



Lehrstuhl für
Kommunikations-
technik

Bachelorarbeit B 14-2015

**Tasty Kanalmodell
für die drahtlose Kommunikation
zwischen Gebäuden und
Außeninstallationen**

von

Käpt'n Kevin Blaubär

Abgabedatum: 23. Januar 2018

Prof. Dr.-Ing Rüdiger Kays • Lehrstuhl für Kommunikationstechnik • TU Dortmund

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Section	1
2	DaVid	3
2.1	Einführung des DaViD	3
2.2	Systemmodell	4
2.2.1	Modulationsverfahren	5
2.2.2	DatenBlock	8
2.3	Anwendungsgebiete	8
3	ErsteErfahrung	10
3.1	TeXlipse spell checking	10
3.2	Enable tikzexternalize for PdfLatex	10
3.3	Forward search with TeXlipse and Sumatra PDF	11
4	ZweiteErfahrung	14
4.1	Grundlegende Einführung	14
4.2	Bildregistrierung	14
4.2.1	SURF	15
4.2.2	RANSAC	19
4.2.3	Kamerakalibrierung	23
4.2.4	Parameter Optimierung	24
4.3	Differenzbild	24
4.4	Image Processing	24
4.5	QR Pattern Detection	24
5	Auswertung	25
5.1	Section	25
6	Zusammenfassung	26
6.1	Section	26

A Erster Anhang	27
A.1 Section	27
Abbildungsverzeichnis	29
Tabellenverzeichnis	30
Quellcodeverzeichnis	31
Literatur	32

1 Einleitung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

1.1 Section

Jetzt nur noch schreiben! :)

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

2 DaVid

In diesem Kapitel werden das **Data** transmission using **Video** **D**evice (DaViD) System beschrieben. Zuerst läuft die Vorstellung des DaViD Systems. Die Systemmodell und Arbeitsprinzip des Systems werden in anschließenden Abschnitt erläutert. Schließlich folgt die mögliche Anwendungsgebiete des Systems. [1]–[4]

2.1 Einführung des DaViD

DaViD ist ein neuartiges Verfahren zur optischen Freiraum-Datenübertragung zwischen einem Display als Sender und einer Kamera als Empfänger. Ein grundlegendes Übertragungskonzept von DaViD wird in Abbildung 2.1 gezeigt. Ein flaches Display wie ein OLED- oder LCD-Bildschirm zeigt ein Live-Video. Gleichzeitig werden die Daten hinter dem Bild auf die Pixel moduliert. Während die zusätzliche Datenmodulation für menschliche Betrachter nahezu unsichtbar ist, der Benutzer leitet ein hochauflösende Kamera oder ein Smartphone zur Bildschirm, um die Szene aufzunehmen. Durch der eingebaut Prozessor können die Signale decodiert werden.

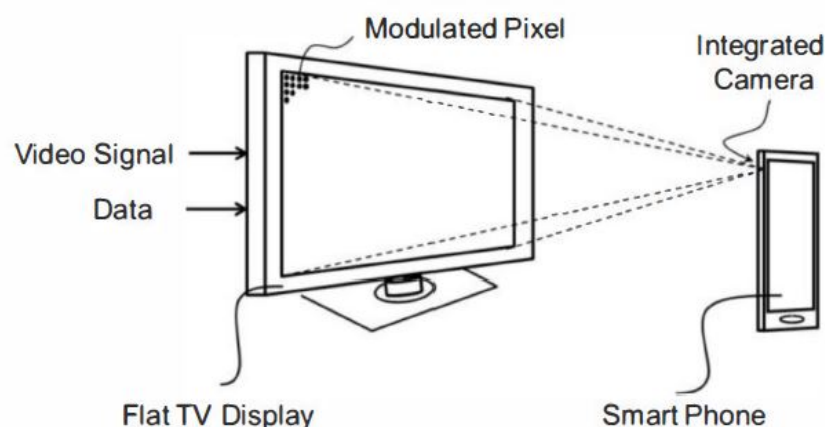


Abbildung 2.1: Eine beispielhafte Implementierung des DaViD-Systems.

2.2 Systemmodell

Bild in Display enthalten eine große Anzahl von Pixeln, die jeweils aus einer spezifischen Anordnung von Subpixeln für die RGB-Farbraum bestehen. Jeder einzelne Frame des Videos wird nämlich durch eine Matrix von Subpixelwerten dargestellt. DaViD System verwendet eine differentielle Modulationsmethode d.h. Teil der Videoinformationen muss wiederholt werden, indem Daten als ein symmetrischer Manchester-Code moduliert und zu den Videosignalkomponenten hinzugefügt werden. In Empfängerseite durch eine zeitliche Synchronisation können die zeitliche inter symbol interference (ISI) vermieden werden. Dann nach Verwendung einer örtlichen Synchronisation enthalten einen Differenzbild. Weil die Randbereich des Differenzbilds ungültig ist, verlässt sich die Modulationsgebiet durch die Verfahren in diese Arbeit entdecken. Danach werden die überlagerten Datensequenz durch eine Reihe von Behandlungen vom Videoinhalt getrennt. Abbildung 2.2 zeigt die schematische Darstellung des DaViD-Systems.

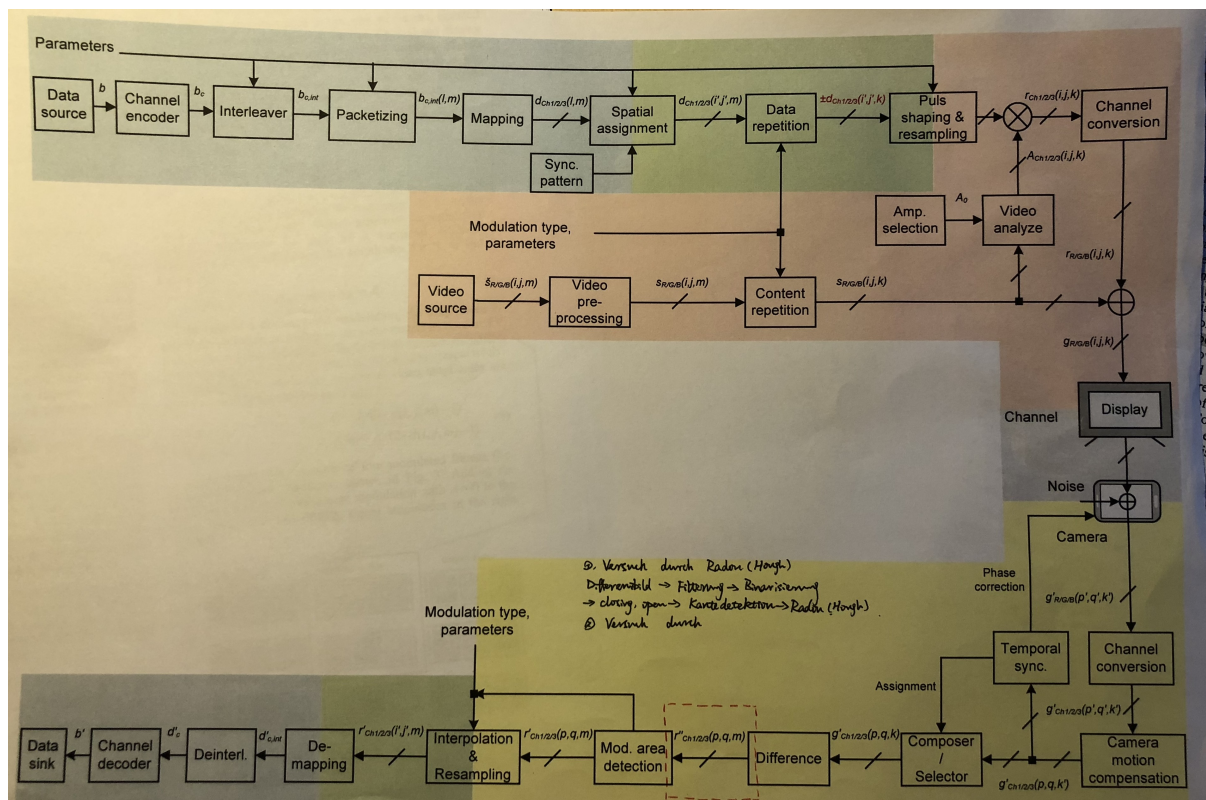


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung von DaViD System.

