

RP 코드 합성을 기반으로 한 세 방향 영상에서의 삼차원 모델의 복원

(3-D Model Reconstruction from Three Orthogonal Views Based on Merging Technique of RP Codes)

朴 淳 庸*, 秦 成 一**

(Soon Yong Park and Sung Il Chien)

要 約

2차원 직사각형 코드(rectangular code)를 이용하여 생성된 3차원 직육면체 코드를 새로운 합성 알고리즘을 사용하여 합성하였다. 직육면체 코드(Rectangular parallelepiped code)는 3차원 입체를 표현하는 체적 기반 표현 방식의 하나이다. 본 논문에서는 2차원 직사각형 코드를 수정하여 3차원 직육면체 코드들이 공간 상에 존재하는 위치를 더욱 정규화하였으며 3차원 공간의 두 방향으로 이들 직육면체 코드를 합성하였다. 합성한 후의 새로운 입체는 기존의 직육면체 코드로 이루어진 입체보다 그 정보의 양이 현저히 줄어 들었으며 그 모양 또한 실제 입체의 모양에 더욱 부합되게 하였다.

Abstract

A new merging technique is adopted for combining rectangular parallelepipeds produced by 2-D rectangular code into more intuitive 3-D volume elements. Rectangular parallelepiped codes (RP codes) can be used in volume-based representation of a three-dimensional object. We proposed more regularity-conserving 2-D rectangular coding scheme to merge rectangular cells represented by RP codes in three-dimensional space. After being constructed from modified 2-D rectangular code, 3-D RP codes are merged in the two orthogonal directions using new merging algorithm. The shape of merged 3-D object reconstructed by proposed algorithm is shown to be much closer to the original object shape than that of conventional RP codes. The storage requirement of merged object can be also reduced.

1. 서 론

컴퓨터 그래픽스, 솔리드 모델링 및 CAD/CAM

등의 분야에서 3차원 입체를 컴퓨터 내부로 모델링하는 것은 매우 중요한 작업 중의 하나이다. 3차원 공간상에 존재하는 입체를 컴퓨터 내부의 자료구조로 바꾸어 여러가지 작업을 수행하기 위해서는 3차원 입체의 모델링이 필수적이며, 현재까지 이 분야에서 사용할 시스템의 특성에 맞는 여러가지 모델링 방법이 제안되고 있다.^{1,2,3} 3차원 입체의 모델링 방법으로는 크게 경계 기반 표현(boundary-based representation) 방식과 체적 기반 표현(volume-based

* 正會員, 韓國原子力研究所
(KAERI)

** 正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l univ.)
接受日字 : 1993年 6月 1日

representation) 방식으로 나눌 수 있다.³⁾

3차원 입체를 모델링하기 위해서는 그 입체의 기하학적인 3차원 정보를 컴퓨터에 입력시켜야 하기 때문에 많은 노력을 필요로 한다. 이러한 어려움을 줄이기 위해서 3차원 입체로부터 얻은 영상 정보를 이용하여 자동으로 컴퓨터 내부로 모델링하는 방법들이 제안되고 있다. Chien과 Aggarwal⁴⁾은 입체의 여러 방향에서 얻은 영상을 이용하여 octree⁵⁾로 표현한 방법을 제안하였으며 Martin과 Aggarwal⁶⁾은 입체의 여러 방향의 영상의 경계로부터 입체의 조각들을 생성하는 방법을 사용하였다. 그리고 Kim과 Aggarwal⁷⁾은 입체의 세 방향 영상에서 직방체 코드를 만들어 입체를 표현하였다. 이들 방법중에서 직육면체 코드법(Rectangular parallelepiped coding or RP coding)은 3차원 입체의 정면, 평면 그리고 측면 방향으로 부터 얻은 세개의 이진화 영상(binary image)을 직사각형 코드(rectangular code)로 바꾸고, 다시 이들을 이용하여 RP 코드를 만들어 컴퓨터 내부로 입체를 모델링하는 방법이다.⁸⁾ 그러나 RP 코드법은 이진화 영상을 직사각형 코드로 변환하는 과정에서 모든 기하학적 정보를 직각 좌표로만 표현하기 때문에 실제 입체의 모양에 그 정보의 양이 의존하기보다는 3차원 공간 상에 놓인 입체의 위치에 의존한다. 예를 들면 같은 정육방체의 입체라도 비스듬히 놓인 육방체를 모델링하기 위해서 많은 직육방체를 계단 모양으로 쌓아서 표현을 해야 한다. 이와 같은 경우 실제 입체의 모습은 정육방체이지만 모델링된 입체는 직육방체의 집합으로 이루어지므로 실제보다 다른 입체로 모델링되며 또한 컴퓨터 내부의 기억 장소도 크게 차지한다.

