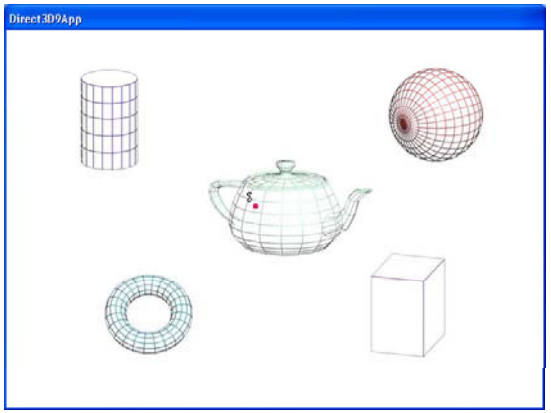
Picking

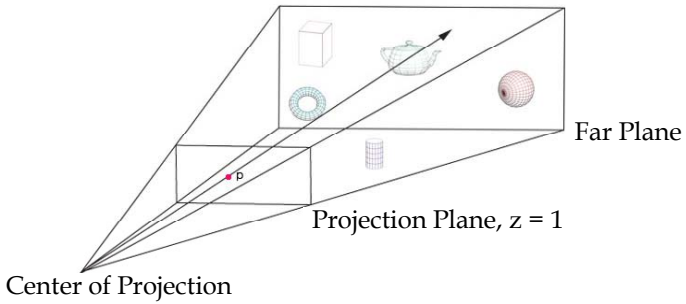
305890
2008년 봄학기
6/11/2008
박경신

Picking



사용자가 주전자를 선택하였을 경우 - 스크린 좌표를 이용하여 선택한 물체를 알아내는 것을 픽킹(picking)이라 부름

Picking



원점에서 출발하여 p를 통과하는 광선이 한 물체와 교차.
투영창의 p는 화면의 s에 대응.

Picking

- Screen to Projection Window Transformation
  - 스크린 포인트 s를 통해 투영창에 대응되는 포인트 p를 계산
- Computing the Picking Ray
  - 원점에서 출발하여 p를 통과하여 발사되는 픽킹 광선을 계산
- Transforming Rays
  - 픽킹 광선과 모델을 동일한 공간으로 변환
- Ray-Object Intersections
  - 픽킹 광선과 모델의 교차 계산. 교차된 물체는 선택된 스크린 물체와 대응
- Picking 예제

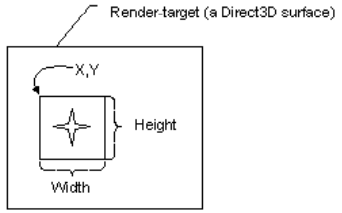
Picking

- Picking
  - 사용자가 screen point s=(x, y)를 가리켰을 때, 위치 s에 해당하는 물체를 알아내는 기법
  - 게임 제작에서 매우 중요한 요소임
  - 예) 물체를 click해서 작동 방식을 선택, 적군을 click해서 무기를 발사, 아이템을 click해서 집는 동작 등등.
- Picking 기법의 구현 절차
  1. Screen point, s에 대응되는 투영창 (z=1)에서의 점 p를 계산
  2. 원점에서 p로 향하는 picking ray계산
  3. Picking ray와 model을 동일 공간으로 변환
  4. Picking ray와 교차하는 물체를 알아냄

Screen to Projection Window Transformation

- Viewport transformation matrix

$$\begin{bmatrix} \frac{Width}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{Height}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & MaxZ - MinZ & 0 \\ X + \frac{Width}{2} & Y + \frac{Height}{2} & MinZ & 1 \end{bmatrix}$$




```
typedef struct _D3DVIEWPORT9 {
    DWORD X, Y;     // the upper-left corner (in pixel coordinates)
    DWORD Width, Height; // width, height (in pixel)
    float MinZ, MaxZ; // range of depth value – 일반적으로 0.0 또는 1.0
} D3DVIEWPORT9;
```

