제3장 레스터화 같이 공부하겠습니다

3장 레스터화 공부하기 전에 2장 그 정점 처리했던 것을 잠깐 복습해 보겠습니다

자 우리 2장에서 정점처리를 배웠는데요 정점 처리 잠깐 복습하겠습니다

1장에서 게임을 제작하는 단계를 모델링 애니메이션 렌더링 이렇게 간단히 분류했고

그 중에서 우리 책은 렌더링을 포커스 합니다. 렌더링은 렌더링 파이프 라인을 거치는데

첫번째가 정점 처리 두번째가 레스터화 세번째가 프레그먼트 처리 네번째가 출력 병합입니다.

 정점 처리는 3D 맥스로 모델링한 오브젝트를 오브젝트에서 정점 삼각형의 정점들로 처리하는

건데 대표적인게 변환입니다.  2장에선 변환을 주로 배웠습니다.

 그리고 레스터화 단계에서는 이 삼각형 안에 들어가는 픽셀들을 결정하는 이런 프레그먼트들을

찾아내는게 레스터화 단계이다 3장에서 배울 것입니다.

프레그먼트 처리는 이 프레그먼트의 색깔을 결정합니다. 색깔은 텍스처 매핑이나 조명 이런 것을

거치게 되면 색깔이 결정이 되는 거고요 이게 프래그먼트 처리이고

출력 병합은 삼각형들이 겹쳐 있거나 이럴 때 앞뒤를 따지거나 혹은 반투명이면 색깔을

섞거나 해서 최종적인 컬러 버퍼의 색깔을 결정하는게 출력 병합입니다

다시 한번 렌더링 파이프라인은 정점 처리 레스터화 프레그먼트 처리 출력병합 내단계를 거친다

그 중에서 정점 처리하고 프래그먼트 처리는 프로그래밍 할 수 있는 즉 쉐이더 프로그래밍을 할

수 있는 단계이다

자 2장에서 배울 정점 처리는 변환 조명 애니메이션 등이 있는데  2장에서는 변환을 주로 다룰

것 입니다.

어떤 변환이 있느냐 세 개의 변환이 있습니다. 이것도 외워야 되는 거죠 어떤 변화에 있느냐 첫

번째 월드변환

월드 변환이 뭐냐 3D max로 모델링한 오브젝트들의 오브젝트 좌표계에서 오브젝트들을

클라이언트 프로그래머가 게임월드에 좌표계를 하나 딱 설정하고요 그곳으로 오브젝트들을

가져오는게 월드 변환하는 거죠

그리고 나서 카메라의 움직임에 따라서 이 LCD 화면에 보이는 게 달라지니까 월드 좌표계는

좌표계가 고정입니다. 클라이언트 프로그래머가 딱 하나 만들어 놓은 건데 카메라의 움직임에

따라서 화면에 보이는게 달라져야 하니까 카메라 공간으로 바꿔야 되겠다 카메라 공간으로

바꾸는 변환을 뷰 변환이라고 한다

그리고 나서 3차원 공간을

2차원 LCD 모니터에 투영하기 위한 이 클립 공간 클립 공간으로 바꾸는게 투형 변환이다 그래서 월드 변환 뷰변환 투영 변환 세 가지를 배웠고요

각각을 살펴보면 월드 변환은 클라이언트 프로그래머가 게임월드에 딱 설정한 월드 좌표계로

가져오는게 어떤게 있냐면 SRT가 있습니다.

