

## 복수의 RGB-D 센서를 사용한 확률기반 3차원 지도작성

이남철<sup>○</sup>, 홍성훈<sup>\*</sup>, 이진한<sup>\*\*</sup>, 서일홍<sup>\*\*</sup>

<sup>○</sup>한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과

<sup>\*</sup>한양대학교 지능형로봇학과

<sup>\*\*</sup>한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

e-mail: {cnlnz<sup>○</sup>, hopsison<sup>\*</sup>, jhlee<sup>\*\*</sup>}@incorl.hanyang.ac.kr, ihsuh@hanyang.ac.kr<sup>\*\*</sup>

## Probabilistic Map Representation Using Multi-Kinect System

Nan Zhe Li<sup>○</sup>, Sung Hoon Hong<sup>\*</sup>, Jin Han Lee<sup>\*\*</sup>, Il Hong Suh<sup>\*\*</sup>

<sup>○</sup>Dept. of Computer and Software, Hanyang University

<sup>\*</sup>Dept. of Intelligent Robot Engineering, Hanyang University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

### ● Abstract ●

본 논문에서는 마이크로소프트 키넥트 센서를 이용한 실시간 성능의 3차원 환경 복원 알고리즘을 소개한다. 기존의 멀티키넥트 시스템을 확장하여 총 열두대의 키넥트를 사용하는데, 키넥트의 높은 대역폭 문제를 해결하기 위하여 키넥트가 여섯 대씩 연결된 두 대의 데스크탑을 UDP 통신으로 연결하였고, 각 키넥트로부터 들어오는 3차원 포인트클라우드로부터 확률적인 3차원 환경복원을 하기 위하여 옥토맵 알고리즘을 차용하였다. 또한, GPU를 연산에 활용함으로써 실시간 성능을 확보하였다.

**키워드:** 마이크로소프트 키넥트(Microsoft Kinect), 영상 데이터 통신(Imge data communication), 옥토맵(Octomap), 3차원 환경복원(3D Reconstruction)

## I. 서론

본 논문에서는 열두 대의 키넥트를 관찰이 필요한 공간에 집중적으로 배치하여 실시간으로 확률 기반의 3차원 지도를 작성하는 알고리즘을 제안한다.

## II. 제안방법

### 1. 영상 데이터 통신

기존에 소개된 멀티키넥트 시스템[1]은 여섯 대의 키넥트를 사용하는데, 본 논문에서는 Fig. 1에서 보

는 바와 같이, 키넥트 여섯대를 추가하여 총 열두대를 사용한다. 그런데 키넥트는 초당 30프레임의 속도로 RGB 영상과 깊이 영상을 동시에 제공하므로 12대의 키넥트를 한 대의 데스크탑에서 운용하기에는 대역폭의 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여, 본 논문이 제안하는 방법에서는 데스크탑 두 대에 키넥트를 여섯 대씩 연결하고, UDP 통신을 이용하여, 한 데스크탑에서 여섯 대의 키넥트로부터 받은 영상신호를 다른 데스크탑으로 전송하여 해당 데스크탑에서 남은 연산을 수행한다. 또한 UDP 전송은 각 키넥트 별로 스레드를 생성하여 처리함으로써 더 빠른 속도와 안정성을 확보하였다.

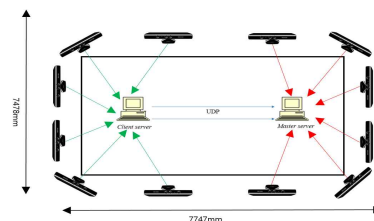


Fig. 1. 시스템 구성도

본 논문은 산업통상자원부 산업융합원천기술개발 사업[10044009]으로 지원된 연구결과입니다.  
교신저자: 서일홍 (ihsuh@hanyang.ac.kr)