본 논문에서는 RP 코드들 사이의 기하학적 관계를 고려하여 그들을 합성하거나 모양을 변형시킴으로써 생성된 입체의 입체소의 갯수를 줄여 기억 장소의 크기를 작게하고 동시에 그 모양도 실제의 모습에 더욱 가깝게하여 인간의 시각에 부합할 수 있게 하였다. RP 코드의 합성을 효율적으로 하기위해 2차원 직사각형 코드를 수정하였으며, 수정된 직사각형 코드로 생성된 직방체 코드들이 3차원 공간에서 놓여있는 위치를 정규화하였다. 또한 입체의 표현 방식을 경계 표현 방식(boundary representation)으로 바꾸어 합성된 입체를 효율적으로 표현할 수 있도록 하였다.

II. 직사각형 코드법과 직방체 코드법

1. 직사각형 코드법(Rectangular coding)

3차원 물체를 RP 코드로 표현하기 위해서는 물체

의 평면, 정면, 측면의 3방향에서 얻은 영상으로 부터 먼저 2차원 직사각형 코드를 생성한다.⁶⁾⁷⁾ 2차원 직사각형 코드법은 이진화 영상을 표현하기 위한 방법 중의 하나로서 2차원 영상에 대하여 물체의 영역을 직사각형들의 집합으로 구성하며 각각의 직사각형은 원점에서 가장 가까운 꼭지점의 좌표와 그 직사각형의 폭과 높이로 표현된다.

그림 1은 2차원 영상의 영역을 직사각형 코드법을 적용한 후의 모습과 코드화되어 저장된 된 데이터를 나타낸 것이다. 각 괄호들의 숫자들은 해당되는 직사각형의 원점에서 가장 가까운 꼭지점의 x와 y의 좌표와 직사각형의 폭과 높이를 나타낸다

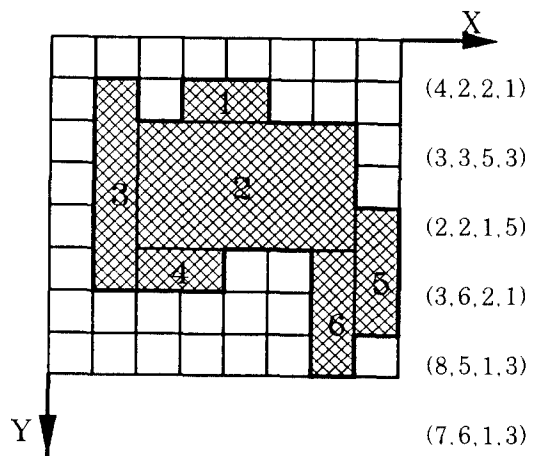


그림 1. 2차원 직사각형 코드법을 적용한 예제
Fig. 1. An example of 2-D rectangular coding.

2. 직방체 코드법(Rectangular parallelepiped coding)

직방체 코드법, 즉 RP 코드법은 2차원 직사각형 코드법을 3차원으로 확장한 것으로 생각할 수 있다.⁶⁾ RP 코드법으로 생성된 코드들은 3차원 입체를 이루는 작은 3차원 입체소(element)를 이루며 각 입체소들은 직방체로 이루어져 있다. 3차원 RP 코드 하나는 한 입체소에 대한 표현식이되며 직육면체의 꼭지점들 중 3차원 좌표의 원점에서 가장 가까운 꼭지점의 좌표와 직사각형의 높이, 폭 그리고, 길이로 구성된다.

3차원 RP 코드를 생성하는 방법은 우선 입체의 세 직각방향의 이진 영상에서 얻은 직사각형 코드를 3차원으로 확장하여 세개의 RP 코드들로 만든 다음 이들 입체들을 3차원 공간상에서 서로 교차시켜서 공통

적으로 포함되는 공간을 3차원 RP 코드로 만들어 낸다. 세개의 RP 코드를 교차시켜 새로운 RP 코드를 만드는 방법을 그림 2에서와 같이 보였다.

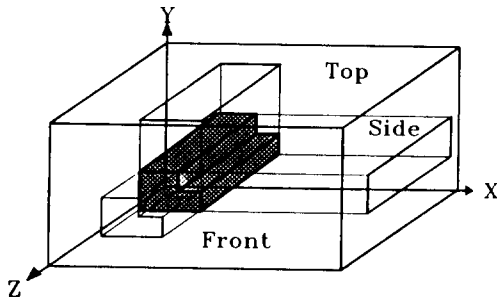


그림 2. 교차 방법으로 생성된 3차원 입체
Fig. 2. Intersections of three swept volumes.

