

# 스테레오 비전 기반의 3차원 도로 및 환경지도 작성

최성인\*, 박순용\*\*

경북대학교 전자전기컴퓨터학부\*, 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부\*\*

## Stereo Vision based 3-D Road and Environment Map Building Technique

Sung-In Choi\*, Soon-Yong Park\*\*

Kyungpook National University EECS\*, CSCE\*\*

e-mail : ellim5th@naver.com, sypark@knu.ac.kr

### 요약

본 논문에서는 전방향 스테레오 비전 카메라를 탑재한 차량을 주행하면서 획득하는 스테레오 비디오 영상을 기반으로 도로 및 도로주변 환경의 3차원 지도를 실시간으로 생성하는 기술을 제안한다.

### 1. 서론

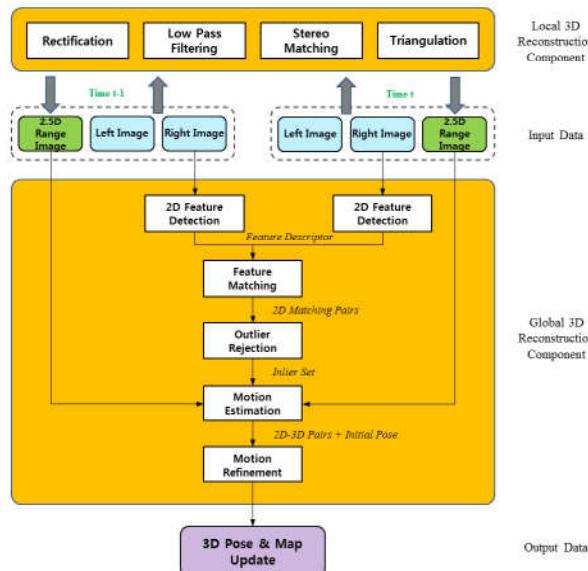
스테레오 비전 기술은 두 대의 영상 카메라를 사람의 눈과 같은 형태로 일정한 간격을 두고 배치하고 두 개의 서로 다른 시점에서 물체의 영상을 획득하여 활용하는 기술이다. 스테레오 비전 기술을 사용하면 2차원 영상 정보를 사용할 수 있을 뿐만 아니라 3차원 거리 또는 지도 정보를 동시에 획득할 수 있다. 이렇게 획득된 3차원 거리정보를 활용하면 카메라의 중심에서 물체까지의 거리를 측정할 수 있을 뿐만 아니라 스테레오 카메라가 주시하고 있는 차량전방의 3차원 형상을 실시간으로 추출할 수 있다. 또한 주행경로에 따라 획득된 3차원 거리정보를 서로 정합하게 되면 차량이 주행하고 있는 환경의 3차원 월드모델도 복원할 수 있게 된다.

### 2. 본론

그림 1은 제안하는 3차원 도로 및 환경지도 작성을 위한 시스템의 흐름을 보여준다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 본 논문에서는 연속하는 프레임에 대한 상대적인 카메라의 자세를 추정한 뒤 이를 누적시키는 방법을 사용하여 현재 주행주인 차량의 자세를 지속적으로 갱신한다. 카메라의 모션을 추정하기 위한 입력 값으로써 현재와 이전 시간에서 획득한 2차원 영상 및 깊이정보를 담고 있는 2.5차원 거리영상 을 사용한다. 여기서 2.5차원 거리영상은 보정 된 스

테레오 카메라의 좌영상과 우영상을 서로 매칭하여 획득한다. 본 논문에서는 실시간 스테레오 매칭을 위해 Intel SSE 명령어를 활용한 SAD 알고리즘을 사용한다.

