



도시가스 정압기 가상훈련 플랫폼 연구

†이재용 · 박찬국 · 유철희*

고등기술연구원 플랜트엔지니어링 본부, *가스안전공사 가스안전연구원
(2016년 10월 31일 접수, 2017년 2월 19일 수정, 2017년 2월 20일 채택)

A Study of Virtual Training Platform for City Gas Governor

†Jae Yong Lee · Chan-Cook Park · Chul Hee Yu

*Institute for Advanced Engineering, 175-28 Goan-ro 51beon-gil Baegam-myeon Cheoin-gu
Yongin-si Gyeonggi-do, 449-863, Korea*

**1390 Maedong-myeon, Wonjung-ro Eumseong-gun Chungcheongbuk-do, 27738, Korea
(Received October 31, 2016; Revised February 19, 2017; Accepted February 20, 2017)*

요약

도시가스 정압기의 가상훈련 플랫폼을 구축하기 위해서 안전훈련 프로그램을 오쿨러스 리프트와 기어 VR 그리고 돔 스크린을 이용한 가상환경 훈련 시스템을 구성하였으며, 일반인을 대상으로 각각에 대한 조사를 진행하였다. 조사의 내용은 각 훈련시스템 방법에 대한 편의성 및 현실성 등에 대한 내용이며, 그 목적은 도시가스 정압기 안전훈련 시스템의 실효성을 가질 수 있는지에 대한 검증에 있다. 실험 방법은 일반인을 대상으로 각 VR 기기들을 사용하게 하여 그 차이를 조사하였다. 조사된 결과를 바탕으로 앞으로 진행될 플랫폼 구현에 대한 방향을 알 수 있었으며, 가상 훈련 시스템의 가능성을 알아 볼 수 있었다.

Abstract - We implemented virtual reality training system for city gas virtual training platform using oculus rift™, gear VR™ and dome screen. And we carry out a survey targeting ordinary person using each device. The contents of survey are usability and reality about each training system and the goal of survey is a verification how to bring effectiveness using city gas governor safety training system. The survey method used each VR device for the ordinary person and investigated the difference. Based on the survey it was to find out the direction for the implementation of platform, could find out the possibility of a virtual training system.

Key words : training system, virtual reality, city gas governor

1. 서론

현대 사회에서 천연가스, 부탄가스 및 수소가스 등 연료로서 사용되는 가스는 사용의 편리성과 청정에너지의 이점 등의 이유로 가장 많이 사용되고 있는 에너지원이다. 하지만 가스 사용의 부주의 및 관리 소홀로 인해서 매년 크고 작은 가스 안전사고가 발생하고 있다. 가스를 많이 사용하는 만큼 그에 대한 안전한 가스 사용 및 관리가 중요해 지고 있는 이유이다.

한편 최근에 VR(Virtual Reality) 기술이 크게 발전

하면서 여러 분야에서 관련 기술의 적용을 검토하고 있는데, VR은 하드웨어와 연동해서 인공 환경 및 컴퓨터를 이용한 가상환경을 생성하는 기술이라 할 수 있다.[1] VR 기술은 여러 분야에서 활용도가 늘어나고 있으며, 개인에게 실제와 비슷한 느낌을 제공하는 기술이다.[2,3] VR 기술이 근래 크게 발전하고 있는 것에는 HMD(Head Mounted Device)의 발전이 가장 큰 이유라 할 수 있다. 3차원의 시각적 움직임을 안경 형태로 제공함으로써 가상 환경에서 가장 중요한 가시적 공간감을 큰 어려움 없이 확보 할 수 있게 되었다. VR 기술의 발달로 HMD 뿐 아니라 모션 센서, 이동 보행 장치 및 햅틱 디바이스의 개발도 활발히 이루어지고 있다. 여기서 말하는 햅틱이란 촉감 또는 감각기관의 정

†Corresponding author:young2004@iae.re.kr
Copyright © 2017 by The Korean Institute of Gas

보를 이야기하며[4], 터치 기반 인터페이스 기술을 대표한다.[5]

본 논문에서는 VR 디바이스를 이용하여 가상환경에서 가스의 사용 및 가스 시설의 이용과 관리를 위한 가스안전훈련 플랫폼에 대해 기술한다. 이를 위해서 도시가스 정압설비를 대상 설비로 지정하여 안전훈련 시스템을 구성하였다. 도시가스 정압설비는 가스공사에서 공급하는 고압의 도시가스를 감압하여 사용자에게 전달해 주는 기능을 하는 장치로서 실제로 크고 작은 가스 안전사고들이 빈번하게 발생되고 있다.[6,7] 가스안전훈련 플랫폼을 구축하기 위해서 도시가스 정압설비의 안전훈련 시스템을 이용해 VR 인터페이스의 활용의 적정성 및 범위 그리고 가스안전훈련에서 최적의 안전훈련 플랫폼의 형태에 대해서 고찰하였다.

