

체감형 게임 시뮬레이터를 위한 Pre-Processing 및 Washout 필터의 연구

심 현 보*

1. 서 론

체감용 게임을 위한 핵심 기술은 다 자유도 모션 플랫폼, 체감형 게임 및 게임에서 출력된 신호를 모션 플랫폼의 물리적인 변위로 변화해주는 모션 라이브러리로 분류 할 수 있다.

체감용 게임을 위한 모션 베이스는 그 용도의 특성상 안전성과 신뢰성이 확보되어야 하며, 연구 단계에서 게임 소프트웨어와의 유연하고 표준화된 인터페이스가 요구된다. 당사에서는 본 논문의 수행을 위한 핵심적인 하드웨어인 6자유도 모션 베이스를 아케이드 체감형 게임 연구이라는 논문의 방향에 맞추어 시제품을 연구하였고, 2인승 케빈을 제작하여, 게임과 유사한 환경에서 모션 시뮬레이터와 연동 가능하도록 하였다.

모션베이스의 핵심 부품인 전기식 액추에이터는 전기식 모터에 볼스크류를 이용하여 모터의 회전운동을 피스톤의 직선운동으로 바꾸어주는 메커니즘으로 설계하였으며, 모터를 제어하는 드라이버는 인터랙티브 기반의 시뮬레이터를 제어하는 부분의 최적의 제어 및 운용 특성을 살리기

위하여 일반 상용 드라이버가 아닌 당사에서 직접 모터 드라이버를 설계하여 제작하였고 이를 시뮬레이터의 운영 프로그램에서 제어할 수 있도록 모션 API를 연구하였다.

이 액추에이터 6개를 적절하게 기구학적으로 설계를 하면 6자유도의 스텐더트형의 모션베이스가 제작이 되는데, 이는 구속조건이 없는 자유공간에서 구현할 수 있는 6가지의 운동을 모두 구현할 수 있다. 모션베이스는 실제적으로는 6개의 액추에이터의 위치제어를 통하여 구현이 되지만, 상위레벨의 제어 소프트웨어에서는 모션베이스의 기하학적인 자세를 생성하여 제어를 해야 하기 때문에 운동판 위치 및 자세 명령을 각 액추에이터의 위치 명령으로 전환하는 기구학 해석과정을 거쳐야 하며 당사에서는 이를 역시 API 형태로 연구하였다.

본 논문에서 추구하는 체감형 게임, 즉 인터랙티브 환경에서 모션베이스와 게임이 연동되는 게임을 연구, 평가하기 위하여 당사에서는 모션베이스 상판위에 설치되는 케빈을 설계 제작하여 시뮬레이터 안에서 게임을 즐기면서 핸들, 패달등의 조작장치와, 디스플레이장치 등이 시뮬레이터의 운영 프로그램과 연동할 수 있도록 연구 하였다.

게임 콘텐츠와 연동되어 실감형 6 자유도의 모션플랫폼을 연동 구동시키기 위하여 시뮬레이터는 가상공간에서 움직이는 객체의 3D 모션을 기

※ 교신저자(Corresponding Author): 심현보, 주소: 서울시 마포구 상암동 월드컵북로 396 누리꿈스퀘어 연구연구타워 1115호, 전화: 02)3661-1114, E-mail ceo@4dvision.co.kr

* (주)포디비전 대표이사

※ 본 논문은 저자가 주관기관 책임연구원으로 수행했던 2007년 문화콘텐츠기술개발사업 '감성기반 체감형 게임을 위한 모션 콘트롤 라이브러리 개발' 과제를 요약함.

반으로 인간의 운동감을 극대화 할 수 있는 최적의 모션 플랫폼의 자세 Configuration을 실시간으로 구성하는 모션 생성부와 이러한 생성 모션들을 콘텐츠에 연동되어 최적의 모션 성능을 낼 수 있도록 12가지 이상의 가상모델에 근거한 모션 라이브러리로 구성된다.

인간 감성 적응형 6자유도 모션 시뮬레이터 제어 코드를 연구하기 위하여 다음과 같은 세부 연구는 Pre-processing filter, washout filter 및 이를 조합하여 모션을 생성할 수 있는 모션에디터로 구성된다.

게임에 존재하는 객체의 3차원정보를 모션플랫폼으로 전달하여 게임의 화면상 View를 플랫폼으로 전달하는 것이 가장중요하다 본 논문에서 연구한 12가지 객체에 대한 모션라이브러리의 경우 12가지 라이브러리 외에 대응하려는 객체가 등장한다면 또 Tuning 해야 하는 과정을 거쳐야 한다.

