

Beschleunigung von Bild-Segmentierungs- Algorithmen mit FPGAs

Vortrag von Jan Frenzel



Dresden, 26.06.2013



Gliederung

- Was ist Bildsegmentierung?
- Warum FPGAs?
- Ansätze der Algorithmen
- Ausgewählte Algorithmen
 - Graph Cut Segmentation
 - K-Means
 - Level Set Method
- Zusammenfassung

WAS IST BILDSEGMENTIERUNG?

Bildsegmentierung

Vorgang:

- im Bild Abschnitte/Teile erkennen (Segmente)

Ziele:

- Vorverarbeitung für Bilderkennung (Trennen von Vorder-/Hintergrund, Objekterkennung)
- Datenkompression

WARUM FPGAS?

Grundlagen der Verwendung von FPGAs

Anforderungen für eingebettete Systeme:

- Real-Zeit-Anforderung, aber große Datenmenge → Hardware nötig
- Geringe Energieaufnahme

ANSÄTZE DER ALGORITHMEN

Ansätze der Algorithmen

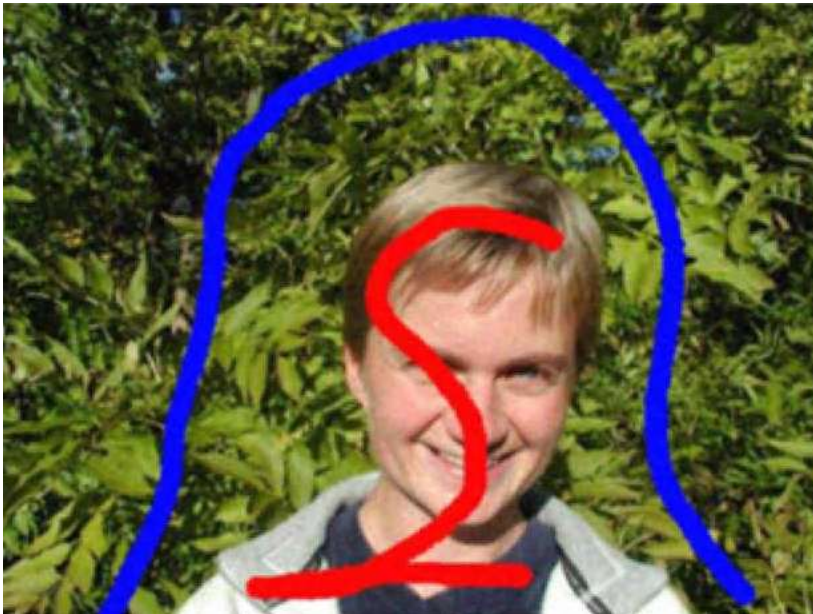
- Reduzieren von Segmentierungsproblem auf andere Probleme
- Abhängig von Zielstellung

| Ansatz | Merkmale | Beispiel |
|-----------------------------------|---|---------------------------|
| Clustering | Zusammenfassung von benachbarten Pixeln mit gleichen Eigenschaften | K-Means |
| Kanten-Erkennung | Erkennen starker Intensitätsunterschiede | |
| Graph-Partitionierung | Pixel \leftrightarrow Knoten, Nachbarschaft \leftrightarrow Kanten, Kantengewichte, Graph-Algorithmen | Graph Cut Segmentation |
| Modellbasierte Algorithmen | Modelle (Gleichungen, die Pixel in Abhängigkeit zu Nachbarn bzw. zu vorherigen Werten bewerten (bei iterativen Alg.)) | |
| Partielle Differentialgleichungen | Ableiten einer Lösung aus Differentialgleichungen | Level Set Method |
| Neuronale Netze | Lernphase, Anwendungsphase | |

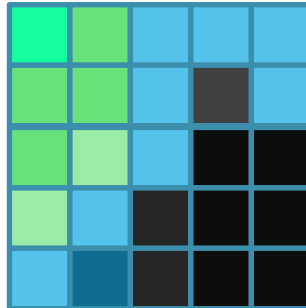
AUSGEWÄHLTE ALGORITHMEN

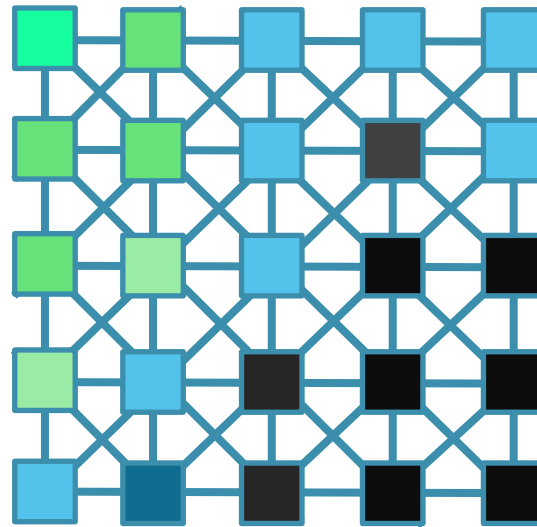
Graph Cut Segmentation

- Semiautomatisch (grobe Unterscheidung zu Beginn nötig)
- Graph basiert
- Min-Cut-/Max-Flow-Problem
- Ziel: Zerlegung des Bildes in Vorder-/Hintergrund



