

Bildsegmentierung mit Level Sets

Mark Steffen Schulz

Seminar
Bildsegmentierung und Computer Vision
im Wintersemester 2005

Übersicht

- 1 Multi-Label Fast Marching Algorithmus
 - stationäre Level Set-Gleichung
 - multiple Interfaces
 - Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Übersicht

- 2 Label-Ausbreitung
 - Definitionen
 - Ausbreitungsgeschwindigkeit

Übersicht

- 3 Anwendung/Ausblick: Change Detection
 - Inter-Frame-basierte Modellierung
 - Level Set-basiertes Labeling

Segmentierung

zur Erinnerung

- Aufteilung des Bildes
- mittels **Interface**
- in **Regionen**

Segmentierung

zur Erinnerung

- Aufteilung des Bildes
- mittels **Interface**
- in **Regionen**

Segmentierung

zur Erinnerung

- Aufteilung des Bildes
- mittels **Interface**
- in **Regionen**

Segmentierung

zur Erinnerung

- Aufteilung des Bildes
- mittels **Interface**
- in **Regionen**

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gegeben:

- Gitternetz aus insgesamt N Punkten
- Eine **Ausgangskontur**
auch **Initial Level Set**
auch **Zero Level Set**
- Eine **durchgehend positive** (negative)
Geschwindigkeitsfunktion $F(x,y)$
auch **Velocity Function**

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gegeben:

- Gitternetz aus insgesamt **N** Punkten
- Eine **Ausgangskontur**
auch **Initial Level Set**
auch **Zero Level Set**
- Eine **durchgehend** positive (negative)
Geschwindigkeitsfunktion **$F(x,y)$**
auch **Velocity Function**

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gegeben:

- Gitternetz aus insgesamt **N** Punkten
- Eine **Ausgangskontur**
auch **Initial Level Set**
auch **Zero Level Set**
- Eine **durchgehend positive** (negative)
Geschwindigkeitsfunktion **$F(x,y)$**
auch **Velocity Function**

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gegeben:

- Gitternetz aus insgesamt **N** Punkten
- Eine **Ausgangskontur**
auch **Initial Level Set**
auch **Zero Level Set**
- Eine **durchgehend** positive (negative)
Geschwindigkeitsfunktion **$F(x,y)$**
auch **Velocity Function**

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gesucht:

- „Ankunftszeit-Funktion“ $T(x,y)$
auch **Arrival Time Function**
- damit Darstellung der Kurve im Raum

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gesucht:

- „Ankunftszeit-Funktion“ $T(x,y)$
auch **Arrival Time Function**
- damit Darstellung der Kurve im Raum

stationäre Level Set-Gleichung

Problemstellung

Gesucht:

- „Ankunftszeit-Funktion“ $T(x,y)$
auch **Arrival Time Function**
- damit Darstellung der Kurve im Raum

stationäre Level Set-Gleichung

Lösungsansatz

- Lösung der **stationären Level Set-Gleichung**

$$F * | \nabla T(x, y) | = 1$$

- mittels Fast Marching Algorithmus für Level Sets in

$$N * \log(N)$$

stationäre Level Set-Gleichung

Lösungsansatz

- Lösung der **stationären Level Set-Gleichung**

$$F * | \nabla T(x, y) | = 1$$

- mittels Fast Marching Algorithmus für Level Sets in
 $N * \log(N)$

stationäre Level Set-Gleichung

Lösungsansatz

- Lösung der **stationären Level Set-Gleichung**

$$F * | \nabla T(x, y) | = 1$$

- mittels Fast Marching Algorithmus für Level Sets in
 $N * \log(N)$

multiple Interfaces

Was ist neu?

- Bisher: Segmentierung mittels **eines** Interfaces in **zwei** Regionen
- Jetzt: Segmentierung mittels **zweier** (oder mehr!) Interfaces

multiple Interfaces

Was ist neu?

- Bisher: Segmentierung mittels **eines** Interfaces in **zwei** Regionen
- Jetzt: Segmentierung mittels **zweier** (oder mehr!) Interfaces

multiple Interfaces

Was ist neu?