또한 객체의 정보 중 실감성에 가장 영향이 있는 Factor, 예를 들자면 객체의 크기, 무게, 공기저항계수 및 객체가 지나가는 환경(공중, 지상-바닥의 Roughness, 물)을 고려한다면 더욱 실감나는 게임, 콘텐츠를 즐길 수 있다.

이를 위하여 복잡한 수학적인 모델링 보다는 전문가의 지식이나 경험을 바탕으로 한 퍼지추론을 적용하였다. 퍼지추론은 수학적인 모델링이 없이도 경험적인 정보를 이용하여 Pre-Processing 필터 및 Washout 필터를 생성할 수 있으며 특히 퍼지추론 엔진의 입력으로 환경정보를 고려하여 생성할 수 있다.

2. 본 론

2.1 Pre-Processing 필터 연구

게임, 체감형 콘텐츠 프로그램에서 계산된 가

상 모델의 동역학 데이터의 비현실적인 부분 등을 필터링하여 현실감 있는 운동을 만들 수 있도록 한다. 주로 모션 베이스 플랫폼 및 기구학적인 특성을 고려한 Peak Limiting, Low pass filter 등임.

일반적으로 구동명령을 전송하는 Host System은 Simulator가 표현하는 Vehicle의 동역학 정보 및 Graphics System의 Camera정보 등을 생성시키는 Software이거나 혹은 그와 연관된 System으로서 Real-Time OS System으로 구성되는 경우도 있지만 그렇지 않은 경우도 매우 많다.

즉, Host System이 Hard Real-Time을 지원하지 않는 경우에, 계산된 구동명령을 일정 샘플링 주기마다 전송하지 못하고 Processor의 순간 부하량에 따라 명령 전송주기가 불규칙적으로 되는 현상을 피할 수가 없으며 전송 가능한 최대 주파수 또한 Host System의 사양에 따라 각기 다르다.

그러나 MCP(Motion Control Program)와 Motion Control Unit간의 Control System은 Hard Real-Time System이기 때문에 불규칙적으로 전송되어지는 Data를 Real-Time System과 동기 될 수 있는 Data로 처리하는 과정이 필요한데 이를 Pre-Processor에서 처리한다. Pre-Processor부는 Data동기화 처리뿐만 아니라 이 과정에서 필요한 Filtering, Conditioning과정 등이 포함된다.

그림에서 본 논문에서 연구한 6자유도 모션베

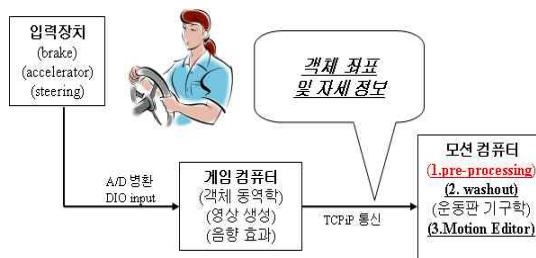


그림 1. Pre-Processing Filter for motion sensibility



그림 2. Structure of 6 D. O. F Motion Base

	운동범위 (mm)	최대속도(mm/s) (deg/s)	최대가속도(g) (deg/s ²)
Surge(x)	194	600	0.5g
Sway(y)	169	600	0.5g
Heave(z)	140	500	0.5g
Roll(θ)	16.8	50	500
Pitch(φ)	18.8	50	500
Yaw(ψ)	19.9	40	400

이스를 나타내었다. 주요 성능은 다음과 같다.

즉, Pre-Processing 필터는 상기 제작된 특정한 플랫폼의 구조 및 6축의 Spec의 범위를 벗어나는 입력신호를 차단해야 동력학 해석을 통하여 전달되는 데이터 중 과격하거나 부자연스러운 신호를 필터링 하다는 물론 동력학 해석이 잘못되어 표현할 수 없는 신호를 걸러내는 중요한 역할을 수행한다.

본 논문에서는 lowpass(high cut) 필터 및 peak limit를 사용하여 상기 Spec과 생성된 모션을 시뮬레이션 하여 최적의 lowpass 필터 계수를 추출하였다.

이 파일은 시스템 파일로 저장되어 보관되며 모션 Editor 및 H/W 플랫폼을 구성하는 Actuator가 변경 되었을 때 연구자가 수정하여 사용가능하다.