## 2. 옥토맵(Octomap)

옥토맵(Octomap)은 옥트리(Octree)를 기반으로 하여 3차원 환경을 확률적으로 표현하는 알고리즘이다[2][3]. Fig. 2는 옥트리로 환경을 세분화하는 것을 보이는데, 표현이 필요한 공간을 계층적으로, 8등분해 나가면서 표현함으로써 다중 해상도(Multi-resolution)가 가능하고, 복셀(Voxel)을 온오프(on-off) 식으로 표현함으로써 간단하게 점유지도(Occupancy map)를 구할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 이러한 옥트리를 차용하고, 열두대의 키넥트로부터 들어오는 3차원 포인트클라우드를 입력으로하여 일정갯수 이상으로 3차원 포인트를 가지는 복셀을 활성화함으로써 확률적으로 3차원 환경복원을 한다. 키넥트의 깊이영상을 이용하여 계산되는 포인트클라우드에는 노이즈가 상당수 포함되어 있는데, 이러한 확률적 방법은 노이즈를 필터링하는 장점도 가진다. 또한, 옥트리는 병렬화에 유리한 구조를 보이는데, 본 논문이 제안하는 방법에서는 GPU를 연산에 활용하여 실시간 성능을 확보하였다.[4]

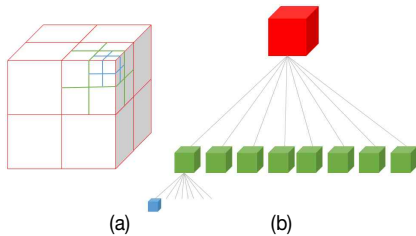


Fig. 2. 옥트리 구조. (a) 공간적 표현, (b) 수직적 표현

## 3. 시스템 구성

본 논문에서는, 가로 7.7m, 세로 7.5m 실내공간의 벽을 따라 1m 높이에 열두대의 키넥트를 배치하였고, 기존의 멀티키넥트 시스템에서와 같이 그래픽기반의 칼리브레이션 기법을 사용하여 각 키넥트의 외부파라미터를 구하였다.

## III. 실험 및 비교

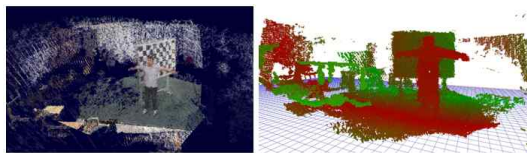


Fig. 3. (a) 포인트클라우드, (b) 옥토맵

Table 1. 포인트클라우드와 옥토맵의 크기비교 및 FPS

Voxel size (cm)	1	2	4	16	64
Voxel count / size (MB) / FPS	380633 / 6.796 / 28	159083 / 6.030 / 32	51109 / 0.991 / 60	3418 / 0.144 / 64	275 / 0.090 / 64
Point cloud count/size / FPS	2678916 / 32.15MB / 9.3				
Overall FPS	5.2	6.8	7.0	7.5	7.5

이장에서는, 본 논문이 제안하는 방법의 실험결과를 제공한다. Fig. 3 에서 (a)는 3차원 포인트클라우드, (b)는 확률기반 3차원 옥토맵이다. Table. 1에서 포인트클라우드와 복셀의 갯수와 메모리크기를 비교해보면, 복셀의 해상도, 즉 복셀의 한변의 크기가 커짐에 따라 포인트클라우드에 비하여 더 적은 메모리를 사용하고 초당프레임수가 높아지는 것을 볼 수 있다. 또한 시스템전체의 초당프레임수는 5.2에서 7.5 FPS를 보임으로써 실시간 성능을 확보함을 알 수 있다.

## IV. 결론

본 논문에서는 열두대의 키넥트를 사용하여 확률기반의 실시간 3차원 환경복원 알고리즘을 제안하였다. 실험에서 보인바와 같이 포인트클라우드에 비하여 옥토맵의 경우 훨씬 더 효율적으로 환경을 표현할 수 있고 부가적으로 점유지도 표현의 유리함, 노이즈가 섞인 신호의 필터링 등의 효과를 가질 수 있음을 확인하였다.

## References

- [1] J. H. Park, J. H. Lee and I. H. Suh, "Issues on simultaneous use of multiple structured light-based RGBD sensors in 3D environmental reconstruction," The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics, 2014
- [2] A. Hornung, K. M. Wurm, M. Bennewitz, C. Stachniss and W. Burgard, "OctoMap: An Efficient Probabilistic 3D Mapping Framework Based on Octrees," in Autonomous Robots, 2013.
- [3] S. Laine and T. Karras, "Efficient sparse voxel octrees," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2011.
- [4] A. Hermann, F. Drews, J. Bauer, S. Klemm and A. Roennau, "Unified GPU Voxel Collision Detection for Mobile Manipulation Planning," in IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2014