

Assistenzroboter in Laboren von Life-Science Unternehmen (LISA)

Dr. techn. N. Elkmann, Dipl.-Inf. Erik Schulenburg
Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg
{norbert.elkmann | erik.schulenburg}@iff.fraunhofer.de

Kurzfassung

Zielsetzung des Projektes ist die Entwicklung, der Aufbau und die Erprobung eines mobilen, alltagstauglichen Assistenzroboters, der in Laboren von Life-Science Unternehmen mit Labormitarbeitern interagiert und z.B. Transportaufgaben selbständig übernimmt. Für die Akzeptanz eines solchen Assistenzroboters, der sich die Arbeitsumgebung mit menschlichem Laborpersonal teilt und mit diesem interagiert, sind die Flexibilität, die intuitive Bedienbarkeit und die Sicherheit entscheidend. Diese Aspekte stehen daher im Vordergrund des Projektes. Die multimodale Interaktion und Kommunikation zwischen Assistenzsystem und Labormitarbeiter erfolgt über grafische Bedienpaneels, eine Visualisierung des Labors und Spracheingabe und -ausgabe.

Zum Konsortium gehören Forschungseinrichtungen mit umfangreichem Know-how in den Bereichen autonome mobile Systeme, Robotik, Sensorik und wissensbasierte Systeme, und Firmen aus dem Bereich der Robotik, Sensorsysteme, fahrerlose Transportsysteme, Sprachverarbeitung und Visualisierung. Außerdem gehört dem Konsortium ein Unternehmen aus dem Life-Science Bereich als Endanwender an.

1. Einleitung

In der biotechnologischen und pharmazeutischen Forschung muss heute noch ein überwiegender Anteil der Arbeiten manuell durchgeführt werden. Hierzu gehören insbesondere die Versuchsvorbereitung und die Bestückung bestimmter Stationen wie z.B. Inkubatoren, Mikroskope, Autoklaven und Pipettierstationen. Eine klassische Automatisierung bzw. Verkettung von Stationen durch Roboter oder Taktstationen wie Rundschalttische ist in der Regel nicht zweckmäßig. Durch den Einsatz von mobilen Assistenzsystemen können die Stationen hingegen flexibel verkettet werden. Es entstehen „virtuelle“ Produktionsstrassen mit dem vollen Funktionserhalt für den normalen Laborbetrieb. Neue Stationen (Messgeräte etc.) lassen sich problemlos in den Ablauf integrieren, ohne dass hierfür ein Umbau oder eine aufwändige Erweiterung und Einbindung einer stationären Automatisierungsstation durchgeführt werden muss.

Die Mensch-Maschine-Interaktion erfolgt durch natürliche Spracheingabe und -ausgabe und grafischer Benutzerschnittstelle mit intuitiver Nutzerführung, auf denen Zustände des Systems und Abläufe visualisiert werden.

1.1. Projektziele

Im Rahmen des Projekts wird ein mobiles Assistenzsystem als Demonstrator für den Einsatz in einer Laborumgebung entwickelt und aufgebaut. Der Demonstrator soll die Anforderung an die Alltagstauglichkeit bzgl. Bedienbarkeit und Sicherheit erfüllen. Bei der Firma aus dem Life-Science Bereich wird der Demonstrator eingesetzt und evaluiert werden.

Zentrale Herausforderungen beim Aufbau eines solchen Komplettsystems sind folgende:

- Entwicklung und Aufbau einer mobilen Plattform
- Navigation in dynamischer Umgebung
- Entwicklung und Aufbau eines Manipulators für Einsatz im gemeinsamen Arbeitsraum mit Menschen
- Bestimmung der Aufnahme- und Ablageposition
- Sensorgeführte Manipulatorbewegung
- Multimodale Interaktion durch Sprache und Display

Alle diese Teilsysteme werden im Rahmen des Verbundprojekts entwickelt und zusammengeführt.