2.2.1 Modulationsverfahren

Ein Modulationsverfahren, das die Videoqualität nicht offensichtlich reduziert garantiert, ist sehr wichtig für ein auf Videogerät basierendes Datenübertragungssystem. Die möglichen Modulationsverfahren in DaViD-System sind:

- Zeitliche differentielle Modulation der Luminanz
- Zeitliche differentielle Modulation der Chrominanz
- Örtliche differentielle Modulation der Luminanz
- Örtliche differentielle Modulation der Chrominanz

Zeitliche differentielle Modulationsverfahren lässt kontinuierliches Paar Frames den gleichen Luminanz- bzw. Chrominanz-Videoinhalt enthalten, d.h. durch Subtrahieren die mit Daten addiert Kanal der Paar Frames die Differenzbild erhalten lassen können. Dagegen in örtliche sind die benachbarte Pixel mit den gleichen Videoamplituden. Hier wird in dieser Arbeit nur zeitliche differentielle Modulation der Chrominanz verwendet. Abbildung 2.3 zeigt ein Blockdiagramm einer typischen Senderimplementierung durch zeitliche differentielle Modulation.

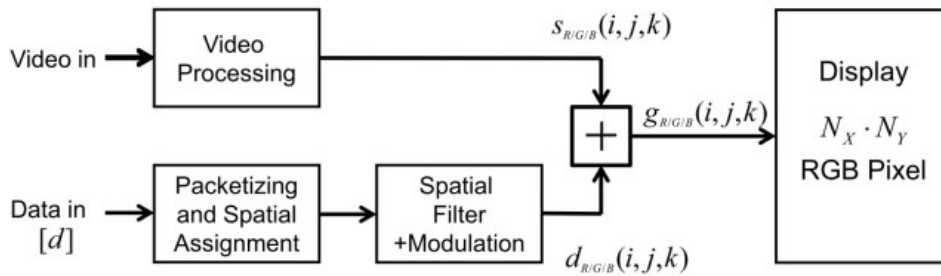


Abbildung 2.3: Blockschaltbild der Signalverarbeitung in zeitlicher differentieller Modulation.

Wir nehmen eine Display an, die in horizontale Richtung N_x Pixel stehen, dagegen in vertikale Richtung N_y Pixel. Das Videoeingangssignal wird verarbeitet, um eine Anzeigeeingabe $s(i, j, k)$ zu liefern. Mit zeitlicher differentieller Modulation ist der Videoinhalt des kommenden Frames derselbe. Die Indizes i und j bedeuten die horizontale und vertikale Pixelposition auf dem Bildschirm, während k die Nummer des reproduzierten Bildes ist. Index m heißt den Zähler der Frames in einer Videosequenz. Der Amplitudenbereich des Videosignals sollte begrenzt sein, um die Addition kleiner Datenamplituden ohne Übersteuern zu ermöglichen.

$$s_{R/G/B}(i, j, k + 1) = s(i, j, k) \quad (2.1)$$

$$\text{for } 0 \leq i < N_x, 0 \leq j < N_y, k = 2 \cdot m, m \in \mathbb{Z}$$

Vor Datenübertragung muss der Datenstrom in Schichten der Länge L aufgeteilt werden. Indiz L bedeutet die Menge der Daten, die in einem Framepaar übertragen werden können. Ein direkter Ansatz ist eine direkte Zuordnung von Datenbits zu Pixeltripeln Zeile für Zeile.

$$\begin{aligned} d(l) &\rightarrow d(i, j, m) & d(l) &\in \{-1, 1\} \\ 0 &\leq l < L, L = N_x \cdot N_y \\ i &= l \bmod N_x & j &= \lfloor l / N_x \rfloor \end{aligned} \quad (2.2)$$

Die Modulationsamplitude A ist ein wichtiger Parameter für Datenübertragung. Im Prinzip kann die Amplitude in verschieden Kanal unabhängig gewählt werden, um die Systemleistung zu optimieren. In diesen Arbeiten setzen die Amplitude gleichwertig.

$$A_R = A_G = A_B = A \quad (2.3)$$

Das differentielle Modulationsverfahren ordnet jede Sequenz von $\{-A, A\}$ zu $d = -1$ bzw. $\{A, -A\}$ zu $d = 1$ zu. Modulierte Datensymbole und verarbeitete Videoamplituden werden addiert, um die Anzeigeeingabe $g(i, j, k)$ zu liefern:

$$\begin{aligned} s_{R/G/B}(i, j, k) &= s_{R/G/B}(i, j, m) + A_{R/G/B} \cdot (2 \cdot d(i, j, m) - 1) \\ s_{R/G/B}(i, j, k + 1) &= s_{R/G/B}(i, j, m) - A_{R/G/B} \cdot (2 \cdot d(i, j, m) - 1) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Ein Beispiel einer modulierten Bildfolge ist in Abbildung 2.4 gezeigt. Das Hinzufügen der modulierten Daten (hier mit $A = 4$) zu dem Videoeingang ergibt die Anzeigeamplituden in der rechten Spalte.

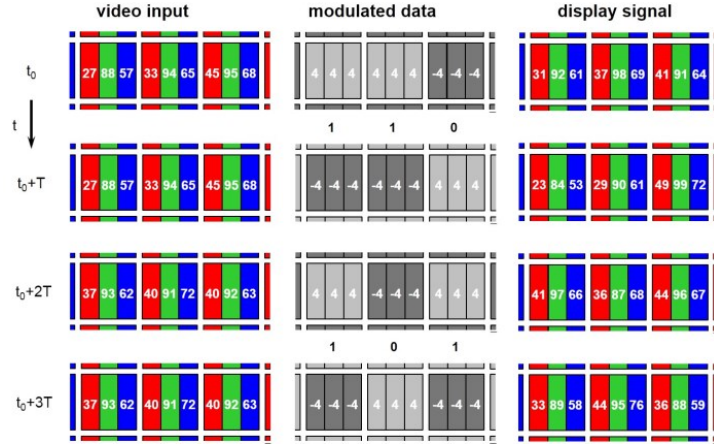


Abbildung 2.4: Ein Beispiel einer modulierten Bildfolge.