[Output Filter]

Kinematics 부를 거쳐서 계산되어진 최종 Actuator 길이를 Smoothing하기 위한 1차 low-pass Filter임. Output Filter의 사용여부는 선택적이며, 지나치게 거칠고 격한 움직임을 완화시키는 용도로 사용되나 설정되어지는 time-constant값이 크면 Delay를 일으키는 원인이 된다.

[Limiting Filter]

Kinematics부 혹은 Output Filtering부를 거쳐서 계산되어진 Actuator 길이를, MCU로 지령을 내리기 전에, 속도 및 가속도가 지정된 범위를 초과하지 않도록, 계산된 Actuator Stroke값을 변형 시킴으로서, Motion Base가 성능을 초과하는 무리한 움직임이나 Motion Base에 탑승한 승객들에게 불편함을 주는 무리한 동작을 제한하는 기능이다.

[Input Conditioning]

```
InputCutOffVal=100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
100.0
ScaleFactor=0.0 0.0 0.0 0.3 0.00 0.00
```

2.2 Washout 필터 연구

실 세계의 모든 움직임은 6개의 자유도로 표현 가능하다. 움직임의 변화 또는 시작 부분을 제한하면, 몰입감을 주는 영상(콘텐츠)이 뒷받침 될 경우, 사람은 그 움직임이 계속 진행되고 있다는 착각을 하게 된다.

체감형 게임이나 콘텐츠 내의 View의 중심이 되는 객체(비행기, 자동차, ...)를 이용하여 운동감을 재현할 대상의 폭이 점차 확대되고 있고, 정교한 동역학 모델링이 힘들어 지게 되어 콘텐츠내의 객체의 움직임 변화에 빠르게 대응 할 수 있는

운동감 생성 모델이 체감형 게임(콘텐츠)과 모션 베이스를 연결하는 핵심 기술이다.

Motion Cueing: 시뮬레이터의 움직임 범위는 제한되었으므로 움직임의 변화 (시작 부분)를 충실히 재현시킨다.

이후, 시뮬레이터는 중립위치로 서서히 복귀한다.

Washout Algorithm: Motion Cue(운동판이 움직여야 하는 궤도)를 계산하고 중립 위치로 복귀 시키는 알고리즘이다.

[Washout Filter 역할]

- ① 모션베이스의 운동판의 기계적인 한계를 해석하여 엑츄에이터의 변위를 결정 (6자유도 모션 생성)
- ② Washout 필터 방식은 적응형, Optimal형, Classic형 중 계산속도가 빠르고 간단하며 각 방향별 계수의 독립적인 조절이 가능하고 직접 튜닝이 가능한 classical형 필터를 적용

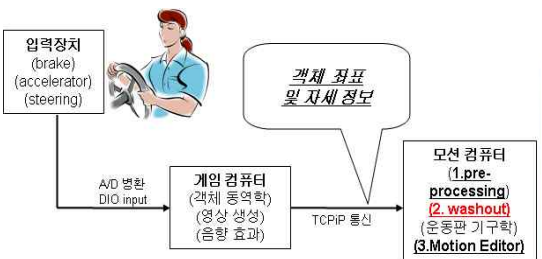


그림 3. Structure of Motion Plate and Washout Filter for Motion Plate

[Washout Filter I/O]

- ① Washout Filter Input : 3개의 축(Surge, Sway, Heave)에 대한 가속도(A_x, A_y, A_z) 및 각속도($\omega_x, \omega_y, \omega_z$)
- ② Washout Filter Output : 운동판(Motion

platform)의 위치($\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$), 운동판 회전방향 (Θ, Φ, Ψ)

[Classical Washout 개요]

Washout filter는 high pass washout filter를 사용하여 유래된 명칭이다. 즉, washout filter는 복소평면에서 제로가 원점에 위치한 형태의 high pass filter로서 시뮬레이터의 자세를 중립 위치로 되돌리는 기능을 말한다. 본 논문에서는 특히 classical washout algorithm의 여러 기능 중 체감을 극대화 할 수 있는 운동감의 재현 및 모션 베이스의 위치의 안정성에 중점을 두고 연구를 하였다.

[Washout Filter 생성]

6자유도 모션베이스의 Washout Filter 생성 방법은 크게 두 가지 방법으로 구성된다.