1.2. Projektkonsortium

Das Projektkonsortium besteht zum einen aus Forschungseinrichtungen mit umfangreichem Know-how in den Bereichen autonome mobile Systeme, Robotik, Sensorik und wissensbasierte Systeme. Zum anderen arbeiten Firmen aus dem Bereich der Robotik, Sensorsysteme, fahrerlose Transportsysteme, Sprachverarbeitung und Visualisierung mit. Außerdem gehört dem Konsortium ein Unternehmen aus dem Life-Science Bereich als Endanwender an. Die Verbundpartner sind im Einzelnen:

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF)

Abteilung Robotersysteme, Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg

Die Abteilung Robotersysteme des IFF forscht seit Jahren im Bereich Serviceroboter, autonome mobile Systeme (z.B. EU- Projekt NOMAD), Handhabungstechnik, Automatisierung im Life-Science Bereich und Sensorik. Das IFF ist im Rahmen des LISA-Projektes als Projektkoordinator tätig. Schwerpunkte im Projekt liegen darüber hinaus im Aufbau des Manipulators, der Konzeption/Entwicklung der Sicherheitsmodule und in der Objekterkennung zur sensorgeführten Manipulatorbewegung.

Uni Osnabrück, Institut für Informatik, Arbeitsgruppe Wissensbasierte Systeme (UOS)

Albrechtstr. 28, 49069 Osnabrück

Die AG Wissensbasierte Systeme arbeitet an Methoden und Algorithmen zur Akquisition, Pflege und Nutzung von Umgebungswissen insbesondere durch mobile Roboter mit hybriden Kontrollarchitekturen. Schwerpunkte sind dabei Roboternavigation, autonome 3D-Umgebungskartierung und planbasierte Robotersteuerung. Neben der Federführung bei der Konzeption der Systemarchitektur und des Gesamtsystems ist die Hauptaufgabe der AG Wissensbasierte Systeme im LISA-Projekt die Navigation in dynamischer Umgebung.

Sympalog Voice Solutions GmbH

Karl-Zucker-Str. 10, 91052 Erlangen

Die Sympalog Voice Solutions GmbH ist Anbieter von Know-how und Technologie im Bereich Spracherkennung und Sprachdialogsysteme. Der Arbeitsschwerpunkt von Sympalog im

Projekt LISA liegt in der Realisierung der natürlichsprachlichen Elemente der multimodalen Benutzerschnittstelle. Hierzu gehören insbesondere die Spracherkennung, die Dialogsteuerung und die Sprachausgabe.

JENOPTIK Laser, Optik, Systeme GmbH

GB Sensorsysteme, Göschwitzer Strasse 25, 07745 Jena

Die Jenoptik Laser, Optik, Systeme GmbH entwickelt und produziert hochwertige Kamerasysteme, Thermographiesysteme, Abstandssensoren und andere photonische Sensoren. Für das LISA-Projekt entwickelt JENOPTIK LOS ein kompaktes Kamerasystem, das Daten aus dem sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich in Kombination verarbeitet. Dieses Modul wird zur Sicherheitsüberwachung des Manipulator-Arbeitsraums eingesetzt. Außerdem ist JENOPTIK LOS federführend für die Bestimmung der Aufnahme und Ablageposition zur sensorgeführte Manipulatorbewegung zuständig.

Amtec Robotics GmbH

Pankstr. 8-10, 13127 Berlin

Amtec Robotics ist seit 1992 Entwickler, Hersteller und Anbieter des modularen Robotersystems „PowerCube“ für Anwendungen in der Industrie, Forschung und Service-Robotik. Die Arbeiten der Amtec Robotics GmbH im Projekt konzentrieren sich auf Konzeption und Aufbau des Manipulators und die Integration der Sicherheitskonzepte.

FOX GmbH

Celler Str. 3, 31275 Lehrte

Die Fox GmbH baut und vertreibt fahrerlose Transportsysteme, vorzugsweise auf Basis von Seriennutzfahrzeugen, z. B. LKW, Radladern, Gabelstaplern. Die FOX GmbH entwickelt im LISA-Projekt die mobile Plattform des Assistenzsystems.

[project:syntropy] GmbH

Erich-Weinert-Straße 44, 39104 Magdeburg

Die Firma [project:syntropy] GmbH entwickelt interaktive Applikationen mit dem Schwerpunkt VR, AR, mixed reality und haptische Interfaces. Diese werden derzeit hauptsächlich für die Anwendung in Ausstellungen, Museen sowie auf Messen und Events entwickelt. [project:syntropy] ist dabei spezialisiert auf die Konzeption und Entwicklung von intuitiven Interfaces für die Darstellung und Interaktion von bzw. mit komplexen Inhalten. Der Beitrag von project:syntropy zum Projekt LISA sind die Visualisierung des Systemzustands und der Abläufe und die Programmierung der grafischen Benutzerschnittstelle. Zudem ist die Kopplung mit der Spracheingabe und -ausgabe wesentlicher Inhalt der Arbeiten.