Im Vergleich zu Luminanzteil Y die Anzeigequalität in U und V Komponente ist signifikant besser, wenn Informationen in Chrominanz wiederholt und moduliert werden. Auf diese Weise wird die Gesamtleuchtdichte eines Pixel-Triple durch die Datenmodulation nicht beeinflusst. Die Umwandlungsmatrix, angegeben von test (ITU-R BT.709) für **high definition television** (HDTV) Display von Standard (R, G, B) zur Standard (Y, U, V) läuft:

$$T = \begin{pmatrix} 0,213 & 0,715 & 0,072 \\ -0,115 & -0,385 & 0,5 \\ 0,5 & -0,454 & -0,0458 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

Das Videosignal $s(i, j, k)$ muss vor dem Anwenden der Modulation in Y -, U - und V -Komponenten umgewandelt werden. Die nachfolgende inverse Konvertierung erklärt das Display-Eingangssignal in Abbildung 2.3:

$$\begin{pmatrix} g_R(i, j, k) \\ g_G(i, j, k) \\ g_B(i, j, k) \end{pmatrix} = T^{-1} \cdot \left(T \cdot \begin{pmatrix} S_R(i, j, m) \\ S_G(i, j, m) \\ S_B(i, j, m) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ A_U \cdot d(i, j, m) \\ A_V \cdot d(i, j, m) \end{pmatrix} \right) \quad (2.6)$$

$$\begin{pmatrix} g_R(i, j, k+1) \\ g_G(i, j, k+1) \\ g_B(i, j, k+1) \end{pmatrix} = T^{-1} \cdot \left(T \cdot \begin{pmatrix} S_R(i, j, m) \\ S_G(i, j, m) \\ S_B(i, j, m) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ A_U \cdot d(i, j, m) \\ A_V \cdot d(i, j, m) \end{pmatrix} \right)$$

Diese Art der Modulation kann als eine Modulation des roten und des blauen Subpixels betrachtet werden, während das grüne Subpixel verwendet wird, um die Änderung der Luminanz des Pixel-Tripels zu kompensieren. Durch Definition korreliert A_U mit A_B und A_V mit A_R .

$$\begin{pmatrix} A_R \\ A_G \\ A_B \end{pmatrix} = T^{-1} \cdot \begin{pmatrix} A_Y \\ A_U \\ A_V \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

2.2.2 DatenBlock

Um die Anforderungen an die Kameraauflösung zu lockern, Ein einfaches und unkompliziertes Verfahren ist Zuordnung jedes Datenbits zu einem Block von $B_X \times B_Y$ Pixeln.

$$\begin{aligned} d(l) &\rightarrow d(x, y, k) \quad 0 \leq l < L \\ L &= \lfloor N_X / B_X \rfloor \cdot \lfloor N_Y / B_Y \rfloor \\ x &= (l \cdot B_X) \bmod N_X + r_X, \quad r_X = 0 \dots (B_X - 1) \\ y &= \lfloor l / \lfloor N_X / B_X \rfloor \rfloor \cdot B_Y + r_Y, \quad r_Y = 0 \dots (B_Y - 1) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Wenn die Anzahl der Pixel pro Zeile kein Vielfaches von B_X ist oder wenn die Anzahl der Pixel kein Vielfaches von B_Y ist, muss die Anzahl der Pixel und Zeilen, die für die Modulation in Gleichung (2.5) verwendet werden, ersetzt werden durch:

$$\begin{aligned} N_X &= \lfloor N_X / B_X \rfloor \cdot B_X \\ N_Y &= \lfloor N_Y / B_Y \rfloor \cdot B_Y \end{aligned} \quad (2.9)$$

In dieser Arbeit werden das DatenBlock für quadratische Blöcke gesetzt.

$$B_X = B_Y = B. \quad (2.10)$$

2.3 Anwendungsgebiete

Die Datenübertragungsrate des DaViD-Systems wird voraussichtlich erreicht bis zu 100 Mbit/s. Es gehöre zu einer Sichtlinienübertragung für kurze Verbindungen. Geeignete Abdeckungsbereichen hängen von der Größe des Displays und der Kameraoptik ab. Obwohl im Vergleich zum letzten WLAN- Versionen Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.11,

die Leistung scheint nicht so attraktiv. Der Vorteil liegt nicht nur in der wachsenden Leistungsfähigkeit von Video-Display und Kamera, aber auch die Option zur Wiederverwendung der bestehenden Hardware, die zum Zeigen des Videos installiert wurde. Ein empfohlene praktische Anwendungsbereich des DaViDs ist öffentlicher Ort, z.B. U-Bahn-Station, großes Stadion und so weiter. Annehmen eine Situation, wenn die Leute auf ihre U-Bahn warten, sie können ihre eigene Software aktualisieren, indem Sie einfach auf die zeigende Werbung in dem Bildschirm leiten.

Berücksichtigen der Eigenschaften des DaViDs, d.h. die Synchronisation von Videospielen und Datenübertragung. Viele Anwendungsszenarien können in Betracht gezogen werden und scheinen sehr attraktiv zu sein. Die drei Hauptszenarien sind:

- Indoor-individuelle Kommunikation: Kurzstreckenverbindungen basieren auf relativ kleinen (Tablet-Größe) Bildschirm, Anwendungen z.B. die Übertragung von Hintergrundinformationen an Besucher im Museum, Kiosk.
- Indoor-Multicast-Kommunikation: Streckenabstand ist länger als ersten Fall auf relativ größer (40-100") Bildschirm, Anwendungen z.B. während Videoabspielen Besucher die Anwendungsdaten oder Mediendateien herunterladen können im Kiosk, Restaurant.
- Freien Kommunikation: Größter Bildschirm wie im Einkaufszentren oder Sport-Arenen, Anwendungen können denen des zweiten Szenarios ähneln.

Sobald die Dienste auf öffentlichen Bildschirmen implementiert werden, kann Leute mit Hilfe eines modernen Smartphones, die mit einer geeigneten Kamera eingebaut ist, nach der Installation einer neuen App innovative wahrnehmen.

3 Erste Erfahrung

In diesem Kapitel werden die erste Erfahrung beschrieben. Zuerst läuft die Vorstellung des DaVid-Systems. Die Systemmodell und Arbeitsprinzip des Systems werden in anschließenden Abschnitt erläutert. Schließlich folgt die mögliche Anwendungsgebiete des Systems.

Nicht vergessen, dass Überschriften nicht aufeinander folgen dürfen. . .

3.1 TeXlipse spell checking

To enable spell checking in TeXlipse, download the respective dictionaries from <https://sourceforge.net/projects/texlipse/files/dictionaries/>.

Save the dictionaries at a local location and enter the path in Window->Preferences->TeXlipse->Spell Checker (see Fig. 3.1).

To synchronize the user dictionaries between multiple machines, it might be useful to save the dictionaries in your google drive or drop box.

3.2 Enable tikzexternalize for PdfLatex

Go to Window->Preferences->Texlipse->Builder Settings and add

```
--shell-escape
```

to the command arguments (see Fig. 3.2).