첫 번째, Surge, Pitch - Sway Roll 방향 계수와 두 번째, Heave, Yaw 방향 계수로 생성방법을 분류 할 수 있다.

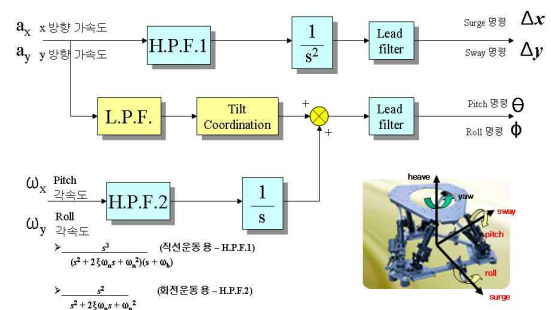


그림 4. Washout Filter for Surge, Pitch- Sway Roll Direction

가속도에 대한 highpass washout 필터는 3차의 차수를 갖는다. 또한 각속도에 관한 highpass washout 필터는 2차수의 형태를 이룬다. 이것을 더 세부적으로 나타내면 다음과 같다. 일반적인 고주파 필터의 전달함수는 아래 식처럼 기술할

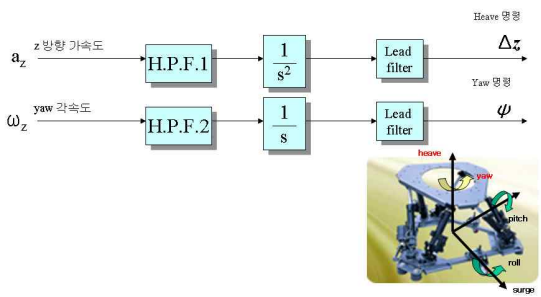


그림 5. Washout Filter for Heave, Yaw Direction[Washout Filter의 차수]

수 있다.

$$TF = \frac{s^n N(s)}{D(s)}, \quad N(s) = \sum_{k=0}^K a_k s^k, \quad D(s) = \sum_{j=0}^J b_j s^j, \\ j \geq K+n, \quad a_0, b_0 \neq 0$$

직진 운동의 경우 다양한 가속도 신호가 있을 수 있으나 모션 베이스의 요구되는 성능은 대부분의 경우 constant linear acceleration이다.

$\ddot{a}_{act} = C$ 여기서 C 는 상수이다. 모션 베이스와 게임 또는 실감형 콘텐츠 내의 움직임은 객체의 가속도 방향이 같다고 가정하면 객체의 가속도는 고주파 필터를 통과하는 식으로 표현할 수 있다.

$$L[x_{act}] = L[x_{act}] \frac{s^n N(s)}{D(s)}$$

위 식을 Laplace 변환을 취할 경우 다음과 같이 전개 가능하다.

$$s^2 X_{act} = \frac{C s^n N(s)}{s D(s)}, \quad X_{act} = C s^{n-3} \frac{N(s)}{D(s)}$$

위 식의 시간에 따른 안정성을 얻기 위해서 ‘the final value theorem’을 사용하면 다음 식을 구할 수 있다.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_{act}(t) = \lim_{s \rightarrow 0} C s^{n-2} \frac{N(s)}{D(s)} = 0, \quad \therefore n \geq 3$$

따라서 가속도에 관한 washout 필터는 지속적으로 일어나는 가속도의 안정성을 가정하여 3차

의 차수가 결정되었다. 같은 방법으로 각속도에 관하여서도 2차의 차수를 얻을 수 있다. 3차의 washout 필터는 복소평면에서 zero가 원점을 갖는 특징을 살려서 다음식과 같이 표현할 수 있다. 아울러 $\omega_n = 12.5$ 일 경우의 Bode 선도는 그림과 같다.

$$TF = \frac{s^3}{(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)(s + \omega_b)}$$

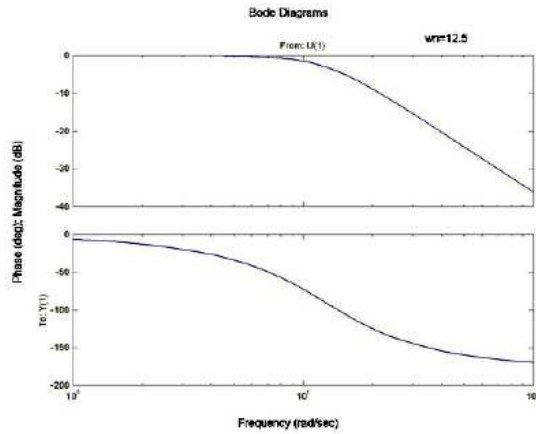


그림 6. HPF bode graph of straight acceleration

[Pitch 및 중력가속도]