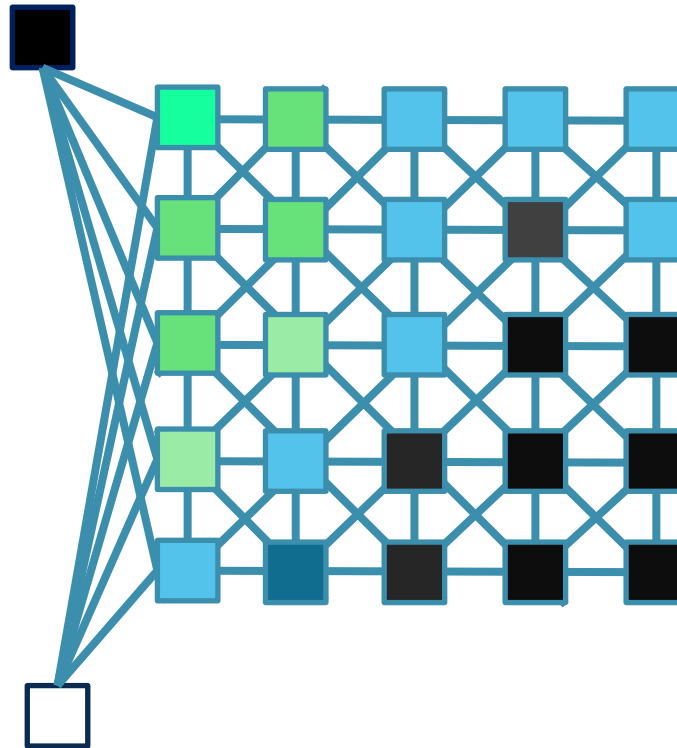
Bilder von: [1]





Erzeugen eines Graphen aus den Pixeln

Senke t (entspricht Hintergrund)

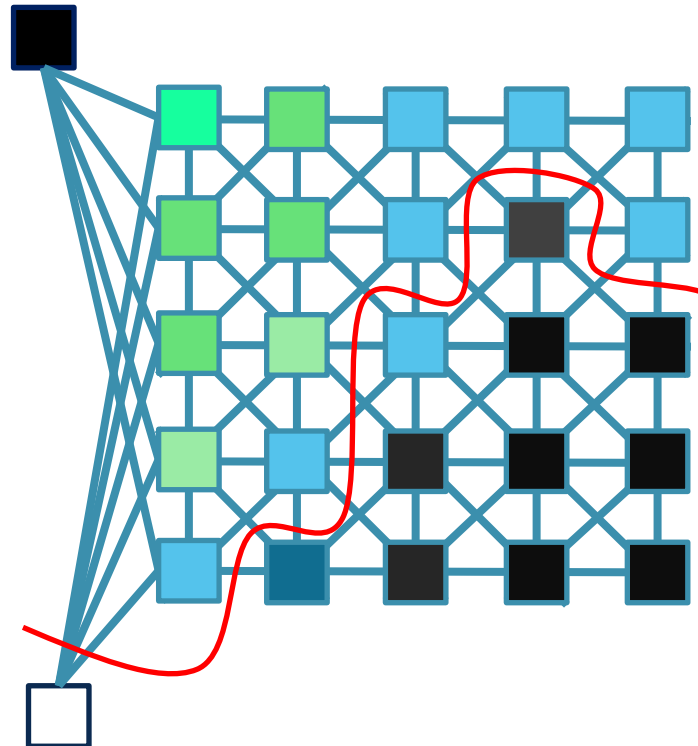


Zusätzliche Knoten für
Hintergrund und
Vordergrund,

Kantengewichte
entsprechen
Kapazitäten im Max-
Flow-Problem

Quelle s (entspricht Vordergrund)

Senke t

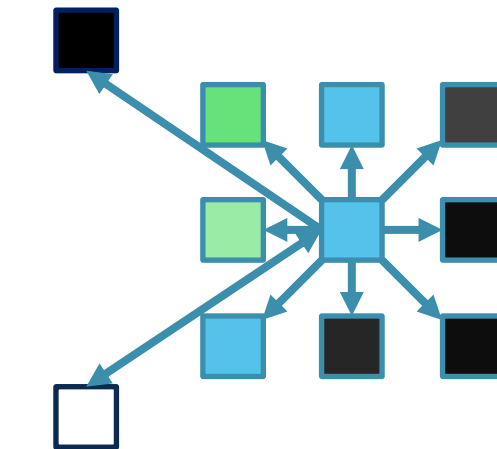


Hintergrund

Objekt

Quelle s

Senke t



Quelle s

$e(u)$... Überschuss
 $h(u)$... Höhe
 $cf(u,v)$... Rest-Kapazität
 (u nach v)