Ⅲ. 수정된 직사각형 코드법(Modified rectangular coding)

1. 수정된 직사각형 코드

직사각형 코드법에서 생성된 각 사각형들은 모든 모서리에 대하여 다른 사각형과 접할 수 있다.^[6] 이 방법으로 직사각형 코드법을 만든 경우에 생성되는 직육면체(RP) 코드 또한 각 체적소는 모든 6개의 면에 대하여 접하는 다른 체적소가 존재할 수 있으며 결과적으로 각 체적소 간의 관계가 복잡해짐에 따라 합성 과정이 매우 까다롭게 된다. 즉 RP 코드법으로 만들어진 육면체들을 합성시키는 과정은 육면체와 접하는 다른 육면체와의 기하학적 관계를 고려하여 합성하게 되는데 그 관계가 단순해 질수록 합성 과정 또한 쉽게 이루어진다.

본 논문에서는 직사각형 코드법을 수정하여 직사각형들이 한 방향의 모서리에만 서로 접하도록 하고 이들을 이용하여 생성된 RP 코드들은 각 육면체가 다른 육면체와 접하는 면이 두 방향으로만 존재하도록 하여 합성 과정을 쉽게 빠른 시간에 수행되도록 하였다. 직사각형 코드법의 함수 grow를 다음과 같이 수정하였다.^[7]

```
grow(Q)
grow = 0;
if the last row of Q is adjacent to the current
scanning row /* YP = YQ + HQ */
AND the width of P is equal to that of Q
/* WQ = WP */
if the starting columns of both P and Q
```

```
are the same /* XQ = XP */ AND
the last columns of both P and Q are
the same /* XQ + WQ = XP + WP */
grow = 1;
return(grow);
end_procedure
```

여기서 P와 Q는 각각 독립된 직사각형을 나타낸다. 직사각형 Q는 합성 가능한 모든 직사각형들 중의 하나이며 현재 스캔 라인에 놓여 있는 직사각형 P와 합성 여부를 조사하게 된다. 두 직사각형은 P와 Q의 합성 여부는 기존의 grow 함수에서는 두 직사각형의 시작점 X_Q와 X_P가 같고 직사각형 P의 넓이 W_P가 Q의 넓이 W_Q보다 큰 경우에 대하여 합성이 가능한 반면 수정된 grow 함수에서는 두 직사각형의 넓이도 동일해야 한다는 조건을 두어 W_P와 W_Q도 같은 경우에만 합성이 되도록 하였다.

그림 3은 수정된 알고리즘을 그림 1의 예제에 적용하여 만들어진 물체 영역의 분할과 직사각형 코드의 내용을 보여 준다. 수정된 직사각형 코드법을 사용하여 만들어진 직사각형 코드들은 그림 3에서와 같이 그 변이 y축에 평행한 면에 대해서는 서로 접하지않게 된다. 그리고, 이들을 이용하여 만든 RP 코드들은 각 육면체가 다른 육면체와 접하는 면의 법선 벡터가 z축에 평행한 면은 존재하지 않게 된다. 그러므로 합성 과정은 각 체적소의 면법선 벡터가 x, y 축과 평행한 방향의 면에 대해서만 고려되고 체적소 간의 기하학적 관계도 단순해 짐으로써 합성은 쉽게 수행될 수 있다.

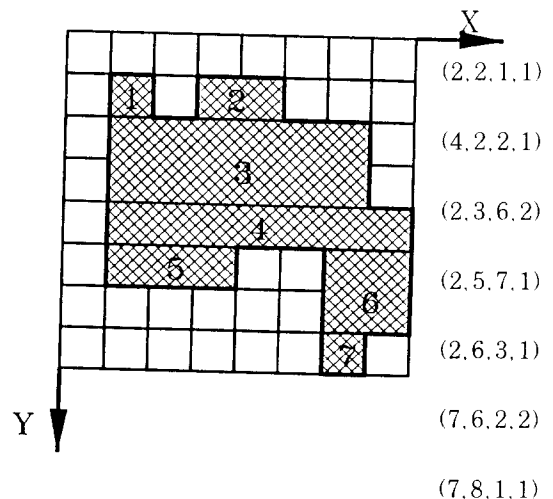


그림 3. 수정된 직사각형 코드법이 적용된 예제
Fig. 3. An example of modified rectangular coding.

다음 그림 4는 기존의 직사각형 코드법과 수정된 직사각형 코드법이 만들어 내는 직사각형들의 2차원 공간에서의 위치를 비교하기 위해 B727 비행기의 날개 부분의 이진화 영상에 대하여 두 알고리즘을 적용한 예이다. 그림 4(a)는 기존의 방법을 적용한 결과이고 그림 4(b)는 수정한 알고리즘을 적용한 결과이다.