게임이나 콘텐츠 내의 움직임은 객체의 가속도 (f)는 특별히 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\vec{f} = \vec{a} - \vec{g}$$

이식은 f 의 경우 게임이나 콘텐츠 내의 움직임은 객체의 동역학 해석으로 구한 비력(specific

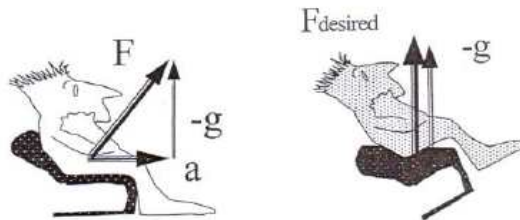


그림 7. Concept of Pitch direction gravity

force)이다. 이것은 인간의 감각 시스템의 입력 신호이기도 하다.

a 는 관성 가속도(inertial acceleration)이며 g 는 중력 가속도(gravity)이다. 비력은 관성가속도와 중력 가속도의 차에서 구할 수 있다.

상기 그림은 비력 F 를 기울임(tilting)각을 주어서 관성가속도 a 를 줄여줄 수 있다는 것을 보여준다. 즉 지속적인 관성가속도 a 는 모션 시뮬레이터의 운동 범위 밖에서 표현이 불가능하므로 기울임 각으로 대체하고자 하는 것이 classical washout algorithm의 기본 역할이다.

기울임 각은 다음식과 같이 x, y, z 방향의 가속도 신호 중에서 신체가 인식하기 어려운 정도의 변화량을 걸러내어(filtering) 만들 수 있다.

$$LPF = \frac{w_{LP}^2}{s^2 + 2\zeta w_{LP}s + w_{LP}^2}$$

필터링한 결과가 각각 f_L^x, f_L^y, f_L^z 라고 하면, tilting angle은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Phi_{TC} = \tan^{-1}(f_L^y/f_L^z)$$

$$\theta_{TC} = -\tan^{-1}(f_L^y/f_L^z)\cos\Phi_{TC}$$

Tilting 과정을 포함하는 rotation block을 아래 그림과 같이 나타내었다. 그림에서 [TILT COORD] 부분이 윗식이며 각도로 출력되기 때문에 각속도가 적분된 다음에 합쳐지게 된다.

Rotational block을 통과하고 난 결과물들은 직진 회전 행렬, 회전각 회전 행렬 등으로 사용된다.

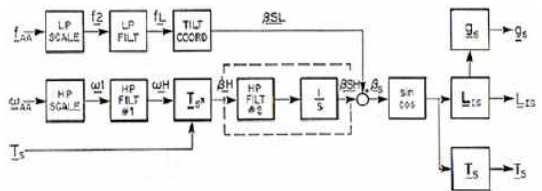


그림 8. Washout Filter Rotation Block

[게임, 콘텐츠의 Frame 구분]

모션 시뮬레이터의 classical washout algorithm을 적용하는데 기본적으로 필요한 frame은 다음과 같이 나눌 수 있다. 먼저 Frame I는 절대 좌표계로서 실제로는 모션 시뮬레이터의 베이스의 중심을 원점으로 하는 좌표계이다. 최종적으로 모션 시뮬레이터의 actuator의 길이 명령을 주기 위해서는 Frame I에서의 해석이 필요하다. Frame A는 실제 게임, 콘텐츠내의 움직이는 객체의 동역학 해석을 위한 점(무게중심)을 원점으로 하는 좌표계라 할 수 있다. 마지막으로 Frame S는 게임, 콘텐츠내의 움직이는 객체의 해석에 대응되어 사용자가 착석 하는 점이라 할 수 있다. 실제로는 운동판(motion plate)의 중심을 원점으로 하는 좌표계이다.

