree는 물체에 좌표평면과 평행한 BV를 생성하여 물체 사이의 간섭을 BV를 이용하여 검사

하는 방법이다. 이 방법은 BV의 최대/최소 점을 이용하여 간단하고 신속하게 박스간 간섭을 확인할 수 있다. 특히, 사출금형과 같이 축과 평행한 부품의 간섭 검사시 AABBtree 장점을 극대화 할 수 있다.

본 논문의 간섭검사방법은 AABBtree를 이용하여 신속한 간섭검사를 수행하고, 그 결과가 간섭 발생으로 판단되면 하위 계층으로 내려가서 다시 간섭검사를 수행하는 방법이다. 경량캐드파일 구조와 자세한 간섭검사방법은 다음 장에 기술한다.

4. 복합 간섭검사 방법

4.1 복합 간섭검사의 특징

본 연구에서는 선행연구에서 웹상에 가시화를 위하여 개발한 Fig. 3의 경량캐드파일 계층구조⁽¹²⁾와 AABBtree⁽⁷⁾를 이용하여 효과적인 간섭검사를 수행한다. 본 연구에서 사용된 파일의 상세내용은 다음과 같다.

TRANSFORM은 Group별 이동, 회전 등의 변환을 위한 변환행렬이다. Group은 여러 솔리드의 결합을 나타내기 위한 최상위 엔터티이며, Solid는 CAD 엔터티의 솔리드에 해당한다. 또한, 솔리드를 구성하는 면 정보인 Face가 Solid 하위에 위치한다. Face는 CAD모델 가시화를 위한 삼각화된 메시(mesh) 데이터와 외곽선표시를 위한 에지로 구성된다. 이와 같은 계층구조의 엔터티를 이용하여 솔리드(solid), 페이스(face) 및 삼각형 메시를 순차

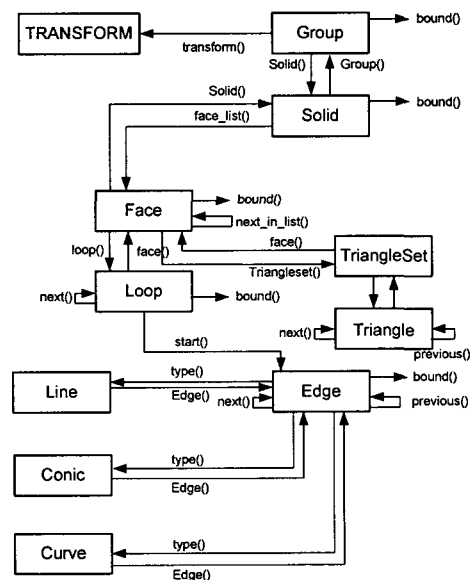


Fig. 3 Structure of the proposed file

적으로 검색하여 간섭을 확인한다. 또한, 솔리드와 페이스의 간섭검사 과정에서는 신속한 간섭검사를 위하여 AABBtree 구조를 이용하여 간섭이 발생하지 않는 엔티티를 신속하게 배제하는 방식을 적용한다.

4.2 복합 간섭검사 방법

Fig. 4는 앞 절에 언급한 경량파일 구조를 이용한 복합 간섭검사 알고리즘으로, 5단계로 구성된다.

- 1) 첫번째 단계는 페이스의 BV 계산 단계이다. Fig. 5에 제시된 페이스의 BV계산 방법은 다음과 같다. 경량의 캐드파일 계층구조로부터 페이스 $F_{i,j}$ 에 속한 모든 정점(vertex) 정보를 추출한다. 추출된 페이스 정점의 최대/최소값을 비교하여 페이스 $F_{i,j}$ 의 BV인 $FV_{i,j}$ 를 계산하고, 페이스의 클래스에 그 값을 저장한다. 이와 같은 과정을 반복하여 모든 페이스의 BV를 계산한다.
- 2) 두번째 단계는 솔리드의 BV계산 단계이다. 솔리드의 BV 계산은 솔리드 S_i 에 포함된 페이스의 BV값인 $FV_{i,j}$ 의 최대/최소값을 비교하여 솔리드의 BV인 SV_i 를 얻는다. Fig. 5에서 i 번째 솔리드 S_i 의 j 번째 페이스 $F_{i,j}$ 에서 솔리드의 BV는 SV_i 페이스의 BV는 $FV_{i,j}$ 이다.
- 3) 세번째 단계는 솔리드간 간섭검사 단계이다.

i 번째 솔리드의 BV인 SV_i 와 나머지 솔리드의 BV간 간섭검사는 솔리드의 식 (1)을 통해 반복 수행한다. 간섭이 발생하지 않을 경우 다음 솔리드의 BV인 SV_{i+1} 과 나머지 솔리드의 BV간 간섭검사를 수행한다. 이와 같은 방법을 반복하여 전체 솔리드의 BV간 간섭검사를 수행한다. 솔리드의 BV간 구체적인 간섭검사 방법은 4.3절에 제시한다.

