The University of Texas at Austin 의 Field Systems and Automation Laboratory소개

권순욱*, The University of Texas at Austin

김창완**, The University of Texas at Austin

송종철***, The University of Texas at Austin

미국철강협회(The American Institute of Steel Construction)는 최근 연구자료[1]를 통해 미국건설 산업의 경쟁력 향상을 위해 기존 철골공사 공정시간의 25%를 줄일것을 제안하고 있다. 그러한 논의에 근거하여 미국 상공부 산하의 National Institute of Standard Technology (NIST)에서는 건설자동화(Construction Automation)을 국가 연구 과제로 선정하면서 철골 공사 자동화 시스템을 포함한 각종 연구과제를 지정하고 그에 따른 시스템들을 개발하고 있다. 미국내의건설자동화에 대한 관심과 연구가 높아지고 있는 시기에 맞추어서 텍사스 대학(The University of Texas at Austin)의 건설자동화 연구소의 소개를 통해서 미국 건설 자동화 연구의 현상황을 부족하나마 소개하려고 한다.

건설공사의 안전, 생산성, 품질, 및 환경에 대한 영향을 개선하자는 취지하에 UT Austin의 건설 시공 및 관리(Construction Engineering and Project Management) 프로그램 산하에 Field Systems and Construction Automation Laboratory(FSCAL)가 세워졌다.

FSCAL은 UT Austin의 모든 연구시설이 모여있는 학교의 또다른 캠퍼스라 할 수 있는 J.J. Pickle Research Campus에 위치하고 있으며 3000 평방 피트가 넘는 실내 연구시설과 실외 Test Field를 가지고 있다. 각종 개발 환경을 갖추고 있는 컴퓨터시설과 함께 Hydraulic, Pneumatic, 그리고 High Voltage Power Supply시설도 갖추고 있다. FSCAL에는 아울러 기계 및 전기 Hardware를 설계, 제작, 시험 할 수 있다.

FSCAL의 구성 인원으로는 Carl Haas 교수가 연구소 Director를 맞고 있으며 그외에 Richard Tucker교수, James O'Connor교수, Edward Gibson교수, Katherine Liapi교수, David Fowler교수, Al Traver교수 그리고 S.V. Sreenivasan교수등 토목 및 기계공학 분야의 저명한 교수진들과 석사, 박사 학생들로 구성되어 있다. 각 프로젝트의 성격에 따라 프로젝트 구성원들을 재구성하여 필요한 분야들의 전문인력들을 적극적으로 활용하고 있다.

FSCAL연구의 주된 특징은 건설자동화 기술(Automation Technology for Construction) 개발, Infrastructure Maintenance, Transportation 등을 포함하고 있으며 이에 관련된 세부 연구 프로세스는 초기 연구 계획 작성, Full Scale Prototype Design, Field Testing, 그리고 관련 Application개발 및 현장적용을 위한 경제성 분석 및 사업 타당성 분석을 포함한다.

앞서 말한 바와 같이 FSCAL연구의 특징은 단순히 건설관련 소프트웨어나 Computer Application같은 Information Technology(IT) 및 Information Management 관련 연구가 아닌 시공기술과 관련된 Hardware적인 연구와 그와 관련된 활용 Application 개발에 있다고 할 수 있다.

지금까지 수행되어진 주요 연구들을 보면 다음과 같다.

- Sensor integration, fusion, and data analysis
- Automated road maintenance systems development
- Development of large scale manipulators for surface
- Finishing, materials handling, inspection, etc.
- Remote sensing for road

* Ph.D. Candidate CEPM Program UT at Austin, Lab. Engineer of FSCAL
** Ph.D. Candidate CEPM Program UT at Austin
*** Ph.D. Candidate CEPM Program UT at Austin

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

conditions
- Development of automated surface finishing
- Techniques for large engineering structures
- Automated power plant clinker clearing
- Computer aided critical operations planning
- Trenchless technologies
- Automation feasibility analysis, and graphical programming and control for large equipment

1.Large Scale Manipulator [2]