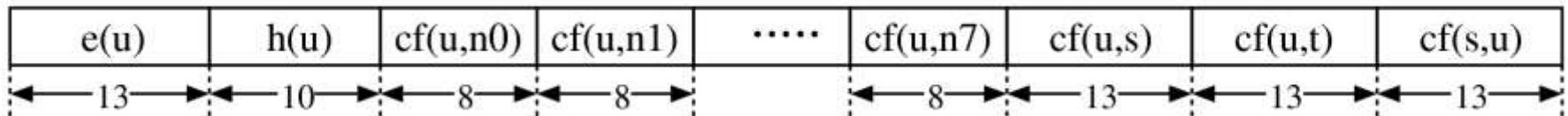
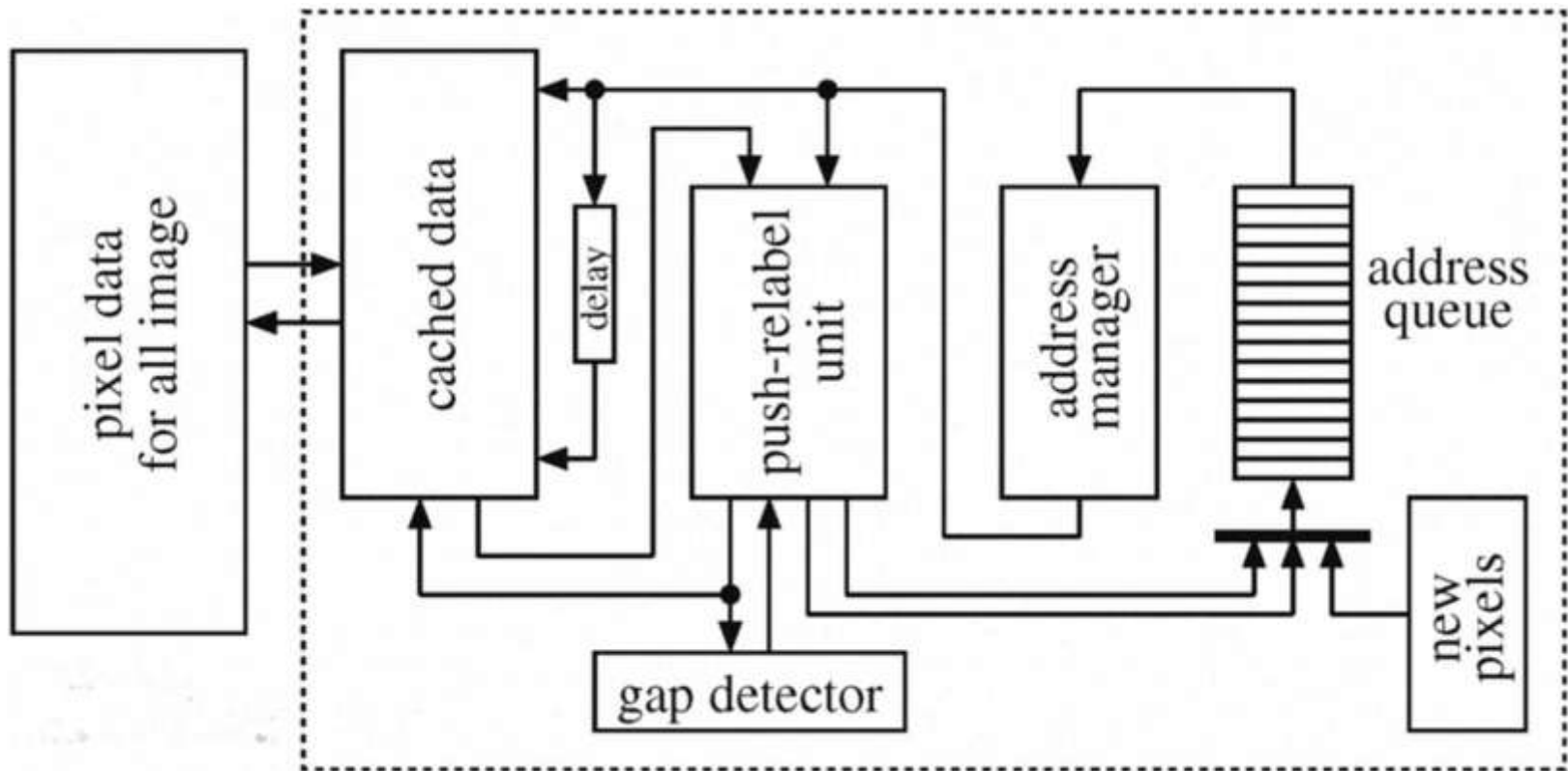


Bild von: [1]

Push-Relabel-Methode

- Push-Operation: verschiebe $\min(e(u), cf(u,v))$ von u nach v
 - Bedingungen: $cf(u,v) > 0$; $h(u) = h(v) + 1$; u aktiv
- Relabel-Operation: verändere $h(u)$, sodass push-Operation möglich wird
 - Bedingungen: kein $push(u,v)$ möglich; u aktiv

Bild von: [1]



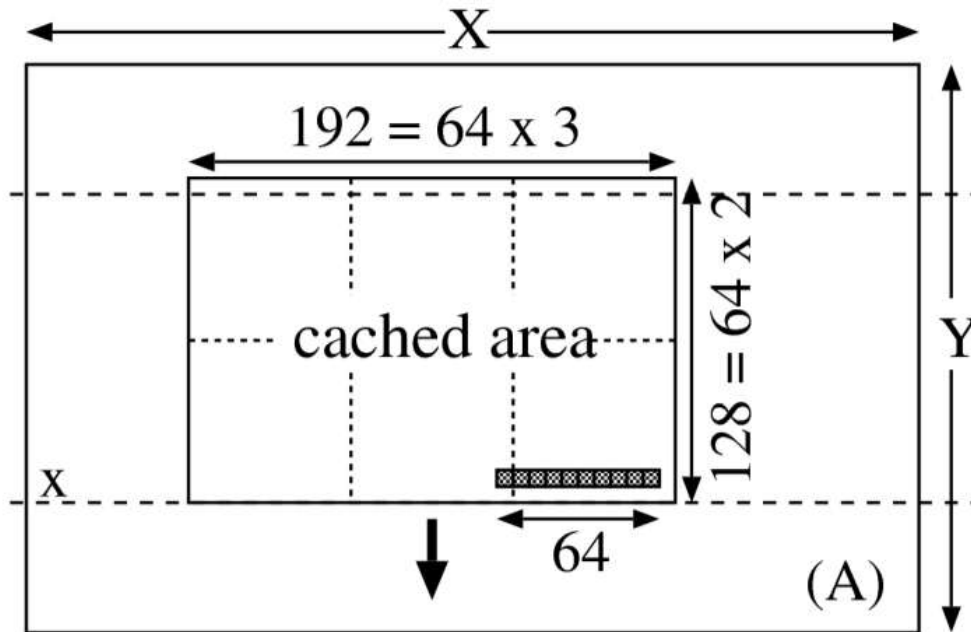


Bild von: [1]