$$SV_i \cap SV_n \neq \emptyset, \quad n \in \{i^c\} \tag{1}$$

여기서 \cap 이 존재하면 BV간 간섭

4) 네번째 단계는 페이스간 간섭검사 단계이다. 두 솔리드의 BV가 간섭으로 판단될 경우, 판단된 솔리드 S_i 가 포함하고 있는 페이스 데이터들 중 하나의 페이스 $F_{i,j}$ 의 BV와 간섭 확인된 다른 솔리드 S_{i+1} 의 페이스들의 BV간 간섭검사를 순차적으로 수행한다. 이때 간섭이 발생하지 않으면 첫번째 솔리드 S_i 의 다음 페이스 $F_{i,j+1}$ 의 BV와 S_{i+1} 이 포함하고 있는 페이스들의 BV간 간섭검사를 수행한다. 이와 같은 방법을 반복하여 두 솔리드에 포함된 전체 페이스의 BV간 간섭검사를 수행하고 간섭 발생된 페이스를 검출한다. 식 (2)는 두 솔리드간 간섭이 발생한 경우, 페이스의 BV간 간섭 판단조건을 나타낸다. 구체적인 페이스의 BV간 간섭검사 방법은 4.4절에서 보인다.

$$FV_{i,j} \cap FV_{i+1,n} \neq \emptyset, \quad n \in \{j^c\} \tag{2}$$

여기서 \cap 이 존재하면 BV간 간섭

5) 다섯번째 단계는 삼각형 메시의 간섭검사 단계이다. 두 페이스의 BV간 간섭이 판별될 경우, $F_{i,j}$ 의 첫번째 삼각형 메시 $T_{i,j,k}$ 를 선택하여 $F_{i,j+1}$ 이 포함하고 있는 삼각형 메시들과 순차적으로 간섭검사를 수행한다. 이때 간섭이 발생하지 않을