Large Scale Manipulator는 Backhoe부터 Concrete Pump까지 건설현장에서 다양한 용도로 쓰이도록 개발되었다. 초기 Large Scale Manipulator Control System관련 연구는 UT(FSCAL), Du Pont, Dow Chemical, Bechtel Co., 그리고 Construction Industry Institute (CII)의 협업연구로 시작되었다. 초기 연구는 Large Scale Hydraulic Manipulator의 기초적인 Control System개발이었다. Figure 1은 22톤 Rough Terrain Crane에 장착된 LSM을 보여주고 있다. 다음단계의 연구로는 Eight-lever Control System인데, 이 연구는 원거리 조작을 이용하여 위험요소가 있는 작업에 대한 안전성을 확보하도록 하였다. 하지만 이 Eight-Lever Control은 숙련된 조작을 위한 훈련이 필요하며 인체공학상 조작하기 불편하게 디자인되어 있다. 이러한 문제점에 기인하여 6-Degree Of Freedom(DOF) Spaceball(Figure 2)을 이용한 Control System이 개발되었다. 이 인체공학적인 조정 시스템은 LSM의 각 조인트들을 효과적이고 용이하게, 그리고 실제 LSM의 Motion에 맞게 Control할 수 있도록 디자인 되어 있다. 또한 이 연구에서는 LSM의 Inverse 및 Forward Kinematics와 관련된 문제들을 해결하여 각 조인트들에 대한 Orientation 및 Position 을 조정할 수 있도록 하였다.

Figure 1. UT LSM

Figure 2. 6 DOF Spaceball Controller

LSM에 대한 마지막 연구는 Closed - Loop Control System 개발이다. 이 연구는 컴퓨터에 의해서 미리 계획된 경로를 따라서 LSM을 Control하는 시스템이다. 이 시스템을 이용하면 Operator는 미리계산된 Motion의 작업시작 위치와 작업종료 위치를 가지고 자동으로 LSM을 Control할 수 있게 된다. 이차원 Graphical Interface는 LSM의 실시간 Monitoring을 가능하도록 해주었다.

2.Automated Road Maintenance Machine (ARMM) [3]

노후화된 도로가 증가함에 따라 안전하고 효과적인 유지보수 공사 수행에 대한 필요성이 제기 되었다. 현재의 도로 보수 공사 환경에서는 왕래하는 차량들에 의한 사고발생의 위험이 높다. 이러한 요구에 의해서 도로 보수 자동화 시스템에 관한 연구가 UT FSCAL에서 시작되었다.

도로 보수 자동화 시스템은 Machine Vision과 Man-Machine Balanced Machine Control을 기본으로 하여 개발되었다. 시스템은 초기 Computer Image System에 의해 작업구역의 크랙을 보여주고, 오퍼레이터에 의해서 터치스크린을 이용하여 크랙이 추적되며, 그 다음 단계로 Line-Snapping Algorithm(Figure 4)을 이용하여 추적된 크랙을 Vision Image크랙에 맞게 최적화 시킨다. 다음 단계로 Path Planning Algorithm을 이용하여 보수작업의 최단거리 경로를 찾아내어 보수 작업을 그 경로에 따라서 수행할 수 있도록 해준다. 마지막으로 정해진 크랙과 경로에 따라서 시스템이 보수작업을 시작한다.

Figure 3. UT Automated Road Maintenance Machine

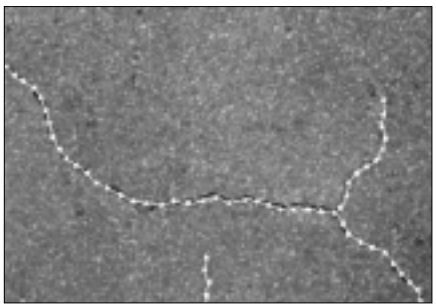

Figure 4. Line (Spline) Snapping on the Crack

지금까지 얻어진 도로보수 자동화 시스템 관련 결과들은 다음과 같다.

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

- A comprehensive survey of automated road maintenance equipment prototype
- A maintenance automation needs analysis for the State of Texas
- A study for productivity and contracting practice for crack sealing in Texas
- An evaluation of multi-sensor strategies for crack mapping including use of LASAR sensors, single axis range sensors, and partially automated alternatives
- A demonstration of prototype crack sealing system
- The development of efficient crack mapping and traversal algorithm
- Field trials throughout the 10 states in US

3. Tele-Operated Clinker Clearing Robot [4]

미국정부는 각종발전소 시설에 대한 유지 및 보수작업에 점차 많은 비용을 소비하고 있으며 그 작업들은 각종 위험을 내포하고 있다. 수많은 에너지 자원들과 밀폐된 공간 그리고 위험한 작업환경들은 작업자들의 안전과 건강에 나쁜영향을 미칠 수도 있다. 화력발전소에서 Clinker는 Ash Hopper의 하부에 위치하고 있으며 주기적으로 반드시 유지 관리 되어져야만 한다. 이 곳의 유지관리를 위해 Hot Suit을 입은 작업자는 Air Hammer를 이용하여 작업을 하여야 한다. 원격조정 Clinker Clearing Robot은 이러한 작업을 위해 개발되었다. 이 로봇은 3-Degree Of Freedom(DOF) Manipulator이며 삼차원 Graphical Interface(Figure 6)에 의해서 Control할 수 있다. 작업환경 모델은 CAD Model과 각종 Sensing Source들에 의해서 구성되며 이 삼차원적인 작업환경은 원격조정을 용이하고 효과적으로 할 수 있도록 도와준다. Tele-Operated Clinker Clearing Robot 연구에 의해 얻어진 결과들은 다음과 같다.