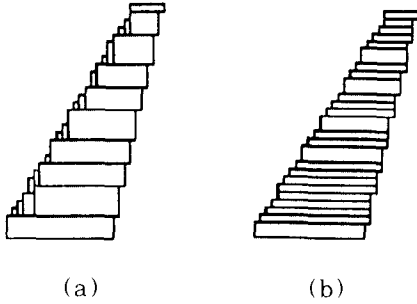


그림 4. B727 비행기 날개에 대한 두 직사각형 코드법의 비교

- (a) 기존 방법예 의한 결과
- (b) 제안된 방법에 의한 결과

Fig. 4. Comparison of two rectangular coding schemes(top view).

- (a) Conventional method.
- (b) Proposed method.

IV. 합성 과정

1. RP 코드에서 경계 표현 방식으로 변환

RP 코드의 기본 체적소는 직육면체이다. RP 코드로 표현된 직육면체는 3차원 직각 좌표의 원점에서 가장 가까운 꼭지점의 좌표와 직육면체의 폭,높이 그리고 깊이로 표현된다. 그러나, 일반적인 3차원 입체의 모양은 직육면체의 성분만으로 이루어져 있지않고 다양한 모습을 가지므로 RP 코드는 하나의 입체를 표현하기 위해서 많은 양의 코드를 필요로 한다. 특히 RP 코드를 생성하기위해 필요한 직사각형 코드는 입체의 2차원 이진 영상을 주사(scan)하면서 코드를 만들기때문에 영상의 크기가 커지면 생성되는 코드의 양도 당연히 커지게 된다. 그러므로 3차원 RP 코드를 합성한 입체를 단순하게 표현하기 위해서는 그 입체소를 RP 코드가 아닌 다른 표현 방식으로 바꾸지 않으면 안된다. 본 논문에서는 RP 코드를 컴퓨터 그래픽스에서 주로 쓰이는 경계 표현 방식으로 표현 방식을 바꾸어서 체적소를 표현하고 합성 과정 또한 경

계 표현 방식으로 표현된 두 체적소들을 합성하는 방법을 제시한다.

2. 합성의 조건

1) 첫번째 합성 조건 1

3차원 공간상에서 두개의 육면체가 서로 공통면을 공유한다고 가정하자. 육면체를 각각 C1,C2라 할 때 공통면에 속하는 꼭지점들 중 C1의 꼭지점을 V_{1i} 이라 하자. 그리고, 각각의 꼭지점과 동일변 위에 존재하고 공통면 위에 놓여 있지 않은 꼭지점들을 V_{1i+4} 이라 하자. 여기서 i 는 0에서 3까지의 값을 가지며 이것은 하나의 육면체가 공통면에 접하는 꼭지점은 4개임을 뜻한다. 그리고, $i+4$ 는 4에서 7까지의 값을 가지며 어떤 꼭지점의 번호가 i 일때 $i+4$ 의 번호를 가지는 꼭지점이 공통면 위에 있지 않은 동일변 위의 꼭지점이다.

한편 공통면 위의 꼭지점들 중 C2에 속하고 V_{1i} 과 가장 가까운 꼭지점들을 V_{2i+4} , 그리고 이들과 동일변 위에 있고 공통면 위에 있지 않은 꼭지점들을 V_{2i} 이라고 하자. 그림 5에서 $CVECT_{1i}$ 는 V_{2i} 와 V_{1i+4} 를 각각 끝점과 시작점으로 하는 벡터이며 V_{1i} 와 $CVECT_{1i}$ 사이의 거리를 l_i , 그리고 V_{2i+4} 와 $CVECT_{1i}$ 사이의 거리를 l_{i+4} 라 하고 이들의 최대치를 ed_dsi 라 한다. 그림 5에서 $VECT_{1i+4}$ 는 V_{2i+4} 와 V_{1i+4} 를 각각 끝점과 시작점으로 하는 벡터이며 $VECT_{1i}$ 는 V_{2i} 와 V_{1i} 를 각각 끝점과 시작점으로 하는 벡터이다.

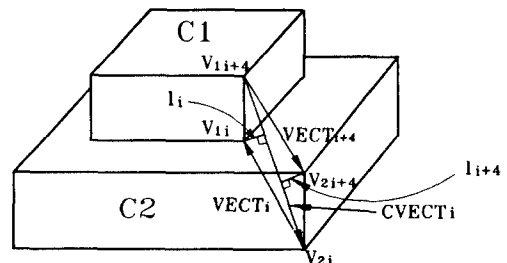


그림 5. 접하고 있는 두 육면체에서 정의된 벡터들
Fig. 5. Vectors defined in two contacted rectangular parallelepipeds.