KeyNeurotek AG

Leipziger Str. 44, 39120 Magdeburg

Die KeyNeurotek AG forscht nach innovativen Therapeutika für neurologische Erkrankungen. Ihre wissenschaftliche Expertise und ihr technologisches Know-how setzt die KeyNeurotek nicht nur für die eigene Forschung ein, sondern stellt sie auch der Pharmaindustrie für Auftragsforschung zur Verfügung. Die KeyNeurotek AG fungiert als Endanwender des Assistenzsystems LISA. Hauptaufgaben innerhalb des Projektes sind daher vor allem die Anforderungsbeschreibung und die abschließenden Tests des Gesamtsystems.

1.3. Arbeitsplanung

Die Laufzeit des Projekts ist von April 2006 bis März 2009. Die Bearbeitung gliedert sich dabei grob in die Arbeitspakete, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Jedes dieser Arbeitspakete wird von mehreren Projektpartnern bearbeitet. Der jeweils federführende Partner ist in der Abbildung fett dargestellt.

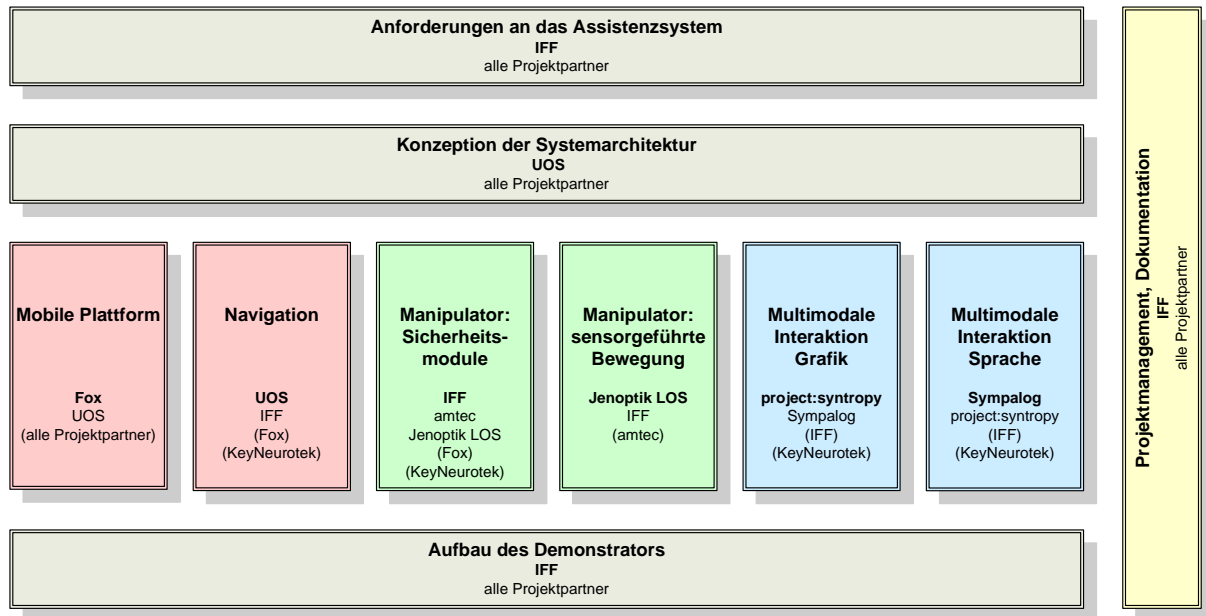


Abbildung 1: Arbeitsschwerpunkte

Nach der Definition der Anforderungen (Apr. 2006 – Jun. 2006) und der Konzeption der Systemarchitektur (Jul. 2006 – Sep. 2006) erfolgt seit Oktober 2006 die eigentliche Entwicklungsarbeit in den definierten Teilgebieten. In regelmäßigen Treffen werden hierbei Zwischenstände präsentiert und die Entwicklungen aufeinander abgestimmt.

2. Projektstatus

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die Arbeitspakete „Anforderungen an das Assistenzsystem“ und „Konzept der Systemarchitektur“ abgeschlossen. Dem entsprechend können noch keine praktischen Erfahrungen zur Umsetzung des Projektes berichtet werden. Im Folgenden werden daher die wichtigsten Anforderungen und geplante Konzepte einiger Arbeitsschwerpunkte dargestellt.