- Fenster (192×128 Pixel)
- 64 Pixel werden gleichzeitig verarbeitet

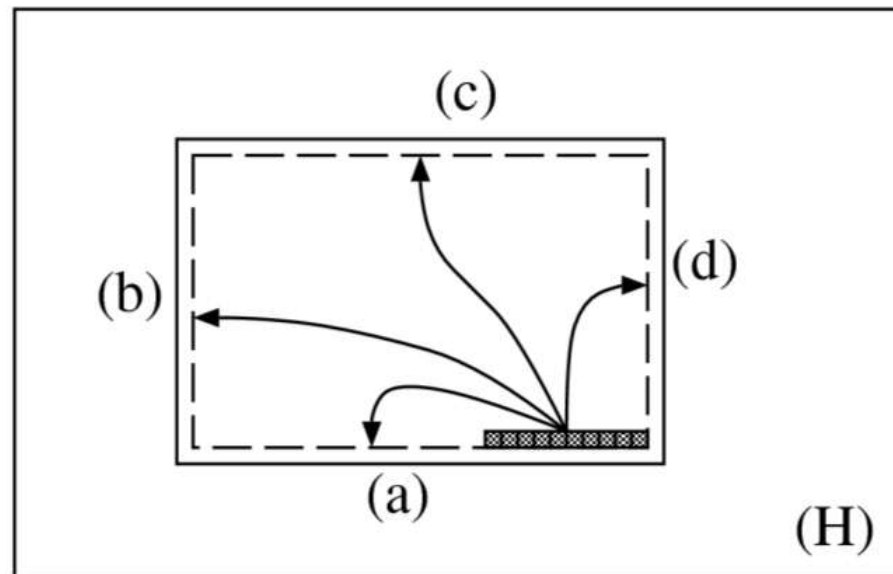


Bild von: [1]

- Aktivierung von anderen Pixeln während Verarbeitung
- Problematisch sind (b) und (c): Neu-Verarbeitung der vorangegangenen Spalte bzw. Zeile

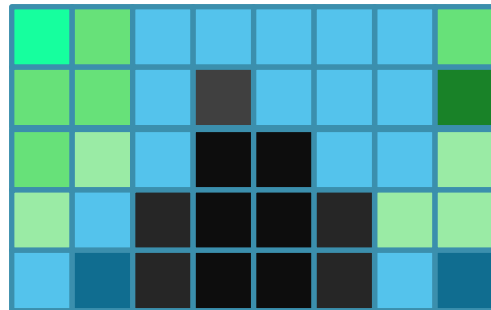
K-Means

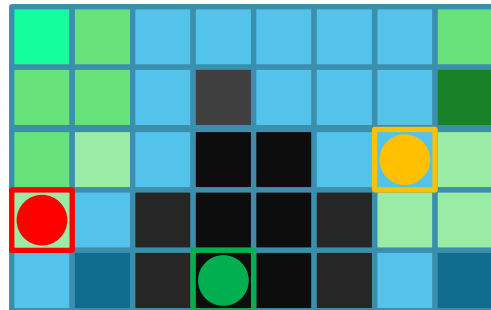
- Clustering-Algorithmus
- Ziel: Zerlegung des Bildes in K Cluster



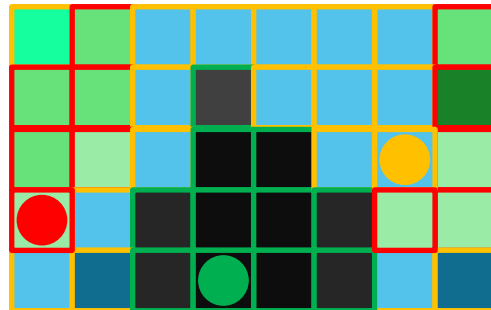
8 Cluster

Bilder von: [4]