- Bisher: Segmentierung mittels **eines** Interfaces in **zwei** Regionen
- Jetzt: Segmentierung mittels **zweier** (oder mehr!) Interfaces

multiple Interfaces

erster Ansatz

naiver Ansatz:

- stückweise Anwendung des Fast Marching Algorithmus nacheinander auf alle Ausgangskonturen (**Labels**)

multiple Interfaces

erster Ansatz

naiver Ansatz:

- stückweise Anwendung des Fast Marching Algorithmus nacheinander auf alle Ausgangskonturen (**Labels**)

multiple Interfaces

erster Ansatz

Probleme:

- Effizienz abhängig von der **Anzahl** der Labels
- morphologische Instabilität

multiple Interfaces

erster Ansatz

Probleme:

- Effizienz abhängig von der **Anzahl** der Labels
- morphologische Instabilität

multiple Interfaces

erster Ansatz

Probleme:

- Effizienz abhängig von der **Anzahl** der Labels
- morphologische Instabilität

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Pixeleigenschaften

Klassifizierung aller Pixel:

- leer
(auch: **idle**)
- im Verlauf:
(auch: **trial**)
ein T-Wert wird kalkuliert
- lebend:
(auch: **alive**)
der T-Wert wird fixiert
- abgeschlossen
(auch: **finalized**)

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Pixeleigenschaften

Klassifizierung aller Pixel:

- leer
(auch: **idle**)
- im Verlauf:
(auch: **trial**)
ein T-Wert wird kalkuliert
- lebend:
(auch: **alive**)
der T-Wert wird fixiert
- abgeschlossen
(auch: **finalized**)

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Pixeleigenschaften

Klassifizierung aller Pixel:

- leer
(auch: **idle**)
- im Verlauf:
(auch: **trial**)
ein T-Wert wird kalkuliert
- lebend:
(auch: **alive**)
der T-Wert wird fixiert
- abgeschlossen
(auch: **finalized**)

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Pixeleigenschaften

Klassifizierung aller Pixel:

- leer
(auch: **idle**)
- im Verlauf:
(auch: **trial**)
ein T-Wert wird kalkuliert
- lebend:
(auch: **alive**)
der T-Wert wird fixiert
- abgeschlossen
(auch: **finalized**)

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Pixeleigenschaften

Klassifizierung aller Pixel:

- leer
(auch: **idle**)
- im Verlauf:
(auch: **trial**)
ein T-Wert wird kalkuliert
- lebend:
(auch: **alive**)
der T-Wert wird fixiert
- abgeschlossen
(auch: **finalized**)

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Initialisierung

- Initialisierung der T-Werte
Initialisierung der „im Verlauf“-Listen
- T-Werte:
Initial Level Sets-Pixel initialisiert mit **0**
andere Regionen initialisiert z.B. mit **unendlich**
- „im Verlauf“-Listen:
initialisiert mit den Nachbarpunkten der Initial Level Sets

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Initialisierung

- Initialisierung der T-Werte
Initialisierung der „im Verlauf“-Listen
- T-Werte:
Initial Level Sets-Pixel initialisiert mit **0**
andere Regionen initialisiert z.B. mit **unendlich**
- „im Verlauf“-Listen:
initialisiert mit den Nachbarpunkten der Initial Level Sets

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Initialisierung

- Initialisierung der T-Werte
Initialisierung der „im Verlauf“-Listen
- T-Werte:
Initial Level Sets-Pixel initialisiert mit **0**
andere Regionen initialisiert z.B. mit **unendlich**
- „im Verlauf“-Listen:
initialisiert mit den Nachbarpunkten der Initial Level Sets

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Initialisierung

- Initialisierung der T-Werte
Initialisierung der „im Verlauf“-Listen
- T-Werte:
Initial Level Sets-Pixel initialisiert mit **0**
andere Regionen initialisiert z.B. mit **unendlich**
- „im Verlauf“-Listen:
initialisiert mit den Nachbarpunkten der Initial Level Sets

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

formale Beschreibung

while („im Verlauf“-Listen nicht leer) {

- finde den Pixel mit dem geringsten T-Wert aus den „im Verlauf“-Listen
- markiere den Pixel „lebend“ bzw. „abgeschlossen“
- aktualisiere Label-Karte
- füge die vier Nachbarn des Pixels der entsprechenden „im Verlauf“-Liste zu
- aktualisiere T-Werte der Nachbarn