그림 5에서 두 l_i 와 l_{i+4} 중 최대치 ed_dsi 를 두 육면체를 합성하기위한 첫번째 조건으로 둔다. 공통면 위의 꼭지점들에 대해 ed_dsi 를 구한 다음 이 값이 주어진 입체치, TH의 값과 비교하여 그 값보다 작으면 두 육면체를 합성한다. l_i 와 l_{i+4} 는 다음의 식 (1)과 (2)에서 계산된다.

$$l_i = \frac{\|CVECT_i \times VECT_i\|}{\|CBECT_i\|} \quad (1)$$

$$l_{i+4} = \frac{\|CVECT_i \times VECT_{i+4}\|}{\|CBECT_i\|} \quad (2)$$

2) 두번째 합성 조건

조건 1을 적용하여 그림 6(a)의 예제를 고려해보자. 육면체 C1과 C2에서 ed_dsi를 구하고 그 크기를 TH와 비교하였을 때 TH보다 작다면 C1과 C2는 합성되고 수정 후의 육면체 C1을 그림 6(b)에 나타내었다. C1은 다시 C3와 조건 1의 만족 여부를 결정하기 위해 ed_dsi를 다시 구하고 TH와 비교하며 합성될 경우 C1은 C3와 합성한다. 이런 과정을 반복하는 경우 C1은 그림 6(c)의 그림과 같은 결과의 모양을 얻게되며 실제 얻고자 하는 그림 6(d)의 결과와는 큰 차이를 보인다.

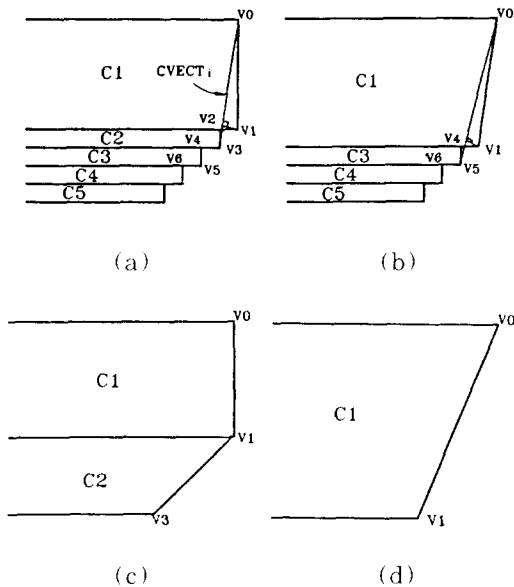


그림 6. 조건 1로 인해 생기는 기대 않은 결과

- (a) C1과 C2의 합성
- (b) C1과 C3의 합성
- (c) 모든 육면체의 합성 결과
- (d) 기대되었던 결과

Fig. 6. Unexpected result of first condition.

- (a) Merging of C1 and C2.
- (b) Merging of C1 and C3.
- (c) Result of merging of all cubes.
- (d) Expected result.

조건 1에 의해 합성되는 육면체는 공통면에 존재하는 꼭지점들을 제거하고 공통면에 있지 않는 꼭지점들, 즉 CVECT_i로 연결되는 4개의 모서리를 새로 만들게되며 이 과정에서 발생하는 오차를 하나의 모서리에 대하여 그림 7에 나타내었다. 빗금 친 부분의 A영역은 원래의 입체에 속한 부분이었으나 새로 합성되는 입체의 체적에는 속하지 못한 부분이고 B영역은 반대로 원래의 입체에는 속하지 않았으나 합성 후의 체적에 속하는 부분으로 전체적인 오차는 두 영역의 차의 절대값이 된다.

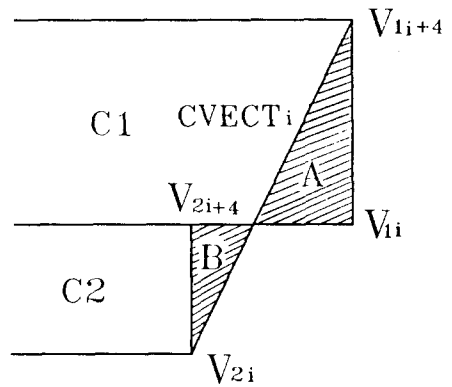


그림 7. 합성 과정에서 두 꼭지점 사이에 발생하는 오차

Fig. 7. Error generated by two cell's merging process.

두 육면체의 합성 경우는 그 오차가 비교적 무시할 수 있는 작은 값이지만 그림 3과 같은 합성 과정이 반복될수록 처음 제거된 꼭지점 V1, V2와 CVECT_i와의 거리가 멀어지면서 오차는 더욱 커지게 되어 그림 6(c)와 같은 결과가 발생하는 원인이 된다.

이러한 오류를 없애기 위해서 본 논문에서는 첫번째 합성 과정에서 제거된 공통면 상의 두 꼭지점을 기억하고 있다가 합성의 조건으로 사용한다. 즉 그림 6(a)에서 C1과 C2가 첫번째로 합성되었다면 V1과 V2의 좌표를 저장하였다가 그림 6(b)에서 수정된 C1이 C3와의 합성 여부를 조사할 때 ed_dsi를 조사함과 동시에 V1과 V2와 CVECT_i까지의 거리를 조사한다. 이들 두 거리의 변수를 두번째 합성 조건으로 두고 그 값들이 임계치 TH보다 작으면 합성이 가능한 것으로 본다.

