Segmentación
Contornos Activos
Lección 03.1

Dr. Pablo Alvarado Moya

MP6127 Visión por Computadora
Programa de Maestría en Electrónica
Énfasis en Procesamiento Digital de Señales
Escuela de Ingeniería Electrónica
Tecnológico de Costa Rica

I Cuatrimestre 2013

Contenido

Snakes

Michael Kass, Andrew Witkin, Demetri Terzopoulos

IJCV 321–331 (1988)

ver ejemplo

Cálculo de variaciones

- Cálculo de variaciones optimiza **funcionales**.
- Un **funcional** mapea un espacio lineal a su correspondiente campo escalar.
- Por ejemplo: funciones $\rightarrow$ escalar
- En física, funcionales minimizan funcionales de energía

Regularización

- Varias estrategias de segmentación usan funcionales sobre f:

$$E_T = E_d + \lambda E_s$$

- E_T es la energía total
- E_d es un componente que mide cercanía de f a **d**atos d

$$E_d = \int [f(\underline{\mathbf{x}}) - d(\underline{\mathbf{x}})]^2 \, d\underline{\mathbf{x}}$$

- E_s mide la suavidad de f:

$$E_s = \int \|\nabla f(\underline{\mathbf{x}})\|^2 \, d\underline{\mathbf{x}} \quad \text{o} \quad E_s = \int \|H[f(\underline{\mathbf{x}})]\|_F^2 \, d\underline{\mathbf{x}}$$

- λ parámetro de regularización

Snakes

- Sea $\underline{\mathbf{f}}(s) = [x(s), y(s)]^T$ una curva paramétrica con s la longitud del arco
- $\underline{\mathbf{f}}(s)$ tiene una energía interna que se opone a deformaciones

$$E_{\text{int}} = \int \alpha(s)\|\underline{\mathbf{f}}_s(s)\|^2 + \beta(s)\|\underline{\mathbf{f}}_{ss}(s)\|^2 \, ds$$

  $\alpha(s)$ y $\beta(s)$ ponderan continuidad de primer y segundo orden.
- Imagen provee una energía externa que fuerza deformaciones:

$$E_{\text{img}} = -\int \gamma(s)\|\nabla I(\underline{\mathbf{f}}(s))\|^2 \, ds \qquad \text{o}$$

$$E_{\text{img}} = -\int \gamma(s)|(G_\sigma * \nabla^2 I)(\underline{\mathbf{f}}(s))|^2 \, ds$$

- Se busca minimizar $E_T = E_{\text{int}} + E_{\text{img}}$
- Posibles: términos de atracción o repulsión a puntos

Solución

- Con $s \in \mathbb{N}$ se puede plantear sistema lineal disperso
- Diversos métodos de solución.
- Por ejemplo: algoritmo voraz busca E_T de forma iterativa.
- Otros modelos de energías: Gradient Vector Flow

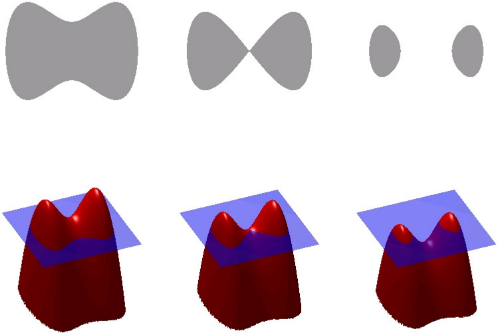
```
n=número de puntos en el contorno;
m=tamaño de vecindario;
// Inicialización de funciones ponderadoras
for (i=0;i<n;++i) { α_i=β_i=γ_i=1; }
int ptsmov = 0;
{ // ciclo para mover puntos del borde
   for (i=0;i<n;++i) {
      E_min = ∞;
      for (j=0;j<m;++j) {
         E_j = E_int + E_img;
         if (E_j < E_min) {
            E_min = E_j;
            j_min = j;
         }
      }
```

```
      Mueva i–ésimo punto a posición j;
      if (j_min diferente de posición i) ptsmov++;
    }
} while (ptsmov>umbral);
```

Level sets

Level sets

- En vez de curva $C(s)$, usa una función de empotramiento $\phi : \Omega \to \mathbb{R}$, $\Omega \subset \mathbb{R}^2$
- Borde en $\phi(x, y) = 0$



Oleg Alexandrov, 2004

- Snakes se detienen en bordes
- Varias propuestas de level-set buscan también bordes
- Alternativa:
  - condición basada en criterio de Mumford-Shah (Chan y Vese, 2001)
  - se busca similitud de regiones
- Se minimiza funcional:

$$
\begin{aligned}
E_{cv}(\phi) = & \int_\Omega (I(\underline{\mathbf{x}}) - u_+)^2 H(\phi(\underline{\mathbf{x}}) \, d\underline{\mathbf{x}} \\
& + \int_\Omega (I(\underline{\mathbf{x}}) - u_-)^2 [1 - H(\phi(\underline{\mathbf{x}})] \, d\underline{\mathbf{x}} \\
& + \nu \int_\Omega |\nabla H(\phi(\underline{\mathbf{x}}))| \, d\underline{\mathbf{x}}
\end{aligned}
$$

- Funcional:

$$E_{cv}(\phi) = \int_\Omega (I(\underline{\mathbf{x}}) - u_+)^2 H(\phi(\underline{\mathbf{x}})\, d\underline{\mathbf{x}}$$
$$+ \int_\Omega (I(\underline{\mathbf{x}}) - u_-)^2 [1 - H(\phi(\underline{\mathbf{x}})]\, d\underline{\mathbf{x}}$$
$$+ \nu \int_\Omega |\nabla H(\phi(\underline{\mathbf{x}}))|\, d\underline{\mathbf{x}}$$

- u_+ y u_- representan medias de intensidad de $I(\underline{\mathbf{x}})$ donde ϕ es positivo o negativo respectivamente
- $H(\cdot)$ es la función de Heaviside, modificada para ser derivable
- ν es factor de regularización

- Funcional:

$$E_{cv}(\phi) = \int_\Omega (I(\underline{\mathbf{x}}) - u_+)^2 H(\phi(\underline{\mathbf{x}})\, d\underline{\mathbf{x}} + \int_\Omega (I(\underline{\mathbf{x}}) - u_-)^2 [1 - H(\phi(\underline{\mathbf{x}})]\, d\underline{\mathbf{x}} + \nu \int_\Omega |\nabla H(\phi(\underline{\mathbf{x}}))|\, d\underline{\mathbf{x}}$$

- Dos primeros términos minimizan la varianza de cada región
- Tercer término minimiza longitud del borde entre regiones
- Recientemente: término final incorpora *priors*

- Minimización por decenso de gradiente respecto a ϕ resulta en la ecuación de evolución temporal:

$$\frac{\partial\phi}{\partial t} = -\frac{\partial E_{cv}}{\partial\phi} = \delta_\epsilon(\phi)\left[\nu\nabla\cdot\left(\frac{\nabla\phi}{|\nabla\phi|}\right) - (I - u_+)^2 + (I - u_-)^2\right]$$

- Chan y Vese proponen método para resolver lo anterior de forma iterativa.
- Ver referencia de Pascal Getreuer

Resumen

Este documento ha sido elaborado con software libre incluyendo LaTeX, Beamer, GNUPlot, GNU/Octave, XFig, Inkscape, LTI-Lib-2, GNU-Make, Kazam, Xournal y Subversion en GNU/Linux