

논문 2012-49CI-4-12

3차원 공간의 인식을 위한 블록기반 3D맵

(A Block based 3D Map for Recognizing Three Dimensional Spaces)

이 정 수*, 김 준 성**

(Jongsu Yi and JunSeong Kim)

요 약

지능형 서비스 분야에 있어 3D맵은 유용하고 다양한 정보를 제공할 수 있다. 기존의 삼차원 공간에 대한 연구 방법들은 제공하는 데이터가 원초적이고 처리량이 방대하여 지능형 서비스의 실시간 처리에는 적절하지 못하다. 본 논문에서는 전방의 공간에 대하여 스테레오 정합 연산의 결과인 거리정보 이미지를 바탕으로 블록 기반의 맵을 구성하여 해당 공간의 다양한 정보를 제공할 수 있는 방안을 제안한다. 블록기반 3D맵은 객체율과 블록크기의 2개의 중요한 변수를 가진다. 객체율은 하나의 블록에서 공간대비 객체의 픽셀수의 비율로써 블록종류를 결정한다. 블록크기는 정육면체로 구성되는 개별 블록의 한 변의 픽셀수를 나타내며, 블록의 크기를 결정한다. 실험을 통하여 블록기반 3D맵은 기존의 거리정보 이미지에 비하여 노이즈와 데이터 양을 효과적으로 감소시키는 것을 확인하였다. 320x240크기의 거리정보 이미지에 대하여 블록크기는 40x40, 객체율은 30%에서 50%로 설정하였을 때 가장 정합율이 높은 블록기반 3D맵을 취득할 수 있음을 확인하였다. 블록기반 3D맵은 지능형 서비스 분야에서 사용하기 용이하고 다양한 새로운 서비스를 도출할 수 있는 고부가가치를 갖는 정보를 제공할 수 있다.

Abstract

A 3D map provides useful information for intelligent services. Traditional 3D maps, however, consist of a raw image data and are not suitable for real-time applications. In this paper, we propose the Block-based 3D map, that represents three dimensional spaces in a collection of square blocks. The Block-based 3D map has two major variables: an object ratio and a block size. The object ratio is defined as the proportion of object pixels to space pixels in a block and determines the type of the block. The block size is defined as the number of pixels of the side of a block and determines the size of the block. Experiments show the advantage of the Block-based 3D map in reducing noise, and in saving the amount of processing data. With the block size of 40x40 and the object ratio of 30% to 50% we can get the most matched Block-based 3D map for the 320x240 depthmap. The Block-based 3D map provides useful information, that can produce a variety of new services with high added value in intelligent environments.

Keywords : 지능형 센서, 블록 기반 3D맵, 지능형 서비스, 스테레오 비전 시스템, 스마트 카메라

I. 서 론

센서는 다양한 서비스를 사용자에게 제공하는데 있

어 정보 데이터의 수집을 위한 지능형 서비스 분야의 필수적인 구성 요소이다. 스마트 그린 홈이나 지능형 서비스 로봇 등의 지능형 서비스 분야는 세계적으로 년 15% 이상의 시장 성장률을 보이고 있다^[9]. 지능형 서비스 분야의 발전에 따라서 서비스의 질이 높아지고 더욱 복잡해짐에 따라 기존의 적외선, 온도, 습도 센서와 같은 수동적이고 1차적인 정보를 수집하여 제공하는 저차원 센서보다 상황을 인지하여 서비스에서 필요로 하는 데이터를 수집, 가공하여 제공할 수 있는 고차원의 지능형 센서의 필요성이 증가하고 있다^[1].

* 학생회원, ** 정회원-교신저자, 중앙대학교 전자전기공학부

(School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University)

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(과제번호 2012-0001454)

접수일자: 2012년2월5일, 수정완료일: 2012년6월21일

최근의 대표적인 지능형 센서 중 하나인 영상 센서는 인간의 시각정보와 유사한 데이터를 취득함으로써 더욱 다양하고 풍부한 데이터를 사용자와 지능형 서비스에 제공해 줄 수 있다. 과거의 영상센서는 CCTV와 같은 단순한 영상을 수집하는 수준이었는데 비하여, 최근에는 스테레오 비전 시스템과 같은 관련 기술의 발전에 따라 거리 정보, 객체 정보 등과 같은 다양한 정보를 수집, 가공하여 제공하는 것이 가능해졌다^[2~4, 10]. 지능화된 영상센서에서 사용되는 스테레오 비전 시스템은 인간의 시야와 유사한 2개의 카메라를 사용하여 3차원 거리정보를 취득하는 것을 그 목적으로 한다. 현재 국내외의 다양한 분야에서 스테레오 비전 시스템을 사용하여 3D맵을 제공하여 활용하기 위한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그러나 대부분의 연구 활동이 더욱 자세한 3D맵을 구현하거나 로봇 비전 분야의 이동에 따른 장애물에 대한 인식을 위한 3D맵을 구현하는 연구를 수행하고 있는 현실이다^[5~8].