3. 합성의 순서

수정된 직사각형 코드로 생성된 RP 코드들은 체적

소의 두 방향 성분의 면에만 접하는 다른 입체소를 가지므로 두번의 합성과정으로 전체 합성을 수행한다. 합성 과정은 RP 코드를 경계 표현 방식으로 바꾸고 y값이 같은 육면체끼리 합성을 우선적으로 한다. 이 과정을 가로 방향 합성이라 하고 합성 과정을 거친 육면체들은 다음 합성 과정인 세로 방향 합성에서 합성을 완료한다.

수정된 직사각형 코드법을 이용하여 생성된 RP 코드는 3차원 RP 코드의 y 좌표 값이 같은 모든 육면체들은 높이 h 역시 같은 값을 가지는 특성을 나타낸다. 이것은 RP코드가 3차원의 입체를 표현하는 코드지만 y축에 수직인 방향에 대해서는 2차원 평면적인 특성을 가진다는 의미가 된다. 즉 가로 방향의 합성을 먼저 수행할 경우 2차원적인 의미의 합성을 수행하면 되므로 알고리즘이 간단해지며 세로 방향의 합성보다 인접한 두 육면체의 유사성이 큰 특성을 나타내므로 많은 수의 육면체들을 합성할 수 있다. 반면 세로 방향의 합성을 먼저 시도할 경우 3차원적인 합성 알고리즘을 처음부터 고려해야 하며 다음에 수행할 가로 방향의 합성의 효율을 떨어뜨리는 단점이 있다. 실제로 RP 코드의 합성 과정은 가로 방향의 합성에서 전체 합성되는 육면체의 70% 정도가 합성이 됨을 알 수 있다.

합성의 순서는 절대적으로 정해지는 것은 아니다. 직사각형 코드를 수정할 때 본 논문에서와 같이 y축에 수직인 면에 대하여 직사각형들이 서로 접하도록 수정된 경우에는 RP 코드의 합성을 가로 방향을 먼저 수행하고 반대로 직사각형들이 x축에 수직인 면에 대해서만 접하도록 직사각형 코드가 수정되었다면 세로 방향의 합성을 먼저 수행하는 것이 바람직 할 것이다. 가로 방향의 합성 과정을 다음의 알고리즘에 나타내었다.

```
horizontal merge procedure
loop1:
  for ith RP code
    if RP code is not merged yet,
      convert RP to boundary representation
      & save to RTMP:
loop2:
  j = i:
  for j+1th RP code
    if RP code is not merged yet,
      convert RP to boundary representation
      & save to RRP:
    if RTMP & RRP has common face
```

```
and unique face
  check = merge(RTMP,RRP):
  switch (check) case 1 : j++:
    /* merged */
    goto loop2:
  case -1: save RTMP to RFIX:
    /* not merged */
    i++:
    goto loop1:
  if RTMP has not common face against all RRP
    save RTMP to RFIX :
    i++:
    goto loop1:
end_procedure
```

3가지 조건으로 합성과 변형 여부를 조사하고 육면체를 합성하며 또는 변형하는 작업을 수행하는 알고리즘 merge_procedure를 다음에 나타내었다.

```
merge_procedure(RRP1,RRP2)
  find vertices  $V_{1i}, V_{1i+4}, V_{2i}, V_{2i+4}$ :
  find cross_vect CVECTi for each corner:
  find ed_dsi for each corner: /* condition 1 */
  find fst_dsi and snd_dsi: /* condition 2 */
  determine cross point of a vect CVECTi
  and a common plane of C1:
  find crrent vect CRTi and cnc_dsi:
  /* condition 3 */
  if condition 1 AND condition 2 are
  smaller than given threshold 1
    merge RRP1 and RRP2:
    return value = 1:
  else if condition 3 is smaller than given
  threshold 2
    modify RRP1 or RRP2 accordingly:
    return value = -1:
  return:
end_procedure
```

가로 방향의 합성이 완료된 입체소들은 다시 세로 방향의 합성 과정을 수행한다. 세로 방향의 합성은 가로 방향 합성 알고리즘과 거의 같은 알고리즘을 가지지만 그 합성 방향이 가로 방향 합성과 직각 방향으로 다른 차이가 있다. 세로 방향 합성에서는 가로 방향 합성에서 만들어진 각 입체소들의 y축에 수직인 면에 서로 접하고 있는 입체소들을 합성하여 전체 합

성 과정을 완료하게 된다.