2.2 Mobile Plattform

Die Labore der KeyNeurotek AG in Magdeburg sind typische Labore eines forschenden Biotechnologieunternehmens. Sie beinhalten Arbeitsplätze zur Versuchsvorbereitung und Geräte zur Versuchsdurchführung, wie Zentrifugen, Inkubatoren, etc. Dem entsprechend ist der Freiraum für die Navigation des mobilen Assistenzsystems sehr begrenzt. Darüber hinaus sind nicht alle Geräte in jedem Raum vorhanden, so dass sich Versuche oft über mehrere Räume hinweg erstrecken, die über einen Flur erreichbar sind. Das Assistenzsystem muss daher in der Lage sein, Türen mit einer Breite von 75 cm zu durchfahren.

Auf Grund der gemeinsamen Umgebung mit Labormitarbeitern, verfügt der Roboter über verschiedene Sicherheitssensoren zur Vermeidung und Erkennung von Kollisionen (Laser-Scanner, Kollisionssensor). Außerdem wird eine Not-Aus-Schaltung für das Gesamtsystem vorgesehen.

Die mobile Plattform ist mit Batterien ausgestattet, die alle Systeme einschließlich des Manipulators mit Strom versorgen. Das Assistenzsystem überwacht den Ladezustand der Batterien und kann ggf. selbständig eine Ladestation anfahren.

2.3 Navigation

Die mobile Plattform muss in der Lage sein, sicher in der Laborumgebung zu navigieren. Dies erfordert eine zuverlässige Selbstlokalisierung der Plattform. Zur Navigation wird eine Navigationskarte der Laborumgebung benötigt. Dazu wurde bereits ein Teil der Laborumgebungen mit einem 3-D-Laserscanner vermessen. Die dabei entstandene 3-D-Punktwolke ist in Abbildung 2 zu sehen. In Abbildung 3 sind die reale und die simulierte Laborumgebung gegenübergestellt. Bei Veränderungen in der Laborumgebung müssen diese ebenfalls dreidimensional vermessen und in die Karte integriert werden.

Die Lokalisierung und Navigation der mobilen Plattform geschieht mit zwei SICK LMS200 Laserscannern, die vorne und hinten am Roboter angebracht sind. Auf Basis eines Schnitts durch die dreidimensionale Karte in der Höhe der SICK Scanner kann der Roboter seine Position in der Laborumgebung bestimmen.

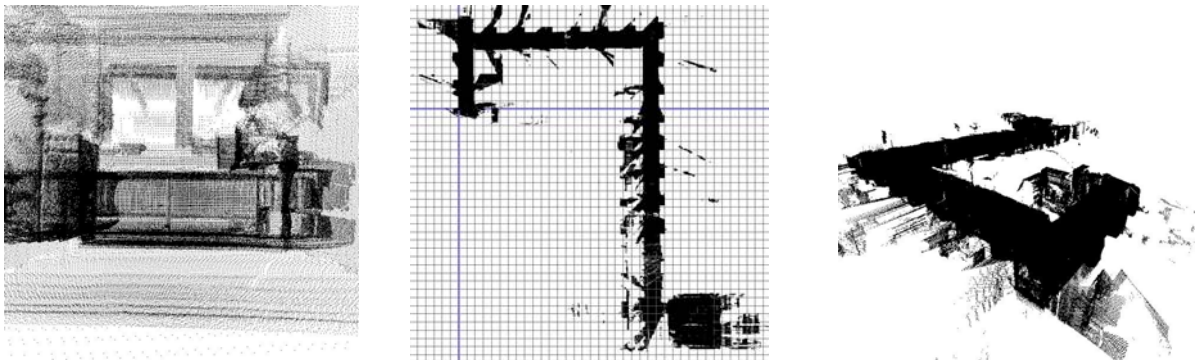


Abbildung 2: Verschiedene Ansichten der 3-D-Punktwolke der Laborumgebung



Abbildung 3: reale (links) und simulierte Laborumgebung (rechts)

2.4 Manipulator

Ein typisches Szenario für den Einsatz des Assistenzsystems im Labor ist der Transport von Multischalen und das Bestücken von Stationen. Eine solche Multischale ist in Abbildung 4 (links) zu sehen. Die Multischalen müssen von einem Labortisch, auf dem sie von einem Labormitarbeiter für einen Versuch vorbereitet werden, abgeholt werden. Dazu werden auf den Tischen markierte Flächen als Übergabestationen eingerichtet, auf die der Mitarbeiter die Multischalen ablegt. Abbildung 4 (rechts) zeigt, wie eine solche Tisch-Übergabe aussehen könnte. Die relevanten Laborgeräte besitzen in der Regel automatische Schleusen oder Probeneinzüge, in die die Multischale eingesetzt werden muss und die sich über eine Software-schnittstelle steuern lassen. Abbildung 5 zeigt zwei solcher Übergabestationen.

