



Rendera till textur

Man kan rendera scener som inte visas direkt, utan som läggs i en textur för att användas i senare renderingssteg.

Exempel på tillämpningar:

- Environment mapping på “riktigt”. Rendera omgivningen till textur.
 - Spatiella filtreringar
 - Temporalfiltrering
 - Viktigt för skuggor

Möjliggör multipassrenderingar.



Kan göras på flera sätt

glReadPixels + glTexImage
Dålig, går via CPU.

glCopyTexImage
glCopyTexSubImage
Kopiering inom VRAM

pBuffers (Pixel buffers)
Frame buffer objects (FBO) - preferred!
Skriv direkt till egen buffer.



Framebuffer objects, skapa

Skapa referens, samma princip som för texturer:

```
glGenFramebuffers(1, &fb);
```

Ange textur:

```
glFramebufferTexture2D(GL_FRAMEBUFFER,  
GL_COLOR_ATTACHMENT0, GL_TEXTURE_2D, tex, 0);
```

Dito för renderbuffer:

```
glGenRenderbuffers(1, &rb);  
glBindRenderbuffer(GL_RENDERBUFFER, rb);  
glRenderbufferStorage(GL_RENDERBUFFER,  
GL_DEPTH_COMPONENT24, width, height);
```



Framebuffer objects, använda

Välj aktiv FBO:

```
glBindFramebuffer(GL_FRAMEBUFFER, fb)
```

Stäng av FBO, rendera till vanliga frame buffern:

```
glBindFramebuffer(GL_FRAMEBUFFER, 0)
```

OBS! Gamla OpenGL-installationer lägger till en massa
EXT-suffix!



Debugging av FBO

Under utveckling bör man fånga upp felmeddelanden från FBO. Det görs med `glCheckFramebufferStatus`.

Typiskt problem: Om man inte har rätt paramerar till sin textur så kan den underkännas som textur till en FBO! Destinationstexturen bör vara inställd på närmaste granne-interpolation.

Det är svårare att få ihop en fungerande FBO än man tror!
(Vi har färdig kod till labbarna!)

Exempel med glCopyTexSubImage

```
void display()
{
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, minitexid);

    glViewport(0, 0, width, height);

    // Draw what should go in the texture
    glClearColor(1,1,0.5,0);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    DrawTextureScene();
    glFlush();

    // Copy result to the texture
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex);
    glCopyTexSubImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, 0, 0, 0, 0, width, height);

    glViewport(0, 0, lastw, lasth);

    // Render final image using the generated texture
    glClearColor(0.3, 0.3, 0.7,0);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    DrawMainScene();
    glutSwapBuffers();
}
```

Exempel med FBO

```
void display()
{
// render to the FBO
  glBindFramebuffer(GL_FRAMEBUFFER, fb);
  glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, minitexid);

  glViewport(0, 0, width, height);

// (draw something here, rendering to texture)
  glClearColor(1,1,0.5,0);
  glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

  DrawTextureScene();

  glViewport(0, 0, lastw, lasth);

// render to the window, using the texture
  glBindFramebuffer(GL_FRAMEBUFFER, 0);
  glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, tex);

  glClearColor(0,0,0,0);
  glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

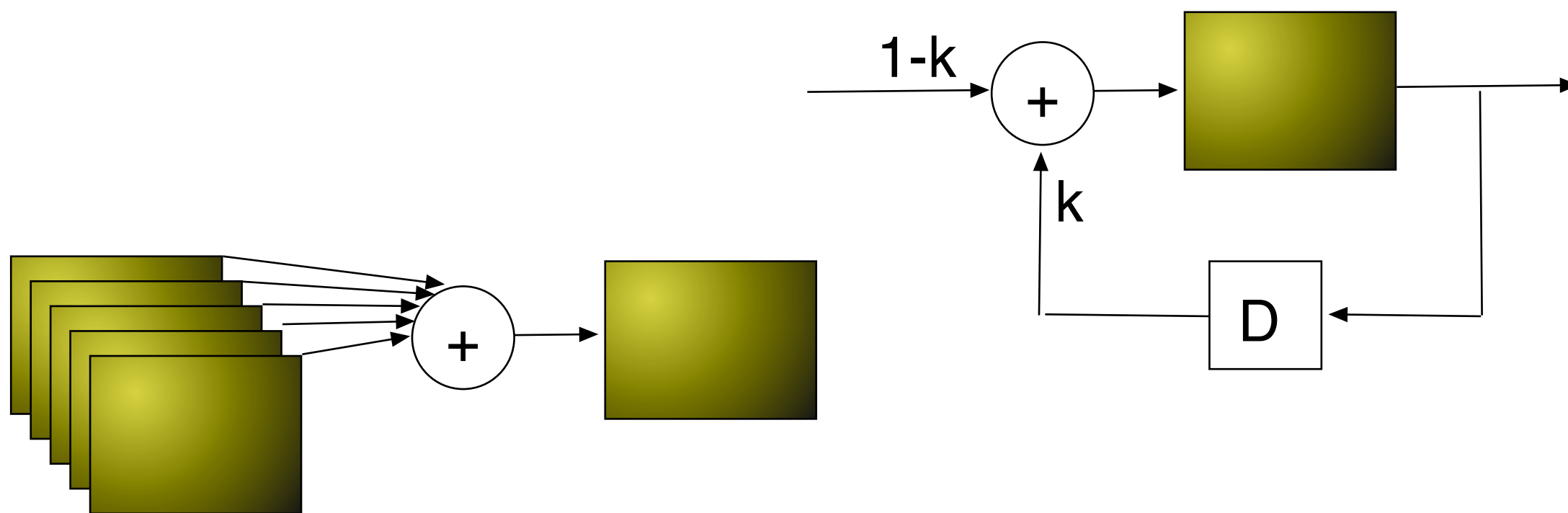
  DrawMainScene();
  glutSwapBuffers();
}
```