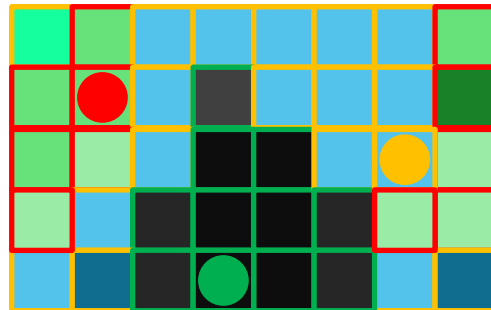




Setze Clusterzentren beliebig



Ordne Pixel den Clusterzentren zu,
welche am ähnlichsten sind



Bilde neue Clusterzentren aus Pixeln des Clusters

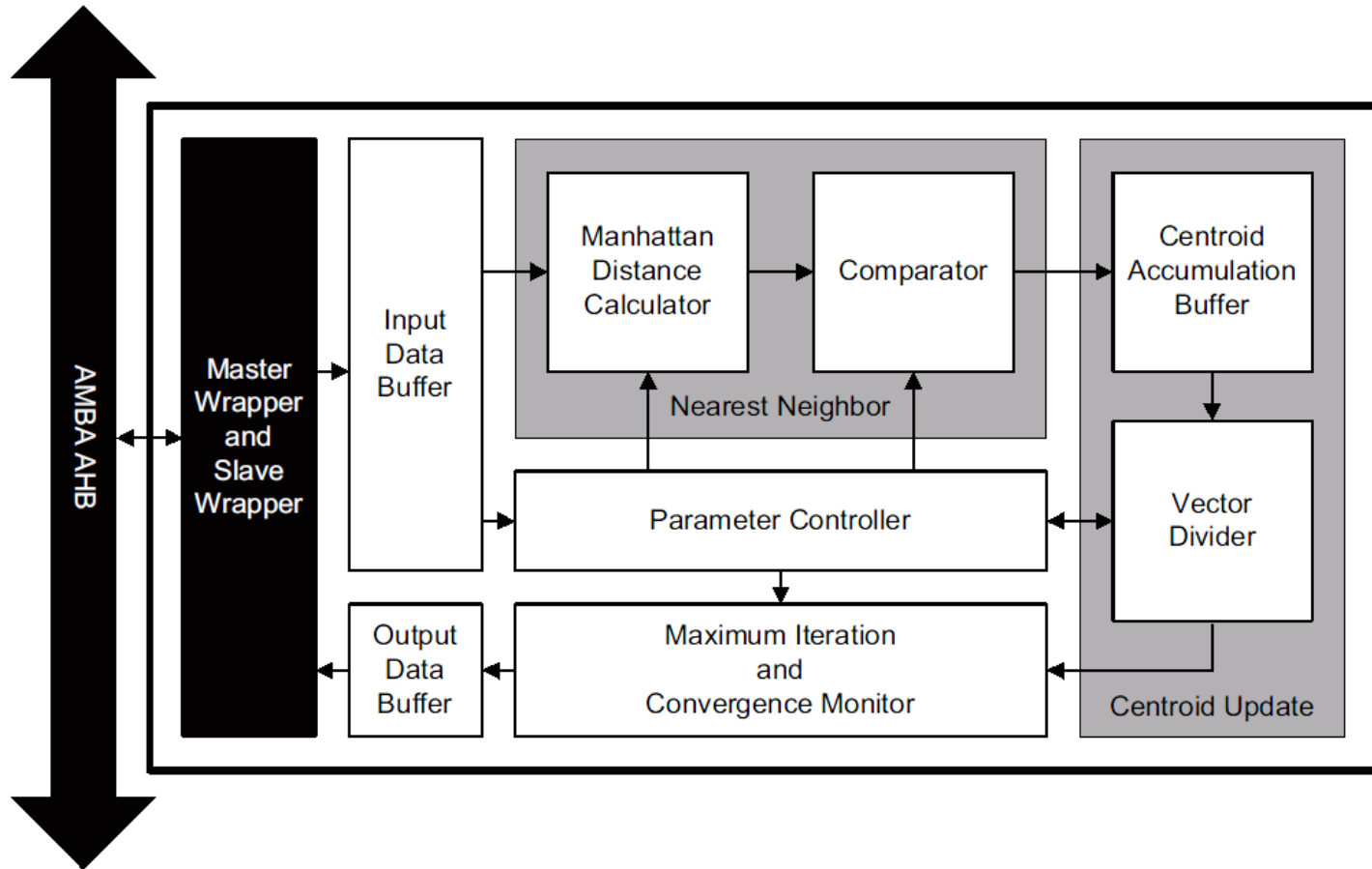


Bild von: [4]