Screen to Projection Window Transformation

- 투영창의 점 $p=(p_x, p_y, p_z)$에 Viewport 변환행렬을 적용하면 screen point $s = (s_x, s_y)$가 얻어짐

$$s_x = p_x\left(\frac{Width}{2}\right) + X + \frac{Width}{2}$$

$$s_y = -p_y\left(\frac{Height}{2}\right) + Y + \frac{Height}{2}$$

- 주어진 스크린 포인트 s를 이용해 p를 구함

$$p_x = \frac{2s_x - 2X - Width}{Width}$$

$$p_y = \frac{-2s_y + 2Y + Height}{Height}$$

Screen to Projection Window Transformation

- X = Y = 0을 가정하면 투영창은 평면 z=1과 일치

$$p_x = \left(\frac{2s_x}{Width}\right) - 1,\ p_y = \left(\frac{-2s_y}{Height}\right) + 1,\ p_z = 1$$

- 투영 행렬 (projection matrix) P를 사용한 투영창의 배율 변경
  - P_{00}과 P_{11} 항목이 x, y 좌표의 배율을 변경하므로

$$p_x = \left(\frac{2x}{viewportWidth} - 1\right)\left(\frac{1}{P_{00}}\right),\ p_y = \left(\frac{-2y}{viewportHeight} + 1\right)\left(\frac{1}{P_{11}}\right),\ p_z = 1$$

Computing the Picking Ray

- Picking Ray
  - Ray: 위치와 방향
  - $p(t) = p_0 + tu, (t \geq 0)$

```
struct Ray {
    D3DXVECTOR3 _origin;
    D3DXVECTOR3 _direction;
};
```

- Picking Ray
  - $p = (p_x, p_y, 1)$를 ray가 지나가는 투영창의 점이라고 하면
  - $p_0 = (0, 0, 0)$이므로, 방향 벡터 $u = p - p_0 = p$
  - $Ray = p_0 + tu$

Computing the Picking Ray

```
d3d::Ray CalcPickingRay(int x, int y) // screen point (sx, sy)
{
    float px = 0.0f;
    float py = 0.0f;

    D3DVIEWPORT9 vp;
    Device->GetViewport(&vp);

    D3DXMATRIX proj;
    Device->GetTransform(D3DTS_PROJECTION, &proj);
    px = (((2.0f * x) / vp.Width) – 1.0f) / proj(0, 0);
    py = (((-2.0f * y) / vp.Height) + 1.0f) / proj(1, 1);

    d3d::Ray ray;
    ray._origin = D3DXVECTOR3(0.0f, 0.0f, 0.0f);
    ray._direction = D3DXVECTOR3(px, py, 1.0f);

    return ray;              // return ray (origin, direction)
}
```

Transforming Ray

- Picking Ray
  - Ray와 물체의 교차 검사(intersection test)를 위해서는 동일 좌표 시스템으로 바꾸어야 함
  - View space에서의 picking ray를 world space로 바꾼다
    - Picking Ray의 점 p_0 와 방향 u를 view 변환 행렬의 역행렬로 변환

```
void TransformRay (d3d::Ray* ray, D3DXMATRIX* T) {
    // transform the ray's origin, w = 1
    D3DXVec3TransformCoord(&ray->_origin, &ray->_origin, T);
    // transform the ray's direction, w = 0
    D3DXVec3TransformNormal(&ray->_direction, &ray->_direction, T);
    // normalize the direction
    D3DXVec3Normalize(&ray->_direction, &ray->_direction);
}
```

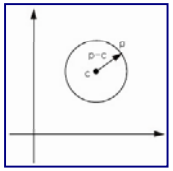
D3DXVec3TransformCoord: (x, y, z, w=1)
D3DXVec3TeansformNormal: (x, y, z, w=0)

Ray-Object Intersections

- Intersection Test
  - 방법 1: 물체를 이루는 모든 triangle들에 차례로 ray intersection test함. 그러나 계산량이 많음.
  - 방법 2: 각 물체의 경계 구체(bounding volume)와 ray intersection test함. 정확성은 다소 떨어지지만 효율적인 방법임.
  - 다수의 물체와 교차되는 경우에는 camera와 가까운 물체를 선택함.