하지만 기존의 3D맵에 대한 연구는 그 데이터의 양이 많고 단순한 거리를 보여주는 3D맵의 제공에 그쳐 지능형 서비스의 측면에서 사용하기 위해서는 연산과정을 거쳐야하는 단점이 존재한다. 지능형 서비스에서 고품질의 서비스 제공을 위하여서는 단순한 깊이를 보여주는 3D맵이 아닌 의미 있는 정보로 재구성된 3D맵이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 지능형 서비스에서 사용가능한 지능화된 데이터의 구현을 위하여 블록기반 3D맵을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장의 본론을 통하여 블록기반 3D맵을 제안하고 블록기반 3D맵을 구성하는 블록과 블록종류를 결정하는 객체울 그리고 블록크기를 정의한다. III장의 실험을 통하여 객체울과 블록크기의 변화에 따른 블록기반 3D맵의 변화와 오류율을

분석한다. 마지막으로 IV장 결론을 통하여 논문을 마무리한다.

II. 본 론

1. 블록기반 3D맵 개요

블록기반 3D맵은 정보를 가지는 블록으로 구성되는 3D맵으로 정의하였다. 블록기반 3D맵은 그림 1에서 보이는 바와 같이 전방의 공간에 대한 스테레오 정합 연산의 결과인 3차원 거리정보 이미지를 바탕으로 객체의 유무에 대한 정보와 부가 정보를 가지는 블록이라는 정육면체로 구성하여 생성된다.

기존의 거리정보 이미지의 경우 각 픽셀들이 거리정보를 가짐으로써 제공하는 데이터의 양이 많고 원시적인 거리 정보만을 제공하므로 어플리케이션에서 사용하기 적절하지 못하여 이를 분석하여 의미 있는 데이터를 추출하여야한다. 반면 블록기반 3D맵은 거리정보 이미지를 바탕으로 객체의 유무와 같은 다양한 정보를 포함하는 블록이라는 요소로 3D맵을 구성하여 복잡한 3D맵을 단순화하고 정보화하고 블록이 객체의 존재 정보와 추가적으로 블록의 각 면에 대한 색상, 이미지와 객체의 이동성과 시간 등의 정보를 가짐으로써 지능형 서비스에서 사용하기 용이한 다양한 정보를 제공할 수 있다 또한 블록기반 3D맵으로 변환함으로써 거리정보 이미지에 존재하는 오차와 오류를 줄일 수 있다.

2. 블록의 정의

블록기반 3D맵의 기본 구성요소인 블록은 전방의 3차원 공간에 대하여 일정 크기로 자른 정육면체의 공간으로 정의한다. 그림 1에서와 같이 각 블록은 블록내의 픽셀들의 거리 정보에 따라서 객체블록, 공간블록과 미확인블록의 3가지로 정의된다. 객체블록은 블록의 내부에 객체가 존재한다고 연산된 블록을 나타내며, 공간블록의 경우 해당 블록에 아무런 객체가 존재하지 않는 블록을 나타낸다. 미확인블록은 객체의 존재 여부를 확인할 수 없는 블록으로서 객체블록의 뒤쪽 공간들이 미확인블록으로 구분된다. 블록은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 블록종류: 블록종류는 객체블록, 공간블록, 미확인블록의 3가지 값을 가진다.

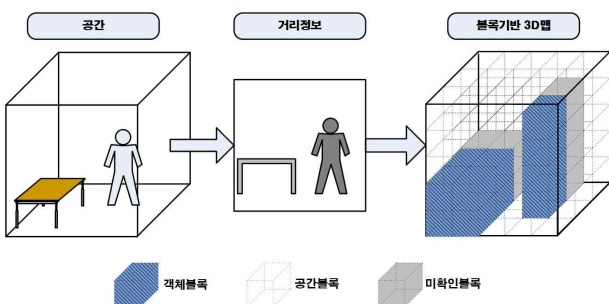


그림 1. 블록기반 3D맵 개요도
Fig. 1. A concept of the block-based 3D map.