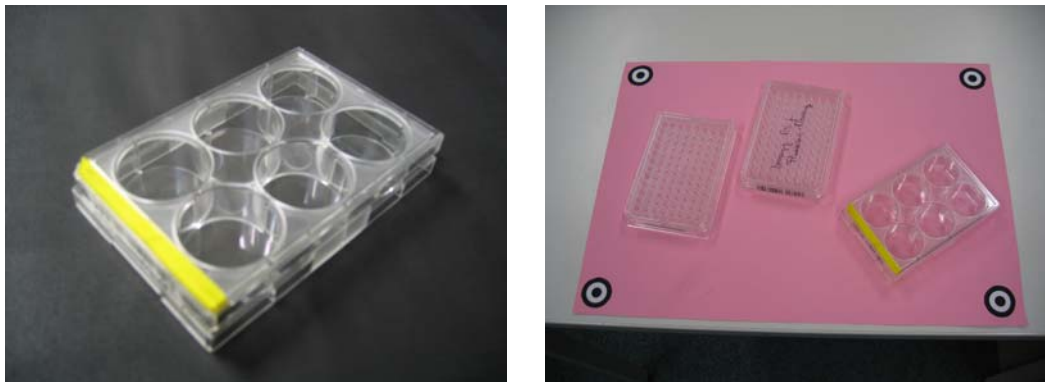


Abbildung 4: links: 6-Well-Multischale; rechts: Tisch-Übergabe mit drei Multischalen

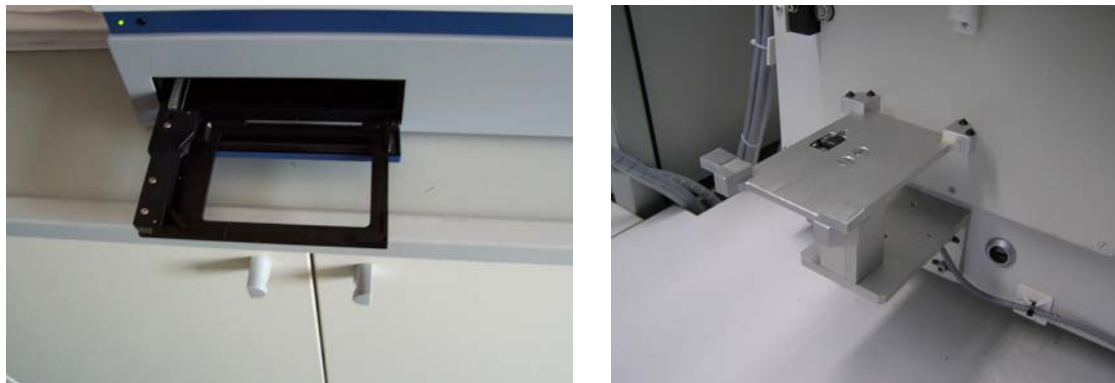


Abbildung 5: links: Probeneinzug des Fluoreszenz-Readers
rechts: Übergabe des O₂-Inkubators Anlage

Um die beschriebenen Aufgaben zu erfüllen, muss der Manipulator in der Lage sein, die relevanten Objekte kraftschlüssig zu greifen und auf dem LISA-Roboter abzulegen. Der Roboter sollte dabei in der Lage sein, Objekte sowohl senkrecht (von oben) als auch waagrecht (von der Seite) zu greifen. Der Manipulator muss eine Reichweite von 700 mm haben, um bis zur Mitte eines Labortisches greifen zu können. Alle relevanten Übergabestationen befinden sich mindestens auf Tischhöhe mit einer maximalen Aufbauhöhe von 400 mm.