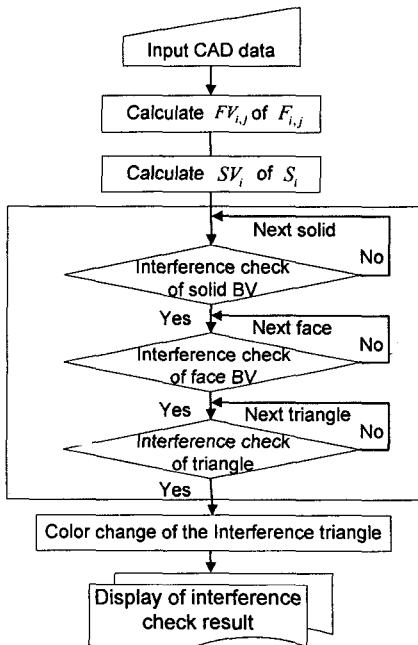


Fig. 4 Algorithm for interference verification

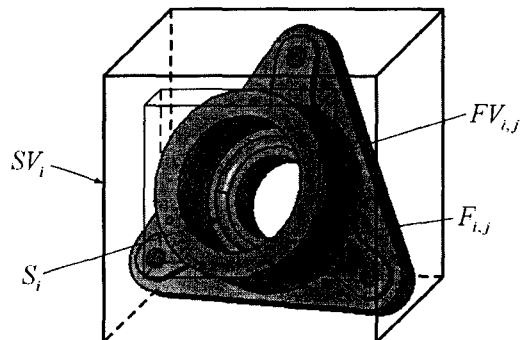


Fig. 5 BVs of a solid and faces

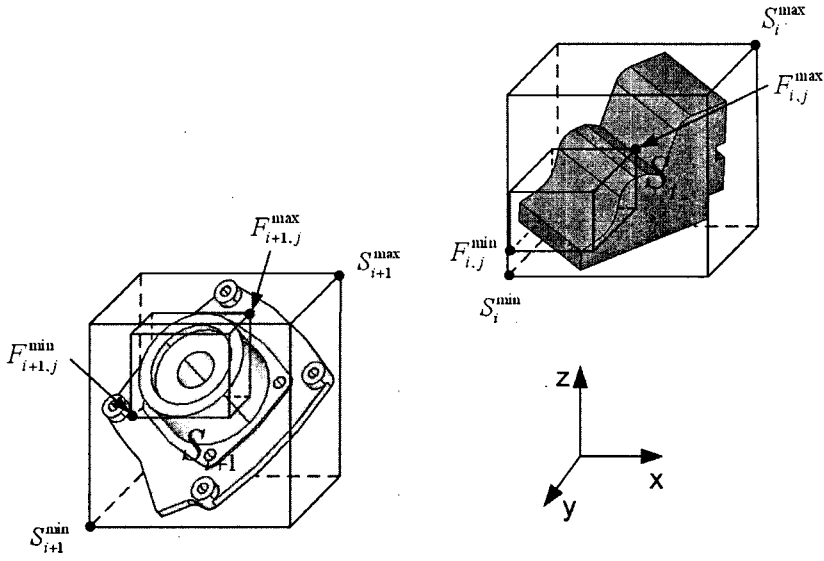


Fig. 6 Maximum/minimum points between BVs

경우 $F_{i,j}$ 의 다음 삼각형 메시 $T_{i,j,k+1}$ 과 $F_{i,j+1}$ 이 포함하고 있는 삼각형 메시들과 간섭검사를 수행한다. 여기서 k 는 삼각형 메시의 순서이다. 이와 같은 방법을 이용하여 두 페이스가 포함하고 있는 전체 삼각형 메시들의 간섭검사를 반복적으로 수행하여 간섭이 판별된 삼각형 메시의 색상을 변경하여 간섭검사 결과를 나타낸다. 식 (3)은 삼각형간 간섭 판단조건을 나타낸다. 구체적인 삼각형 메시간 간섭검사 방법은 4.5 절에 제시한다.

$$T_{i,j,k} \cap T_{i+1,j+1,n} \neq \emptyset, \quad n \in \{k^c\} \quad (3)$$

여기서 \cap 이 존재하면 BV간 간섭

4.3 솔리드 BV 사이의 간섭검사

Fig. 6 은 좌표 평면과 평행한 BV 의 최대/최소 점을 나타낸다. 식 (4)에 나타낸 판단조건을 이용하여 두 솔리드의 BV 간 간섭검사를 수행한다.⁽¹³⁾

$$\text{if}(S_i^{\min} > S_{i+1}^{\max} \text{ or } S_{i+1}^{\min} > S_i^{\max}) \quad (4)$$

식 (4)를 각 축에 적용하여 조건에 만족하면 두 솔리드 A, B 의 BV 는 간섭이 발생하지 않는 경우로 판단한다. 그러나 조건이 만족하지 않는다면 두 솔리드의 BV 는 간섭발생으로 판단한다.

4.4 페이스 BV 사이의 간섭검사

페이스 BV 간 간섭검사는 간섭이 발생한 솔리드에서 페이스를 검색하여 검색된 페이스의 BV

를 이용한다. 계산된 각각의 BV 는 식 (5)를 각 축에 적용하여 조건에 만족하면 두 페이스의 BV 는 간섭이 발생하지 않는 경우로 판단한다. 그러나 조건이 만족하지 않으면 두 페이스의 BV 는 간섭발생으로 판단한다.

$$\text{if}(F_{i,j}^{\min} > F_{i+1,j}^{\max} \text{ or } F_{i+1,j}^{\min} > F_{i,j}^{\max}) \quad (5)$$

4.5 삼각형 메시 사이의 간섭검사

삼각형 메시간 간섭검사는 삼각형의 평면의 방정식 계산, 선분과 평면의 교차점 계산, 삼각형간의 간섭발생 계산의 3 단계로 이루어진다.⁽¹⁴⁾

4.5.1 삼각형을 포함한 면의 방정식

삼각형의 간섭검사를 위하여 두 삼각형의 세 점 a, b, c 와 p, q, r 의 좌표값을 얻어온다. Fig. 7 로부터 첫 번째 삼각형 a, b 의 차를 이용하여 V_a 를 계산하고 a, c 의 차를 이용하여 V_b 를 계산한다. 벡터 V_a 와 V_b 를 이용하여 각축의 외적을 계산하고, 결과를 각각 C_x, C_y, C_z 라고 한다. 평면상의 임의의 점 b 를 이용하여 평면의 방정식 D 를 구한다.

$$D = -(C_x x_b + C_y y_b + C_z z_b) \quad (6)$$

4.5.2 선분과 평면의 교차점 계산

Fig. 7 에서, 평면의 방정식으로 얻은 첫 번째 삼

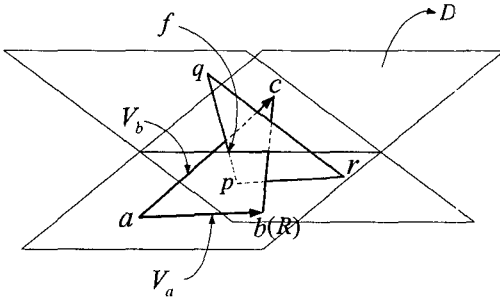


Fig. 7 Triangles and planes in which they lie

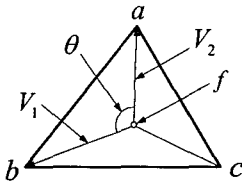
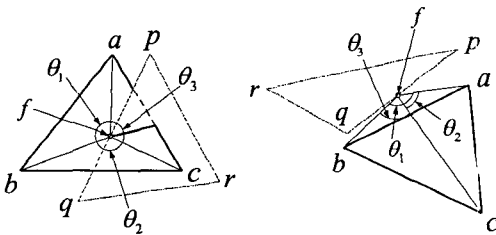