- 블록좌표: 블록기반 3D맵에서의 블록의 3차원 상대적 좌표를 나타낸다.
- 블록크기: 스마트 공간을 블록으로 분할할 때 블록의 한 변의 픽셀 크기를 나타낸다. 블록크기의 최대값과 최소값은 이미지 사이즈에 따라서 결정된다.
- 객체율: 객체 픽셀과 공간 픽셀의 비율을 나타내며 블록종류를 결정한다.

위의 여러 특성 중에서 객체율과 블록크기는 지능형 서비스에서의 필요에 따라서 조절 가능한 중요한 특성이다.

2-1. 객체율

객체율은 하나의 블록 내에서의 객체와 공간의 비율로 정의되며 이에 따라서 블록종류가 결정된다. 객체율에 따른 블록종류를 계산하기 위하여 거리정보 함수와 블록값 함수를 정의하였다. 그림 2는 거리정보 함수와 블록값 함수에 따른 블록종류를 결정하는 과정을 나타내었다.

거리정보 데이터에서 각 픽셀의 거리정보를 계산하는 거리정보 함수는 다음과 같이 정의하였다.

$$O(w,h,i) = \begin{cases} 1, & \text{if } \left\lfloor \frac{d(w,h)}{s} \right\rfloor = i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

수식 (1)은 기존 거리정보 이미지에서의 하나의 픽셀에 대하여 블록기반 3D맵에서의 블록내 포함여부 값을 결정한다. 수식 (1)에서 s는 블록크기, i는 블록의 z축

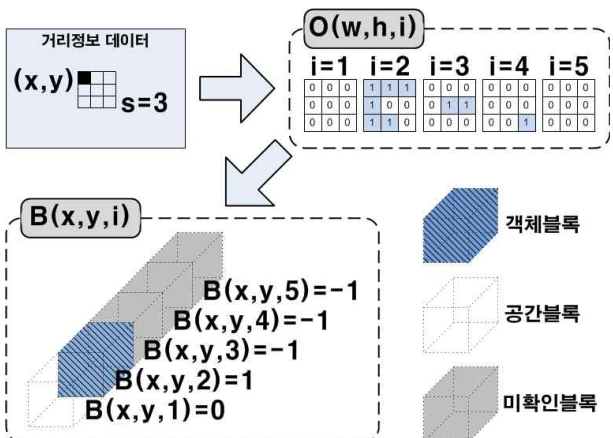


그림 2. 블록값 함수의 개요
Fig. 2. A concept of the block value function.

인덱스 값으로써 1에서 $\frac{depth_{max}}{s} - 1$ 의 범위를 가지며, $d(w,h)$ 는 기존의 거리정보 이미지에서의 해당 픽셀 좌표에서의 거리 값을 나타낸다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 $O(w,h,i)$ 는 픽셀의 거리정보가 해당 블록의 범위에 존재하면 1을 존재 하지 않으면 0으로 그 결과값이 결정된다.

다음으로 블록의 블록값 함수는 수식 (2)와 같이 정의하였다.

$$B(x,y,i) = \begin{cases} 0, & \text{if } \frac{\sum_{h=y}^{y+s-1} \sum_{w=x}^{x+s-1} O(w,h,i)}{s^2} \times 100 < r_o \\ 1, & \text{if } \frac{\sum_{h=y}^{y+s-1} \sum_{w=x}^{x+s-1} O(w,h,i)}{s^2} \times 100 \geq r_o \\ -1, & \text{if } B(x,y,i-1) \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

블록값 함수에서 r_o 는 객체율을 나타낸다. 블록값 함수는 그림 2에서와 같이 블록내의 모든 픽셀에 대한 거리정보 함수값을 더하여 전체 픽셀 개수와의 비율이 객체율보다 작은 경우 공간블록으로 판단하여 그 값을 0, 객체율보다 큰 경우 객체블록으로 판단하여 1, 이전의 인덱스의 블록이 객체블록이나 미확인블록인 경우 미확인 블록으로 판단하여 그 값을 -1로 결정한다.

객체율은 블록종류를 결정하므로 블록기반 3D맵의 스마트 공간내 객체의 변화에 대한 민감도에 영향을 미친다. 그림 3은 객체율에 따른 블록기반 3D맵의 변화를 나타낸 그림으로써 객체율이 50%인 경우 10%인 경우에 비하여 민감하게 공간을 인식하여 객체가 거의 없는 공간만 공간블록으로 결정되는 것을 확인할 수 있다. 객체율이 너무 작은 경우 민감하게 객체를 인식함으로써 아주 작은 객체만을 포함하는 블록에 대하여 채워진

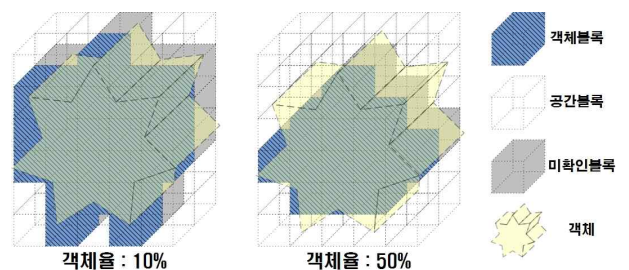


그림 3. 객체율 개요도
Fig. 3. A concept of the object ratio.