VI. 결론

V. 실험

그림 8은 정면도가 alphabet D이고 측면도가 C인 가상 입체의 이진화 영상이다. 그림 9는 기존의 RP 코드법 방법에 의해 재구성된 입체이며 그림 10은 합성 알고리즘을 사용하여 재구성한 모델이다. 임계치 TH은 1.5로 두었으며 기존 방법에 의해 생긴 육면체의 갯수는 80개인데 비해 합성후는 12개로 크게 줄어들었다. 그림 11은 B727 항공기의 정면도, 평면도, 측면도에 대한 이진화 영상이며 그림 12는 RP 코드를 이용하여 재구성한 B727 항공기의 모델이다. 그림 13은 합성 알고리즘을 사용하여 재구성한 B727의 모델이다. 기존의 RP 코드로 합성된 입체의 육면체 갯수는 220개인데 비하여 임계치 TH을 1.0으로 둔 경우에는 육면체가 76개로 그리고 임계치 TH을 1.5로 두었을 경우에는 합성 후 61개로 크게 줄어 들었다.

실험 결과 임계치 TH의 변화에 따라 합성되는 입체의 육면체의 갯수가 크게 달라 짐을 알 수 있었다. 합성 과정에서 임계치를 조정하여 원하는 입체의 모양을 얻을 수 있었다. 임계치가 작은 경우는 원래의 모델에서 크게 벗어나지 않게 합성할 수 있으나 육면체의 갯수가 크게 줄어들지 않게 되며 반면 임계치를 너무 크게 정할 경우 합성 후의 육면체의 갯수가 크게 줄어드는 대신 입체의 모양이 원래의 모델에서 벗어나는 것을 알 수 있었다. 그러므로 임계치는 반복 실험을 통하여 그 모델에 가장 적절한 값으로 선택하는 것이 바람직하며 일반적으로 임계치는 1.0에서 1.5 사이에서 정해짐을 알 수 있었다.

표 1에서는 실험에 사용된 모델들에 대해서 RP 코드로 만들어진 모델이 이루는 육면체의 갯수와 본 논문이 제안한 합성 과정 알고리즘 적용 후에 만들어진 모델들이 가지고 있는 육면체의 갯수를 비교하고 입체소의 RP 코드와의 압축비를 보여준다

표 1. RP 코드 와 합성 알고리즘 적용 후의 육면체의 갯수

Table 1. Comparison of number of hexahedra after merging process.

Model	RP coding	Proposed merging process		Compression ratio
Alphabet	80	12		6.67
B727 aircraft	220	TH=1.0	76	2.89
		TH=1.5	61	3.60

지금까지 3차원 입체를 표현하는 한 방법인 RP 코드를 합성하여 기존의 RP 코드에 비해 많은 양의 정보를 줄이고 또한 입체의 모양을 실제 모양에 가깝게 모델화하였다. 기존의 RP 코드는 3차원 입체를 모델링하는데 컴퓨터가 처리해야할 정보의 양이 입체 모양의 복잡성에 따라 크게 증가하고 입체의 모양 또한 discrete한 특성으로 인해 실제 입체와는 다른 결과를 얻는다. RP 코드의 이런 단점을 보완하기 위해 직사각형 코드법을 수정하고 RP 코드를 만든 후 합성 알고리즘을 적용한 결과 입체의 전체적 모양을 실제 모양에 가깝게 하면서 동시에 정보의 양도 줄일 수 있었다. 앞으로 본 연구에서 만들어진 결과에 덧붙여, 3차원 입체의 영상 정보를 orthogonal한 세 방향이 아닌 임의의 각도에서 얻은 영상 정보들로서 만든 RP 코드의 입체들을 합성시키는 알고리즘의 개발이 필요하리라 생각된다.

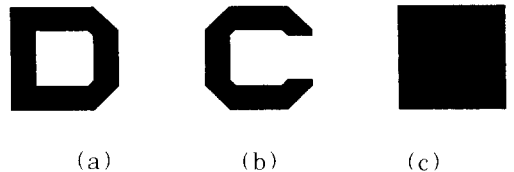


그림 8. Alphabet 모양으로 이루어진 입체의 이진화 영상

(a) 정면도 (b) 측면도 (c) 평면도

Fig. 8. Binary images of alphabet-shaped object.

(a) Front view, (b) Side view, (c) Top view.

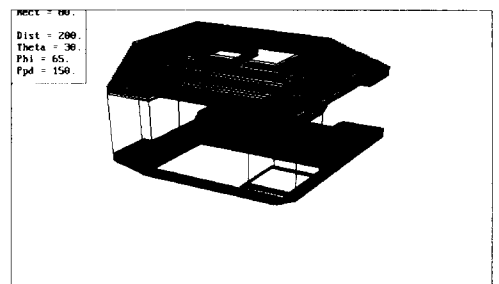


그림 9. RP 코드를 사용하여 재구성한 입체
Fig. 9. Alphabet-shaped object reconstructed by RP code.