Fig. 8 Angle between V_1 and V_2



(a) Internal point (b) External point
Fig. 9 Interference check of two triangles

각형의 평면과 두 번째 삼각형의 두 꼭지점 p, q 를 식 (7)과 같이 매개변수 t 를 이용하여 나타낸다. 이때, t 는 0 에서 1 범위의 매개변수이다. 식 (6)의 평면방정식을 이용하여 식 (7)의 두 점 p, q 를 t 에 관한 식으로 정리하면 식 (8)과 같다. 여기서 t 를 이용하여 선분과 평면의 교차점 f 를 구하면 식 (9)가 된다.

$$p(x_p, y_p, z_p)t = q(x_q, y_q, z_q)(1-t) \quad (7)$$

$$t = -\frac{((C_x x_q) + (C_y y_q) + (C_z z_q) + D)}{(C_x(x_p - x_q) + C_y(y_p - y_q) + C_z(z_p - z_q))} \quad (8)$$

$$f(x, y, z) = p(x_p, y_p, z_p)t + q(x_q, y_q, z_q)(1-t) \quad (9)$$

여기서 $p \in x_p, y_p, z_p$

$q \in x_q, y_q, z_q$

4.5.3 삼각형 영역에서의 간섭 판별

첫 번째 삼각형의 각 꼭지점과 식 (9)의 교차점

f 가 이루는 각의 합이 2π 가 되면 두 삼각형은 간섭으로 판단한다. Fig. 8 에서 각 꼭지점과 교차점이 이루는 각의 계산은 다음과 같다. 첫 번째 삼각형의 두 꼭지점과 교차점 f 의 차에서 벡터 V_1 와 V_2 를 구한다. 식 (10)의 내적 공식을 이용하여 벡터 V_1 와 V_2 사이의 각을 구한다.

$$\theta = \cos^{-1} \frac{(V_1 \cdot V_2)}{(|V_1| |V_2|)} \quad (10)$$

첫 번째 삼각형의 세 꼭지점과 교차점 f 사이의 각도의 합은 다음과 같다.

$$\theta_{Total} = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad (11)$$

여기서 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 는 첫 번째 삼각형의 두 꼭지점 쌍과 교차점 f 사이 각각의 각도를 나타낸다.

식 (11)의 θ_{Total} 가 2π 이면 Fig. 9(a)와 같이 두 삼각형은 간섭이 발생한 경우이고, 2π 보다 작으면 Fig. 9(b)와 같이 두 삼각형은 간섭하지 않는 경우이다.

4.6 간섭 검사량의 비교

제안된 알고리즘의 효율성을 검증하기 위하여 두 솔리드의 간섭 검사량을 비교한다. 두 솔리드가 포함하고 있는 페이스의 개수를 각각 f_i, f_m 이라 하고 간섭이 발생한 페이스 쌍의 개수를 f_n 이라 한다. 그리고 각 페이스가 포함하는 삼각형 메시의 개수를 각각 t_i, t_m 이라고 한다. 이 때, 두 솔리드의 간섭검사시 VRML 과 같이 계층구조를 가지지 못한 극단적인 경우 삼각형 전체검사 방법⁽¹⁵⁾의 총 검사 횟수 $N_{worst-case}$ 는 식 (12)와 같다. 그리고 제안된 알고리즘을 이용한 총 검사 횟수 $N_{proposed-case}$ 는 식 (13)과 같다. 식 (12)는 곱으로 표현되어 있어 식 (13)의 합으로 표현된 경우에 비해 계산 횟수가 많다. 또한, 두 솔리드가 한 쌍의 페이스에서만 간섭이 발생할 경우, 즉 f_n 이 1 인 경우 식 (13)의 검사 횟수는 감소한다.

$$N_{worst-case} = f_i f_m t_i t_m = 10 \times 10 \times 100 \times 100 = 1,000,000 \quad (12)$$

$$N_{proposed-case} = f_i f_m + f_n t_i t_m = 10 \times 10 + 1 \times 100 \times 100 = 10,100 \quad (13)$$

예를 들어, 두 솔리드 A, B 는 각각 10개의 face로 구성되어 있고 각face는 100개의 삼각 메시로 구성되어 있다. 이 두 솔리드는 각각 한 개의 face만 서로 간섭이 발생하고 있다. 이러한 경