공간으로 인식시킬 수 있으며, 객체율이 너무 높은 경우 객체가 존재함에도 불구하고 해당 블록을 빈 공간으로 인식하는 가능성이 증가한다.

서비스, 이벤트 또는 공간의 특성의 필요에 따라서 객체율을 변경하여 공간인식에 대한 민감도를 결정할 수 있다. 객체율이 작아질수록 객체가 이동하거나 모양이 변경되었을 경우 공간블록과 비공간블록의 변화가 민감하게 일어나므로 민감하게 변화에 대한 감지가 필요한 지능형 홈서비스의 경우 객체율을 낮추어 블록기반 3D맵을 구성한다. 반면, 노이즈를 더욱 제거하면서 확실하게 객체가 포함된 공간만을 감지하고 싶은 경우 객체율을 증가시킬 수 있다. 또한, 일반적인 상황에서는 높은 객체율을 사용하다가 특정 이벤트가 발생한 경우 객체율을 낮추어 민감하게 공간의 상황을 감지할 수 있도록 동적인 객체율의 변화가 가능하다.

2-2. 블록크기

블록크기는 블록기반 3D맵을 구성하는 개별 블록의 한 변에 대한 픽셀값을 나타낸다. 어플리케이션에서 필요한 맵의 정확도에 따라서 블록크기를 변경할 수 있다. 그림 4에서 보이는 바와 같이 작은 블록크기를 사용할 경우 맵의 정확도를 높이고 더욱 자세한 정보를 취득할 수 있지만 처리 속도가 느려지고 데이터양이 늘어나며, 노이즈에 의한 영향을 받을 가능성이 커지는 단점이 있다. 반면 큰 블록크기를 사용할 경우 블록기반 3D맵은 낮은 정확도를 가지지만 빠른 속도로 공간에 대한 정보를 취득할 수 있고 데이터양이 줄어드는 장점이 있다.

따라서 지능형 홈서비스의 필요에 따라서 블록크기를 변경할 필요가 있다. 평상시에는 큰 블록크기를 사용함으로써 빠른 속도로 대충의 정보를 취득하다가 자세한 정보를 원하는 경우가 발생하였을 때 처리 속도가 느려지더라도 일시적으로 작은 블록크기를 사용하여 더

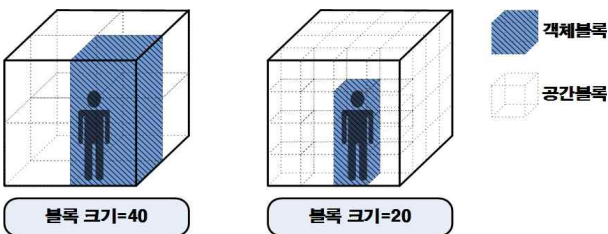


그림 4. 블록크기 개요도
Fig. 4. A concept of the block size.

욱 세밀한 블록기반 3D맵을 취득함으로써 지능형 홈서비스의 요구를 만족시킬 수 있다. 스마트카메라가 사용되는 환경과 어플리케이션에 따라서 기본 블록크기를 결정함으로써 빠른 속도를 보장하면서 적절한 정보 수집이 가능하도록 하여야 한다.

III. 실험

본 논문에서 제안하는 블록기반 3D맵에 대한 성능분석을 위하여 스마트카메라 프로토타입을 구현하여 실험을 진행하였다. 그림 5는 블록크기 40x40, 객체율 50%로 설정하였을 때의 블록기반 3D맵의 결과 이미지이다. 그림 5(b)는 스테레오 정합 연산의 결과인 거리정보 이미지로써 이미지 정합된 오류가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 컵 뒤로 배경으로 보이는 책상과 책장의 경우 스테레오 정합 연산에서 거리 측정에서 제외된 부분으로써 결과 분석에서 제외되었다. 그림 5(c)에서 확인할 수 있듯이 각 블록내의 픽셀들의 거리값은 식(1)과 (2)에 따라서 블록종류를 결정하는데 사용되어 블록으로 표현되는 것을 확인할 수 있다. 또한 스테레오 정합 연산 과정에서 발생한 거리정보 이미지의 들이 블록기반 3D맵에서는 공간블록으로 인식됨으로써 오류가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