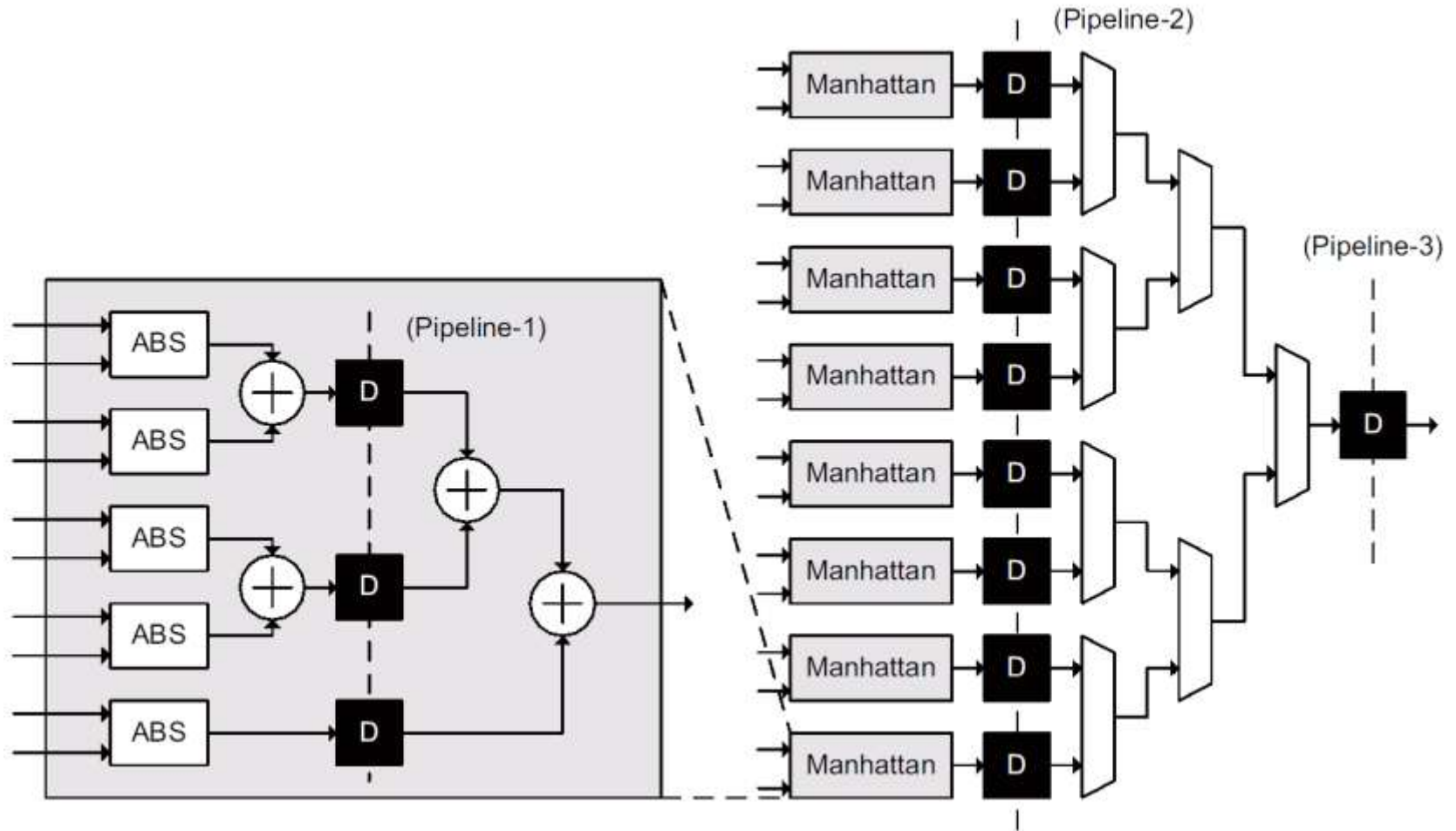
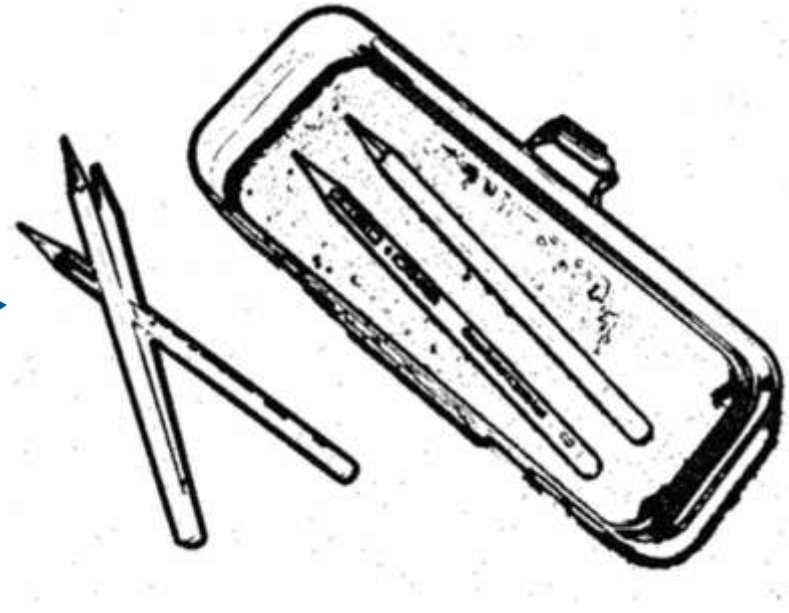


Bild von: [4]

Level Set Method

- Ableitung des Lösungsverfahrens aus Differentialgleichung
- Ziel: Finden einer geschlossenen Kurve um die Objekte (ähnlich zu Kantenerkennung)



Bilder von: [5]

Bild von: [5]

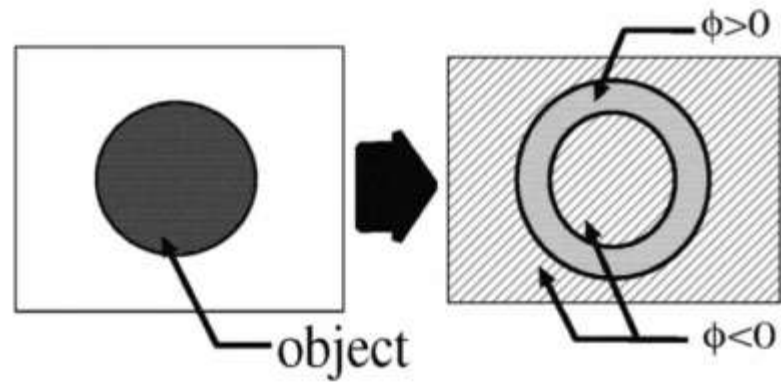


Bild von: [5]