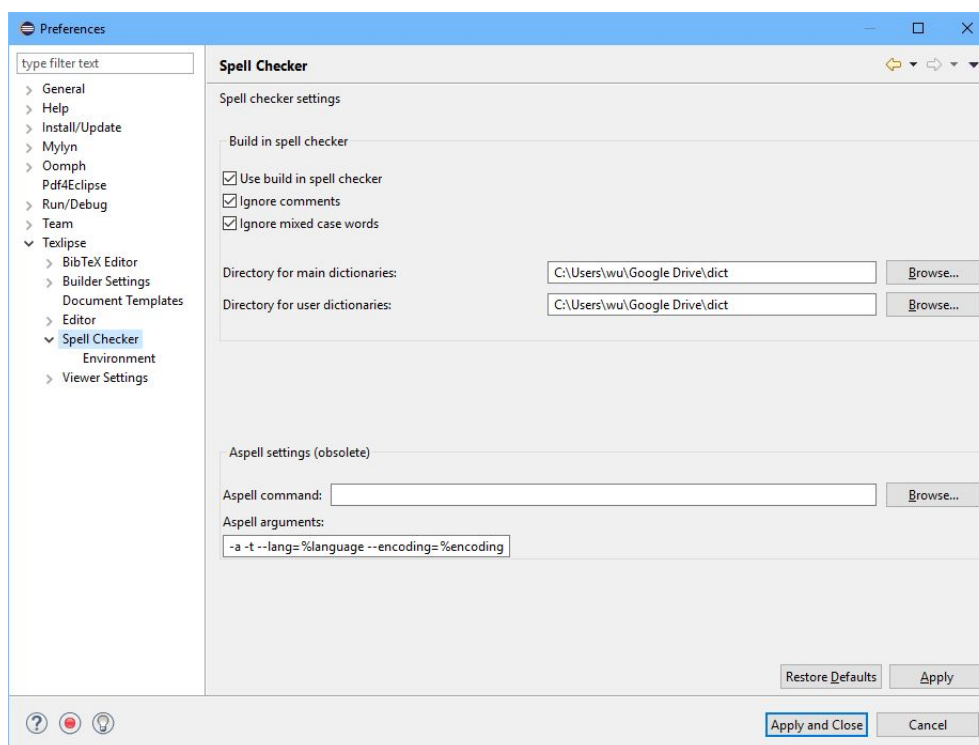


Figure 3.1: TeXlipse Spell Checker preferences.

3.3 Forward search with TeXlipse and Sumatra PDF

Download and install SumatraPDF: <https://www.sumatrapdfreader.org/>.

Then edit the viewer settings for SumatraPDF in Window->Preferences->Texlipse->Viewer Settings.

Change the viewer arguments to

```
-reuse-instance %fullfile -forward-search %texfile %line
```

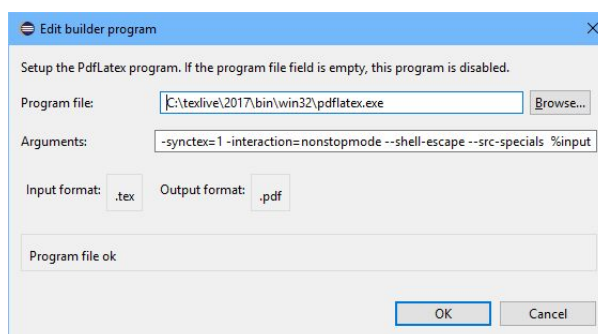


Figure 3.2: PdfLatex Builder Settings.

and leave all DDE message field empty. Change the inverse search support to "Viewer runs external command" and enable "Viewer supports forward search".

Figure 3.3 displays the dialog window.

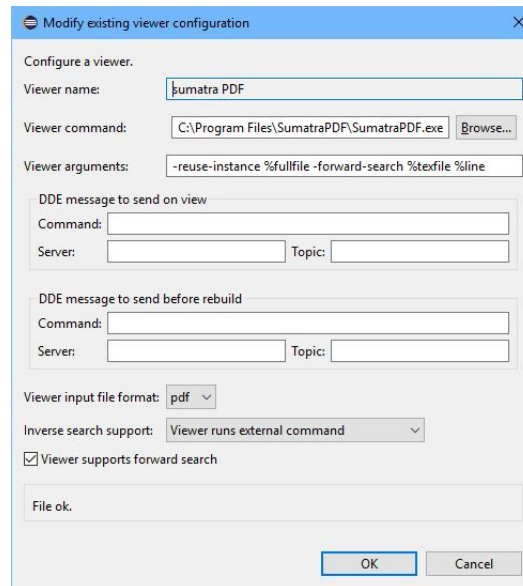


Figure 3.3: TeXlipse Viewer Settings.

In SumatraPDF configure the inverse search command via the Settings->Options menu (see Fig. 3.4).

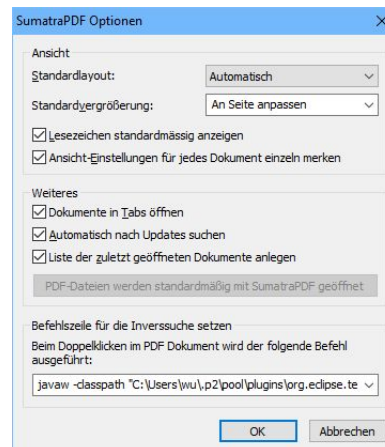


Figure 3.4: SumatraPDF Options.

If you have install TeXlipse 1.5.0, the inverse search command will look like this:

```
javaw -classpath "C:\Users\wu\.p2\pool\plugins\net.sourceforge.texlipse_1.5.0\
texlipse.jar" net.sourceforge.texlipse.viewer.util.FileLocationClient -p
55000 -f "%f" -l %l
```

Let the path point to your eclipse share pool. Or if you do not have a shared pool, choose the plugins directory of your eclipse installation.

For TeXLipse 2.0.X the FileLocationClient is relocated to org.eclipse.texlipse making the inverse search command look like the following.

```
javaw -classpath "C:\Users\wu\.p2\pool\plugins\org.eclipse.texlipse_2
.0.1.201801202105\texlipse.jar" org.eclipse.texlipse.viewer.util.
FileLocationClient -p 55000 -f "%f" -l %l
```


4 Zweite Erfahrung

In diesem Kapitel wird der durch die Projektgruppe implementierte VXI-11-Server vorgestellt und in den einzelnen Abschnitten auf die Teilbereiche Hardware, Software und auf Kommunikationsschnittstellen mit Test- und Messgeräten eingegangen. Die grundlegende Idee des VXI-11-Servers ist die Kommunikation mit Geräten über Ethernet, welche unterschiedliche Kommunikationsstandards nutzen. Hierzu ist eine entsprechende Hardware notwendig, um verschiedenste Kommunikationsstandards anschließen zu können und eine entsprechende softwaretechnische Implementierung. Auf die Realisierung dieser Teilbereiche wird im folgenden eingegangen.

4.1 Grundlegende Einführung

[5].

4.2 Bildregistrierung

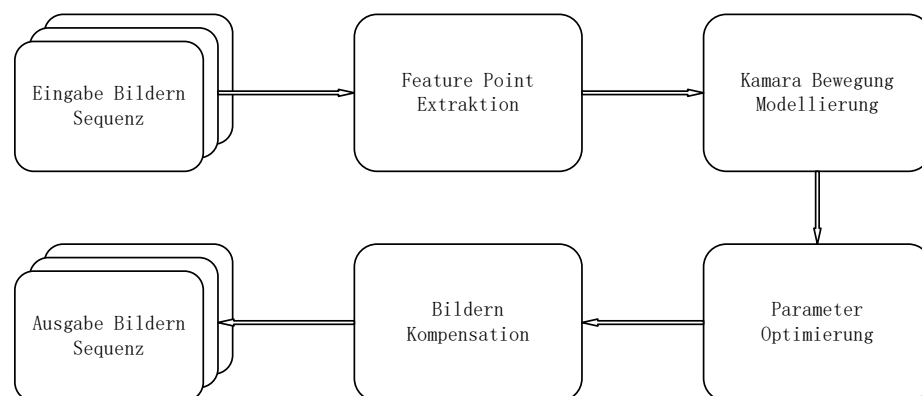


Abbildung 4.1: Flussdiagramm der Bildregistrierung.