연속하는 스테레오 영상 프레임에 대해 카메라의 모션을 추정하는 과정은 다음과 같다. 먼저 2차원 영상이 입력되면 SURF[1] 알고리즘을 이용하여  $t-1$ 과  $t$ 시간에서 각각 획득한 영상에 대한 2차원 특징 점들을 추출한다. 이후 추출된 2차원 특징점을 사이를 서로 매칭하여  $t-1$ 과  $t$ 프레임 사이의 일치점군을 획득한다. 초기 매칭결과는 잘못된 페어링으로 인한 오류를 포함할 수 있으므로 에피폴라 기하제약과 RANSAC 알고리즘을 적용하여 외치점(outlier)을 제거해야만 한다[2]. 외치점이 제거된 일치점군이 생성되면, 깊이정보를 가지고 있는 2.5차원 거리영상을 이용하여  $t-1$ 과  $t$ 시점 사이의 3차원-3차원 매칭 관계를 확보할 수 있으며, 이로부터 두 시점 사이의 변환행렬을 계산할 수 있다. 하지만 스테레오 매칭의 오류로 인해 2.5차원 거리영상의 정보가 부정확한 경우도 있기 때문에, 수식 (1)과 같이 두 거리데이터 사이의 강체지속 제약과 RANSAC 알고리즘을 접목하여 잘못된 3차원-3차원 매칭결과를 효과적으로 제거하였다. 수식 (1)에서  $X$ 는 3차원 한 점을 뜻 하며  $i$ 와  $j$ 는 각각  $i$ 번째와  $j$ 번째의 3차원-3차원 매칭 인덱스를 말한다. 강체지속 제약에 따라  $d_k$ 의 값은 이론상 거의 0에 가까워야 한다. 본 논문에서는 다수의 실험에 의해  $\delta$ 값을 20cm로 설정하였다.



[그림 1] 스테레오 비전 기반 3차원 지도생성 시스템 개요

$$d_k = \| X_{t-1}^i - X_{t-1}^j \| - \| X_t^i - X_t^j \| \quad (1)$$

$$|d_k| < \delta$$

강체지속제약에 따라 외치점이 제거된 3차원-3차원 매칭결과가 획득되면 변환행렬을 계산하기 위해 최소자승법을 이용한 3차원 모션추정기법을 사용한다 [3]. 이어서 계산된 변환행렬의 오류를 최소화하기 위해 Levenberd-Marquardt 알고리즘을 이용하여 수식 (2)의 비용함수 값이 최소화가 되도록 비선형 최적화 과정을 수행한다[4]. 수식 (2)에서  $P$ 와  $X$ 와  $x$ 는 각각 카메라 투영행렬과 3차원 특징점 및 2차원 특징점을 뜻한다.

$$f_{reproj}(P, T, I_{t-1}, I_t) = \sum_i^N [(x_{t-1}^i - PT^{-1}X_t^i) + (x_t^i - PTX_{t-1}^i)] \quad (2)$$

변환행렬이 정제되면 월드 좌표계를 기준으로 현재 시점의 카메라 자세가 최종적으로 결정되며 3차원지도 또한 생성된다.

### 3. 실험

실험에는 PointGrey사의 Bumblebee XB3 스테레오 센서가 사용되었다. 실험동안 800x600 해상도의 영상을 획득하였으며, 왜곡을 보정하기 위해 영상개정(image rectification) 작업을 매 프레임에 대해 선형적으로 진행하였다. 실험 장소는 경북대 후문으로부터 정문으로 향하는 도로였으며, 약 1130m 거리



(a) (b)

[그림 2] 차량에 탑재된 스테레오 비전기반 3차원 복원 시스템. (a) 차량외부 모습, (b) 차량내부 모습

를 주행하면서 획득한 영상에 대해서 3차원 환경지도를 생성하였다.

그림 3은 실험이 진행된 환경 및 주행 경로에 대한 위성영상을 보여준다. 실험과정 및 결과의 이해를 돋기 위해 차량이 실제로 주행했던 궤적을 GPS로 획득한 뒤, 위성영상에 붉은색의 곡선으로 표시하였다. 그림 4는 본 연구에서 제안한 방법을 사용하여 3차원 도로 및 환경지도를 작성 결과를 보여준다. 주행경로가 상당히 길었던 관계로 복원된 3차원 지도의 특정 부분을 별도로 확대하여 제시하였다. 그림 4의 결과에서 알 수 있듯이 복원된 3차원 환경지도의 모습이 GPS의 궤적과 상당히 유사함을 알 수 있다. 또한 복원된 3차원 장면도 매우 정교하게 복원된 것을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