Temporalfiltrering

Filtrering i tiden

Enkel tillämpning av att rendera till textur



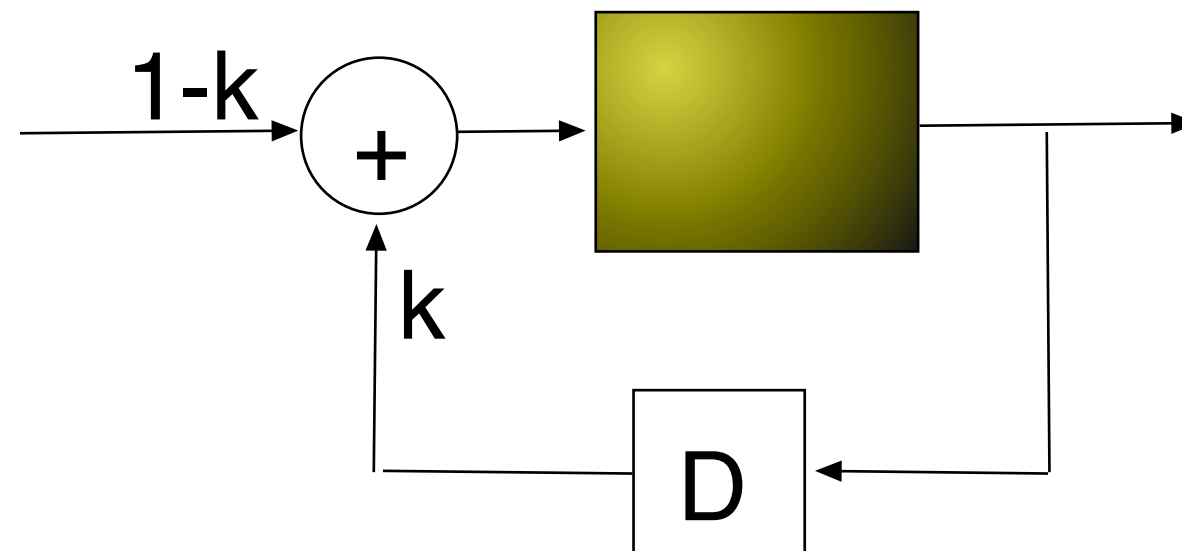


Rekursiv temporalfiltrering

Ger en "eftersläpning"

Bilden sammanvägs med en tidigare

Kräver bara att en enda äldre bild sparas!





Rekursiv temporalfiltrering på GPU

- Rendera scenen. Godtyckligt innehåll plus en bakgrundtextur, RTF-buffer. Varje pixels värde sammanvägs med bakgrundstexturen över hela bilden

Om du använder `glCopyTexSubImage`: Kopiera den färdiga bilden till texturen.

(Något annorlunda om man använder FBO.)



CPU-kod

Select the texture (RTF buffer)

```
glActiveTexture( GL_TEXTURE1 );  
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, rftex);
```

Render scene.