Table 1 Numbers of interference between the worst-case and proposed-case algorithms

	A	B	Worst case	Proposed case
Solid	1	1	-	1
Face	$10(f_i)$	$10(f_m)$	-	100
Triangle	$100(t_i)$	$100(t_m)$	1000000	10000

우 간섭 부를 검출한다. 전체 삼각 메시간 간섭을 검사할 경우인 Table 1의 네번째 열의 결과와 본 연구에서 제안하는 알고리즘을 이용하는 경우인 Table 1의 다섯번째 열을 비교한 결과 약 2%의 계산 만으로도 정확한 간섭부위를 파악할 수 있다. 그러므로, 협업 뷰어 시스템에 적용하는 본 알고리즘은 사출금형과 같이 미소간섭인 경우 계산량이 현저하게 작기 때문에 효율성이 검증되었다.

5. 시스템 구조

본 연구에서 Fig. 10은 개발된 시스템의 전체 구조를 나타낸다. 본 시스템은 웹기반의 클라이언트-서버 구조를 가지며 서버와 클라이언트는 소켓 통신을 통해 설계정보를 주고 받는다. 시스템은 설계자 클라이언트, 통합 서버, 웹 클라이언트의 세 부분으로 구성된다. 시스템의 주요 기능은 다음과 같다. 웹서버는 사용자 접속 웹페이지를 게시하고 사용자를 판단하여 각 기능별 권한을 준다. 또한, 웹페이지를 이용하여 설계자가 상용 CAD로 작성한 설계 도면을 등록 할 수 있도록 한다. 등록된 상용 CAD 파일은 빠른 속도의 가시화와 신속한 웹기반 검증을 위하여 변환서버를 통하여 가시화와 간섭 검증에 필요한 데이터 만을 추출하여 간략화 한 후에 이진화 처리하여 파일 크기를 현저하게 줄인 경량캐드파일로 변환한다.^(12,16) 변환 서버는 다양한 상용 CAD 시스템의 파일을 경량 캐드파일로 변환하기 위하여 Spatial 사의 InterOp 모듈과 ACIS 커널을 사용한다.⁽¹⁶⁾ 설계 검증자는 인터넷을 통해 설계정보를 검색하고 설계 및 간섭 검사 작업을 시작할 수 있다. 검색된 상용 CAD 데이터에 해당하는 경량캐드파일을 서버에서 클라이언트로 전송하여 검증작업이 가능하도록 한다. 검색한 설계정보에 간섭검사 및 설계검증 작업을 웹상에서 수행하며 검증 완료 후 결과데이터를 다시 경량캐드파일로 저장 후 통합 서버로 전송하여 다자간 공유를 가능케 한다.

