

Kantenbasierte Verfahren: Canny (I)

Idee der kantenbasierten Verfahren

- Veränderung der Kanten zweier Bildern analysieren

Berechnung einer Kantenbildes: *Canny-Kantendetektor*

- Kanten entstehen durch Helligkeitsänderungen zwischen benachbarten Pixeln
1. Um Bildrauschen zu reduzieren, wird das Bild mit einer Annäherung der Gaußschen Normalverteilung **geglättet**:

Maske:
$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Kantenbasierte Verfahren : Canny (II)

2. Die **Gradienten** der einzelnen Pixel werden mit dem Sobeloperator ermittelt:

Maske:
$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

Grad_x Grad_y

3. **Kantenstärke**: Summe der beiden Gradienten

Kantenbasierte Verfahren : Canny (III)

4. Berechne **Kantenanstiege** für jedes Pixel:

$$Kantenanstieg = \begin{cases} \arctan\left(\frac{Grad_y}{Grad_x}\right) & \text{falls } Grad_x \neq 0 \\ 0^0 & \text{falls } Grad_x = 0, Grad_y = 0 \\ 90^0 & \text{falls } Grad_x = 0, Grad_y \neq 0 \end{cases}$$

4 Kantenrichtungen sind zulässig:

0° , 45° , 90° und 135°

Kantenbasierte Verfahren : Canny (IV)

5. Kante soll nur 1 Pixel breit sein:

→ Suche lokaler Maxima (*non maxima supression*):
setze Kantenstärke auf Null (Pixel soll keine Kante sein), falls gilt:

- ein Nachbarpixel hat eine höhere Kantenstärke
und
- der Kantenanstieg führt vom aktuellen Pixel nicht zu diesem Pixel

Kantenbasierte Verfahren : Canny (V)

6. Festlegung der Kantenpixel (**Hysterese**)

- 2 Schwellwerte werden definiert: T_{low} und T_{high}
- falls Kantenstärke $> T_{\text{high}}$:
→ setze Pixel als Kantenpixel
- falls $T_{\text{low}} < \text{Kantenstärke} < T_{\text{high}}$
und
Pixel grenzt an ein Kantenpixel:
→ setze Pixel als Kantenpixel
- Ergebnis: Kantenbild

Kantenbasierte Verfahren : Canny (VI)

Beispiel: *Canny*-Kantendetektor



Originalbild

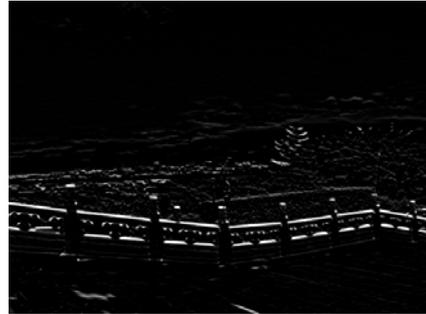
geglättetes Bild

1. Glättung

Kantenbasierte Verfahren : Canny (VII)



Gradient in x-Richtung



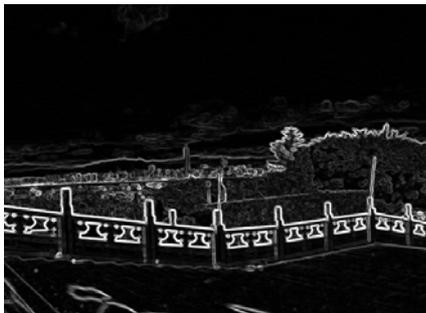
Gradient in y-Richtung

2. Gradientenbilder

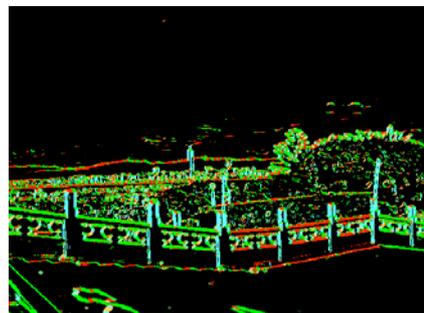
Video-Inhaltsanalyse – Stephan Kopf – HS2006 – Kapitel 2: Schnitterkennung

27

Kantenbasierte Verfahren : Canny (VIII)