II. 가스안전 가상훈련 내용

2.1. 도시가스 지역 정압기

도시가스에서 사용하는 정압기는 도시가스 공급압력이 제한된 영역에서 고압에서 중압으로, 중압에서 저압으로 적당한 압력으로 감압하여 소비처에 필요한 압력으로 공급하기 위해 사용되는 장치로서 도시가스 지역 정압기는 중압의 도시가스를 저압으로 감압하여 직접적으로 소비처에 공급하는 장치이다. Fig. 1은 도시가스 지역 정압기의 공정을 나타낸 것으로 기본적으로 하나의 스페어를 가지게 되어 있다.

도시가스에는 적지 않은 이물질이 포함되어 있다. 이러한 이물질을 거르기 위해서 정압기에는 필터가 설치되어 있으며, 이 필터는 정기적으로 검사해야 할 부품이다. Fig. 1에서 필터 후단의 SSV(Slam Shut-Off Valve)는 긴급 차단 장치로 SSV 후단의 압력이 일정 압력보다 높아질 경우 작동하여 가스를 차단하는 역할을 하고 조절기는 실질적인 감압을 하는 장치로 이와 같은 장치가 한 쌍으로 구성되어 고장 혹은 점검에서 가스공급이 원활히 이루어 질 수 있도록 구성되어

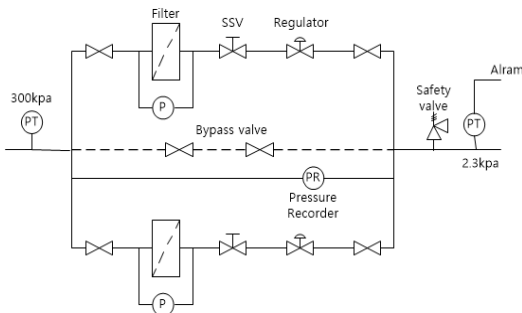


Fig. 1. City gas local governor component

있다.

도시가스 지역 정압기의 사고에는 여러 가지 원인이 있지만 가장 많은 빈도를 나타내는 사고 유형은 압력 이상으로 2차측의 압력 상승 및 저하 그리고 헌팅 할 때의 원인이 있다. 한국 가스안전공사에 따르면 이 중에서 2차측의 압력 상승에 따른 사고가 가장 많으며 가장 큰 피해를 가져오는 원인이다. Fig. 2는 정압기의 압력 상승으로 인한 부적절한 대처로 인하여 일어난 사고 후의 모습이다.

2.2. 가스안전훈련 시나리오

도시가스 안전훈련 시스템의 내용 중에서 가장 중요한 부분이라 할 수 있는 것이 훈련 시나리오라고 할 수 있다. 사고가 일어날 수 있는 요소를 파악하고 이를 대처할 수 있는 훈련 시나리오를 만드는 일이 그것이다. 한 도시가스 사를 대상으로 도시가스 정압기에서 실제로 일어난 이상 상황에 대해서 조사를 진행하였다.

Fig. 3은 2012년부터 2014년까지의 정압설비 이벤트를 수집한 결과로서 대부분의 사고 내용이 가스 압력과 연관이 되어 있으며, 그 중에서도 2차 압력의 이상이 가장 많았다. SSV가 닫혔다는 것은 결국 2차측의



Fig. 2. Accident of city gas governor

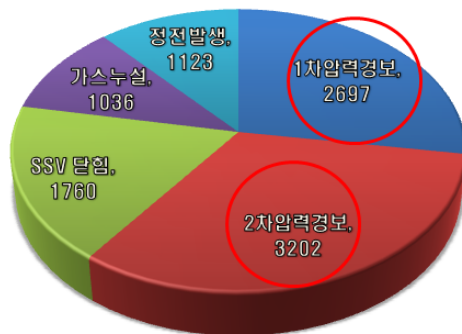


Fig. 3. Analysis for city gas accident

압력이 높아져 닫힌 것으로 이를 종합하면 2차측의 압력 이상이 과반을 차지한다고 해석할 수 있다. 2차측의 압력이 정상보다 낮을 경우에는 도시가스 공급이 원활하지 않아 공급에 차질을 줄 수 있는 요인이 될 수 있지만 직접적인 사고의 원인으로 보기에는 어려움이 있는데, 2차측의 압력이 높아질 경우에는 계측기의 고장 및 가스 누설로 인한 폭발 화재 위험이 있기 때문에 빈도와 위험성을 고려하면 2차측 압력이 기준치 이상이 되었을 때의 조치가 우선적으로 고려되어야 할 사항임을 알 수 있었다.