간섭검증 및 설계검증 모듈은 Fig. 11과 같이 경량캐드파일 변환기, 3차원 뷰잉 모듈, 간섭검증

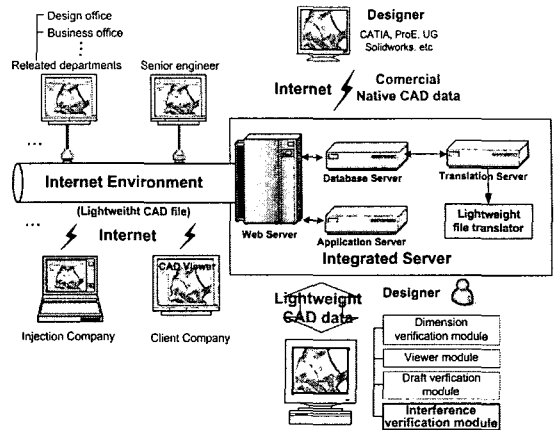


Fig. 10 Framework for the proposed system

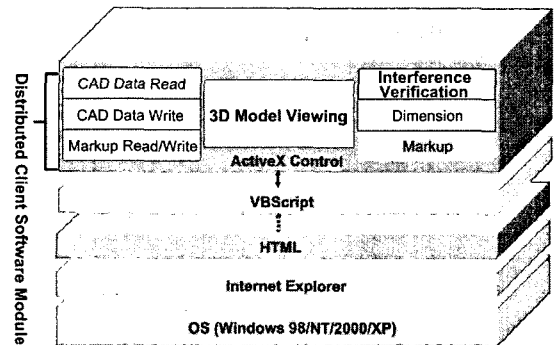


Fig. 11 Construction of the interferences verification module

모듈, 마크업 모듈, 저장 모듈 등으로 구성된다⁽⁶⁾. 각 모듈은 Microsoft 사의 ActiveX 기술을 이용하여 MFC 로 프로그래밍하여 구현되었으며, 3 차원 데이터의 처리를 위해 ActiveX 내부에 Silicon Graphics 사의 OpenGL 을 사용하였다.⁽¹⁷⁾ ActiveX 를 웹상에 게시하기 위해 HTML 을 이용하였으며, 플러그인(plug-in)을 위한 인터페이스로 VBScript 를 사용한다. 이와 같은 구조는 사용자가 처음 간섭 검증 시스템에 접속시 ActiveX 를 자동으로 사용자 PC 에 설치하며 이후의 접속시에는 ActiveX 의 버전을 비교하여 버전업이 되었을 경우에만 프로그램을 교체하게 된다. 또한, 간섭검증시스템 자체는 클라이언트 컴퓨터의 하드웨어에 의해 가동되므로 3 차원 형상 및 구배검증과 같은 복잡한 작업을 수행할 경우에도 서버에 부담을 주지 않는다

