

Video-Auswertung auf dem Carbot

Betreuer: Prof. Jörg Roth

Zielgruppe: Bachelor-Informatik ('IT-Anwendungen') oder
Bachelor-Medieninformatik ('Interdisziplinäre Projektarbeit')

Aufgabenstellung

Ausgangslage

Carbot (Abb. 1) ist ein mobiler, autonomer Robot und bietet eine Plattform zur Entwicklung von Verfahren und Algorithmen zur autonomen Robotik.

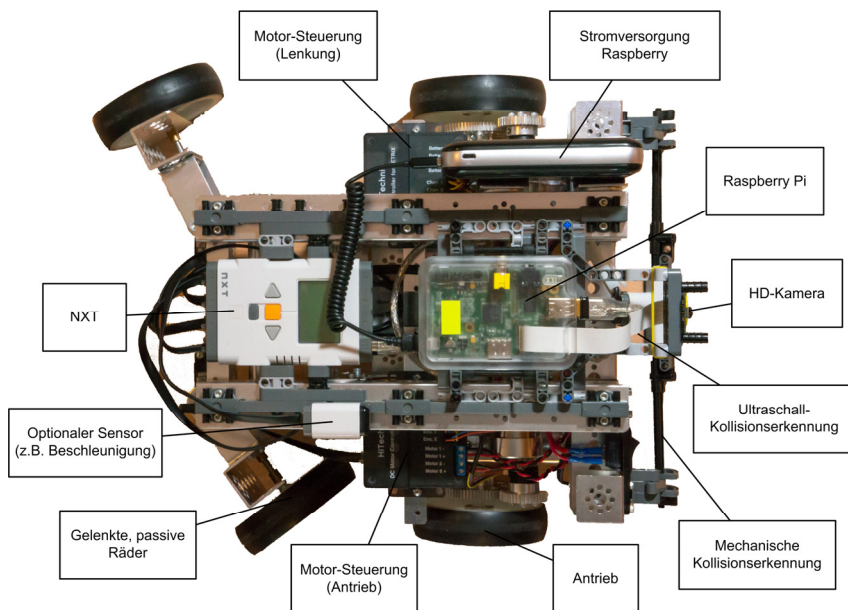
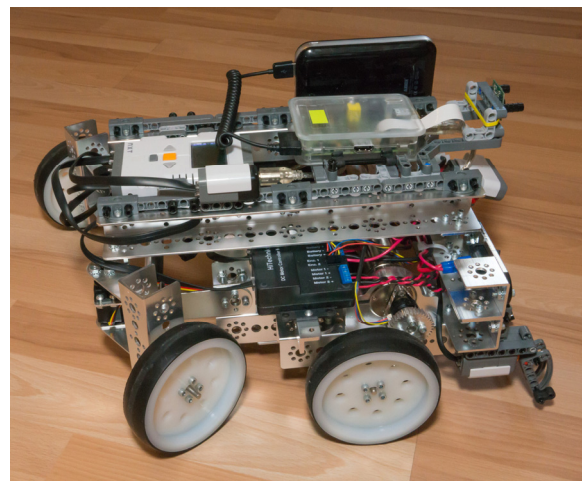
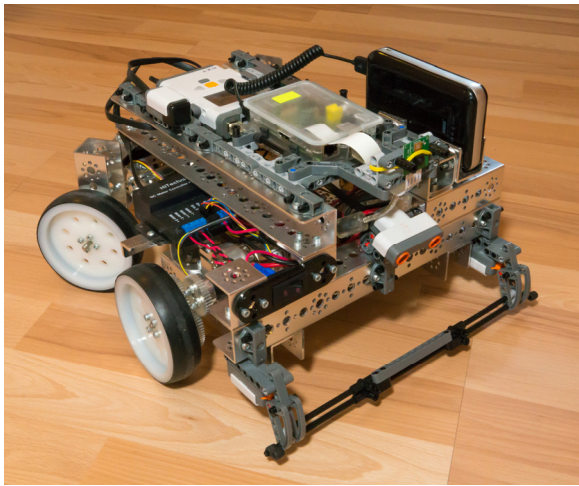