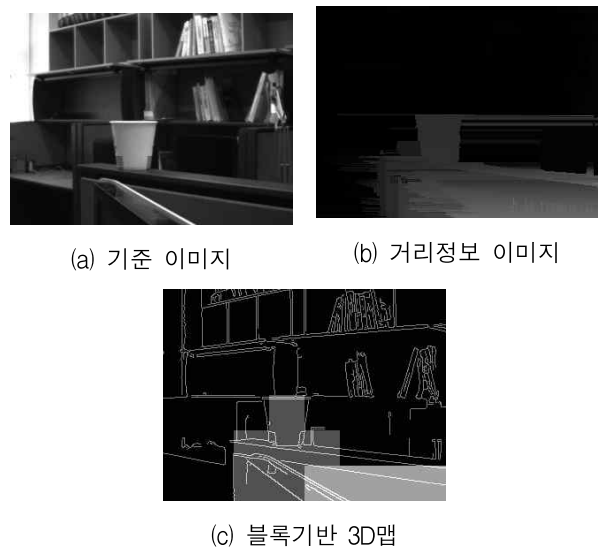


그림 5. 컵 예제 이미지
Fig. 5. A sample image of the block-based 3D map.

1. 블록크기에 따른 정합율 분석

블록기반 3D맵의 정합율을 분석하기 위하여 블록크기와 객체율을 변경하면서 실험을 수행하였다. 그림 6은 그림 5의 컵 이미지에 대한 블록크기의 변경에 따른 블록기반 3D맵의 이미지들이다. 그림의 공간 인식 오류 블록은 공간을 객체로 인식한 오류 블록을 표시한 것이며, 객체 인식 오류 블록은 객체를 공간으로 인식한 오류 블록을 표시하였다. 그림 6을 보면 블록의 크기가 커질수록 블록에서 계산하는 픽셀의 양이 증가함에 따라서 거리정보 이미지의 오류 픽셀의 개수가 적어지므로 오류 블록의 수가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 반면 블록의 크기가 작아질수록 객체의 모양을 더욱 세밀하게 표시하여 그림 6(a)의 블록크기가 5x5인 경우 컵

의 세밀한 모양을 표현하고 있다. 따라서 블록의 크기를 작게 할수록 더욱 세밀한 블록기반 3D맵의 표현이 가능하지만 노이즈에 의한 오류 블록이 발생할 가능성이 증가한다.

그림 7은 블록크기가 변화하였을 때 정합율에 대한 그래프이다. 정합율은 블록기반 3D맵의 전체 블록 개수에 대한 정합된 블록의 비로써 수식 3에 나타내었다. x축은 블록크기, y축은 정합율을 나타낸다. 블록크기를 작게 할수록 정합율이 감소하고 있으며 최저 정합율은 94% 이상이며 블록크기가 40x40인 경우 가장 높은 정합율을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

$$M = \frac{num_{correct_block}}{num_{total_block}} \times 100 \quad (3)$$

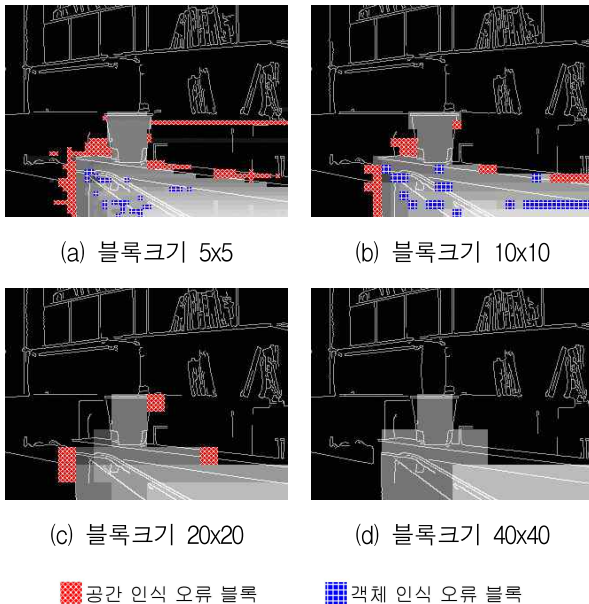


그림 6. 블록크기의 변화에 따른 블록기반 3D맵
Fig. 6. Block-based 3D maps with various block sizes.