3. Kantenstärke



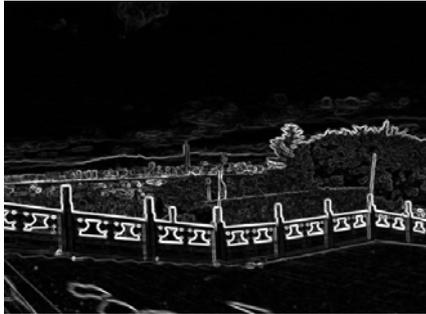
0 Grad, 45 Grad, 90 Grad, 135 Grad

4. Kantenanstieg

Video-Inhaltsanalyse – Stephan Kopf – HS2006 – Kapitel 2: Schnitterkennung

28

Kantenbasierte Verfahren : Canny (VII)



ohne Suche lokaler Maxima



Suche lokaler Maxima

5. Suche lokaler Maxima

Video-Inhaltsanalyse – Stephan Kopf – HS2006 – Kapitel 2: Schnitterkennung

29

Kantenbasierte Verfahren : Canny (VII)



schwache und starke Kanten



Kantenbild

6. Kantenbild nach Hysterese

Video-Inhaltsanalyse – Stephan Kopf – HS2006 – Kapitel 2: Schnitterkennung

30

Kantenbasierte Verfahren : ECR (I)

Kantenänderungsrate (*edge change ratio, edge change fraction*)

- Kanten zweier Bilder i und j eines Videos werden mit Hilfe des Canny-Kantendetektors ermittelt.
- Kantenpixel, die im ersten aber nicht im zweiten Bild enthalten sind, werden als *ausgehende Kantenpixel* bezeichnet, die im zweiten Bild neu hinzukommenden Kantenpixel als *eingehende Kantenpixel*.

$$\rho_{out}(i) = \frac{E_{out}(i)}{S_i}$$
$$\rho_{in}(j) = \frac{E_{in}(j)}{S_j}$$
$$ECR_{i,j} = \max\{\rho_{out}(i), \rho_{in}(j)\}.$$

- Anzahl der aus- und eingehenden Kantenpixel: $E_{out}(i), E_{in}(i)$
- Anteil der ausgehenden und eingehenden Kantenpixel zur gesamten Anzahl der Kantenpixel S_i : $p_{out}(i), p_{in}(i)$

Kantenbasierte Verfahren : ECR (II)

Problem

- Kamera- oder Objektbewegungen erhöhen die Anzahl der eingehenden und ausgehenden Kanten deutlich
→ Ausgleich der Kamerabewegung (Kapitel 3)
- Weiterhin geringe Verschiebung der Kanten zweier Bilder möglich
→ Kanten des Bildes werden verbreitert (Dilatation)

Dilatation / Erosion

- Operatoren, die für ein Graustufenbild I und ein Strukturelement B mit Radius r (z.B. Kreis oder Quadrat) folgendermaßen definiert sind:

$$\text{Dilatation: } (I \circ B)(x) = \sup\{I(x-r), r \in B\}$$

$$\text{Erosion: } (I \bullet B)(x) = \inf\{I(x-r), r \in B\}$$

- Für diskrete Pixelwerte kann Maximum/Minimum verwendet werden.

Kantenbasierte Verfahren : ECR (III)

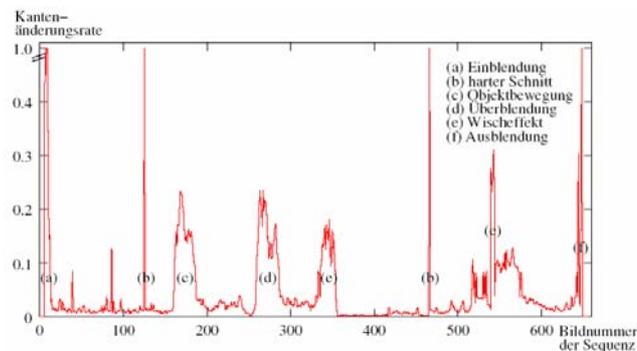
Erkennung von Schnitten

- einzelner hoher Wert
→ harter Schnitt
- mehrere zusammenhängende leicht erhöhte Werte
→ weicher Schnitt
- Zusätzlicher Indikator für weiche Schnitte:
 - Verhältnis der eingehenden zu den ausgehenden Kanten.
 - Kanten verschwinden bei einer Ausblendung oder in der ersten Hälfte einer Überblendung ($p_{out}(i) > p_{in}(i)$), bei einer Einblendung und in der zweiten Hälfte einer Überblendung ist das Verhältnis umgekehrt.

Kantenbasierte Verfahren : ECR (IV)

Qualität

- sehr hohe Anzahl an fehlerhaft erkannten Schnitten durch Objektbewegungen



Bewertung der Qualität (I)

- **Präzision** (*precision*)

$$P = \frac{C}{C+F} \in [0, 1]$$

- **Vollständigkeit eines Suchergebnisses** (*recall*)

$$V = \frac{C}{C+M} \in [0, 1].$$

- C: korrekt erkannten Schnitte
- F: fehlerhaft erkannte Schnitte
- M: nicht erkannte Schnitte
- Alle erkannten Schnitte sind echte Schnitte:
Präzision \rightarrow max.
- In der Menge der erkannten Schnitte sind alle Schnitte enthalten
Vollständigkeit \rightarrow max.