Classical washout algorithm의 역할은 실제 자동차의 운동을 모션 시뮬레이터의 운전자에게 똑같이 느끼게 해주는 데 있다. 이것을 아래 그림의 좌표계에 따른 식으로 표현하면 다음 식과 같다.

$$\vec{f}_s \approx \vec{f}_A, \vec{w}_s \approx \vec{w}_A$$

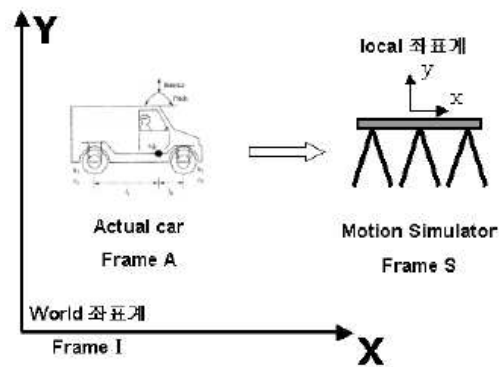


그림 9. Axis System According to Frame

[Frame S에서의 HPF]

직진 운동에 관한 classical washout algorithm

은 그림 4-3과 같이 보여 진다. 여기서 HPF #1, #2 두 개의 고주파 필터는 회전 행렬(rotation matrix) L_{IS} 사이에 놓여 있다. 회전 행렬(rotation matrix) L_{IS} 는 관성 가속도 a 를 Frame S 에서 Frame I 로 변환하는 역할을 한다.

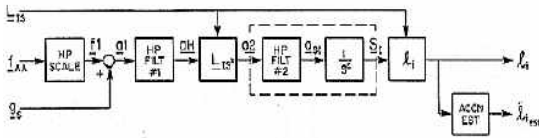


그림 10. Washout Filter for Translation Block

만약 고주파 필터 HPF #1만 사용하고 HPF #2를 사용하지 않는다면, 즉 Frame S 에서만 HPF를 적용하여 보자. 이것을 아래 그림과 같은 단순한 입력신호(x 방향 가속도만 있고 나머지는 신호는 모두 존재하지 않는다)로 washout filter를 통과하여 그 결과를 살펴보면 다음과 같다.

그림 11의 우측에서 나타나듯이 모션 시뮬레이터의 x 위치와 z 위치는 모두 수렴되지 않아서 원점으로 되돌아오지 않는다. 이 결과는 다른 방향의 지속적인 가속도에 의해 누적되어 결국 모션 시뮬레이터의 중립위치로의 귀환을 어렵게 하며

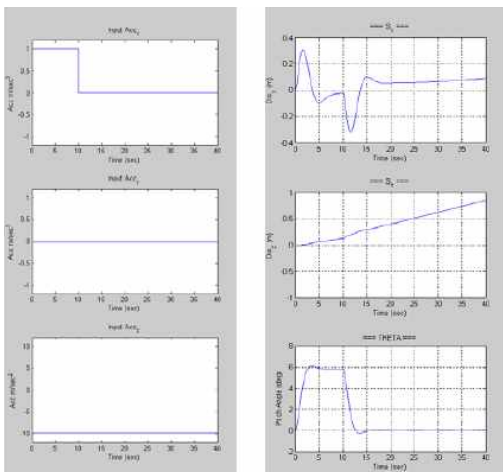


그림 11. Input Signal Vs. Frame S results

궁극적으로는 게임, 콘텐츠내의 움직이는 객체의 재현을 방해하게 된다.

[Frame I 에서의 HPF]

한편, 회전 행렬(LIS) 이후의 HPF#2만 사용하게 된다면 즉 Frame I 에서 HPF 필터를 사용하게 된다면 - 그 결과는 안정되게 모션 시뮬레이터가 중립 위치로 돌아온다. 그러나 Frame S 의 결과와 비교해 보면 두 번째 그림과 같이 z 방향의 자세가 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

Frame I 에서 z 방향의 자세는 상하로 출렁이는 모습을 가지고 있으며 이것은 실제 운동을 심하게 왜곡하는 결과를 나타내고 있다. 다음 그림이 그 결과를 나타낸다.

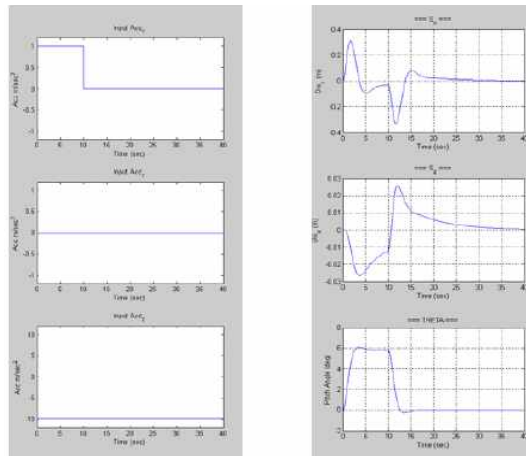


그림12. Input Signal Vs. Frame I results

[Frame S 와 I 에서의 HPF]