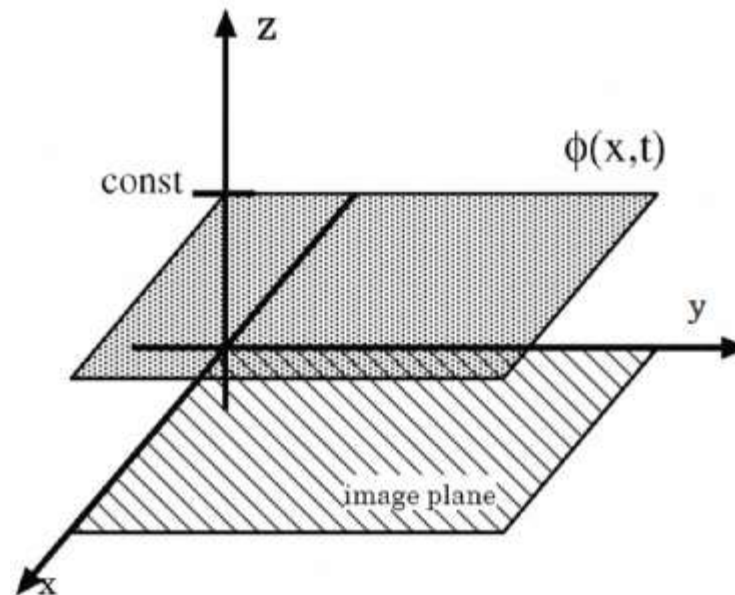
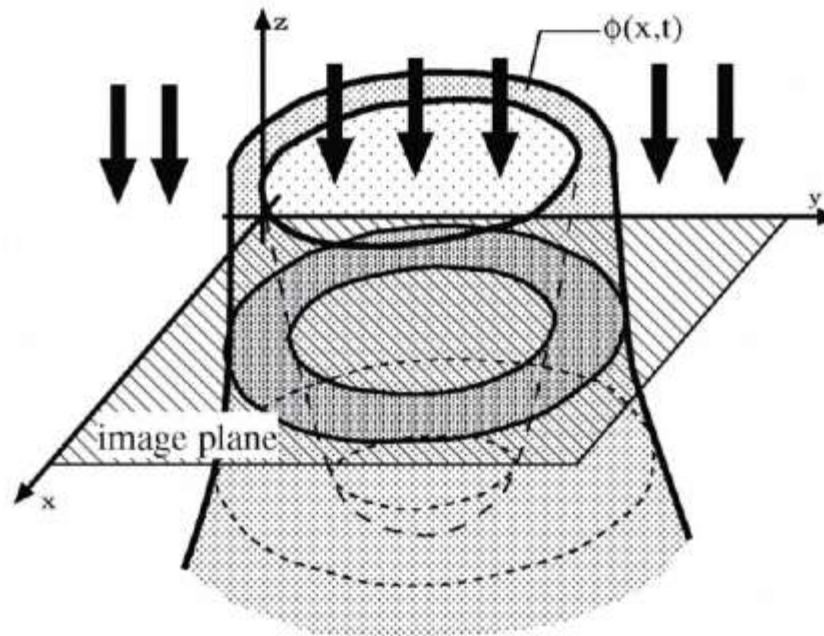


Bild von: [5]



Iterationsschrittweite



$$\phi_{ij}^{n+1} = \phi_{ij}^n - \Delta t \cdot k_{Iij} \cdot |\nabla_{ij} \phi_{ij}^n| \quad (\text{für } n \geq 1)$$

$$k_{Iij} = \frac{1}{1 + |\nabla_{i,j} I(i, j)|}$$



Helligkeits-Gradient

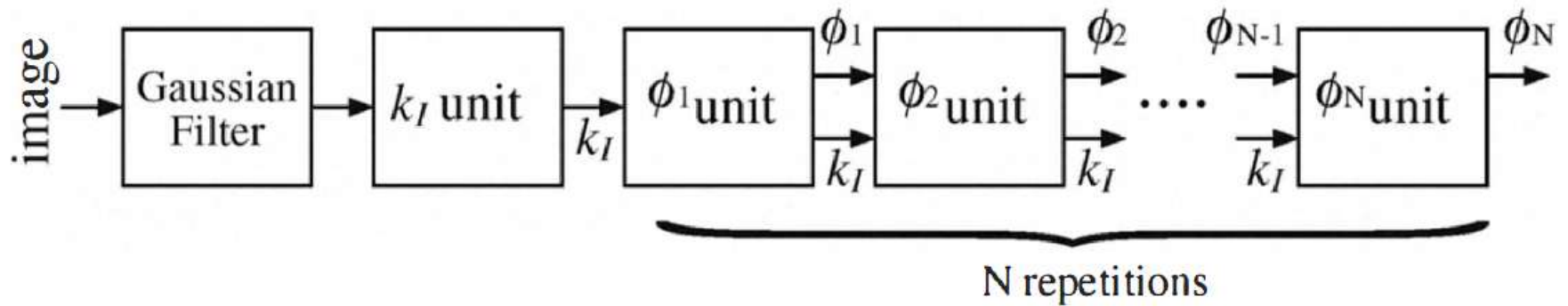


Bild von: [5]