Copy texture:

```
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, rftex);  
glCopyTexSubImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, 0, 0, 0,  
                    0, 512, 512);
```



GPU-kod

Vertexshader: Skärmkoordinater till texturkoordinater

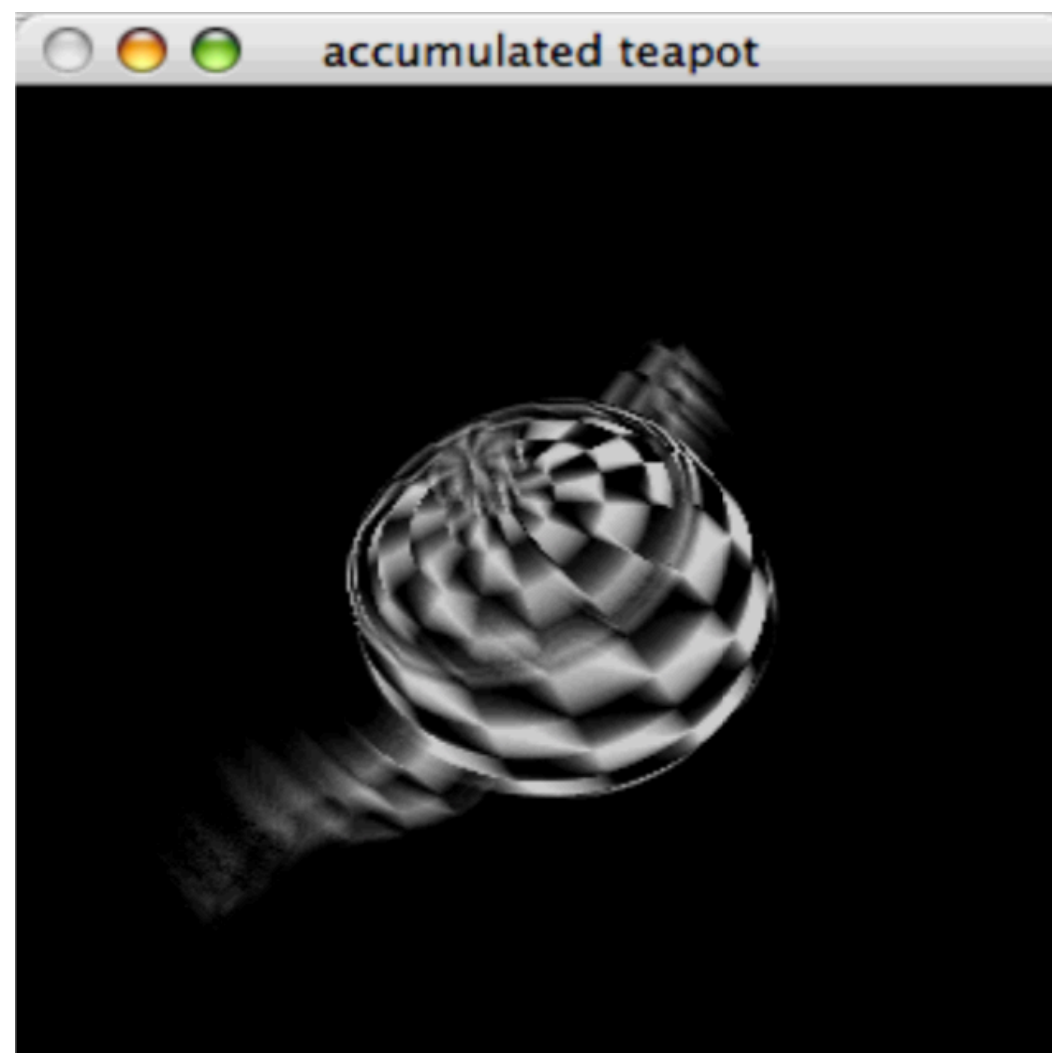
```
    out vec2 screenCoord;  
screenCoord = vec2(gl_Position) / gl_Position.w  
             / 2.0 + vec2(0.5);
```

Fragmentshader: utför sammanvägning mellan renderingsresultat och textur:

```
outColor = texture(tex, texCoord) * (1.0-k) +  
           texture(rtftex, screen-Coord) * k;
```



Rörelseoskärpa





Vi har sett...

- Stencilbuffern
- Projicerade texturer
- Rendering till textur

=> Nu har vi viktiga verktyg för flera sorters skuggor!
(Nästa föreläsning!)