4.2.1 SURF

Hier wird zuerst die SURF[6] Merkmalerkennung eingegangen. SURF Merkmalerkennung arbeitet mit integrierten Bildern. Die Faltung bezieht sich nur auf das vorherige Bild, mit Erhöhung der Größe des Bildkerns können das Heruntertaktung-Verfahren realisiert werden.

Algorithmus:

- **Aufbau einer hessischen Matrix.**

Die Hesse-Matrix stellt den Kern des SURF Algorithmus dar. Zur Vereinfachung der Operation wird die Funktion $f(x, y)$ angenommen, dass die Hesse-Matrix H setzt sich aus Funktionen und partiellen Ableitungen zusammen:

$$\mathcal{H}(f(x, y)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Diskriminante der H-Matrix läuft:

$$\det(\mathcal{H}) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} \right)^2 \quad (4.2)$$

Der Wert der Diskriminante ist der Eigenwert der H-Matrix. Durch dessen positiven und negativen wird bestimmt, ob der Punkt ein Extrempunkt ist oder nicht. Im SURF Algorithmus wird das Bildpixel $I(x, y)$ anstelle des Funktionswertes $f(x, y)$ verwendet. Nutzen eine Zweite-Order Gaussian Function als Filter. Die zweiten Partielle Ableitungen können durch Faltung zwischen bestimmten Kernen berechnet werden. Dadurch können die Werte der drei Matrixelemente der H-Matrix auch berechnet werden, nämlich die H-Matrix berechnet:

$$\begin{aligned} \mathcal{H}(\mathbf{x}, \sigma) &= \begin{bmatrix} L_{xx}(\mathbf{x}, \sigma) & L_{xy}(\mathbf{x}, \sigma) \\ L_{xy}(\mathbf{x}, \sigma) & L_{yy}(\mathbf{x}, \sigma) \end{bmatrix} \\ L(\mathbf{x}, \sigma) &= G(\sigma) * I(\mathbf{x}) \\ G(\sigma) &= \frac{\partial^2 g(\sigma)}{\partial x^2} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Hier $L_{xx}(\mathbf{x}, \sigma)$ bedeutet die Faltung der zweiter Gaussian Ableitung $G(\sigma)$ mit dem Bild I in Punkt $\mathbf{x}(x, y)$, ähnlich für $L_{xy}(\mathbf{x}, \sigma)$ und $L_{yy}(\mathbf{x}, \sigma)$. Auf diese Weise kann der Wert der Determinante für jedes Pixel in dem Bild berechnet werden, und dieser Wert kann verwendet werden, um den Merkmalspunkt zu feststellen. Zur einfacheren Anwendung schlägt Herbert Bay[6] vor, L mit

einer Approximation ersetzen. Um den Fehler zwischen dem genauen Wert und der Approximation auszugleichen, kann die H-Matrix-Diskriminante wie folgt ausgedrückt werden:

$$\det(\mathcal{H}_{Approx}) = D_{xx}D_{yy} - (0.9D_{xy})^2 \quad (4.4)$$

• Erstellen Maßstab Raum

Der Maßstabsraum $L(\mathbf{x}, \sigma)$ des Bildes ist die Darstellung dieses Bildes bei unterschiedlichen Auflösungen (Skalierung). Im Bereich der Computer Vision wird der Maßstabsraum symbolisch als Bildpyramide ausgedrückt, wobei die Eingangsbildfunktion wiederholt mit dem Kern der Gaußschen Funktion gefaltet und wiederholt unterabgetastet wird. Diese Methode wird hauptsächlich für die Implementierung des SIFT Algorithmus verwendet. Jede Bildschicht hängt jedoch von der vorherigen Bildschicht ab, und das Bild muss in der Größe angepasst werden. Daher hat diese Berechnungsmethode eine große Kosten in Berechnung. Im Vergleich dazu ist es in SURF durch die Erhöhung der Größe des Bildkerns. Diese ist ein Unterschied zwischen dem SIFT Algorithmus und dem SURF Algorithmus bei der Verwendung des Pyramidenprinzips. Der Algorithmus ermöglicht, dass mehrere Bilder des Maßstabsraums gleichzeitig verarbeitet werden, ohne dass das Bild unterabgetastet wird, wodurch die Leistung des Algorithmus verbessert wird. Das linke Bild in Abbildung 4.2 ist eine Pyramidenstruktur, die auf herkömmliche Weise erstellt wird, die Größe des Bildes wird geändert, und die Operation wird die Unterebene unter Verwendung der Gaußschen Funktion wiederholt glätten. Der Surf Algorithmus auf der rechten Seite in Abbildung 4.2 behält das ursprüngliche Bild unverändert und ändert nur die Filtergröße.

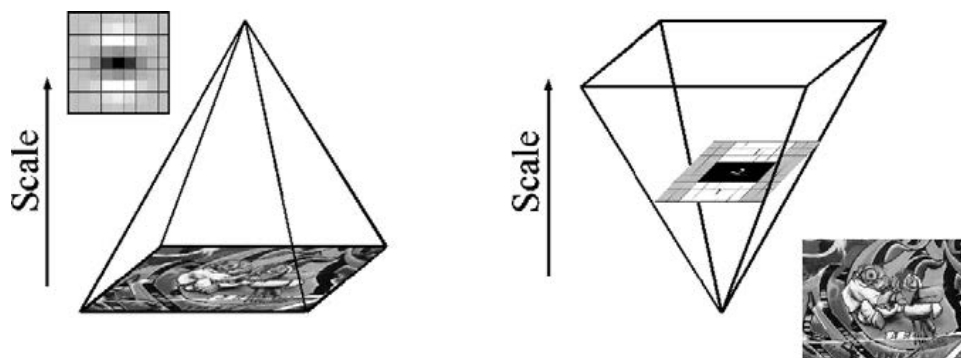


Abbildung 4.2: Scale space.

• Präzise Lokalisierung von Feature-Punkten

Vergleichen die Größe jedes Pixel, die von der hessischen Matrix verarbeitet wird, mit die 26 Punkten in seiner drei Dimensionen Raum, wie in Abbildung 4.3 zeigt. Wenn es das Maximum oder Minimum dieser 26 Punkte ist, wird es als vorläufiger Merkmalspunkt beibehalten. Das dreidimensionale lineare Interpolationsverfahren wird verwendet, um die Merkmalspunkt-

te des Subpixel-Niveaus zu erhalten, und die Punkte, deren Werte kleiner als ein bestimmter Schwellenwert sind, werden ebenfalls entfernt.

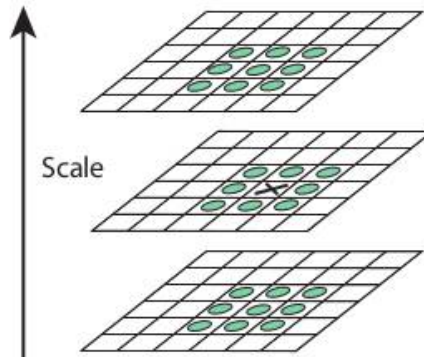


Abbildung 4.3: Extreme Wert Erkennung.