}

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

formale Beschreibung

while („im Verlauf“-Listen nicht leer) {

- finde den Pixel mit dem geringsten T-Wert aus den „im Verlauf“-Listen
- markiere den Pixel „lebend“ bzw. „abgeschlossen“
- aktualisiere Label-Karte
- füge die vier Nachbarn des Pixels der entsprechenden „im Verlauf“-Liste zu
- aktualisiere T-Werte der Nachbarn

}

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

formale Beschreibung

```
while („im Verlauf“-Listen nicht leer) {  
    ● finde den Pixel mit dem geringsten T-Wert  
      aus den „im Verlauf“-Listen  
    ● markiere den Pixel „lebend“ bzw. „abgeschlossen“  
    ● aktualisiere Label-Karte  
    ● füge die vier Nachbarn des Pixels  
      der entsprechenden „im Verlauf“-Liste zu  
    ● aktualisiere T-Werte der Nachbarn  
}
```

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

formale Beschreibung

while („im Verlauf“-Listen nicht leer) {

- finde den Pixel mit dem geringsten T-Wert aus den „im Verlauf“-Listen
- markiere den Pixel „lebend“ bzw. „abgeschlossen“
- aktualisiere Label-Karte
- füge die vier Nachbarn des Pixels der entsprechenden „im Verlauf“-Liste zu
- aktualisiere T-Werte der Nachbarn

}

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

formale Beschreibung

while („im Verlauf“-Listen nicht leer) {

- finde den Pixel mit dem geringsten T-Wert aus den „im Verlauf“-Listen
- markiere den Pixel „lebend“ bzw. „abgeschlossen“
- aktualisiere Label-Karte
- füge die vier Nachbarn des Pixels der entsprechenden „im Verlauf“-Liste zu
- aktualisiere T-Werte der Nachbarn

}

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

formale Beschreibung

while („im Verlauf“-Listen nicht leer) {

- finde den Pixel mit dem geringsten T-Wert aus den „im Verlauf“-Listen
- markiere den Pixel „lebend“ bzw. „abgeschlossen“
- aktualisiere Label-Karte
- füge die vier Nachbarn des Pixels der entsprechenden „im Verlauf“-Liste zu
- aktualisiere T-Werte der Nachbarn

}

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Eigenschaften

- Labels überschneiden sich **nicht**
- Aufwand unabhängig von der **Anzahl** der Labels
 $\approx 2 * N * \log(N)$
- aber: auch unabhängig von der **Form** der Labels

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Eigenschaften

- Labels überschneiden sich **nicht**
- Aufwand unabhängig von der **Anzahl** der Labels
 $\approx 2 * N * \log(N)$
- aber: auch unabhängig von der **Form** der Labels

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Eigenschaften

- Labels überschneiden sich **nicht**
- Aufwand unabhängig von der **Anzahl** der Labels
 $\approx 2 * N * \log(N)$
- aber: auch unabhängig von der **Form** der Labels

Multi-Label Fast Marching Algorithmus

Eigenschaften

- Labels überschneiden sich **nicht**
- Aufwand unabhängig von der **Anzahl** der Labels
 $\approx 2 * N * \log(N)$
- aber: auch unabhängig von der **Form** der Labels

Label-Ausbreitung

Motivation

- Frage: Wie können die **Ausbreitungsgeschwindigkeiten** der Labels geschätzt werden?

Label-Ausbreitung

Motivation

- Frage: Wie können die **Ausbreitungsgeschwindigkeiten** der Labels geschätzt werden?