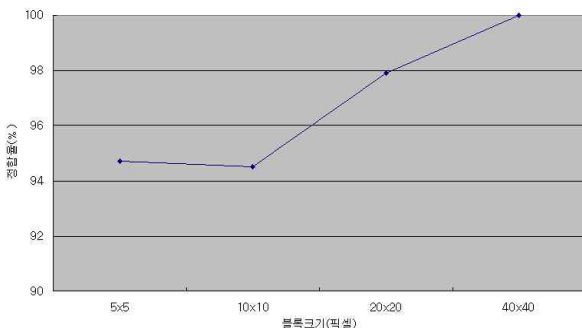


그림 7. 블록크기에 따른 정합율 분석
Fig. 7. Block matching rates against block sizes.

2. 객체율에 따른 정합율 분석

그림 8은 블록크기 실험에서 가장 좋은 정합율을 보여주는 40x40의 블록크기를 사용하였을 때의 객체율의 변화에 따른 블록기반 3D맵을 보여준다. 그림의 공간 인식 오류 블록은 공간을 객체로 인식한 블록을 표시한 것이며, 객체 인식 오류 블록은 객체를 공간으로 인식한 블록을 표시하였다. 객체율이 30%에서 50%일 때 가장 정확하게 블록을 인식하는 것을 확인할 수 있다. 객체율이 30%인 경우, 객체율이 50%인 경우를 비교하면 실제 해당 블록내의 객체가 객체율 이하로 존재하는 블록에 대하여 공간블록으로 인식하게 되므로 더욱 적은 블록을 객체블록으로 인식하는 것을 확인할 수 있다.

그림 8(a)의 객체율이 10%인 경우와 그림 8(b)의 객체율이 20%인 경우 객체율이 너무 작아 공간블록으로 인식하여야 하나 거리정보 이미지의 노이즈의 영향으로 인하여 객체블록으로 인식하는 블록들이 발생하였다. 반면, 객체율이 70%에서 90%인 경우에는 객체율이 너무 커서 거리정보 이미지의 노이즈로 인하여 객체블록으로 인식하지 못하고 공간블록으로 인식하는 경우가 발생한다.

그림 9는 객체율에 따른 정합율을 표시한 그래프로써 x축은 객체율, y축은 전체 블록 개수에 대한 정합된 블록의 비인 정합율이다. 30%에서 40%의 객체율을 가지는 블록기반 3D맵은 100%의 정합율을 보이고 있으며, 그 이외의 경우에 오류가 발생한 경우에도 89% 이상의 정합율을 보이고 있다. 이러한 정합율은 거리정보