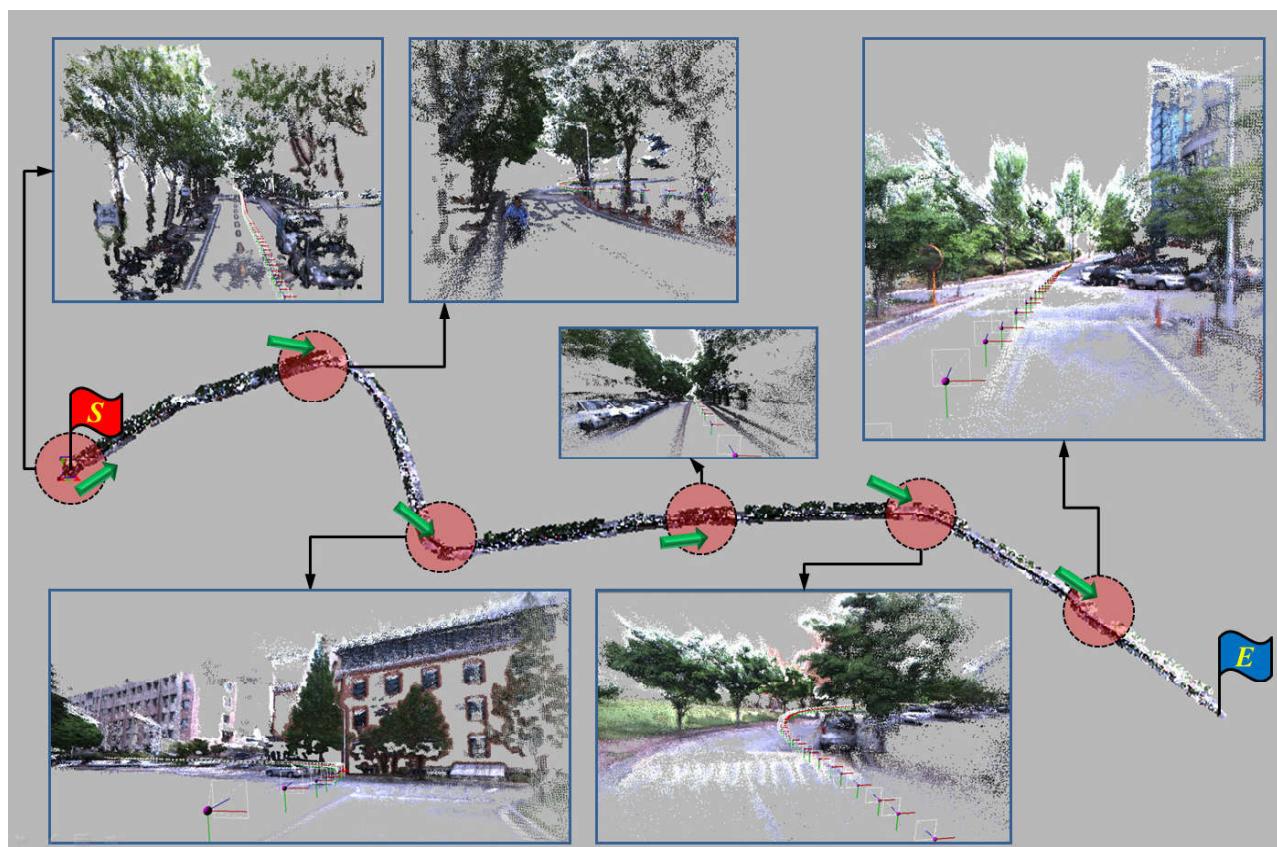
본 연구에서는 스테레오 카메라로 획득한 2.5차원 거리영상과 연속하는 프레임에 대한 2차원 특징점 사이의 매칭 정보를 활용하여 주행하는 차량의 도로 및 주변 환경에 대한 3차원 지도를 작성하는 방법을 소개하였다. 실험을 통해 추정된 차량의 궤적과 복원된 3차원 지도결과를 분석하여 제안한 방법의 정확도를 제시하였다. 제안된 방법은 향후 스테레오 카메라를 탑재한 차량용 네비게이션에서 3차원 주행 환경정보 제공에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0401-12-1006)



[그림 3] 실험이 실시된 경북대학교의 위성영상 및 주행 경로 (주행거리 약 1130m)



[그림 4] 스테레오 비전센서를 이용한 3차원 도로 및 환경지도 작성 결과

## 참고문헌

- [1] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, L. V. Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features", Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol. 110, No. 3, pp. 346–359, 2008.
- [2] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision," 2nd Ed, Cambridge University Press, 2004.

- [3] K. S. Arun, T. S. Huang, and S. D. Blostein, "Least Square Fitting of Two 3-D Point Sets," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 9, no. 5, pp. 698–700, 1987.
- [4] K. Levenberg, "A method for the solution of certain non-linear problems in least square," The Quarterly of Applied Mathematics, pp. 164–168, 1944.