축소 확대 회전 이동 srt가 있다

이동 변환 같은 경우에는 3차원 벡터일 때는

이렇게 벡터의 덧셈으로 보통 표현을 하고 하는게 보통인데

스케일링 축소 확대나 회전은 3X3 행렬로 표현할 수 있으니까

이동 변환도 행렬로 표현을 하면 나중에 복합 변환을 행렬로 표현할 수

있으니까 이동 변환을 행렬로 표현하기 위해서 이제부터 3차원 카테시안

좌표를 4차원 동차 좌표로 확장을 시켰다 3차원

직교좌표계를 4차원 동차 좌표계로 확대를 시키면 이동 변환이 벡터의 덧셈이 아니라

이렇게 4바이 4 변환 행렬로 여기 변환되는 요소를 여기다 써 주기만 하면 이제는 4바이 4 행렬로 변환을 나타낼 수 있다 오픈 쥐엘 은 벡터를 오른쪽에 이렇게 열벡터로 나타내고 왼쪽에 변화를 쓴다고 했어요 자 이런 식으로 이동 변환을 행렬로 나타내고 축소 확대 회전도 다 4바이사 행렬로 확장을 하면 복합 변환을 행렬로 나타낼 수 있다 복합병을 행렬로 나타낼 수 있고요 동차 좌표는 나중에 3차원 카테시안 좌표계로 변환을 시킬 때이 w에 해당하는 값으로 나눠 주게 되면 카테시안 좌표계 즉 직교좌표계로 변환이 된다 직결좌표계로 변환이 된다

그런 얘기를 삼각형의 노말은 비균등 축소 확대를 하게 되면 비균등 축소 확대 여기에서 예로 나온 것은 x 방향으로 1/2 y 방향으로 1만큼 축소 확대 했더니 비균등 이잖아요 균등하지 않으면 삼각형을 변환하고 나서 법선 벡터가 수직이 안 되더라 그래서 놈을 즉 법선 벡터의 변화는 이 변환 행렬 대신에