가속도의 고주파 필터의 차수는 3차이다. 현재 필요로 하는 필터는 HPF#1, HPF#2 두 개이므로 다음 식과 3차를 각각 2차와 1차로 나눌 수 있다.

$$HPF\#1 = \frac{s^2}{(s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2)}$$

$$HPF\#2 = \frac{s}{(s + w_b)}$$

따라서 translation block에서 요구되는 3차수의 고주파 필터를 사용하면서 Frame S와 Frame I 모두 고주파 필터를 적용할 수 있다. 최소한의 고주파 필터 차수를 사용하여 원하는 결과를 얻을 수 있다는 점에서 상당히 타당하다고 본다. 이렇게 하여 관성가속도를 1차 고주파 필터링을 하고 난 다음 Frame I로 전환하여 다시 2차 고주파 필터를 사용하게 된다. 다음 그림은 그 결과를 보여 준다.

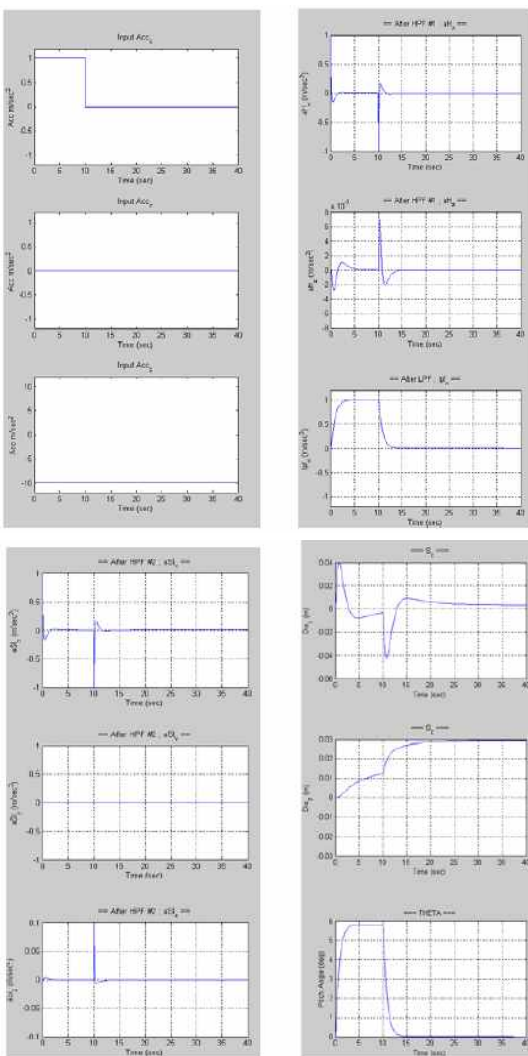


그림 13. Results of Frame S /

3. 결 론

국내 민간 항공업체에서 실제 비행과 비슷한 상황에서 비행을 경험하고 비행훈련을 하면 그만큼 '훈련 시간이 줄어들 뿐 아니라 비정상 상태에 대한 경험은 그보다도 더욱 효과적이다. 민간 항공기 시뮬레이터 부문에서는 민항 조종사들이 실제 상황으로 착각을 일으킬 정도의 고급 시뮬레이터로 훈련을 하여 실제 비행에 이용하고 있는 수준이다. 이러한 시뮬레이터들의 가격은 실제 항공기의 2-3배 이상으로 고성능 시뮬레이터 및 관련 산업은 고부가가치 산업이다.

본 논문에서 사용될 CAVE (computer aided virtual environment)는 가상현실분야의 새로운 기술로 HMD (head-mounted display) 대신에 대형 스크린에 둘러 싸여, 영사기로 가상의 공간을 재현하고 여기에 속도와 가속도 등 움직임, 소리, 촉각 등이 하다게 제공되면 현실감을 높일 수 있다. CAVE 기술은 자동차 등 산업계의 제품 연구이나 민간 또는 군용 훈련용 시뮬레이터의 성능을 획기적으로 높일 수 있다. 또한, 큰 시장성을 갖고 있는 게임용 중소형 시뮬레이터와 위락 산업을 위한 대형 시뮬레이터 등에도 활용 될 수 있다.