6. 사례연구

사출금형의 실제 CAD 파일을 이용하여 본 논문에서 제안한 간섭검사 시스템의 효율성을 입증

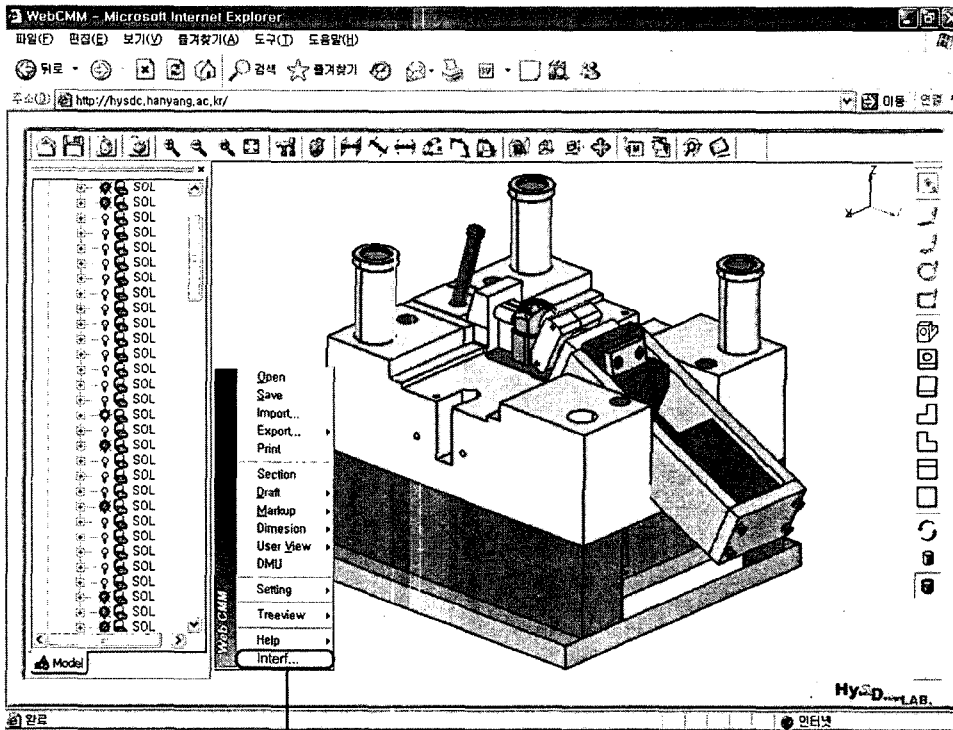


Fig. 12 User interface of the interference verification system

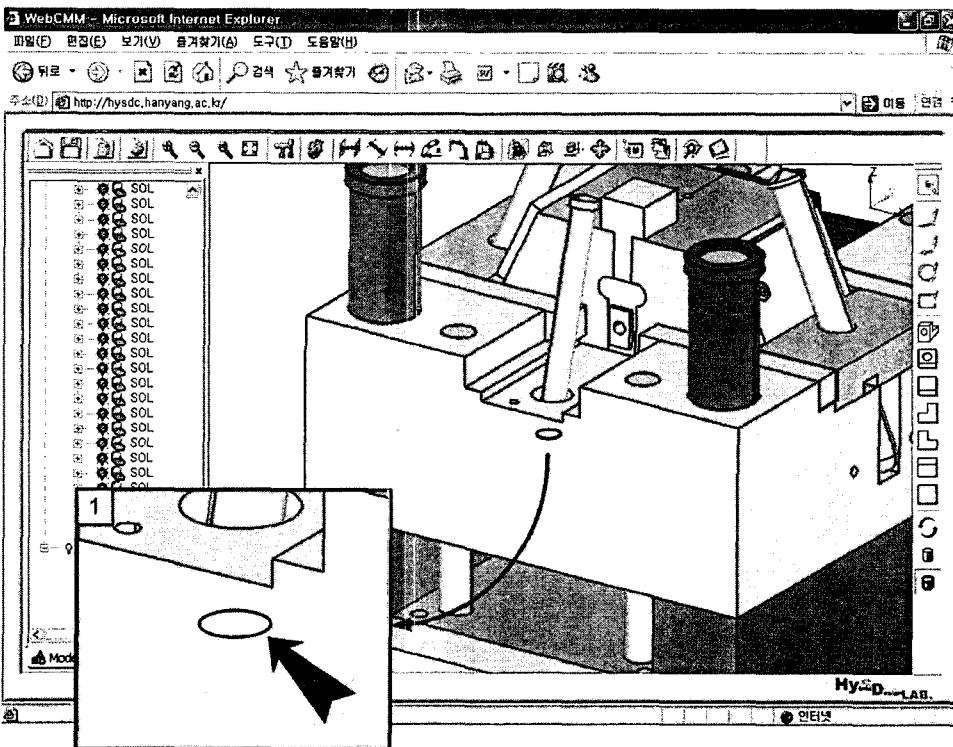


Fig. 13 Interference between angle pin and hall

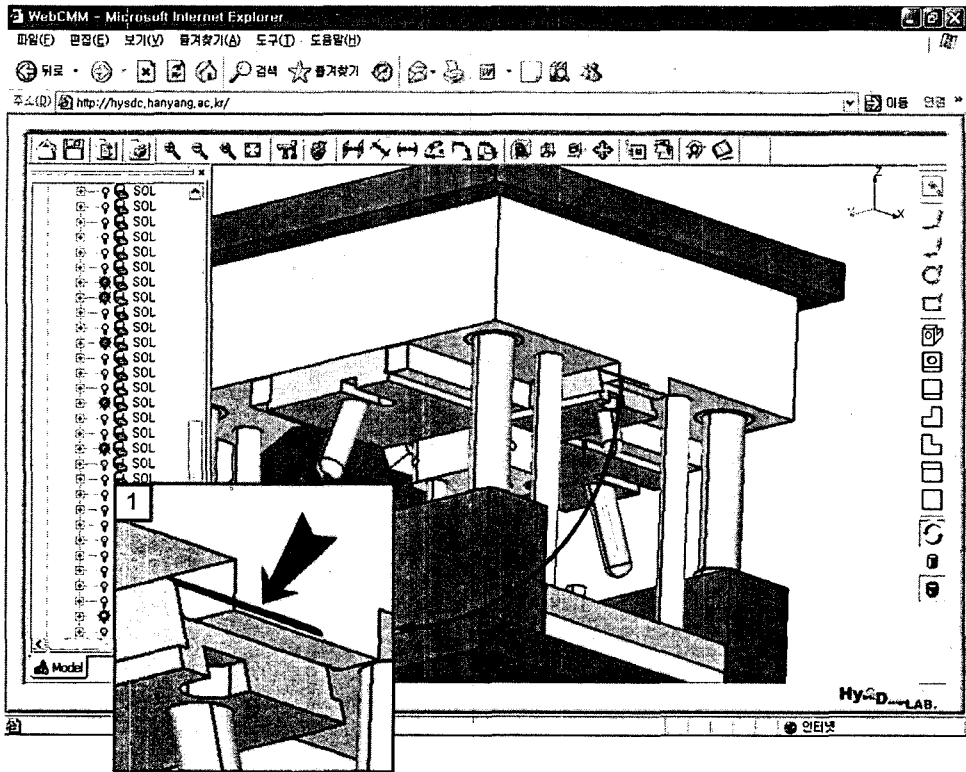


Fig. 14 Interference between slide and lock

하고자 한다. 설계자가 상용 CAD 시스템을 이용하여 사출금형 설계 후 도면을 웹페이지를 이용하여 본 시스템에 등록한다. 등록된 CAD 파일은 변환서버를 통해 경량캐드파일로 변환한다. 인터넷 상에서 사출금형 도면 검색 후 검증 요청하면 사용자의 웹브라우저에 뷰어가 자동으로 플러그인되며 검색한 경량캐드파일을 다운받아 가시화한다. Fig. 12는 CAD 파일 검증 및 간섭검사를 위한 사용자 인터페이스이다. 간섭검사의 수행은 팝업메뉴 하단의 간섭검사 메뉴를(Fig. 12의 1) 선택하면 간섭검사가 실행된다. 앵글핀과 도피홀간의 Fig. 13에 사출금형의 간섭검사 수행 결과를 나타낸다. 본 사례는 앵글핀설계시 핀의 길이가 길게 설계되어 도피홀과 간섭이 발생한 결과이다. 간섭검사 결과는 스크린 상에 검은색으로 표시된다(Fig. 13의 1). 이러한 결과를 바탕으로 설계자는 앵글핀의 길이나 도피홀의 크기를 변경하여 금형설계에 적용한다. Fig. 14는 사출금형의 슬라이드와 록킹블록 사이의 간섭을 검출한 결과이다. 본 사례는 슬라이드와 록킹블록이 접하는 모서리 부분에서 슬라이드의 곡면의 반경이 록킹블록의 곡면의 반경보다 작아 부품간 간섭이 발생하였다. 간섭이

검출된 부분은 색상변경을 통하여 Fig. 14의 1과 같이 나타낸다.