Abbildung 1: Die Carbot-Plattform

Carbot wiegt 4,7kg, nimmt eine Grundfläche von 35cm x 40cm ein und hat eine Höhe von 22cm. Er hat folgende Komponenten:

Das *Bewegungssystem* basiert auf vier Rädern:

- Zwei un gelenkte Räder vorne sorgen für den Antrieb. Die maximale Geschwindigkeit beträgt 31cm/s (1.1km/h). Die Drehzahlen können durch Gleichstrommotoren individuell geregelt werden. Optische Encoder dienen der exakten Drehzahlregulierung und zur Messung der zurückgelegten Wegstrecke.
- Zwei passive, gelenkte Räder hinten dienen der Stabilität des Fahrzeugs und der Unterstützung von Kurvenfahrten. Servo-Motoren können die Stellwinkel in einem weiten Bereich einstellen, so dass auch enge Kurven (Kurvenradius 26cm) möglich sind. Beide Winkel können separat eingestellt werden, daher ist eine aufwändige Mechanik, z.B. ein Lenktrapez, überflüssig. Der einzigartige Aufbau erlaubt die Hinterräder so einzustellen, dass eine Drehung des Fahrzeugs auf der Stelle möglich ist.
- Servo-Motoren und Gleichstrommotoren werden jeweils durch eigene Motorcontroller gesteuert. Die Motorcontroller stellen die Leistungsansteuerung der Motoren zur Verfügung und führen einfache Motorkommandos aus. Sie entlasten dabei das restliche System, indem, z.B. eine zeitkritische Drehzahlregulierung schon in den Controllern erfolgt.

Die *Kollisionserkennung* basiert derzeit auf zwei Sensoren:

- Ein Ultraschall-Entfernungssensor misst die Entfernung zu Hindernissen in Fahrtrichtung.
- Eine mechanische Hinderniserkennung entdeckt auch kleine Objekte bevor sie überfahren werden.

Die *Kamera*:

- Eine HD-Kamera blickt in Fahrtrichtung. Sie ist *nicht* beweglich montiert.

Die "*Gehirne*" des Systems:

- Ein *NXT-Baustein* ist für das Bewegungssystem und die Kollisionserkennung zuständig. Das Betriebssystem ist proprietär. Betriebssoftware wird in der Java-Variante *Lejos* formuliert.
Der NXT-Baustein stellt die einzige Möglichkeit zur Verfügung, direkte Ausgaben für und Eingaben durch Benutzer vorzunehmen, ohne dass ein externes System (z.B. PC) angeschlossen wird. Ein kleines LCD (schwarz/weiß) kann mehrzeiligen Text oder Pixelgrafik ausgeben. Vier Tasten (*rechts*, *links*, *Enter*, *Escape*) ermöglichen es dem Benutzer, durch Menüs zu navigieren und einfache Einstellungen vorzunehmen.
- Ein *Raspberry Pi* ist für höhere sensorische und navigatorische Fähigkeiten zuständig. Es wird Linux als Betriebssystem eingesetzt. Software kann prinzipiell über verschiedenste Programmierumgebungen erstellt werden. Für höhere Funktionen wird aber Java (SE 6) eingesetzt.

Die *Stromversorgung* besteht aus drei Teilen:

- Motorcontroller und Motoren besitzen eine eigene, gemeinsame Stromversorgung (12V, 3000mAh). Da die Antriebsmotoren eine enorme Kraft entwickeln, gibt es für diese Stromversorgung einen gut erreichbaren Schalter für den Fehlerfall.
- Der NXT-Baustein besitzt eine eigene Stromversorgung im Gehäuse des Bausteins (7,4V, 1400 mAh).
- Der Raspberry Pi wird über eine spezielle USB-Schnittstelle versorgt (5V, 13000 mAh).

Die interne Kommunikation:

- Die Kommunikation zwischen NXT-Baustein und Motorcontrollern sowie Kollisionssensoren erfolgt über I²C-Busse.
- Die beiden "Gehirne" kommunizieren über USB miteinander, wobei der NXT-Baustein die Geräte-Seite einnimmt, der Raspberry Pi die Host-Seite.
- Die Kommunikation zwischen Raspberry Pi und Kamera erfolgt proprietär über eine direkte Anbindung auf dem Board.

Die Außenkommunikation:

- Der "normale" Weg zur Kommunikation mit dem Carbot geht über eine WLAN-Schnittstelle. Es kann TCP/IP eingesetzt werden.
- Zu Wartungszwecken kann der Raspberry Pi auch über eine Ethernet-Schnittstelle angesprochen werden. Hier stehen die gleichen höheren Kommunikationseinrichtungen wie bei der WLAN-Schnittstelle zur Verfügung.
- Zu Wartungszwecken kann die USB-Verbindung zum NXT-Baustein zu einem PC umgesteckt werden. Es kann ein proprietäres Protokoll zum Aufspielen von Software und zur Systemwartung des Bewegungssubsystems verwendet werden.
- Der NXT-Baustein verfügt zusätzlich über eine Bluetooth-Schnittstelle. Es wird ein ähnliches Protokoll wie für die USB-Schnittstelle eingesetzt.

Abb. 2 zeigt noch einmal die Komponenten und deren Vernetzung.

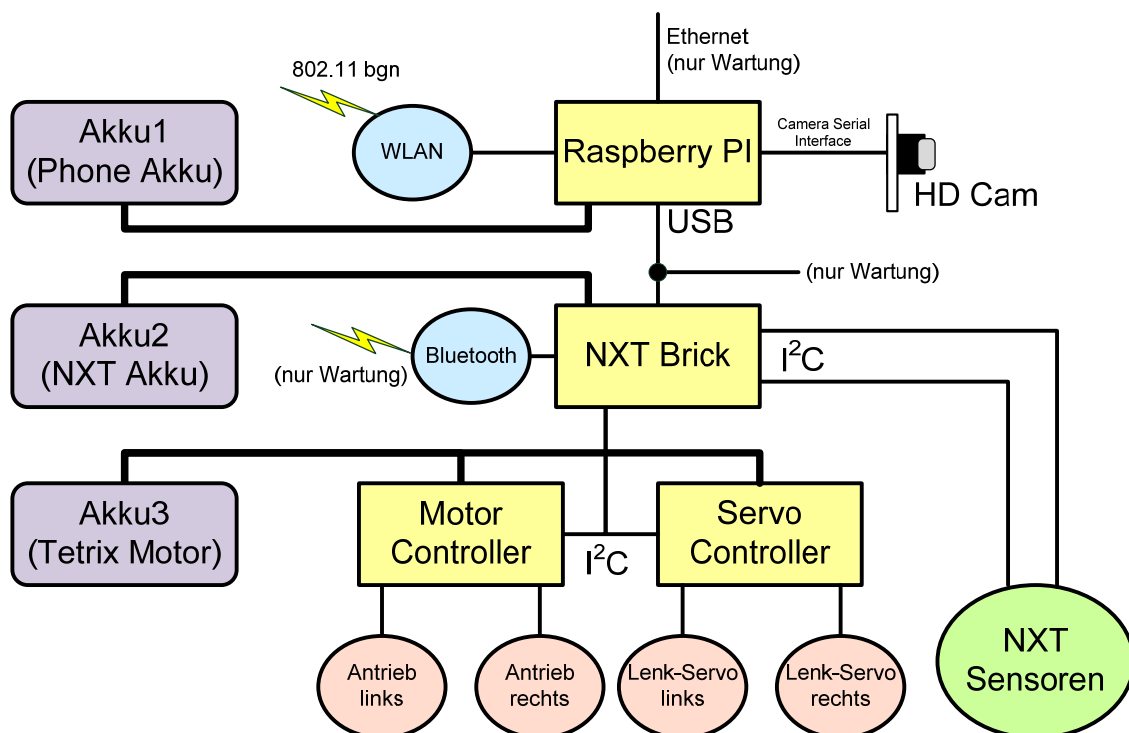


Abbildung 2: Carbot-Komponenten

Aufgabe

Langfristig soll eine 3D-Objekterkennung mit Hilfe der Kamera-Bilder möglich sein. Ein 3D-Umgebungsmodell soll einerseits eine Navigation und Umfahrungsstrategien erlauben, andererseits soll die interne Positionsbestimmung (aktuell basierend nur auf den Umdrehungssensoren) verbessert werden.

Im Rahmen dieses IT-Projektes soll dazu die komplette Verarbeitungskette vom der HD-Kamera bis hin zur Bildauswertung eingerichtet werden. Prototypisch soll eine Bildauswertung mit OpenCV programmiert werden.

Dieses Projekt dient der Vorarbeit zum FWPF "Selbstlokalisierung" im Sommer 2015.

Einige Rahmenbedingungen und Gedanken:

- Langfristig soll die komplette Bildauswertung auf dem Carbot erfolgen. Dieses Ziel ist mit aktueller Hardware nur schwer zu erreichen, so dass die Bildauswertung vorerst auf einem stationären PC erfolgen soll. Die Kamera-Daten werden dazu per WLAN übertragen.
Sollte sich im Rahmen des Projektes ergeben, dass die Bildauswertung doch auf dem Carbot möglich ist, so kann diese Rahmenbedingung noch angepasst werden.
- Teil der Aufgabe ist, auch die Kommunikation zwischen Raspberry Pi und PC aufzubauen. Insbesondere die WLAN-Anbindung ist davon betroffen. Derzeit registriert sich der Raspberry Pi beim Hochfahren fest bei einem WLAN-Access-Point. Ein Problem ist hierbei, dass man Teilnehmer der WLAN-Infrastruktur (z.B. der Hochschule) sein muss – dabei muss z.B. ein kompliziertes Authentifizierungsverfahren eingesetzt werden. Eine direkte Kommunikation mit einem PC (z.B. mit WLAN-Stick ausgestattet) wäre passender (auch z.B. im Hinblick auf die IP-Adressierung). Es müsste überlegt werden, wie die WLAN-Anbindung so flexibilisiert werden kann, dass einerseits der Carbot sich einfach mit dem PC verbindet, andererseits, der PC einen direkten Zugriff auf den Carbot erhält.
- Derzeit ist die softwareseitige Anbindung der Kamera an OpenCV problematisch, da die entsprechenden Treiber nicht die OpenCV-Spezifikation erfüllen. Hier wäre eine sinnvolle Softwareanbindung vorzusehen.
- Zur Übertragung des Kamera-Bildes an den PC kann das Streaming-Protokoll rtp eingesetzt werden. Hier ergibt sich allerdings eine nicht tolerierbare Verzögerung des Kamera-Bildes von 3 Sekunden. Hier wäre zu klären, durch welche Maßnahmen die Verzögerung auf ein tolerierbares Maß (z.B. 200ms) gesenkt werden kann.
- Auf dem PC (oder wenn möglich auf dem Raspberry Pi) soll OpenCV zur Bildverarbeitung eingesetzt werden. Diese Plattform stellt schon diverse Algorithmen bereit, die konfiguriert oder durch eigene Software erweitert werden kann. Prototypisch soll mindestens ein Algorithmus eingesetzt werden, um die komplette Auswertungskette zu schließen. Wenn möglich, soll über einen Java-Wrapper eine Programmierung in Java erfolgen.

Organisatorisches, Zielgruppe

- Dieses Projekt richtet sich an Studierende, die ergebnisorientiert eine komplexe Aufgabe bearbeiten möchten, die die Einbeziehung verschiedenster Technologien erfordert.
- Die Bearbeitung macht eine Auseinandersetzung mit Linux und OpenCV notwendig.
- Da die Lösung im Sommersemester 2015 benötigt wird, ist eine Fertigstellung (bis auf eventuelle Restarbeiten) bis Ende 2014 notwendig.
- Für die Weiterverwendung in Lehrveranstaltungen ist eine entsprechende Dokumentation (zugeschnitten auf die Zielgruppe) notwendig.