• Hauptrichtungsermittlung

SIFT wählt die Hauptrichtung des Merkmalspunkts unter Verwendung des Gradientenhistogramms im Merkmalspunktbereich aus. Die Richtung, in der der Bin-Wert des Histogramms der größte und oder 80% maximale Bin-Wert überschreitet, wird als Hauptrichtung des Merkmalspunkts genommen. Dagegen beim SURF wird das Gradientenhistogramm nicht statistiken, sondern das Harr-Wavelet-Eigenschaft im Merkmalspunktbereich wird statistisch analysiert. Das heißt, im Bereich der Merkmalspunkt (zum Beispiel innerhalb eines Kreises mit einem Radius von $6s$, wobei s der Maßstab ist, auf dem der Punkt liegt) die Summe der Horizontal-Haar-Wavelet-Merkmale und der Vertikal-Haar-Wavelet-Merkmale aller Punkte im 60-Grad-Sektor ($\pi/3$) werden gezählt. Die Größe des Haar Wavelets stellt als $4s$, so dass für jeden Sektor einen Wert bekommt. Dann wird 60-Grad-Sektor in einem bestimmten Intervall gedreht, schließlich lassen die Richtung des Sektors mit Maximalwert als Hauptrichtung des Merkmalspunkts nehmen. Ein schematisches Diagramm des Prozesses ist wie folgt in Abbildung 4.4.

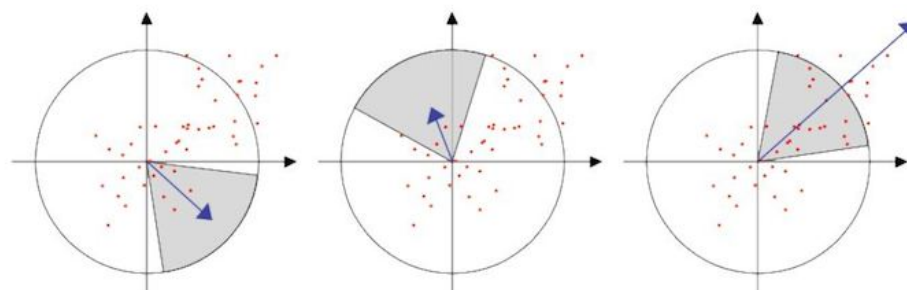


Abbildung 4.4: Dominante Orientierung Feststellen.

• Merkmalspunkt Deskriptor Generierung

SURF nehmen eine quadratische Rahmen um den Merkmalspunkt. Die Seite der Rahmen ist $20s$ (s ist die Skala, bei der der Merkmalspunkt erkannt wird). Die Richtung des Rahmens ist natürlich die Hauptrichtung, die in vorliegendem Schritt erfasst wird. Der Rahmen wird dann in 16 Unterbereiche unterteilt, von denen jeder die Haar-Wavelet-Merkmale der horizontalen und vertikalen Richtungen von 25 Pixeln berechnet. Hier die horizontalen und vertikalen Richtungen sind relativ zur Hauptrichtung. Das Haar Wavelet-Merkmal ist die Summe der horizontalen Richtungswerte, die Summe der absoluten Werte in der horizontalen Richtung, die Summe der vertikalen Richtungen und die Summe der absoluten Werte in der vertikalen Richtung. Das schematische Diagramm in Abbildung 4.5 zeigt diesen Prozess.

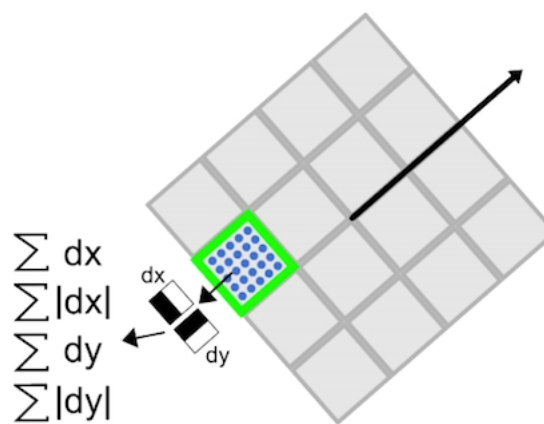


Abbildung 4.5: Merkmalspunkt Deskriptor.

Auf diese Weise hat jeder kleine Bereich 4 Werte, so dass jeder Merkmalspunkt ein $16 \times 4 = 64$ dimensionaler Vektor verfügt, der halb so klein wie Sift (128 Dimension) ist, deswegen den Anpassungsprozess beim Merkmalanpassungsprozess stark beschleunigt. Die folgende Abbildung 4.6 zeigt den Merkmalspunkt, den wir durch den SURF-Algorithmus erhalten haben.



Abbildung 4.6: SURF Merkmal.

4.2.2 RANSAC

Nach SURF Merkmalerkennung wird die Merkmalspunkte von zwei benachbarten Bildern mit Verfahren z.B. **N**ormalized **C**ross **C**orrelation (NCC) übereinstimmt. Abbildung 4.8 zeigt die passende Punkt. Es ist ersichtlich, dass es darin viele fehlerhafte zusammenpassendes Paar gibt. Deswegen wird **R**ANdom **S**Ample **C**onsensus (RANSAC) eingeführt.

RANSAC Algorithmus, der von Fischler und Bolles [7] vorgeschlagene im Jahr 1981, ist ein allgemeiner Parameterschätzungsansatz, um den großen Anteil von Ausreißern in den Eingabedaten zu bewältigen. Im Gegensatz zu vielen der üblichen robusten Schätzverfahren wie M-Schätzer und kleinsten Quadraten, die von der Computer Vision Community aus der Statistik-Literatur übernommen wurden, wurde RANSAC aus der Computer-Vision-Community entwickelt.

Ein einfaches Beispiel ist in der Abbildung 4.7 dargestellt. Das Ziel besteht darin, die am besten geeignete Linie unter einer Menge von Datenpunkten zu finden. Wenn es die einfache Methode der kleinsten Quadrate verwenden, um diese Linie zu finden, wie auf der linken Seite gezeigt, kann es leider nicht richtig finden, da die Methode der kleinsten Quadrate von allen Datenpunkten beeinflusst wird. Dagegen mit RANSAC kann das Modell nur von den inlieren Punkten berechnet werden und die Ergebnisse wie auf der rechten Seite zeigt.

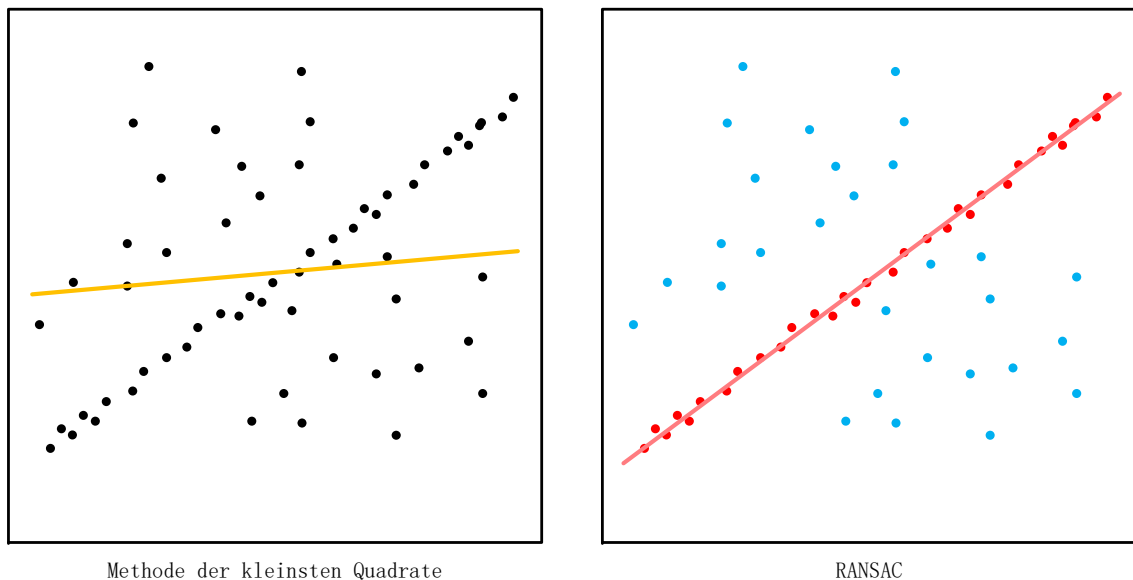


Abbildung 4.7: Linien Detektion.