Table 1에서는 2차 압력 상승으로 인한 원인별 조치 시점에 대해 정리하였다. 지역 도시가스 사의 자문을 얻어 각 원인을 조사하였으며, 이를 토대로 도시가스 정압기 안전훈련 시스템의 시나리오를 작성하였다. Fig. 4는 사전 조사를 통해서 작성된 시나리오의 형태를 간단히 표시하였다

Fig. 4의 왼쪽은 최초 가장 많이 일어나는 사고 원인으로 분석된 조정기의 이물질 유입으로 인한 2차 압력

Table 1. The cause of pressure rise in secondary line

2차 압력 상승	차단 후 조치	- 메인 밸브에 이물질로 인해 완전 차단 불량
		- 가스 중 이물질로 인한 조정기 결함
		- Filter 차압 발생 시
		- 메인 밸브의 폐쇄 무
		- 파이프렛 공급밸브의 누설
		- 센터 스템과 메인 밸브의 접속 불량
	- SSV가 닫혔을 때	
공급 및 추후 조치	- 배관에 온도 영향으로 압력 상승	
	- 메인 밸브 O-ring 및 seal 손상	

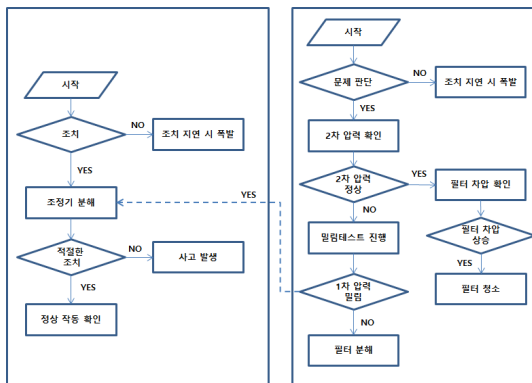


Fig. 4. City gas safety training scenario

상승에 대한 내용이며, 오른쪽은 훈련원이 정압기의 게이지 및 현장 상태의 파악을 통해 적절한 진단을 내릴 수 있게 확장시킨 시나리오를 간단히 나타내었다. 문제 판단 및 조치 내용은 최대한 사실에 기반하여 시나리오를 작성하였고, 훈련원의 조작 실수 및 잘못된 판단에 대해서는 훈련의 효과를 직설적으로 알려주기 위해서 최악의 상황이라 할 수 있는 정압기 내부의 화재/폭발 등의 사고가 일어나도록 구성하였다.

III. 가스안전 가상훈련 플랫폼 구성

3.1. 가상훈련 시각화

가상현실을 기반으로 한 콘텐츠를 구성하는데 있어서 가장 많은 관심을 기울이는 분야가 시각화 기술이라 할 수 있다. 인간은 시각, 청각, 촉각, 후각 및 미각의 5가지 감각, 즉 오감 중에서 시각에 의한 정보 습득이 80%에 달한다.[8] 이러한 이유로 가상현실 구현을 위한 다양한 시각 장비들이 개발되어 왔다. 본 논문에서는 오쿨러스 리프트로 대표되는 HMD를 이용한 안전훈련 시스템, 그리고 돔 스크린 방식의 안전훈련 시스템에 대해서 구성하고 각각의 특성을 파악해서 최적의 가상훈련 플랫폼에 대한 연구를 진행하였다.

도시가스 정압기 안전훈련 시나리오를 구현한 프로그램을 PC에서 실행시키고 그 화면을 HMD 중 하나인 오쿨러스 리프트를 통해서 보여 지게 구성하였다.