Ray-Object Intersections

- Sphere-Ray Intersection Test
  - Sphere의 중심점 c와 반지름 r
    - 점 p가 sphere상에 있을 조건: $\|p - c\| - r = 0$
    - Ray $p(t) = p_0 + tu$가 sphere와 intersect하는 지를 검사



$$\|p-c\|-r=0$$
$$\Rightarrow \|p(t)-c\|-r=0$$
$$\Rightarrow \|p_o+tu-c\|-r=0$$
$$\Rightarrow At^2+Bt+C=0$$

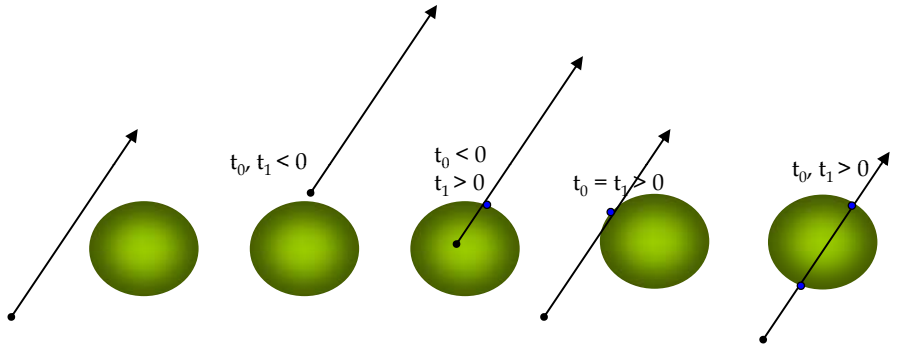
$$(p-c)\cdot(p-c)-r^2=0$$
$$\Rightarrow (p(t)-c)\cdot(p(t)-c)-r^2=0$$
$$\Rightarrow (p_0+tu-c)\cdot(p_0+tu-c)-r^2=0$$
$$\Rightarrow u\cdot ut^2+2u\cdot(p_0-c)t+(p_0-c)\cdot(p_0-c)-r^2=0$$

$$A=u\cdot u, B=2(u\cdot(p_0-c)), C=(p_0-c)\cdot(p_0-c)-r^2$$

$$t=\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4C}}{2}$$

=> t의 두 개의 값 중 양수의 경우가 intersection을 의미함

Ray-Object Intersections

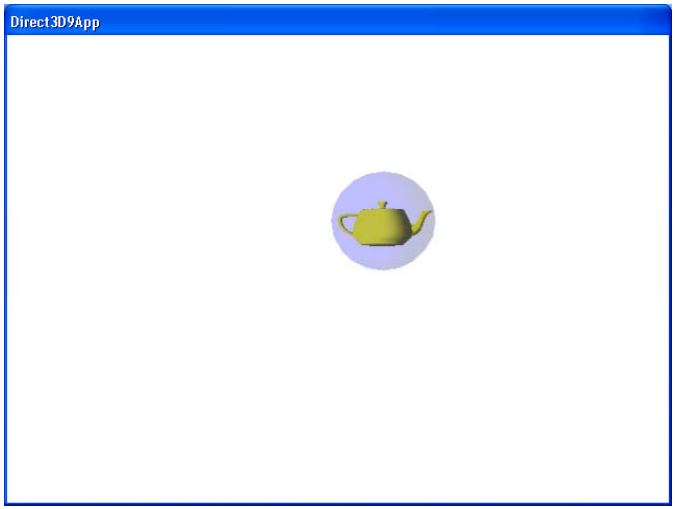


광선이 구체를 빗나감 | 광선이 구체와 단일 지점 교차 | 광선이 구체와 두 지점 교차

Ray-Object Intersections

```
struct BoundingSphere {
    D3DVECTOR3 _center;
    float      _radius;
};
bool RaySphereIntTest (d3d::Ray* ray, d3d::BoundingSphere* sphere) {
    D3DXVECTOR3 v = ray->_origin – sphere->_center;
    float b = 2.0f * D3DXVec3Dot(&ray->_direction, &v);
    float c = D3DXVec3Dot(&v, &v) – (sphere->_radius * sphere->_radius);
    float discriminant = (b*b) – (4.0f * c);  // discriminant
    if (discriminant < 0.0f)        // test for imaginary number
        return false;
    discriminant = sqrtf(discriminant);
    float t0 = (-b + discriminant) / 2.0f;
    float t1 = (-b - discriminant) / 2.0f;
    if (t0 >= 0.0f || t1 >= 0.0f)  // if a solution is >= 0, then we intersected the sphere
        return true;
    return false;
}
```