Label-Ausbreitung

erste Definitionen

- für einen Punkt s ,
ein Label $l(s)$
und einen Datenvektor $x(s)$ über s ,
z.B. Resultat der VF in s
- $p(x(s) | l)$: Wahrscheinlichkeit, dass s zuerst
von l erreicht wird
- $Pr(l(s))$: Ausbreitungsrate in s , wenn s von l erreicht wird
(Propagation)
(innere Energie)
- $d_l(x(s))$: **Abstand** von Punkt s zu Label l
(auch: **Distanzmaß** der Daten)

Label-Ausbreitung

erste Definitionen

- für einen Punkt \mathbf{s} ,
ein Label $\mathbf{l}(\mathbf{s})$
und einen Datenvektor $\mathbf{x}(\mathbf{s})$ über \mathbf{s} ,
z.B. Resultat der VF in \mathbf{s}
- $p(\mathbf{x}(\mathbf{s}) | \mathbf{l})$: Wahrscheinlichkeit, dass \mathbf{s} zuerst
von \mathbf{l} erreicht wird
- $\text{Pr}(\mathbf{l}(\mathbf{s}))$: Ausbreitungsrate in \mathbf{s} , wenn \mathbf{s} von \mathbf{l} erreicht wird
(Propagation)
(innere Energie)
- $d_{\mathbf{l}}(\mathbf{x}(\mathbf{s}))$: **Abstand** von Punkt \mathbf{s} zu Label \mathbf{l}
(auch: **Distanzmaß** der Daten)

Label-Ausbreitung

erste Definitionen

- für einen Punkt \mathbf{s} ,
ein Label $\mathbf{l}(\mathbf{s})$
und einen Datenvektor $\mathbf{x}(\mathbf{s})$ über \mathbf{s} ,
z.B. Resultat der VF in \mathbf{s}
- $\mathbf{p}(\mathbf{x}(\mathbf{s}) \mid \mathbf{l})$: Wahrscheinlichkeit, dass \mathbf{s} zuerst
von \mathbf{l} erreicht wird
- $\mathbf{Pr}(\mathbf{l}(\mathbf{s}))$: Ausbreitungsrate in \mathbf{s} , wenn \mathbf{s} von \mathbf{l} erreicht wird
(Propagation)
(innere Energie)
- $d_{\mathbf{l}}(\mathbf{x}(\mathbf{s}))$: **Abstand** von Punkt \mathbf{s} zu Label \mathbf{l}
(auch: **Distanzmaß** der Daten)

Label-Ausbreitung

erste Definitionen

- für einen Punkt \mathbf{s} ,
ein Label $\mathbf{l}(\mathbf{s})$
und einen Datenvektor $\mathbf{x}(\mathbf{s})$ über \mathbf{s} ,
z.B. Resultat der VF in \mathbf{s}
- $\mathbf{p}(\mathbf{x}(\mathbf{s}) \mid \mathbf{l})$: Wahrscheinlichkeit, dass \mathbf{s} zuerst
von \mathbf{l} erreicht wird
- $\mathbf{Pr}(\mathbf{l}(\mathbf{s}))$: Ausbreitungsrate in \mathbf{s} , wenn \mathbf{s} von \mathbf{l} erreicht wird
(Propagation)
(innere Energie)
- $d_l(\mathbf{x}(\mathbf{s}))$: Abstand von Punkt \mathbf{s} zu Label \mathbf{l}
(auch: Distanzmaß der Daten)

Label-Ausbreitung

erste Definitionen

- für einen Punkt \mathbf{s} ,
ein Label $\mathbf{l}(\mathbf{s})$
und einen Datenvektor $\mathbf{x}(\mathbf{s})$ über \mathbf{s} ,
z.B. Resultat der VF in \mathbf{s}
- $\mathbf{p}(\mathbf{x}(\mathbf{s}) \mid \mathbf{l})$: Wahrscheinlichkeit, dass \mathbf{s} zuerst
von \mathbf{l} erreicht wird
- $\mathbf{Pr}(\mathbf{l}(\mathbf{s}))$: Ausbreitungsrate in \mathbf{s} , wenn \mathbf{s} von \mathbf{l} erreicht wird
(**Propagation**)
(**innere Energie**)
- $d_{\mathbf{l}}(\mathbf{x}(\mathbf{s}))$: **Abstand** von Punkt \mathbf{s} zu Label \mathbf{l}
(auch: **Distanzmaß** der Daten)

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

Gesucht:

- $F_l(\mathbf{s})$: Ausbreitungsgeschwindigkeit in \mathbf{s} , wenn \mathbf{s} von l erreicht wird

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

Gesucht:

- $F_l(\mathbf{s})$: Ausbreitungsgeschwindigkeit in \mathbf{s} ,
wenn \mathbf{s} von l erreicht wird

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- Gewichtung der Ausbreitungsraten mit den Ankunftswahrscheinlichkeiten

- $$F_I(s) = \frac{p(x(s)|I(s))Pr(I(s))}{\sum_k p(x(s)|k(s))Pr(k(s))}$$
$$= \frac{1}{1 + \sum_{k \neq I} \frac{p(x(s)|k(s)) Pr(k(s))}{p(x(s)|I(s)) Pr(I(s))}}$$

- Erkennbar: **äußere** und **innere** Energie

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- Gewichtung der Ausbreitungsraten mit den Ankunftswahrscheinlichkeiten

- $$F_l(s) = \frac{p(x(s)|l(s))Pr(l(s))}{\sum_k p(x(s)|k(s))Pr(k(s))}$$
$$= \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} \frac{p(x(s)|k(s)) Pr(k(s))}{p(x(s)|l(s)) Pr(l(s))}}$$

- Erkennbar: **äußere** und **innere** Energie

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- Gewichtung der Ausbreitungsraten mit den Ankunftswahrscheinlichkeiten

- $$F_l(s) = \frac{p(x(s)|l(s))Pr(l(s))}{\sum_k p(x(s)|k(s))Pr(k(s))}$$
$$= \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} \frac{p(x(s)|k(s)) Pr(k(s))}{p(x(s)|l(s)) Pr(l(s))}}$$

- Erkennbar: **äußere** und **innere** Energie

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- Gewichtung der Ausbreitungsraten mit den Ankunftswahrscheinlichkeiten

- $$F_l(s) = \frac{p(x(s)|l(s))Pr(l(s))}{\sum_k p(x(s)|k(s))Pr(k(s))}$$
$$= \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} \frac{p(x(s)|k(s)) Pr(k(s))}{p(x(s)|l(s)) Pr(l(s))}}$$

- Erkennbar: **äußere** und **innere** Energie

Label-Ausbreitung

Modellannahmen

- p exponentiell abnehmend mit dem Abstand

$$p(x(s)|l(s)) = e^{-d_l(x(s))}$$

-

$$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))} \frac{Pr(k(s))}{Pr(l(s))}}$$

-

$$Pr(i(s)) = Pr(j(s)) \quad \forall \text{ Label } i, j = 0, \dots, n$$

-

$$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

Label-Ausbreitung

Modellannahmen

- p exponentiell abnehmend mit dem Abstand

$$p(x(s)|I(s)) = e^{-d_I(x(s))}$$

- $$F_I(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq I} e^{d_I(x(s)) - d_k(x(s))} \frac{Pr(k(s))}{Pr(I(s))}}$$

- $$Pr(i(s)) = Pr(j(s)) \quad \forall \text{ Label } i, j = 0, \dots, n$$

- $$F_I(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq I} e^{d_I(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

Label-Ausbreitung

Modellannahmen

- p exponentiell abnehmend mit dem Abstand

$$p(x(s)|l(s)) = e^{-d_l(x(s))}$$

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))} \frac{Pr(k(s))}{Pr(l(s))}}$$

- $$Pr(i(s)) = Pr(j(s)) \quad \forall \text{ Label } i, j = 0, \dots, n$$



$$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

Label-Ausbreitung

Modellannahmen

- p exponentiell abnehmend mit dem Abstand

$$p(x(s)|l(s)) = e^{-d_l(x(s))}$$

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))} \frac{Pr(k(s))}{Pr(l(s))}}$$

- $$Pr(i(s)) = Pr(j(s)) \quad \forall \text{ Label } i, j = 0, \dots, n$$

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

Label-Ausbreitung

Modellannahmen

- p exponentiell abnehmend mit dem Abstand

$$p(x(s)|l(s)) = e^{-d_l(x(s))}$$

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))} \frac{Pr(k(s))}{Pr(l(s))}}$$