RANSAC ist ein Wiederholungsprobennahme Verfahren, das durch die minimalen Anzahl von Beobachtungspunkten (Datenpunkten) die Kandidatenlösungen generiert. Diese Datenpunkten sind die erforderlich, um die zugrunde liegenden Modellparameter zu schätzen. Darauf haben Fischler und Bolles [7] hingewiesen, zur Erhalten einer anfängliche Lösung und Beschneidung der Ausreißern RANSAC Verfahren braucht nicht so viele Daten, sondern verwendet die kleinste mögliche Menge und fährt fort, diese Menge mit eine konsistenten Datenpunkten zu vergrößern.

Der grundlegende Algorithmus ist wie folgt zusammengefasst:

- Zufällig wählen die Mindestanzahl der Punkten aus, die erforderlich sind, zum Bestimmen der Modellparameter.
- Lösen die Parameter des Modells.
- Bestimmen wie viele Punkte aus der Menge aller Punkte mit einer vordefinierten Toleranz ϵ übereinstimmen
- Wenn der Bruchteil der Anzahl von Inlierern über die Gesamtzahl der Punkte in dem Satz einen vordefinierten Schwellenwert τ überschreitet, schätzen die Modellparameter mit allen identifizierten Inlierern und terminieren wieder.
- Ansonsten wiederholen die Schritte 1 bis 4 (maximal N-mal).

N bedeutet die Anzahl der Iterationen. Es wird hoch genug gewählt, um die Wahrscheinlichkeit p (normalerweise auf 0,99 gesetzt) sicherzustellen, dass mindestens eine der Gruppen von Stichproben keinen Ausreißer enthält. Dann die Wahrscheinlichkeit, dass bei N Mal Iterationen mit erforderlich minimalen Anzahl Punkte (hier m annahmen) mindestens ein Ausreißer mit ausgewählt wird, läuft:

$$1 - p = (1 - u^m)^N \quad (4.5)$$

Hier u stellen die Wahrscheinlichkeit dar, dass jeder ausgewählte Datenpunkt ein Inlier ist. Dagegen $v = 1 - u$ heißt die Wahrscheinlichkeit, dass jeder ausgewählte Datenpunkt ein Ausreißer ist. Durch einige Gleichheitsumwandlung können die Anzahl der Iterationen ausgedrückt werden als:

$$N = \frac{\log(1 - p)}{\log(1 - (1 - v)^m)} \quad (4.6)$$

In dieser Arbeit werden die Anwendung von RANSAC als folgend Abbildung gezeigt. Abbildung 4.8 zeigt die passende Punkt durch SURF Merkmalserkennung. Es ist ersichtlich, dass es viele fehlerhafte Kombinationen gibt. Durch RANSAC kann dieses Problem lösen und die übereinstimmenden Punkte verfeinern, wie in Abbildung 4.9 zeigt.



Abbildung 4.8: OhneRANSAC.

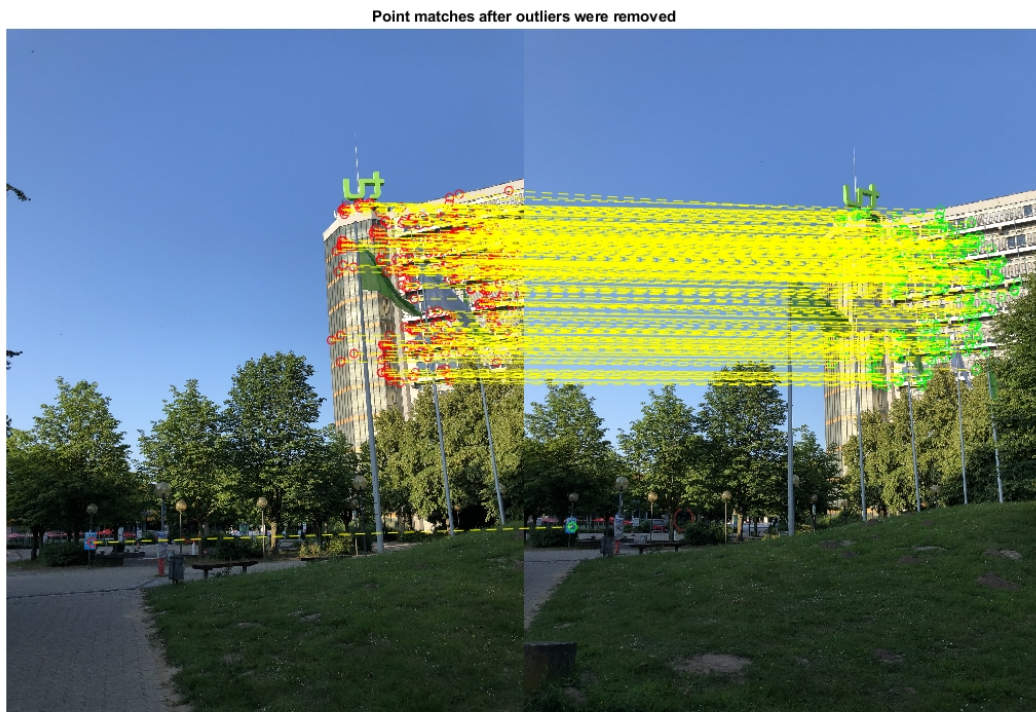


Abbildung 4.9: MitRANSAC.

4.2.3 Kamerakalibrierung

Wie in den ersten beiden Abschnitten vorgestellt, finde die übereinstimmende Punkte mit Verwenden des SURF in aufeinanderfolgenden Bildern, dann durch RANSAC lassen die Ausreißer verwerfen. Als nächstes soll die Kamera kalibriert werden. In diesem Abschnitt wird zuerst das Kameramodell vorgestellt.

Kamera Model

Das Modell der Lochkamera ist in Abbildung 4.10 dargestellt. In dem Modell ist C das optische Zentrum (Fokus), f ist die Kamerabrennweite.