- Improved worker safety through tele-operation
- Potential deployment of various end-effectors
- Potentially faster than manual method with resulting draw down savings
- Interference prevention
- Multi-Sensing and object modeling
- Operator-friendly control environment

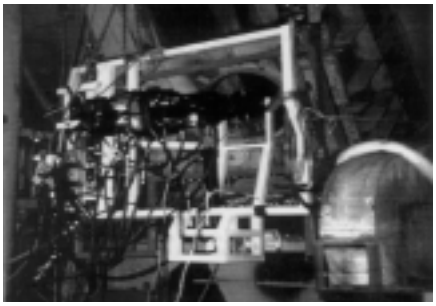

Figure 5. Robot on the hopper structure

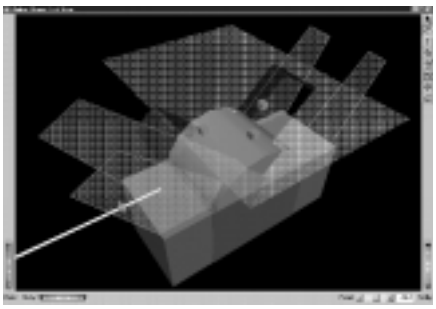

Figure 6. 3-D user-interface

이상으로 UT Austin 부설 건설자동화 연구소인 FSCAL의 최신 연구에 대하여 소개하였다. 그 외에도 최근에 연구되어진 분야의 하나인 Laser-based Aggregate Scanning System(LASS), Rapid Local Modeling에 대한 내용은 이번호에 따로 소개되었기 때문에 생략하도록 하였다.

FSCAL의 연구가 가지고 있는 특징중의 하나는 많은 연계기관의 연구 아이디어 수렴에 있다. Construction Industry Institute(CII)의 회원사들의 워크샵에서 발주처와 시공사들의 공통된 의견에 의해 제기된 새로운 연구 아이디어들과 NIST와 같은 정부 연구 기관을 통한 협업 연구를 통하여 나온 결과에 의해서 기획되고 제작된 하드웨어들을 FSCAL자체에서의 Field Test를 거친후 다시 Texas Department of Transportation을 통하여 혹은 CII의 회원사들을 통하여 Pilot Project를 거친후에, 다시 Feedback을 받고 연구방향을 수정하거나 결과물을 개선하는 프로세스를 가지고 있다. 이러한 현장적용을 기본으로 한 연구프로세스는 보다 실질적이고 효과적인 연구 프로젝트 선정을 가져올 수 있었고 각 프로젝트들이 현장이 필요로 하는 목적을 만족시켜줄 수 있었다. 향후 FSCAL 연구의 주제는 Autonomous Rover Technology라는 Laser나 RFID를 이용한 현장의 물체(Object)및 작업공간(Workspace)의 인지(Perception), 위치(Position) 선정, 그리고 Navigation에 관련된 통합적인(Integrated) Sensing 기술에 관련된 연구가 주를 이룰 것으로 예상된다.

여기에 소개된 내용들이 미약하나마 우리나라의 건설자동화 연구에 참고와 도움이 되었으면 한다.

참고자료

[1] Ricles, J., "Next Generation Steel Structures," Presentation delivered at the NIST/AISC Automated Steel Construction Workshop, Gaithersburg, MD, 6-7 June, 2002.

[2] Owen, F., Park, G., Haas, C., Gibson, G., and Traver, A.,

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

" Performance Testing of a Large Scale Manipulator to Determine Relative Utility of Several Operator Interfaces ", The Journal of Automation in Construction, October 1997.

[3] Kim, Y., Haas, C., and Greer, R., " Path Planning for a Machine Vision Assisted, Tele-operated Pavement Crack Sealer, " ASCE Journal of Transportation Engineering, Vol. 124, No. 2, pp. 137-143, Mar./Apr. 1998.

[4] Seo, J., Haas, C., Saidi, K., and Sreenivasan, S.V., " Graphical Control Interface for Construction and Maintenance Equipment, " ASCE Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 126, No. 3, pp. 210-218, May/June 2000.

KICEM

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr