

Masterarbeit 2020

Betreuer:
Dr. Teddy Loeliger

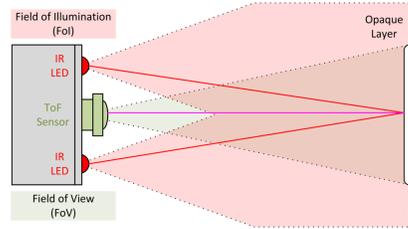
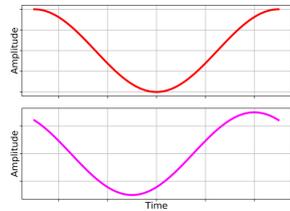
Autor:
Jonas Gutknecht

Industripartner:
ESPROS Photonics Corporation

Messprinzip

ToF Messung mit einer Reflexion

- Szene wird mit optischem CW Signal beleuchtet
 - Signal wird vom Objekt im FOV reflektiert
 - Amplitude und Phasendifferenz wird für jedes Pixel gemessen
- Aus der Phaseninformation wird Objektdistanz berechnet



DME660 von ESPROS Photonics Corporation

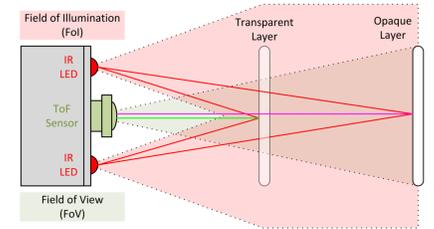
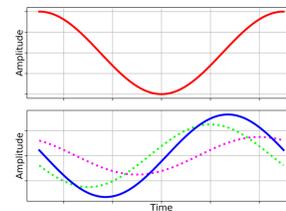
Controller	Beagle Bone Black	Framerate	25 fps
Sensor	epc660	Einsatzdistanz	ca. 10 m
Auflösung	320 x 240 Pixel	LED Anzahl	8
FOV	108° x 77°	LED Wellenlänge	850 nm



MPI Problematik

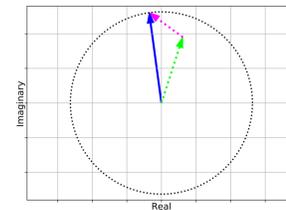
ToF Messung mit Multipath Interference (MPI)

- Mehrere Objekte bilden Reflexion auf dasselbe Pixel ab
- Überlagerung mehrerer Sinussignale unterschiedlicher Phase und Amplitude
- Erhebliche Distanz und Amplitudenfehler



Mögliche Ursachen

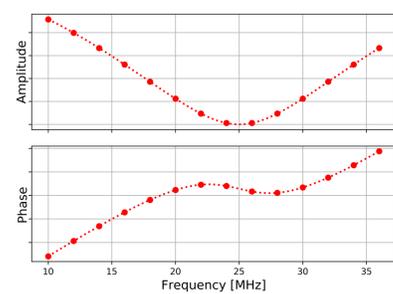
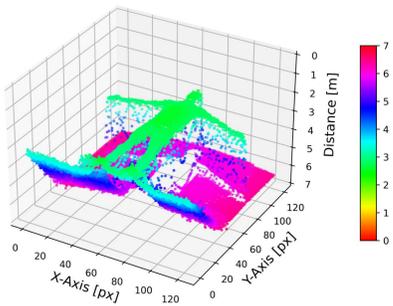
- Halbtransparente Layer
- Scharfkantige Objekte
- Streulicht
- etc.



Lösungsansatz

Messverfahren

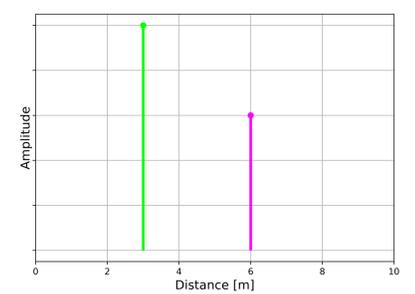
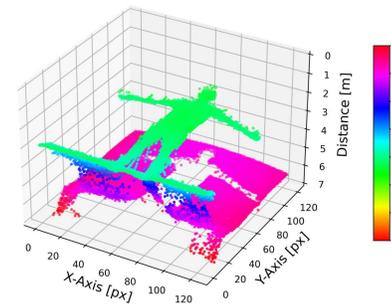
- Szene wird mit 14 Modulationsfrequenzen im Bereich von 10 MHz bis 36 MHz sequentiell vermessen.
- Für jedes Pixel wird ein komplexer Messvektor aufgespannt.