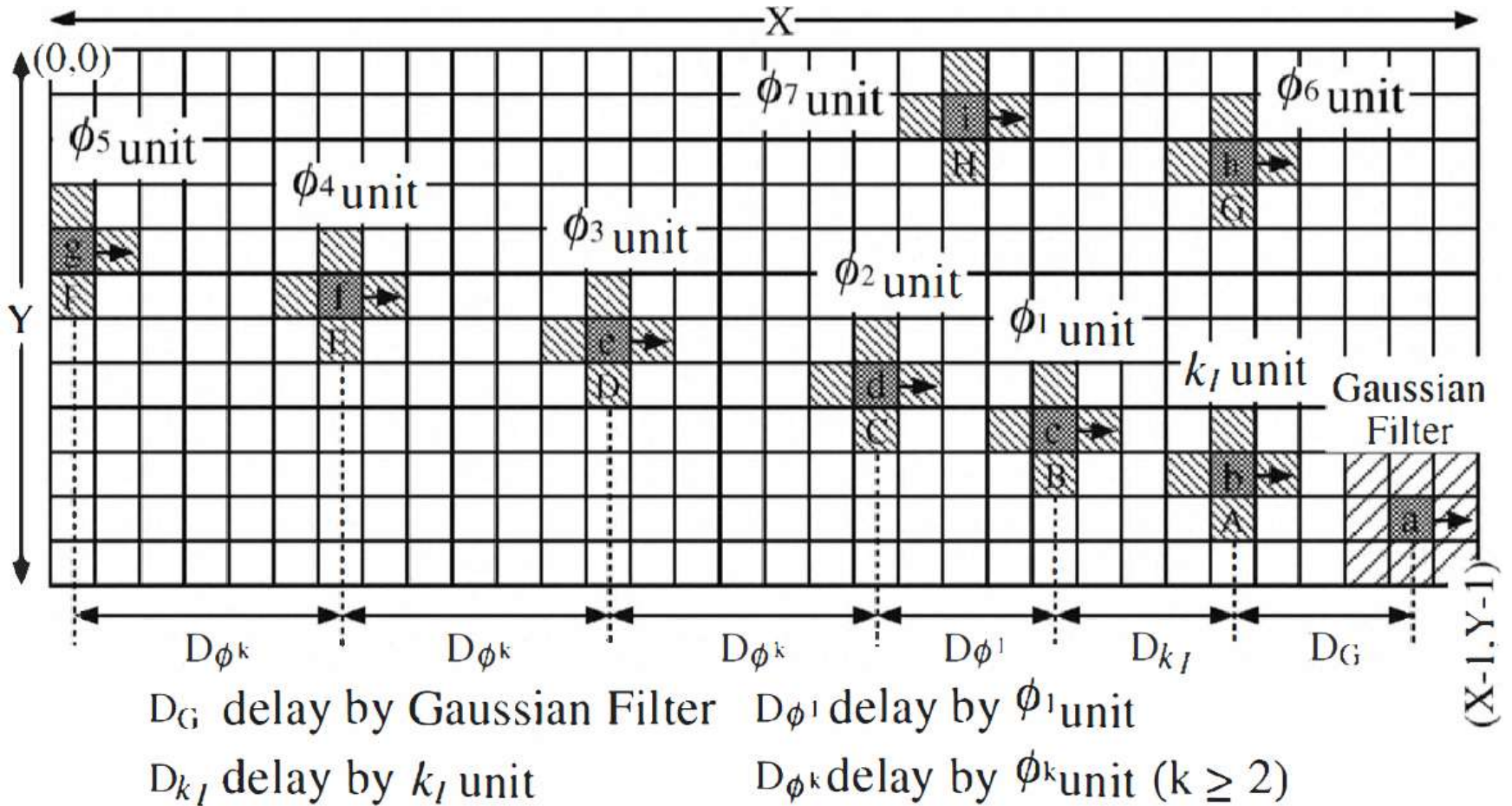


Bild von: [5]

ZUSAMMENFASSUNG

| Algorithmus | Graph-Cut | K-Means | Level-Set-Methode |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Ansatz | Bestimmen des minimalen Schnittes eines gewichteten Graphen | Update von gewählten Clusterzentren und Zuordnung von Pixeln | Annäherung einer geschlossenen Kurve an Kontur durch Ebenen |
| Ziel | Trennung Vorder- von Hintergrund | Partitionierung in Cluster anhand der Farbkomponenten | Finden der Kontur der Objekte |
| Hardware | Xilinx XC6VLXI30T (Virtex 6) | ARM Versatile (ARM926) | Xilinx XC4VLXI60 (Virtex 4) |
| Taktfrequenz der Schaltung | 201.1MHz | 200 MHz | 252.4 MHz |
| Peak-Performance (in fps) | 20-30 | 40 (32 Iterationen) | 670-760 (101 bzw. 31 Iterationen) |
| Auflösung | 600x450, 640x480 | 320x240, 352x288 | 640x480 |

Zusammenfassung

- Stark unterschiedliche Algorithmen für unterschiedliche Anforderungen
- Beschleunigung möglich, aber abhängig von Algorithmus
- Einfache Datenstruktur, iterative Algorithmen → Entwurf mit FPGAs möglich

Quellen

- [1] D. Kobori, T. Maruyama. „An acceleration of a graph cut segmentation with FPGA“. Field Programmable Logic and Applications (FPL), 2012 22nd International Conference on. IEEE, 2012. S. 407-413.
- [2] Y. Y. Boykov, M-P. Jolly. „Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in ND images“. Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on. vol. 1. IEEE, 2001. S. 105-112
- [3] M. Estlick, M. Leeser, J. Theiler, J. J. Szymanski. „Algorithmic Transformations in the Implementation of K-means Clustering on Reconfigurable Hardware“. Proceedings of the 2001 ACM/SIGDA ninth international symposium on Field programmable gate arrays. ACM, 2001. S. 103-110.

Quellen

- [4] T.-W. Chen, C.-H. Sun, J.-Y. Bai, H.-R. Chen, S.-Y. Chien. „Architectural Analyses of K-Means Silicon Intellectual Property for Image Segmentation“, Circuits and Systems, 2008. ISCAS 2008. IEEE International Symposium on. IEEE, 2008. S. 2578-2581.
- [5] H. Tsuyama, T. Maruyama. „An FPGA acceleration of a level set segmentation method“, Field Programmable Logic and Applications (FPL), 2012 22nd International Conference on. IEEE, 2012. S. 414-420.
- [6] S. Osher, J. A. Sethian. „Fronts propagating with curvature-dependent speed: Algorithms based on Hamilton-jacobi formulations“, Journal of Computer Physics, vol. 79, 1988. S.12-49

Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit !

Fragen / Diskussion