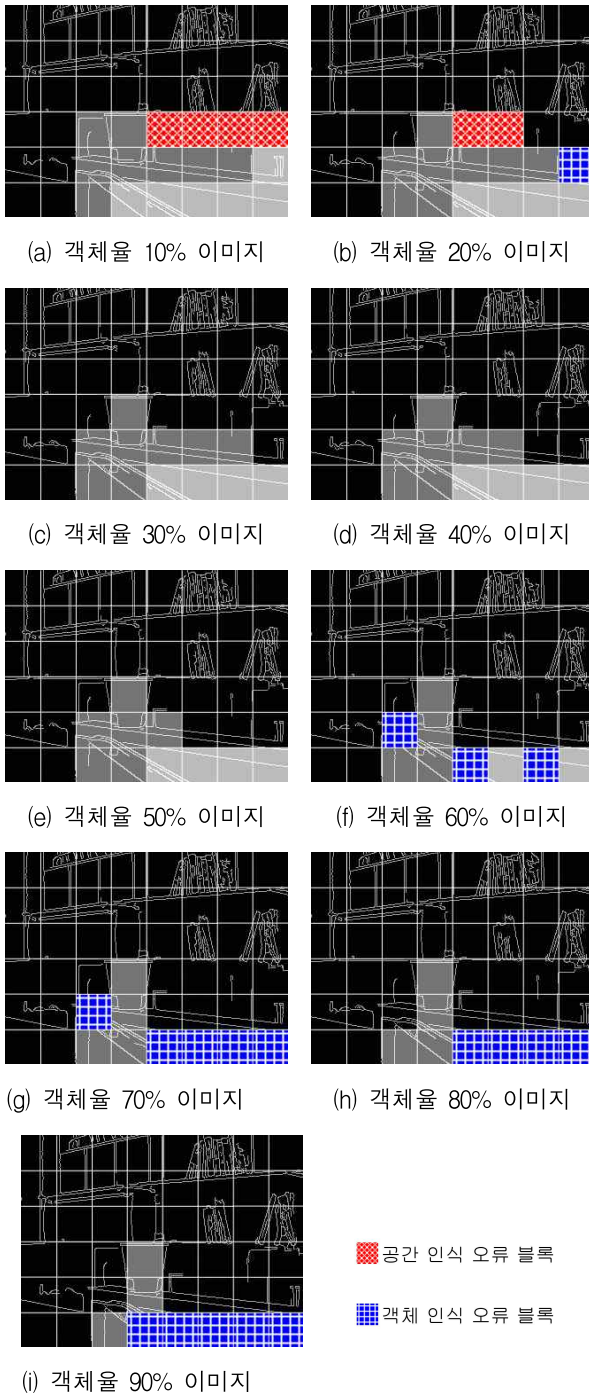


그림 8. 객체율의 변화에 따른 블록기반 3D맵
Fig. 8. Block-based 3D maps with various object ratios.

이미지의 오류가 감소하면 더욱 증가할 수 있으므로, 거리정보 이미지를 계산하기 위한 스테레오 정합 연산 알고리즘을 개선하여 오류율을 감소시킬 수 있다.

블록크기와 객체율에 따른 정합율의 분석에 따라 320x240 크기의 거리정보 이미지에 대하여 40x40의 블

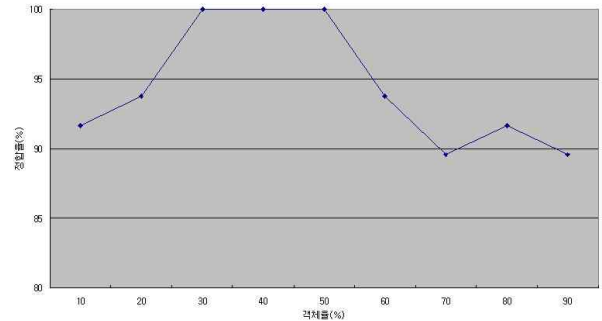


그림 9. 객체율에 따른 정합율
Fig. 9. Block matching rates against object ratios.

록크기와 30%에서 50%의 객체율을 사용할 때 가장 좋은 블록기반 3D맵을 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 더욱 큰 기존의 거리정보 이미지를 사용하거나 다른 환경에서는 블록크기와 객체율에 따른 정합율이 변화될 수 있으므로 환경의 변화에 따라서 최적의 값을 분석할 필요가 있다.

3. 블록기반 3D맵 데이터 감소율 분석

블록기반 3D맵은 공간을 블록으로 인식하여 거리정보를 표현함으로써 픽셀이 거리정보를 가지는 기존의 거리정보 이미지에 비하여 데이터양이 줄어드는 효과를 얻을 수 있다. 그림 10은 블록크기를 5x5에서 2배율로 80x80까지 변경시켰을 때 기존의 거리정보 이미지 대비 블록기반 3D맵의 데이터 감소율을 보여준다.

그림 10에서 가장 작은 블록인 5x5의 크기를 가진 블록기반 3D맵에서 96%의 데이터 감소율을 보이고 있으며 블록의 크기가 커질수록 감소율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그림 10은 거리정보 이미지의 크기가 320x240인 경우이므로 더욱 큰 크기의 거리정보 이미지에 대하여 사용할 경우 감소율은 변경되겠지만 필요한

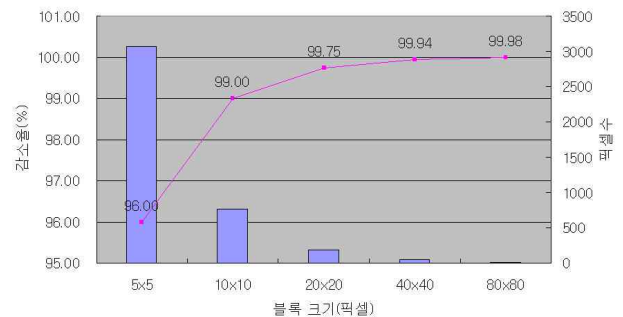


그림 10. 블록크기에 따른 데이터 감소율 그래프
Fig. 10. A comparison of data sizes against block sizes.

블록기반 3D맵의 블록크기도 변경되므로 현재의 결과와 유사한 데이터 감소율을 기대할 수 있다. 이러한 블록기반 3D맵 변환을 통한 데이터의 감소는 스마트카메라에서 데이터를 실시간으로 전송하는데 있어서 네트워크 자원사용량을 감소시키는 효과가 있다.