행렬의 역행렬에 전치행렬을 적용을 시켜야 된다 그래서

간단한 게임 엔진 같은 경우에는이 비균등 축소 확대를 지원하지 않는다 이렇게

역행렬에 전치행렬을 만들어서 적용을 시켜야 되니까 시간이 많이 걸려서

지원하지 않는 경우도 있다 자 그리고요 뷰변화는 카메라 공간으로

바꾸는 건데요 카메라 공간을 나타내는 카메라의 외부 파라미터 3개가 있다 그랬어요 카메라의 위치 I 바라보는

지점 at 업백터이 세 가지에 의해서 카메라

카메라 공간의 기저인 uvn을 만들어낼 수 있다 uvn 그 중에서

uvn 중에서 뭘 먼저 만드느냐 i에서 at을 바라보는 반대 방향인

n을 먼저 만든다 i에서

엣을 바라보고 있는데 그것의 반대 방향 이게 나중에 z좌표가 될 거예요 i-at 크기를 1로 만들고요 그리고

업백하고 n을 외적 해서 유 벡터를 만들고요 마지막으로 n 벡터와 유 벡터를 외적 해서

V 벡터를 만든다 이게 카메라 공간에 기저가 되겠고요

카메라 변환을 하는 방법은 두 단계를 거친다 카메라의 위치 i를 월드 좌표계의

원점으로 이동 먼저 이동하고 그리고 나서 카메라 공간의 기전이 uvn을

월드 좌표계 x y z로 맞추는 회전

회전 변환 이동하고 회전하는게 뷰변 아니다 이때 이동 변화는

이동 변화는 카메라의 위치에 반대 방향으로 이동하면 되는 거고요

회전 변화는 카메라 공간의 기저인 uvn을 차례로 써주기만 하면 이게

회전 변환 행렬이 되더라 이것을 합하면 이게

뷰변한 행렬이다 비변을 행렬이다 오픈 지엘은 벡터를 오른쪽에 열벡터로 사용하기

때문에 먼저 적용하는게 오른쪽에 쓰는 거죠 이동하고

회전해야 된다 그것의 복합 변환이 뷰변한 뷰변한 행렬이 되더라 이거죠

정점별 조명 대신에 5장에서는 fragment별 조명을 할거다

자 그리고 투영 변환을 하기 위해서이 카메라 공간을 카메라의 내부 파라미터 4개로

시야 절두체를 구성을 합니다 시야 절도죄 영어로는 뷰플러스 텀 시야 절도체는

머리가 잘린 피라미드 자 머리가 잘린 피라미드를 구성하는

카메라의 내부 파라미터 4개는 뭐냐 fovy 수직 시야가 수직 시야가 그

다음에 화면에 종횡비 화면에 종횡비 요즘은 와이드 화면이 유행하죠 h분의

W 종횡비 두 번째 그 다음에 전방 평면의 거리 n 후방평면의 거리 F 그거에 의해서

시야 절도죄 머리가 잘린 피라미드가 결정이 된다 이것은 오른손

좌표계이구요 uvn을 uvn을

x y z로 나타낸 것이에요 여기가 카메라의 위치 아이고요 카메라 위치 아이가

s를 바라보는 반대 방향이 n이었잖아요 그래서 오른손 좌표계에

z의 반대 방향으로 이렇게 씨앗 절두체가 보이게 된다

자 그리고 이 씨앗 절도죄 바깥에 있는

물체들 여기 빨간색으로 표시된 물체들이나 걸치는 물체들은 나중에

잘라내야 된다 이것을 컬링 혹은 클리핑이라고 합니다 자 클리핑을 하는데

이 시야 절두체에서 클리핑을 하는 것은 쉽지 않아요 그래서

쉽게 클리핑을 하기 위해서이 시야 절두체를 직육면체로

2 곱하기 2 곱하기 1 2 곱하기 2 곱하기 1

직육면체로 변환을 시키는게 투영 변환이다

그러면 바라봤을 때

투영선으로 바라봤을 때 겹치는 것을 쉽게 XY 좌표에서

XY 좌표가 같을 때 Z 값을 가지고 어떤게 카메라의 앞에 있는지 쉽게

결정을 할 수 있다 그리고 클리핑도 쉽다 그래서이 씨앗절두체 대가리가 잘린

피라미드를 직육면체로 바꾸는 변환을 투영 변환이라고 한다

투영 변환이라고 한다 자 그리고 투영 변환을 하게 되면 이렇게

카메라에서 씨앗 적절체를 바라봤을 때는 카메라의 중심에서 투영선을 사선으로 그어

줬는데 투영 변화를 하게 되면 이렇게 직육면체로 바꾸게 되면

투영선이 사선이 아니라 평행하게 돼서 투영선의 벡터가 다 일치하게 되고요

투영 변화를 한 이후에는 멀리 있는 물체는 작아집니다 가까이 있는 물체는 커지는

그래서 원근 투영 효과를 가지게 된다

자 투영 변환 행렬은 지난 시간에 조형변환 행렬을 유도했고요

이 투형변환 행렬에이 결과는 사실은이

Z 값이 Z 값이 1이 아닌 w값이 1이 아닌 값이 나오게 되는데이 투형 변환

행렬을 좀 쉽게 구하기 위해서 그렇게 만든 거고요 또 하나이 렌더링 파이프라인 단계에서

정점처리 다음에 레스터화인데요 레스터화 단계에서는 레스터화 단계에서는

왼손 좌표계를 사용해야 됩니다 그래서 투형변환 최종적으로는

왼손 좌표계로 바꿔야 돼요 이렇게 왼손 좌표계로 바꿔야 된다 왼손 좌표계 이게 왼손 좌표계죠

왼손 좌표계 그래서이 투형 변환 행렬을 구한 다음에

z의 값을 - zfo를 반대로 하기 위해서 세 번째 행을

-를 붙인다 세 번째 행을 -를 붙여서 최종적인

투영 변환 행렬을 구성을 하면 이것은 왼손 좌표계로 바꿔 주게 되더라이

얘기입니다 왼손 좌표계로 바꿔주게 되더라 그래서 최종적으로

정점 처리해서 월드 변환 뷰변환 투형 변환을 거치게 되면 왼손 좌표계의

직육면체 클릭 공간으로 바뀌게 됩니다 이거가 이제

지난 시간에 했던 거고요 다이렉트 3d는 2 곱하기 2 곱하기 1 클릭

공간이 직육면체인데 오픈 gl은 2 곱하기 2 곱하기 2 정육면체였습니다 그래서

투영 행렬이 조금 달랐어요 지난 시간에 이렇게 배웠고요 유도하는

것은 지난 시간에 했습니다 자 그러면 오늘은이어서

레스터화 렌더링 파이프 라인의 두 번째 단계인 레스터화 정점 처리 이후에 레스터화 정점 처리는 삼각형 정점에 대표적인 변화를 한 거예요 월드변환 뷰변환 투영 변환 다 했다고 치고 이제 레스터화 단계에서는이 삼각형 안에 들어가 있는 들어가는이