- $$Pr(i(s)) = Pr(j(s)) \quad \forall \text{ Label } i, j = 0, \dots, n$$

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

- für ein passend gewähltes Label l :

$$d_l(x(s)) \leq d_k(x(s)) \quad \forall \text{ Label } k$$

$F_l(s)$ nahe bei 1

- für ein schlecht gewähltes Label l :

$$\exists \text{ Label } k : d_l(x(s)) \geq d_k(x(s))$$

$F_l(s)$ nahe bei 0

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

- für ein passend gewähltes Label l :

$$d_l(x(s)) \leq d_k(x(s)) \quad \forall \text{ Label } k$$

$F_l(s)$ nahe bei 1

- für ein schlecht gewähltes Label l :

$$\exists \text{ Label } k : d_l(x(s)) \geq d_k(x(s))$$

$F_l(s)$ nahe bei 0

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

- für ein passend gewähltes Label l :

$$d_l(x(s)) \leq d_k(x(s)) \quad \forall \text{ Label } k$$

$F_l(s)$ nahe bei 1

- für ein schlecht gewähltes Label l :

$$\exists \text{ Label } k : d_l(x(s)) \geq d_k(x(s))$$

$F_l(s)$ nahe bei 0

Label-Ausbreitung

Ausbreitungsgeschwindigkeit

- $$F_l(s) = \frac{1}{1 + \sum_{k \neq l} e^{d_l(x(s)) - d_k(x(s))}}$$

- für ein passend gewähltes Label l :

$$d_l(x(s)) \leq d_k(x(s)) \quad \forall \text{ Label } k$$

$F_l(s)$ nahe bei 1

- für ein schlecht gewähltes Label l :

$$\exists \text{ Label } k : d_l(x(s)) \geq d_k(x(s))$$

$F_l(s)$ nahe bei 0

Anwendung/Ausblick: Change Detection

Problemstellung

Gesucht:

- Segmentierung jedes Bildes einer Videosequenz in **statischen** und **mobilen** Teil

Anwendung/Ausblick: Change Detection

Problemstellung

Gesucht:

- Segmentierung jedes Bildes einer Videosequenz in **statischen** und **mobilen** Teil

Inter-Frame-basierte Modellierung

theoretisches Modell

- eine simple Abstandsfunktion:

$$x(s) = I(s, t + 1) - I(s, t)$$

- beobachtete Übergangswahrscheinlichkeiten:

$$p_0(x|statisch) \quad \text{und} \quad p_1(x|mobil)$$

$$p(x(s)|\Theta(s) = i) = \frac{\lambda_i}{2} e^{-\lambda_i |x(s)|} \quad \text{mit} \quad i = 0, 1$$

- Darstellung der Dichte der Differenzfunktion $x(s)$:

$$p(x) = P_0 p_0(x|statisch) + P_1 p_1(x|mobil)$$

Inter-Frame-basierte Modellierung

theoretisches Modell

- eine simple Abstandsfunktion:

$$x(s) = I(s, t + 1) - I(s, t)$$

- beobachtete Übergangswahrscheinlichkeiten:

$$p_0(x|statisch) \quad und \quad p_1(x|mobil)$$

$$p(x(s)|\Theta(s) = i) = \frac{\lambda_i}{2} e^{-\lambda_i|x(s)|} \quad mit \quad i = 0, 1$$

- Darstellung der Dichte der Differenzfunktion $x(s)$:

$$p(x) = P_0 p_0(x|statisch) + P_1 p_1(x|mobil)$$

Inter-Frame-basierte Modellierung

theoretisches Modell

- eine simple Abstandsfunktion:

$$x(s) = I(s, t + 1) - I(s, t)$$

- beobachtete Übergangswahrscheinlichkeiten:

$$p_0(x|statisch) \quad und \quad p_1(x|mobil)$$

$$p(x(s)|\Theta(s) = i) = \frac{\lambda_i}{2} e^{-\lambda_i|x(s)|} \quad mit \quad i = 0, 1$$

- Darstellung der Dichte der Differenzfunktion $x(s)$:

$$p(x) = P_0 p_0(x|statisch) + P_1 p_1(x|mobil)$$

Inter-Frame-basierte Modellierung

theoretisches Modell

- eine simple Abstandsfunktion:

$$x(s) = I(s, t + 1) - I(s, t)$$

- beobachtete Übergangswahrscheinlichkeiten:

$$p_0(x|statisch) \quad und \quad p_1(x|mobil)$$

$$p(x(s)|\Theta(s) = i) = \frac{\lambda_i}{2} e^{-\lambda_i|x(s)|} \quad mit \quad i = 0, 1$$