Die vier Koordinatensysteme im Modell sind wie folgt definiert:

- 3D Weltkoordinatensystem $W(X, Y, Z)$
Punktkoordinaten werden durch homogene Koordinaten dargestellt: $\widetilde{X}_w \sim (X_w, Y_w, Z_w, 1)^T$
- 3D Kamerakoordinatensystem $C(X_c, Y_c, Z_c)$
Punktkoordinaten werden durch homogene Koordinaten dargestellt: $\widetilde{X}_c \sim (X_c, Y_c, Z_c, 1)^T$
- 2D Bildabbildung Koordinatensystem $P(x, y)$
Punktkoordinaten werden durch homogene Koordinaten dargestellt: $\widetilde{x} \sim (x, y, 1)^T$
- 2D Bildpixel Koordinatensystem $I(u, v)$
Punktkoordinaten werden durch homogene Koordinaten dargestellt: $\widetilde{u} \sim (u, v, 1)^T$

Nachdem das von der Kamera aufgenommene Bild in ein digitales Bild umgewandelt wurde, stellt jedes digitale Bild als ein MN Array im Computer und der Wert jedes Elements (d.h. Pixels) in dem Bild, der aus M Zeilen und N Spalten bestehen, als die Helligkeit (Graustufen) des Bildpunkts. Wie in der Abbildung 4.11 gezeigt, ein kartesisches Koordinatensystem (U, V) definiert wird. Dies Koordinatensystem ist in Pixeleinheiten. Weil (u, v) nur die Anzahl von Spalten und Reihen von Pixeln in dem Array darstellen kann und keine physikalischen Einheiten verwendet werden, um die Position des Pixels in dem Bild anzugeben, ist es notwendig, ein Bildkoordinatensystem in physikalischen Einheiten (mm) festzulegen. Das Bildkoordinatensystem nimmt einen Punkt $O1$ in dem Bild als den Ursprung, und die X -Achse und die Y -Achse sind jeweils parallel zu der U -Achse und der V -Achse.

Wie in Abbildung gezeigt, repräsentiert (u, v) die Koordinaten des Bildkoordinatensystems in Einheiten von Pixeln und (x, y) repräsentiert die Koordinaten des Bildkoordinatensystems in mm. Im X, Y Koordinatensystem ist der Ursprung $O1$ am Schnittpunkt der optischen Achse der Kamera und der Bildebene definiert, die im allgemeinen in der Mitte des Bildes liegt. Aus fertigungstechnischen Gründen gibt es jedoch viele Fälle von Offset. Wenn die Koordinaten von $O1$ in den U - und V -Koordinatensystemen $(u0, v0)$ sind, ist die Größe jedes Pixels in den

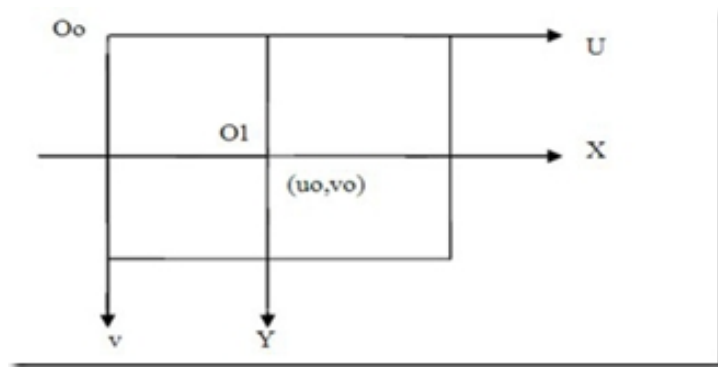


Abbildung 4.10: Konvertierung von Pixelkoordinatensystem zu Bildkoordinatensystem.

X- und Y-Achsenrichtungen dx , dy , dann hat jedes Pixel des Bildes die folgende Beziehung 4.7 in zwei Koordinatensystemen.

$$\begin{cases} u = x/d_x + u_0 \\ v = y/d_y + v_0 \end{cases} \quad (4.7)$$

Im homogenen Koordinatensystem darstellt:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/d_x & 0 & u_0 \\ 0 & 1/d_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & t \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

4.2.4 Parameter Optimierung

4.3 Differenzbild

4.4 Image Processing

4.5 QR Pattern Detection

5 Auswertung

Text hier zwischen. Referenz auf ein Bild mit cleverref (siehe ??). Und dann noch ein paar Zitierungen [8]–[10].

5.1 Section

Jetzt nur noch schreiben! :)

6 Zusammenfassung

Nicht vergessen, dass Überschriften nicht aufeinander folgen dürfen...

6.1 Section

Anhang A

Erster Anhang

A.1 Section

Jetzt nur noch schreiben! :)

Abbildungsverzeichnis

2.1	Eine beispielhafte Implementierung des DaViD-Systems	3
2.2	Schematische Darstellung von DaViD System	4
2.3	Blockschaltbild der Signalverarbeitung in zeitlicher differentieller Modulation . .	5
2.4	Ein Beispiel einer modulierten Bildfolge	7
3.1	TeXLipse Spell Checker preferences	11
3.2	PdfLatex Builder Settings	11
3.3	TeXLipse Viewer Settings	12
3.4	SumatraPDF Options	12
4.1	Flussdiagramm der Bildregistrierung	14
4.2	Scale space	16
4.3	Extreme Wert Erkennung	17
4.4	Dominante Orientierung Feststellen	17
4.5	Merkmalspunkt Deskriptor	18
4.6	SURF Merkmal	19
4.7	Linien Detektion	20
4.8	OhneRANSAC	22
4.9	MitRANSAC	22
4.10	Konvertierung von Pixelkoordinatensystem zu Bildkoordinatensystem	24

Tabellenverzeichnis

Quellcodeverzeichnis

Literatur

- [1] R. Kays, C. Brauers und J. Klein, „Modulation concepts for high-rate display-camera data transmission“, in *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Mai 2017, S. 1–6.
- [2] R. Kays, C. Brauers und J. Klein, „DaViD : Data Transmission Using Video Devices-An Innovative System for Smart Media Applications“, 2016.
- [3] R. Kays, „Modulation concepts for visible light communication using video displays“, in *2015 IEEE 5th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, Sep. 2015, S. 388–392.
- [4] R. Kays, „Visible light communication using TV displays and video cameras“, in *2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, Jan. 2015, S. 554–555.
- [5] S. Lin und B. W. Kernighan, „An Effective Heuristic Algorithm for the Travelling-Salesman Problem“, *Operations Research*, Jg. 21, S. 498–516, 1973.
- [6] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars und L. V. Gool, „SURF:Speeded Up Robust Features“, Bd. 110, 2008, S. 346–359.
- [7] M. A. Fischler und R. C. Bolles, „Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography“, *Commun. ACM*, Jg. 24, Nr. 6, S. 381–395, Juni 1981. Adresse: <http://doi.acm.org/10.1145/358669.358692>.
- [8] R. Reinhold und R. Kays, „Improvement of IEEE 802.15.4a IR-UWB for time-critical industrial wireless sensor networks“, in *2013 IFIP Wireless Days (WD)*, Nov. 2013, S. 1–4.
- [9] T. K. Moon, *Error Correction Coding, Mathematical Methods and Algorithms*, 1. Aufl. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, Juni 2005, 800 S.
- [10] *Ieee standard for local and metropolitan area networks, part 15.4: Low-rate wireless personal area networks*, IEEE Std 802.15.4-2011, 2011.

Eidesstattliche Versicherung

Blaubär, Käpt'n Kevin
Name, Vorname

123456
Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel

Tasty Kanalmodell für die drahtlose Kommunikation zwischen Gebäuden und Außeninstallationen

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Dortmund, 10. August 2018
Ort, Datum

Unterschrift

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG -)

Die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Die Technische Universität Dortmund wird ggf. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Dortmund, 10. August 2018
Ort, Datum

Unterschrift