Fig. 5는 한 전시회에서 오쿨러스 리프트를 이용한 도시가스 정압기 안전훈련 시스템을 참관인에게 설명하고 있는 그림으로 사용자는 오쿨러스 리프트를 통해서 정압기의 3D 모델을 확인하고 조작기를 이용해서 각 밸브를 조작하게 된다. 이 시스템의 장점은 몰입감이 뛰어나고 비교적 간단한 장비로 현실감 있는 훈련을 할 수 있다는 것이다. 그리고 전방에 위치한 위치 센서를 이용해서 제한적이거나 실제 움직임을 감지할



Fig. 5. City gas safety system using Oculus rift™

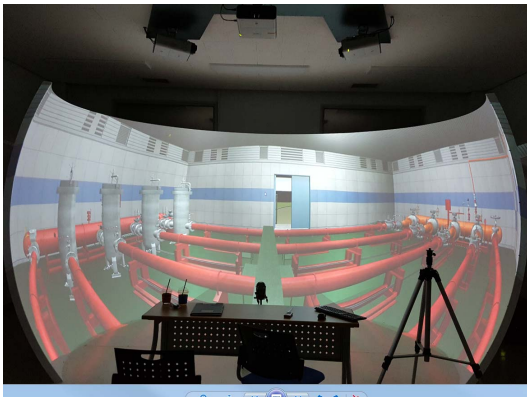


Fig. 6. City gas safety system using dome screen

수 있다는 것이다. 반면 모든 통신이 유선을 기반으로 해서 이루어지기 때문에 사용자의 움직임에 불편함이 있다.

같은 원리의 HMD로 삼성 기어VR™과 같은 스마트폰을 이용한 방법이 있으며, 이를 구현하기 위해서 PC를 기반으로 해서 제작 되어진 도시가스 정압기 안전 훈련 프로그램을 APK(Android application package) 파일로 변환한 다음 스마트폰에 설치하여 실행하였다. 이러한 방법의 장점은 모든 기기가 무선으로 연결되어 구성 및 사용이 간편하지만, 스마트폰을 사용하기 때문에 훈련 시스템의 내용이 고사양이 되는 것에 한계가 있으며 한 장소에서 여러명에서 훈련하게 될 때 무선 간섭으로 인한 통신 장애가 있다는 것이 단점이다.

마지막으로 돔 스크린을 이용한 시각화 방법이 있다. Fig. 6은 본 논문에서 제안한 시스템을 돔 스크린에 투영한 모습이다.

돔 스크린을 이용한 시각화 방법의 가장 큰 장점은 머리에 부착하지 않고 스크린을 바로 볼 수 있어 쾌적한 교육 환경을 제공할 수 있다. 그림에서 보는 구성은 프로젝터 3기로 210도의 시야각을 확보할 수 있는데, 구성에 따라서 360도의 시야각을 확보함으로써 가상 환경 몰입도를 향상시킬 수 있다. 돔 스크린을 이용한 시스템은 HMD에 비해서 많은 비용이 소요되며, 상당한 공간이 필요한 단점이 있다.

3.2. 조작 인터페이스

가상 훈련 시스템에서 밸브 조작 및 이동 등 조작 인터페이스는 상용 조이스틱을 이용하였는데, 가상화 방법에 따라서 다르게 적용하였다. PC 기반의 돔 스크린 형이나 오쿨러스 리프트 같은 경우에는 USB 통신 방식을 이용한 장치를 이용하였으며, 스마트폰 기반



Fig. 7. Training system structure

의 기어 VR의 경우에는 블루투스 통신 방식을 이용한 장치를 이용하였다.

3.3. 훈련 시스템의 구성

훈련 시스템은 전체적인 교육 훈련을 제어하는 제어 콘솔과 훈련원이 훈련을 받게 되는 훈련 클라이언트로 나뉘는데, 제어 콘솔은 훈련원이 적합한 훈련을 받을 수 있도록 훈련 프로그램 선택할 수 있는 기능과 훈련원이 진행하는 훈련 프로세스를 모니터링 할 수 있는 기능을 한다. 훈련 클라이언트는 제어 콘솔에서 지정된 훈련 프로그램을 훈련원이 앞서 언급한 세 가지 시각화 장비를 이용해서 훈련을 받을 수 있는 기능을 한다. Fig. 7은 전체 시스템의 구성을 나타낸다. 제어 콘솔을 통해서 훈련원에 맞는 훈련을 지정하고 시각화 장비를 지정할 수 있다. 각각의 장비로 훈련한 훈련원의 훈련 결과는 훈련 결과 수집 장치를 통해서 기록 된다.

3.4. 훈련 프로그램 내용

훈련 프로그램의 내용은 기본적으로 시나리오에 기반한 정상처리 시퀀스와 예외 처리 시퀀스로 나눌 수 있다. 훈련원이 정해진 정상 훈련을 수행했을 경우에는 성공으로 판정 받으며 수행한 훈련 시나리오와 수행한 시간 등이 기록된다. 반면에 훈련원이 잘못된 조작을 하였을 경우에는 경우에 따라서 아래의 그림과 같은 폭발 및 화재의 효과를 보여주게 됨으로써 훈련 몰입도 및 중요성을 부각 하도록 하였다.