- Darstellung der Dichte der Differenzfunktion $x(s)$:

$$p(x) = P_0 p_0(x|statisch) + P_1 p_1(x|mobil)$$

Inter-Frame-basierte Modellierung

Problemstellung

gesucht:

- **a priori** Wahrscheinlichkeiten P_0 und P_1
- Parameter λ_0 und λ_1 der Verteilung

Inter-Frame-basierte Modellierung

Problemstellung

gesucht:

- **a priori** Wahrscheinlichkeiten P_0 und P_1
- Parameter λ_0 und λ_1 der Verteilung

Inter-Frame-basierte Modellierung

Problemstellung

gesucht:

- **a priori** Wahrscheinlichkeiten P_0 und P_1
- Parameter λ_0 und λ_1 der Verteilung

Level Set-basiertes Labeling

- zunächst Initialisierung mit geeigneten Startwerten auf Basis statistischer Tests
- Geschwindigkeit des **statischen** Labels:

$$F_0(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0(|x(s)|)}}$$

- Geschwindigkeit des **mobilen** Labels:

$$F_1(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_1(-|x(s)|)}}$$

Level Set-basiertes Labeling

- zunächst Initialisierung mit geeigneten Startwerten auf Basis statistischer Tests
- Geschwindigkeit des **statischen** Labels:

$$F_0(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0(|x(s)|)}}$$

- Geschwindigkeit des **mobilen** Labels:

$$F_1(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_1(-|x(s)|)}}$$

Level Set-basiertes Labeling

- zunächst Initialisierung mit geeigneten Startwerten auf Basis statistischer Tests
- Geschwindigkeit des **statischen** Labels:

$$F_0(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0(|x(s)|)}}$$

- Geschwindigkeit des **mobilen** Labels:

$$F_1(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_1(-|x(s)|)}}$$

Level Set-basiertes Labeling

- zunächst Initialisierung mit geeigneten Startwerten auf Basis statistischer Tests
- Geschwindigkeit des **statischen** Labels:

$$F_0(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0(|x(s)|)}}$$

- Geschwindigkeit des **mobilen** Labels:

$$F_1(s) = \frac{1}{1 + e^{\beta_1(-|x(s)|)}}$$

Level Set-basiertes Labeling

- Wahl geeigneter Parameter und
- Anwendung des Fast Marching Algorithmus
- liefert Resultate (fast) unabhängig von der Größe der Initial Level Sets

Level Set-basiertes Labeling

- Wahl geeigneter Parameter und
- Anwendung des Fast Marching Algorithmus
- liefert Resultate (fast) unabhängig von der Größe der Initial Level Sets

Level Set-basiertes Labeling

- Wahl geeigneter Parameter und
- Anwendung des Fast Marching Algorithmus
- liefert Resultate (fast) unabhängig von der Größe der Initial Level Sets

Level Set-basiertes Labeling

- Wahl geeigneter Parameter und
- Anwendung des Fast Marching Algorithmus
- liefert Resultate (fast) unabhängig von der Größe der Initial Level Sets

Literatur

- S. Osher, N. Paragios:
„Geometric level set methods in imaging, vision, and graphics“
- E. Sifakis, G. Tziritas:
„Moving object localisation using a multi-label fast marching algorithm“
„Fast marching to moving object localisation“
u.a.
- J. Sethian:
„Theory, algorithms, and applications of level set methods for propagating interfaces“
<http://math.berkeley.edu/~sethian/>

u.v.a.

Literatur

- S. Osher, N. Paragios:
„Geometric level set methods in imaging, vision, and graphics“
- E. Sifakis, G. Tziritas:
„Moving object localisation using a multi-label fast marching algorithm“
„Fast marching to moving object localisation“
u.a.
- J. Sethian:
„Theory, algorithms, and applications of level set methods for propagating interfaces“
<http://math.berkeley.edu/~sethian/>

u.v.a.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!