Bewertung der Qualität (II)

- Die einzelnen Maße ermöglichen keine Aussage über die Qualität eines Verfahrens.
- F1-Maß:

$$F1 = 2 \cdot \frac{P * V}{P + V} \in [0, 1] \text{ für } P, V \neq 0.$$

Erkennung harter Schnitte

Beispielhafte Ergebnisse

Verfahren	Präzision	Vollständigkeit	F1	Rechenzeit
Summe absoluter Differenzen	85,2 %	82,7 %	83,9 %	0,86
Kantenänderungsrate	76,1 %	86,5 %	81,0 %	7,78
Histogramm	60,4 %	79,2 %	68,5 %	0,67
Durchschnittlicher Farbwert	56,9 %	68,2 %	62,0 %	0,67
Kontrast	55,7 %	68,9 %	61,6 %	0,76
Kantenbasierter Kontrast	13,3 %	23,5 %	16,9 %	0,75

Optimierungen für harte Schnitte (I)

- Ziel: Verringerung der Fehlerraten in Kameraeinstellungen mit starken Bewegungen
- Harter Schnitt, falls $D(i) > D_{avg}(i) + T$

dynamischer Schwellwert:

$$D_{avg}(i) = \frac{1}{N} \sum_{i=-\frac{N}{2}, i \neq 0}^{\frac{N}{2}} D(i).$$

Optimierungen für harte Schnitte (II)

Beispielhafte Ergebnisse bei einem dynamischen Schwellwert

Verfahren	Präzision	Vollständigkeit	F1
Summe absoluter Differenzen	94,4 %	94,2 %	94,3 %
Kantenänderungsrate	82,8 %	92,2 %	87,2 %
Histogramm	81,4 %	89,0 %	85,0 %
Durchschnittlicher Farbwert	74,1 %	76,6 %	75,3 %
Kontrast	72,7 %	74,6 %	73,6 %
Kantenbasierter Kontrast	21,1 %	20,4 %	20,7 %

Video-Inhaltsanalyse – Stephan Kopf – HS2006 – Kapitel 2: Schnitterkennung

39

Erkennung weicher Schnitte (I)

Erkennung weicher Schnitte

- Eine Unterscheidung zwischen Objekt- oder Kamerabewegung und einem weichen Schnitt ist aufgrund der Ähnlichkeit der Merkmalswerte häufig nicht möglich.
→ wesentlich höhere Fehlerraten

Vorgehensweise bei Kontrast / kantenbasiertem Kontrast

- Analyse eines Intervalls: Werte sinken durch Überlagerung zweier Bilder bis zur Mitte einer Überblendung und steigen anschließend wieder.
- Suche lokales Minimum in der Mitte einer Überblendung.
- Überprüfe, ob Differenz zwischen Minimum und Maximum innerhalb des Intervalls einen Schwellwert überschreitet.

Video-Inhaltsanalyse – Stephan Kopf – HS2006 – Kapitel 2: Schnitterkennung

40

Erkennung weicher Schnitte (II)

Vorgehensweise bei der ECR

$$M_{ECR}(i) = \sum_{j=i-\frac{N}{2}}^{i+\frac{N}{2}} ECR(j) - \max \left\{ ECR(j) : j = i - \frac{N}{2} \dots i + \frac{N}{2} \right\}.$$

- Summiere ECR-Werte innerhalb eines Intervalls und ziehe maximalen ECR-Wert ab
→ harte Schnitte werden ausgeschlossen

Erkennung weicher Schnitte (III)

Vorgehensweise bei Histogrammen

$$M_{HD}(i) = HD_N(i - \frac{N}{2}) - \max \left\{ HD_1(j) : j = i - \frac{N}{2} \dots i + \frac{N}{2} \right\}.$$

- $HD_1(j)$: Histogrammdifferenz zweier benachbarter Bilder j und $j + 1$
- $HD_N(i)$: Histogrammdifferenz zwischen Bild i und $i + N$

→ Die *modifizierte Histogrammdifferenz* M_{HD} hat nur innerhalb eines weichen Schnittes einen hohen Differenzwert.

Erkennung weicher Schnitte (IV)

Überblendungen

Verfahren	Präzision	Vollständigkeit	F1
Kantenänderungsrate	45,0 %	43,1 %	44,0 %
Histogramm	58,3 %	52,1 %	55,0 %
Kontrast	54,2 %	59,2 %	56,6 %
Kantenbasierter Kontrast	46,1 %	37,9 %	41,6 %

Ein- und Ausblendungen

Verfahren	Präzision	Vollständigkeit	F1
Kontrast	97,7 %	74,4 %	84,5 %
Kantenbasierter Kontrast	93,0 %	72,1 %	81,2 %

Fragen ?