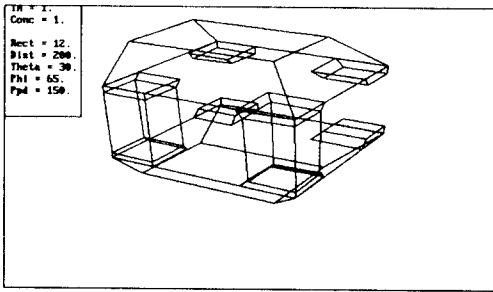


그림 10. 제안된 합성 알고리즘을 이용하여 재구성한 입체
Fig. 10. Alphabet-shaped object reconstructed by proposed algorithm.

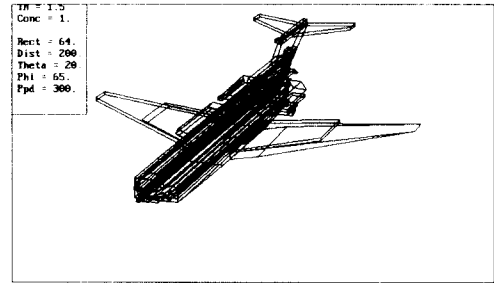


그림 13. 제안된 합성 알고리즘을 이용하여 재구성한 B727 항공기
Fig. 13. B727 aircraft reconstructed by proposed algorithm.

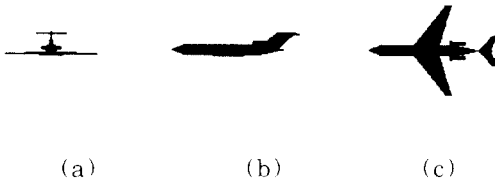


그림 11. B727 항공기의 이진화 영상
(a) 정면도
(b) 측면도
(c) 평면도
Fig. 11. Binary images of B727 aircraft.
(a) Front view.
(b) Side view.
(c) Top view.

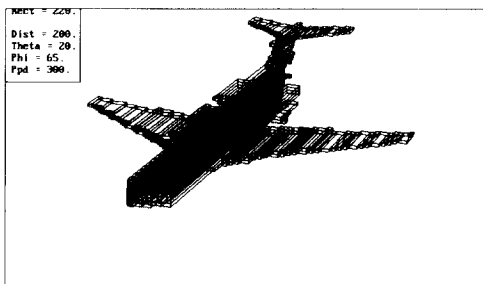


그림 12. RP 코드를 사용하여 재구성한 B727 항공기
Fig. 12. B727 aircraft reconstructed by RP code.

參 考 文 獻

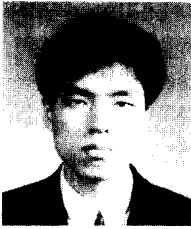
- [1] H. Samet and R. E. Webber, "Hierarchical Data Structures and Algorithms for Computer Graphics, Part I: Fundamentals," *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp.48-68, May 1988
- [2] H. Samet and R. E. Webber, "Hierarchical Data Structures and Algorithms for Computer Graphics, Part II: Applications," *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp.59-75, July 1988.
- [3] A. A. G. Requicha, "Representations for Rigid Solids: Theory, Methods, and Systems," *ACM Computing Surveys*, Vol.12, No.4, pp.437-464, Dec.1980.
- [4] C. H. Chien and J. K. Aggarwal, "Volume/Surface Octrees for the Representation of Three-Dimensional Objects," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol. 36, pp.100-113, Oct.1986.
- [5] W. N. Martin and J. K. Aggarwal, "Volumetric Descriptions of Objects from Multiple Views," *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.*, Vol.PAMI-5, No.2, pp.150-158, May 1983.
- [6] Y. C. Kim and J. K. Aggarwal, "Rectangular Parallelepiped Coding : A Volumetric Representation of Three-

Dimensional Objects." IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.RA-2, No.3, pp.127-134, Sep.1986.

- [7] Y. C. Kim and J. K. Aggarwal, "Rectangular Coding for Binary

Images." in Proc. *IEEE Conf. Computer Vision Patt. Recognition*, pp.108-113, 1983.

著 者 紹 介



朴 淳 庸(正會員)

1968年 8月 18日生. 1991年 2月
경북대학교 전자공학과 졸업.
1993年 2月 경북대학교 전자공학과 석사학위 취득. 1993年 2月 ~
현재 한국원자력연구소(연구원).
주관심 분야는 컴퓨터비전, 영상

신호처리 등임.



秦 成 一(正會員)

1977年 서울대학교 전자공학과 졸업. 1981年 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업. 1988年 Carnegie Mellon University 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업. 1981年 ~ 현재 경북대학교 부교수. 주관심 분야는 컴퓨터 비전, 문자 인식, 패턴 인식 등임.