fragment들을 찾아내는 건데이 플래그먼트들은 나중에 픽셀의

픽셀 값을 결정하는 데이터의 집합이라고 보시면 됩니다 [음악]

이 픽셀마다 프래그먼트가 생성이 돼야 되는데 이것은 하드와이어드

단계이구요 렌더링 파이프라인의 두 번째 단계인데 이 레스터화 단계는 또 5단계를

거칩니다 다섯 단계 이것도 외우셔야 돼요 다섯 단계 첫 번째 클리핑 그 다음에

원근 나루 샘 뒷면 제거 뷰포트 변환 스캔 변환

특히이 스캔 변환이 좁은 의미에서 레스터화 단계이고요이 앞에 4개는

넓은 의미의 레스터화 단계에 포함된다라고 보시면 되겠습니다 정점 처리 이후에

삼각형 안에 들어가는이 프레그먼트들을 결정하는게 레스터화 단계인데 다섯 단계를 거친다 이것을

외우셔야 돼요 클리핑 원근 나눗셈 뒷면 제거 뷰포트 변환 스캔 변환 5단계를

거친다 자 그러면 차례차례 차례차례 보게 보겠습니다

먼저 클리핑 자 클리핑은 뭐냐 우리가 투영 변환에서이

머리가 잘린 피라미드를 직육면체로 바꿨어요 자 그런데이 카메라 공간에서

카메라의 내부 파라미터 4개에 의해서 결정되는이 시야 절두체 바깥에 있는

삼각형들은 다 잘라야 돼요 이걸 컬링 혹은 클리핑이라고 하는데이 T1 같은

경우에는 완전히 제거해야 되고요 T2 같은 경우에는이

씨앗을 수치 안에 있으니까 레스터화 단계로 들어가야 되는 거고요

세 번째 삼각형은 걸쳤어요 그래서 이걸 잘라내야 돼요 자 이거를이 씨앗

절도체에서 하는 것은 어려워요 계산이 어렵다 그래서 클리핑을 한 이후에

투영 변화를 한 이후에이 투영 변환 투영 변환이죠

투영 변화를 한 이후에 [음악] 클립 공간에서 자르게 되면

클릭 공간에서 클리핑을 하게 되면 훨씬 쉽다 따라서

투형 변환 한 이후에 클릭 공간에서 클리핑을 수행한다 이게

레스터화의 첫 번째 단계 당연한 거죠 클립 공간 안에 있는 것들만 화면상에 보일 거예요 직육면체 안에 있는

것들만 보인다이 피라미드 대가리가 잘린 피라미드에서 클리핑하는게 아니라

투영 변환 한 이후에 클릭 공간 직육면체에서 자른다 그게

클리핑 자 레스터화의 5단계 중에서 첫 번째 클리핑

투영 변환 한 이후에 직육면체 바깥에 있는 것들은 잘라낸다 클리핑이고요 당연한 거고요 자 두

번째 두 번째 단계는 원근 나눗셈 자 원근 나눗셈 자 우리가

투영 변환 행렬을 구해냈는데요이 투형 변환 행렬은

행렬을 쉽게 만들기 위해서 사실은이 씨앗 절두체 안에 들어있는

X Y z에다가이 구한 투형 변환 행렬을 적용시키면요

W 값이 1이 아니에요 왜냐하면 투영 변화행렬을 좀 쉽게

만들기 위해서 이 변환되는 값이 w가 1이 아니도록

일부러 만든 거예요 그러면 이것을 직교좌표계 3차원 카테션 좌표계로

만들기 위해서는 투영 변환된 이후에이 w값으로 즉

w값이 4행 1년 해보면 -z가 나오도록 만든 건데

w값 즉 - z로 나눠줘야 돼요 -z로 나눠줘야 된다

그래야지만 w값이 1로 바뀌고요 세 가지 좌표가 3차원 직교좌표계가 되는

것이다 자 투영 변환 한 이후에 w값이 1이