Spectrum Estimation
OMP

Multipath Separation

- Spektrale Leistung des komplexen Messvektors wird mit OMP Algorithmus geschätzt
- Amplitude und Distanz der einzelnen Signalpfade werden aus Spektrum extrahiert
- Applikationsspezifische Algorithmen selektieren gewünschte Signalpfade



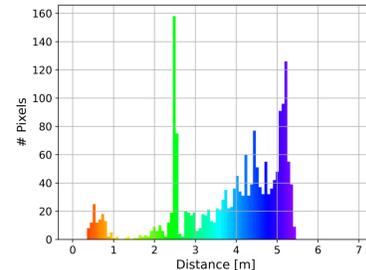
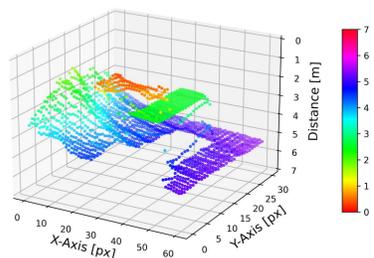
Messungen

Streulicht Setup

- Weiße Wand in 6m
- Graues Papier in 3m
- Spiegel in kurzer Distanz vor Kamera verursacht über mehrere Reflexionen in der Linse Streulicht über den gesamten Bildbereich

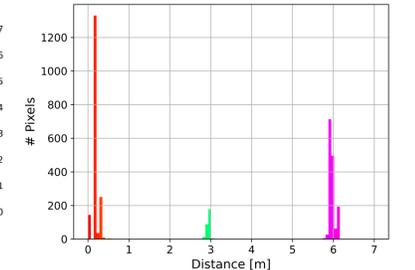
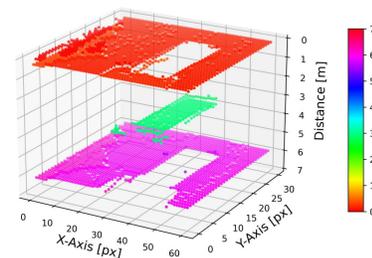
Ohne Multipath Separation

- Erhebliche Distanzfehler über gesamten Bildbereich
- Diskrete Distanzen im Histogramm kaum erkennbar



Mit Multipath Separation

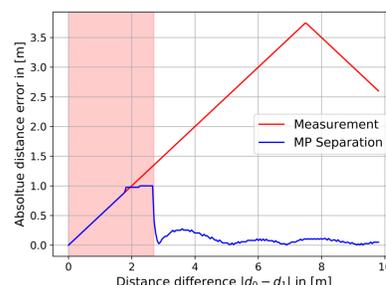
- Distanzfehler korrigiert
- Diskrete Distanzen im Histogramm deutlich erkennbar
- Streulicht in Bereichen geringer Signalamplitude als separater Layer ersichtlich.



Resultate

Spezifikation

Distanzbereich	0 bis 10 m
Distanzdifferenz	Min. 2.7 m
Distanzauflösung	0.05 m
Distanzgenauigkeit	ca. 0.07 – 0.35 m
Signalpfade	6
Framerate	ca. 3 fps @ 4k Pixel



Benchmark Messung

Benchmark Messung	Distanzfehler	
	Ohne Multipath Separation	Mit Multipath Separation
Streulicht	1.32 m	0.07 m
Halbtransparente Layer	0.76 m	0.12 m
Scharfkantige Objekte	1.75 m	0.07 m
Personenkontur	erheblich	gering

Fazit

- Messfehler durch Multipath Interferenzen werden korrigiert
- Pro Pixel können mehrere Objektdistanzen detektiert werden
- Min. Distanzdifferenz zwischen Objekten wird durch OMP Algorithmus limitiert
- Realtime Auswertung auf einem 4k Pixel Bildbereich möglich

- zuverlässige Daten auch unter schwierigen Bedingungen
- Anwendungsbereich mit Multi Layer Szenen erweitert
- Min. 2.7 m Distanzdifferenz

Masterarbeit Elektrotechnik

Multi-Layer-ToF: 3D-ToF-Kamera mit mehreren Objektdistanzen

Autor: Jonas Gutknecht

Hochschule: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Industriepartner: ESPROS Photonics AG

Datum: 29. November 2020

Wenn Sie Interesse an der Masterarbeit haben, schicken wir gerne ein kostenloses Exemplar zu. Bitte kontaktieren Sie unser Sales Department:

sales@espros.com