Fig. 8과 같은 사고 효과는 훈련원의 잘못된 조작으로 2차 압력이 계속해서 높아져서 도시가스가 내부에 유입된 경우, 퍼지 밸브를 열어놓은 상태로 1차측의 가스를 공급하였을 경우 등 정압실 내부로 가스가 유입되었을 경우에 극단적인 표현으로 폭발/화재 효과를 구현하였다. 가스가 외부로 유출되는 것을 표현하기 위해서 Fig. 9와 같이 표현 하였는데 도시가스는 무색

으로 사람의 눈에 보이지 않으나 훈련 편의성을 위해서 보여지는 것과 같이 표현 하였으며, 실제 가스가 퍼지 되는 실제 음향을 누출 정도에 따라서 함께 나타내도록 하였다.

도시가스 정압기에서 2차 압력이 상승했을 경우에 많은 경우 분해 점검을 실시한다. 대표적인 경우로 조정기에 이물질 유입으로 인한 2차 압력 상승 또는 필터의 기능을 못하는 경우에 그러하다. 본 프로그램에서

는 분해를 위해서 실시하는 해체 작업 중 볼트 및 너트의 해체와 같은 업무는 제외를 시켰으며 이와 같은 일련의 일들은 훈련원이 하였다 가정하고 Fig. 10과 같이 분해에 필요한 부분만 구현하고 점검 할 수 있도록 구성하였다.



Fig. 8. Accident effect of training program

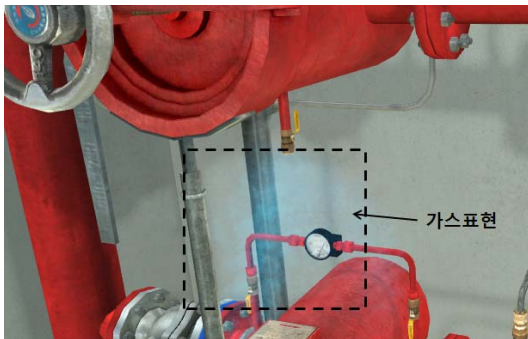


Fig. 9. Visualization of gas flow



Fig. 10. Regulator disassemble model

IV. 훈련 결과 및 분석

4.1. 훈련 대상 및 조사 내용

도시가스 정압기 안전훈련을 위한 플랫폼을 구성하기 위해서 오쿨러스 리프트, 기어 VR, 돔 스크린을 각각 일반인 38명에게 체험하게 한 뒤에 각 훈련 시스템의 몰입도와 불편함 정도 그리고 훈련 효과에 대한 설문을 진행하였다. 일반적으로 도시가스 정압기에 대해서 생소하기 때문에 상황을 설명해주면서 어떠한 조작을 해야 하는지를 알려주고 그에 따라서 조작하게 하였다.

4.2. 훈련 결과

각각의 장치를 사용한 뒤에 세 항목에 대해서 간단히 세 가지의 방법 중에서 어떤 것이 가장 그러한지에 대해 알아봤으며 몰입도, 불편함, 훈련효과에 대한 결과는 아래 그림과 같다.

몰입도의 경우에는 어떤 것이 가장 현실적으로 나타나는지에 대한 지표로서 오쿨러스 리프트를 사용한 것과 돔스크린을 사용한 결과가 비슷하게 나타났으며 기어 VR을 이용한 결과가 상대적으로 낮게 나타났는데 이는 오쿨러스 리프트와 같은 경우에는 위치센서가 있어 사람의 움직임을 표현해 내는데 반해서 기어

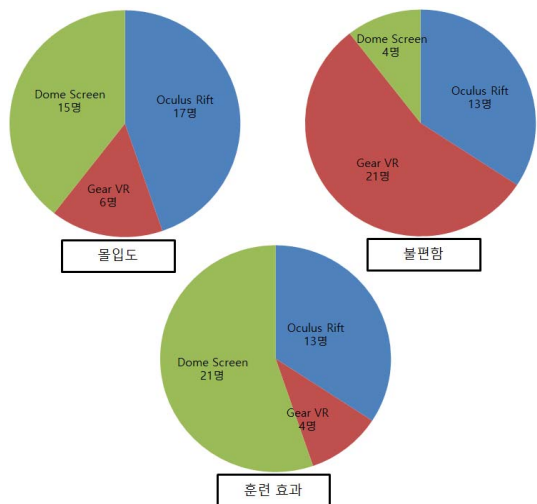


Fig. 11. Result of training platform

VR은 입력 장치를 이용해서 이동이 가능하기 때문으로 해석된다.