아니니까 w값으로 나눠준다 당연한 거잖아요 동차 좌표계에서

변환한 이후에 W 값이 1이 아니면 w로 나눠주는게 3차 카테션 좌표계로

변환하는 거잖아요 그리고 투영 변환에서는 W 값이 1이

아니도록 투형 변환 행렬을 쉽게 만들기 위해서 그렇게 만들었다고 했잖아요 그 W

값은 - z예요 적용을 시켜보면요네 번째 행위

00 -1 0이니까 x y z 1에다가 적용을 시키면

W 값이 - z가 나옵니다 따라서 w값 - z로 나눠줘야 된다

나눠줘야 된다 나눗셈이 해야 되는데 왜 원근 나눗셈이라고 부르느냐 그 다음을

보면 알 수 있어요 왜 원근남은 샘이라고 하느냐 자

투영 변환을 할 때 투영 변환한 이후에 w값이 - Z

값이 의미하는게 뭐냐면요 카메라 공간에서 [음악] XY

평면으로부터의 거리의 양수 값입니다

무슨 말이냐면 -z라는게 뭐냐면 여기요 그림을 한번 보세요요 길이

요 그림은 오른손 좌표계에서 아직 투영 변환하지 않을 때 오른손 좌표계에서

이쪽이 z축 위쪽이 y축

x축은 화면 안쪽으로 들어가는 거예요 엄지손가락이 x축

검지 손가락이 y축 세 번째 손가락이 z축 오른손 좌표계에서 z의 반대

방향으로 피라미드 대가리가 잘린 피라미드를 바라본 거예요 자

그렇다면이 씨앗 절두체 안에 들어있는 P1 P2 q1 q2의

요 요 값 Z 성분 예를 들어서 p2는

Z 성분이 -2거든요 -2라는 의미는

Z 값이 -2니까 그 Z 값의 부호를 반대로 해주면

원점에서의 거리가 되는 것입니다 원점에서의 거리 XY 평면에서의

거리가 되는 것이죠 원점이 아니라 참 XY 평면으로부터의 거리가 된다

이 피라미드 대가리가 잘린 피라미드 씨앗 절두차 안에 있는 물체

Z 성분의 -를 붙이면 XY 평면에서의 거리 거리가 된다

즉 거리로 나누게 되면 멀리 있는 물체는 작아지고 가까이 있는 물체는 커지는 원근 값이

생긴다이 얘기에요 그래서 원근 나눗셈이라고 하는 겁니다 자 다시 보세요

투영 변환 행렬을 우리가 2장에서 구했습니다 요것은

외울 순 없어도 나중에 시험 문제를 낼 때 제가 여러분들 한

페이지에 정리해서 시험 보라고 할 거거든요 그럼 요걸 딱 정리하셔 가지고요 예를 들어서 이런 투형 변환

행렬이 있는데 수직 시야각이 2분의 파이 수직

시작하게 2분의 파이다 그러면 이거는 파이널 라디아닐테니까

파이 라디안은 각도로 나타내면 180도죠 2분의

파이는 90도에요 자 그리고 종횡비는 1

화면의 종행비가 1이라는 얘기는 직사각형이 아니라 정사각형이라는 얘기의 화면이 그리고 가까운 평면의

거리가 1 먼 평면의 거리가 2 지금이 시야 절두체를 결정하는

카메라의 내부 파라미터 4개가 지금 수직 시야각이 90도 가까운 평면의

거리가 1 먼 평면의 거리가 2 화면에 종횡비가 1

이랬을 때이 투영 변환 행렬이 가장 간단하게 나타내집니다 자 보세요

코탄젠트 2분의 fovy 자 수직 시작하기 2분의 파이

90도라고 했어요 90도의 절반은 45도죠 탄젠트 45도는

탄젠트 45도 이렇게 직각삼각형이 있을 때 얘가 45도면