7. 결론

본 논문에서는 사출금형 부품간 간섭부의 정의 및 간섭검사 시스템을 구축하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 사출금형 부품간 주요 간섭 형상을 조사 및 분류하고 이에 적합한 복합 간섭검사 알고리즘을 도출하였다.

(2) 개발된 복합 간섭검사 알고리즘을 기 개발된 웹기반 협업 뷰잉시스템에 적용하여 고가의 CAD 시스템 없이 사출금형 간섭검사를 수행할 수 있다.

(3) 도출된 간섭검사 알고리즘은 기존의 VRML 모델을 이용한 일반적인 간섭검사 방법에 비하여 약 2%의 계산만으로 미소 간섭부위를 파악할 수 있다.

(4) 복합 간섭검사 알고리즘은 다면체 형상뿐만 아니라 자유곡면이 포함되어 있는 물체의 간섭검사도 수행할 수 있도록 설계하였다.

(5) 실제 사출금형 부품모델을 대상으로 한 간

섭검사 사례연구를 통하여 본 연구에서 개발된 시스템의 효용성을 입증하였다.

참고문헌

- (1) Actify Homepage, <http://www.actify.com>.
- (2) Cimmetry Homepage, <http://www.cimmetry.com>.
- (3) Ye, X. G., Fuh, J. Y. H. and Lee, K. S., 2000, "Automated Assembly Modelling for Plastic Injection Molds," *Internal Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 16, No. 10, pp. 739~747.
- (4) Chin, K. S. and Wong, T. N., 1996, "Knowledge Based Evaluation for the Conceptual Design Development of Injection Molding Part," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 9, No. 4, pp. 359~376.
- (5) Shin, K. H. and Lee, K. W., 1993, "Design of Side Cores of Injection Mold from Automatic Detection of Interference Faces," *ASME*, Vol. 59, pp. 27~34.
- (6) Chung, S. C., Yeon, K. H. and Song, I. H., 2005, "Web-based Draft Verification System for Injection Mold Design," *Transactions of the KSME, A*, Vol. 29, No. 10, pp. 1353~1360.
- (7) Bergen, G., 1997, "Efficient Collision Detection of Complex Deformable Models Using AABB Trees," *Journal of Graphics Tools*, Vol. 2, No. 4, pp. 1~13.
- (8) Gottschalk, S., Lin, M. C. and Manocha, D., 1996, "OBBTree : A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection," *Computer Graphics Proceeding (SIGGRAPH)*, Vol. 30, pp. 171~180.
- (9) Hubbard, P. M., 1993, "Interactive Collision Detection," *In IEEE Symposium on Research Frontiers in VR*, pp. 24~31.
- (10) Vemuri, B. C., Cao, Y. and Chen, L., 1998, "Fast Collision Detection Algorithms with Applications to Particle Flow," *Computer Graphics Forum: Journal of the European Association for Computer Graphics*, Vol. 17, No. 2, pp. 121~134.
- (11) Ar, S., Chazelle, B. and Tal, A., 2000, "Self-customized BSP Trees for Collision Detection," *Computational Geometry : Theory and Applications*, Vol. 15, No. 1, pp. 91~102.
- (12) Chung, S. C. and Song, I. H., 2004, "Web-based Design and Dimension Verification System using STEP Files," *Transactions of the KSME, A*, Vol. 28, No. 7, pp. 961~969.
- (13) Moller, T. and Haines, E., 1999, *Real-Time Rendering*, A K Peters, Ltd., Massachusetts.
- (14) Moller, T., 1997, "A Fast Triangle - Triangle Intersection Test," *Journal of Graphics Tools*, Vol. 2, No. 2, pp. 25~30.
- (15) Held, M., 1998, "ERIT - A Collection of Efficient and Reliable Intersection Tests," *Journal of Graphics Tools*, Vol. 2, No. 4, pp. 25~44.
- (16) Chung, S. C. and Song, I. H., 2006, "Design of Lightweight CAD Files for Web-based Collaboration," *Transactions of the KSME*, In Printing.
- (17) Chung, S. C., Kim, K. D. and Song, I. H., 2003, "An Internet-based Dimensional Verification System for Reverse Engineering," *Transactions of the KSME, A*, Vol. 27, No. 8, pp. 1409~1417.