불편함의 경우에는 훈련을 받는데 있어서 불편을 가장 많이 느낀 것에 대한 조사를 진행하였는데, 돔 스크린을 이용한 사용자가 가장 불편을 적게 느낀 것으로 나타났다. 이는 HMD 특성상 머리에 착용하는 불편함과 타인이 착용한 것을 착용하는 데에 따른 불쾌함으로 나타났다.

훈련효과의 경우에는 어떤 방식으로 훈련을 하였을 때 가장 빨리 습득을 할 수 있는지에 대한 지표로 돔 스크린의 효과가 크게 나타났다. 훈련효과는 앞서 조사한 몰입도와 불편함과 비례관계가 있는 것으로 파악 되었으며, 결국 훈련 콘텐츠의 우수함에 앞서 훈련 장치 구성의 중요함을 알 수 있었다.

V. 결론

오컬러스 리프트로 시작된 가상현실에 대한 문화 사업에서의 콘텐츠 확장으로 여러 응용분야에서 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 오컬러스 리프트와 기어 VR 그리고 돔 스크린을 이용해서 도시가스 안전훈련 플랫폼에 대한 연구를 진행 하였다. 구축된 훈련 프로그램을 각각의 장치를 이용해서 실험한 결과 돔 스크린을 이용한 훈련 방법이 여러 가지 면에서 장점이 있음을 알 수 있었다. 하지만 돔 스크린을 이용해서 플랫폼을 구축할 경우 장치 구성에 많은 비용이 필요하고 장소의 제약 등 구축에 어려움이 있다. 또한 향후 단독 훈련이 아닌 다수가 협업 훈련을 해야 할 경우 현실적으로 돔 스크린을 이용한 훈련 방법은 어려움이 있다. 따라서 HMD를 이용한 플랫폼에서 나타난 사용자의 불편함을 해소하고 몰입도를 개선하는 노력이 필요하다. 특히 기어 VR과 같은 경우에는 무선 통신 기반 플랫폼이기 때문에 각 기기간의 무선 간섭에 대한 해결책이 필요하며, 오컬러스 리프트와 같은 경우에는 연결선들에 대한 불편함을 해소해야 할 필요가 있다. 이와같은 개선 사항들을 해결할 수 있다면 HMD를 이용한 안전훈련 시스템의 실용화가 가까운 시일 내에 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 플랜트연구사업의 연구비지원(16IFIP-B087592-03)에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Fletcher, C., Ritchie, J. M., & Lim, T. Virtual machining and expert knowledge capture. Paper presented at Digital Engagement 2011, (2011), Newcastle, United Kingdom.
- [2] Mujber, T.S., T. Szecsi, Hashmi, M.S.J. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, (2004). p. 1834-1838.
- [3] Yap, H.J., Taha, Z., Lee, J.V. VR-based Robot Programming and Simulation System for an Industrial Robot. *International Journal of Industrial Engineering - Theory, Application and Practice*. (2008). 15(3) pp. 314-322.
- [4] Leino, S., Lind, S., Poyade, M., Kiviranta, S., Multanen, P., Reyes-Lecuona, A., Mäkiranata, A., Muhammad, A. Enhanced Industrial Maintenance Work Task Planning by Using Virtual Engineering Tools and Haptic User Interfaces. *Virtual and Mixed Reality-Lecture Notes in Computer Science*. (2009). Vol 5622, pp 346-354.
- [5] Motoji, M., Nishino, H., Kagawa, T., Utsumiya, K. A Haptic Parameter Exploration Method for Force Feedback Devices. In proceeding of the Fourth International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, Krakow, Poland, 15-18 February 2010, (2010). pp. 1158-1163.
- [6] Naci Zafer, Greg R. Luecke, "Stability of Gas Pressure Regulators", *Applied Mathematical Modelling*, (2008), 32(1), 61-82.
- [7] El Golli Rami, Beziar Jean-Jacques, Delenne Bruno and Menu Francois, "Modelling of a Pressure Regulator", *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, (2007), 84(4), 234-243. 20, 387-404, (1984)
- [8] B. Bhushan, *Philosophical transactions of the Royal Society*, (2009), 367, 1445