본 논문에서 연구 예정인 시제품 콘텐츠는 조종입력(조종면, 추력)과 속도, 외란 등에 의한 비행선의 종속거동을 3차원 현실적으로 모사할 수 있는 모션 시뮬레이터와 비행선의 동적 안정성, 조종성능, 외란에 대한 강인성 등의 전반적 성능을 시각적으로 표현할 수 있는 소프트웨어를 포함하여 비행선 설계 및 해석을 위한 유용한 수단을 제공한다. 또한 무인비행선 자동비행 제어시스템 설계 및 연구시에도 매우 유용하게 사용될 수 있다.

산업, 과학용 시뮬레이터 분야에 적용하기 위해서는 보다 현실감에 입각한 모션라이브러리와

SDK가 연구되어야 한다. 이를 위하여 실제 모션을 캡처하고 수치화하여 모션라이브러리를 구축하여야 한다.

본 기술의 활용분야는 아래와 같다.

- 3D 게임업체
- 모션 시뮬레이터 연구, 생산 업체
- 산업, 과학용 시뮬레이터 연구 업체/기관
- 운전 교습 / 면허 재발급 시험 (자동차, 트럭, ...)
- 전차 운전 훈련
- 비행기, 헬리콥터 조정 훈련
- 중장비 (크레인, 불도저, ...) 교습
- 전철, 기차 운전 교습
- 선박 조정 훈련 ...

기존의 시뮬레이터 제어코드 및 컨트롤 SDK의 경우 순수 S/W 성격이 강하여 일부 시뮬레이터 생산 업체에서 In-House S/W로만 자사의 제품에 적용하여 사용되어지고 있다.

본 논문에서는 동역학 해석 및 Actuator 제어, F/W를 제작하여 상용화를 목적으로 일반 게임연구 업체에서도 손쉽게 시뮬레이터를 게임콘텐츠와 동기화 시킬 수 있는 범용적인 모션시뮬레이터 개발틀로써의 가치가 높다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Federico Barbagli, Diego Ferrazzin, Carlo Alberto Avizzano, Massimo Bergamasco, "Washout Filter Design for a Motorcycle Simulator", 2001 IEEE, 2001.

[2] 최연철, "차량 시뮬레이터의 실시간 차량시뮬레이션 시스템 및 Washout 알고리즘 연구", 국민대학교 대학원 자동차공학과 석사학위 논문, 1997.

[3] 고려대학교 메카트로닉스 및 제어 연구실, 스텔러트 플랫폼형 병렬기구의 설계 및 제어, <http://mecol.korea.ac.kr/main.htm>

[4] L. D. Reid and M. A. Nahon, "Flight Simulation

Motion-Base Drive Algorithm : Part 2 - Selecting the System Parameters", Report No. 296, University of Toronto Institute for Aerospace Studies, December 1985.

[5] Idan M., Nahon M. A., "Off-Line Comparison of Classical and Robust Flight Simulator Motion Control", Journal of Guidance Control and Dynamics, V. 22 N.5, pp 702-709, 1999.

[6] S. H. Koekebakker, Ph. Piatkiewitz, S. K. Advani, L. J. J. de Nijs, "Predictive Reference Model Based Control of the Simona Flight Simulator Motion", Proceedings of the AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference pp 262-271, 1998.

[7] 다림제어기술, 전기식 6 자유도 Motion Platform, 다림제어기술 제품 사양서, 1999.

[8] 전용민, "6자유도 비행 시뮬레이터용 구동 신호 처리에 관한 연구", 인하대학교 공학석사 학위논문, 1994.

[9] 조준희, "실시간 차량 시뮬레이터의 연구", 국민대학교 대학원 자동차공학과 석사학위 논문, 1997.



심 현 보

- 1992년 경기대학교 응용정보통계학 (학사)
- 2012년 한독미디어대학원 (석사과정)
- 1992년-1995년 신경전산 연구팀 차장
- 1996년-1999년 클릭엔터테인먼트 연구팀장
- 1999년-2002년 에이치인포메이션 연구이사
- 2002년-현재 (주)포디비전 대표이사
- 2004년-현재 정보통신산업진흥원 논문평가 심사위원
- 산업기술평가원 논문평가 심사위원
- 산업기술평가원 논문기획 위원
- 시정연구연구원 심사위원
- 관심분야: 3D Stereoscopic Display, 체감형 게임, 혼합현실 콘텐츠