IV. 결 론

지능형 서비스에서 고품질의 서비스 제공을 위하여 고성능의 지능화 센서는 중요한 구성요소이다. 스테레오 비전 시스템과 같은 영상 관련 기술들의 발전은 지능화 센서에 있어서 거리 정보와 같은 다양한 정보의 수집을 가능하게 하였다. 국내의 다양한 분야에서 스테레오 비전 시스템을 사용하여 3D맵을 구현하기 위한 연구가 활발히 진행 중에 있으나 3D맵의 데이터의 양이 많거나 단순한 거리를 보여주는 3D맵을 제공함으로써 지능형 서비스에서 사용하기에 적합하지 않은 한계가 존재한다. 지능형 홈서비스에서 고품질의 다양한 서비스의 제공을 위하여서는 단순한 깊이를 보여주는 3D맵이 아닌 의미 있는 정보로 재구성된 3D맵이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 지능형 홈서비스에서 사용가능한 지능화된 데이터의 구현을 위하여 블록기반 3D맵을 제안하였다.

블록기반 3D맵은 전방의 공간에 대한 거리정보를 바탕으로 블록으로 구분하여 객체율에 따라 객체블록과 공간블록으로 구분하여 3D맵을 구성하는 방법이다. 블록기반 3D맵은 복잡한 3D맵을 단순화하고 정보화함으로써 어플리케이션에서 사용하는데 있어서 유용하고 사용하기 용이한 정보를 직접적으로 제공할 수 있다. 블록기반 3D맵을 결정하는 중요한 변수로써 객체율과 블록크기가 있다. 객체율과 블록크기를 변경하면서 실험을 진행한 결과 단순한 3차원 거리 정보를 제공하는 거리정보 이미지에 비하여 데이터양이 90%이상 감소하고 스테레오 연산 과정에서 발생하는 오류가 일부 보정되는 것을 확인할 수 있었다. 320x240 크기의 거리정보 이미지에 대하여 블록크기는 40x40, 객체율은 30%에서 50%로 설정하였을 때 가장 정합율이 높은 블록기반 3D맵을 취득할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Yong Zhang; Yikang Gu; Vlatkovic, V.; Xiaojuan Wang; , "Progress of smart sensor and smart sensor networks," Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004. Fifth World Congress on, vol.4, pp. 3600-3606, June 2004.
- [2] S. T. Barnard, M. A. Fischler, "Computational Stereo," ACM Computing Surveys, Volume 14, Issue 4, pp. 553-572, 1982.
- [3] C. F. Olson, "Maximum-likelihood image matching," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Volume 24, No 6, pp. 853-857, 2002.
- [4] 서자원, 김창익. "스테레오 카메라 영상처리 기술 및 동향," 전자공학회지, 제38권, 제2호, 31-36쪽, 2011년
- [5] C. Huahua, X. Zezhong, "3D Map Building Based on Stereo Vision," Networking, Sensing and Control, ICNSC '06. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on, pp. 969-973, 2006.
- [6] J. M. Saez, F. Escolano, "A global 3D map-building approach using stereo vision," Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04 IEEE International Conference on, Volume 2, pp. 1197-1202, 2004.
- [7] A. Cappalunga, S. Cattani, A. Broggi, M. S. McDaniel, S. Dutta, "Real time 3D terrain elevation mapping using ants Optimization Algorithm and stereo vision," Intelligent Vehicles Symposium (IV), IEEE, pp. 902-909, 2010.
- [8] S. Jian-Hong, J. Byung-Seung, L. Jong-Wook, L. Myo-taeg, "Stereo vision based 3D modeling system for mobile robot," Control Automation and Systems (ICCAS), International Conference on, pp. 71-75, 2010.
- [9] KATS 기술보고서 제17호(지능형 홈 산업 및 표준화 동향), 기술표준원, 2010.
- [10] 이정수, 김준성. "비전 시스템 구현을 위한 SAD 정합 알고리즘의 변형," 전자공학회논문지-CI, 제 47권, 제5호, 61-66쪽, 2010년

— 저 자 소 개 —



이 정 수(학생회원)
 2002년 중앙대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2004년 중앙대학교 전자전기
 공학부 석사 졸업.
 2011년 중앙대학교 전자전기
 공학부 박사 졸업.

<주관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터 성능 분석, 스
 테레오 비전 시스템, SoC>



김 준 성(정회원)-교신저자
 1991년 중앙대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1993년 중앙대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1998년 미네소타대학교
 전기공학과 박사 졸업.

2002년~ 중앙대학교 전자전기공학부 교수
 <주관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터 성능 분석, 병
 렬처리, 임베디드시스템 설계>