Example: Picking



Example: Picking

```
ID3DXMesh* Teapot = 0;        ID3DXMesh* Sphere = 0;
D3DXMATRIX World;
d3d::BoundingSphere BSphere;

bool Setup() {
      D3DXCreateTeapot(Device, &Teapot, 0);
      // Compute the bounding sphere
      BYTE * v = 0;
      Teapot->LockVertexBuffer(0, (void**) &v);
      D3DXComputeBoundingSphere((D3DXVECTOR3*)v, Teapot->GetNumVertices(),
            D3DXGetFVFVertexSize(Teapot->GetFVF()), &BSphere._center, &BSphere._radius);
      Teapot->UnlockVertexBuffer();
      // Build a sphere mesh that describes teapot's bounding sphere
      D3DXCreateSphere(Device, BSphere._radius, 20, 20, &Sphere, 0);

      // light
      // view matrix
      // projection matrix

      return true;
}
```

Example: Picking

```
LRESULT CALLBACK d3d::WndProc(…) {
      switch (_msg) {
         case WM_LBUTTONDOWN:
            // compute the ray in view space given the clicked screen point
            d3d::Ray ray = CalcPickingRay(LWORD(lParam), HIWORD(lParam));
            // transform the ray to world space
            D3DXMATRIX view;
            Device->GetTransform(D3DTS_VIEW, &view);
            D3DXMATRIX viewInverse;
            D3DXMatrixInverse(&viewInverse, 0, &view);
            TransformRay(&ray, &viewInverse);
            if (RaySphereIntersectTest(&ray, &Bsphere)) // test for a hit
               ::MessageBox(0, "Hit!", "HIT", 0);
            break;
      }
}
```

Example: Picking

```
bool Display(float timeDelta) {
      if (Device) {
         // update teapot
         static float r=0.0f, v=1.0f, angle=0.0f;
         D3DXMatrixTranslation(&World, cosf(angle)*r, sinf(angle)*r, 10.0f);
         BSphere._center = D3DXVECTOR3(cosf(angle)*r, sinf(angle)*r, 10.0f);
         r += v * timeDelta;
         if (r >= 8.0f) v = -v; // reverse direction
         if (r <= 8.0f) v = -v; // reverse direction
         angle += 1.0f * D3DX_PI * timeDelta;
         if (angle >= D3DX_PI * 2.0f) angle = 0.0f;
         // render
         Device->Clear(0, 0, D3DCLEAR_TARGET | D3DCLEAR_ZBUFFER, 0x00000000, 1.0f,
      0);
         Device->BeginScene();

         // render teapot
         Device->SetTransform(D3DTS_WORLD, &World);
         Device->SetMaterial(d3d::YELLOW_MTRL);
         Teapot->DrawSubset(0);
```

Example: Picking

```
         // render bounding sphere with alpha blending
         Device->SetRenderState(D3DRS_ALPHABLENDENABLE, true);
         Device->SetRenderState(D3DRS_SRCBLEND, D3DBLEND_SRCALPHA);
         Device->SetRenderState(D3DRS_DESTBLEND, D3DBLEND_INVSRCALPHA);
         D3DMATERIAL9 blue = d3d::BLUE_MTRL;
         blue.Diffuse.a = 0.25f; // 25% opacity
         Device->SetMaterial(&blue);
         Sphere->DrawSubset(0);
         Device->SetRenderState(D3DRS_ALPHABLENDENABLE, false);

         Device->EndScene();
         Device->Present(0, 0, 0, 0);
      }
      return true;
}
```