45도면 1 1 루트 2잖아요 탄젠트 45도는 1이에요

따라서 코탄젠트 45도도 1이죠 에스펙트는 1

따라서요 부분이 1이에요 코탄젠트 45도 1 그 다음에 f-n

분의 - F

2-1/ -2 즉

-2죠

2 - 1분의 -2 곱하기 1

-1이죠 여기는 무조건 상수 마이너스 1 이게

4가지 카메라의 내부 파라미터일 때 가장 간단한 투영 변환 행렬이다

자 그러면 이 투영 변환 행렬을 이용해서 직육면체로 변환시켜 보는 거예요 그게

투영 변환해져 투형변환 행렬은 레스터화 단계를 위해서

왼손 좌표를 바뀐다 그랬어요 왼손 좌표계 여기가 z축 y축

x축은 하면 안쪽으로 들어가요 자 왼손 좌표계로 바뀐다 자 그러면

p2에 대해서 투영 변화를 해볼게요 P2 0

-2를 투영 변환 해보면

0 1 2가 나옵니다 w값이 1이 아니에요 w값이

- z가 나온다고 했죠 W 값이요 Z 성분의 부호가 반대인 거

- Z 즉 2가 나오는 거예요 그 w로 나눠준다 즉

XY 평면에서의 거리로 나눠준다 그래서 키가 작아진다 이거예요

p prime p2의 프라임은 키가 작아진다 멀리 있는 물체는 키가 작아진다 w를

1로 바꿨더니 w로 나눠줬더니 키가 작아졌다 멀리 있는 물체는

멀리 있으면 멀리 있을수록 나누는 분모가 커지니까 더 작아지겠죠

그래서 원근 나노쌤이라고 하는거다 투영 변환 한 이후에

직육면체 상태에서 직육면체 바깥에 있는 것을 잘라내는 것은 클리핑 그리고

투영 변화를 했더니 w값이 1이 아니니까 W 값으로 나눠주는데 그 w가

성분이 -z다 - z의 의미는 XY 평면에서의 거리니까

거리로 나눠주니까 거리가 크면 클수록 분모가 커지므로 거리가 크면 클수록

멀리 떨어져 카메라에서 멀리 떨어져 있으록 작게 된다 가까이 있을수록

커지게 된다 원근감을 나타내는 것이니까 원근 나눗셈이라고 한다

자 q2에 대해서도 적용을 해보면 Q2 q2는 여기 있잖아 Q2

0 , 0, -2을 적용했더니

0 , 0, 2, 2가 되더라 w가 1이 아니더라

w로 나눠주게 돼서 0이 되더라 0 1이 되더라 자 이런

피라미드를 투형변환하면 직육면체가 된다 이렇게 요런 직육면체가 된다요 직육면체

바깥에 있는 물체들을 다 클리핑하고 w로 나눠줬더니 가까이 있는 물체는

커지고 멀리 있는 물체는 작아지는 원근 나눗셈이 된다 자 그리고요

이렇게 원근 나눗셈 한 이후에 나온 3차원

좌표를 정규화된 좌표 ndc라고 합니다

원근 나눗셈을 한 좌표를 노멀라이즈드 디바이스 코디네이트

정규화된 좌표 ndc라고 합니다 ndc라고 한다

자 레스터화 단계의 5가지 중에서 첫 번째이 직육면체를 만든 후에 클릭

공간으로 투영 변환한 이후에 클리핑 직육면체 바깥에 있는 것을 잘라내는 거 클리핑 두 번째

투영 변환 한 이후에 w값이 1이 아니니까 w값으로 나눠준다 나눗셈인데

W 값이 - Z 즉 XY 평면에서의 거리니까

거리로 나눠준다 멀리 있는 물체는 작아진다 가까이

있는 물체는 커진다 원근 나눗셈을 하는거다

이상 마치겠습니다.