2.5 Sensorgeführte Manipulatorbewegung

Da die Positionierung der Plattform nur auf wenige Zentimeter und geringe Winkelabweichungen genau stattfinden wird, muss ein System zu genauen Bestimmung der Aufnahme und Ablagepositionen eingesetzt werden, welches die Szene vor der Plattform/dem Manipulator nach dem Stillstand analysiert. Wichtige Parameter sind einerseits die räumliche Entfernung und Verdrehung zur Arbeitsfläche und andererseits die präzise Lage/Verdrehung der Multischalen in der Ebene der Arbeitsfläche. Verkippungen in dieser Ebene sind nicht zulässig.

Für die Erkennung des Arbeitsbereiches wird dieser eindeutig markiert, etwa durch kodierte Marken an den vier Eckpunkten. Ablagepositionen in technischen Geräten, die mit diesen Übergabestationen in Verbindung stehen werden durch Unterstützung der CAD-Daten der Szene erkannt. Während in den ersten Iterationen der Entwicklung die Erkennung in der teils dynamischen Szene zunächst durch Marker erleichtert wird, soll im weiteren Verlauf auf diese weitgehend verzichtet werden.

2.6 Multimodale Interaktion

Die Kommunikation zwischen LISA und den Bedienern kann sowohl grafisch als auch sprachlich erfolgen. Beide Modalitäten erlauben unabhängig von der anderen die Bedienung der wesentlichen Funktionen. Sie können aber auch eng verzahnt eingesetzt werden. Bei der Frage nach einem Zielort kann z.B. die Karte des Labors erscheinen; die Beantwortung der Frage kann dann statt einer gesprochenen Eingabe auch durch Deuten auf den entsprechenden Punkt erfolgen.

Zur Realisierung der Interaktion wird jeder Bediener mit einem Bluetooth-Headset und einem Tablet PC ausgestattet, die mit dem Assistenzsystem verbunden sind wie in Abbildung 6 dargestellt. Die Verwendung von Headsets ermöglicht es, dass sich Bediener und Roboter in unterschiedlichen Räumen befinden.

Die Eingaben beider Modalitäten werden in eine gemeinsame Formularstruktur abgelegt. Das System kann entscheiden, ob alle notwendigen Daten vorhanden sind, oder ob noch Daten zu Bearbeitung des Auftrags fehlen. Ggf. werden dem Bediener Rückfragen gestellt, um die fehlenden Daten zu erhalten.

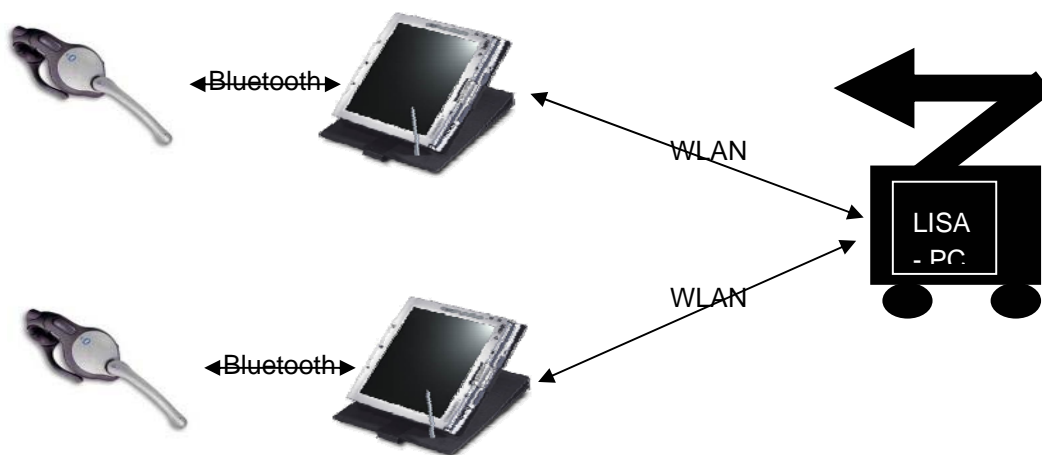


Abbildung 6: Hardware für multimodale Interaktion

3. Ausblick

In der laufenden Projektphase werden die Entwicklungen in allen Arbeitspaketen (Abbildung 1) bearbeitet. Bis zum September 2007 wird die Entwicklung der mobilen Plattform abgeschlossen sein, die Software zur Kartenerstellung ist fertig gestellt. Ein Aufbau des Manipulators existiert wie auch das Konzept bezüglich der Sicherheitstechnik. Bis zum Sommer 2008 wird die mobile Plattform fertig aufgebaut sein, die Softwaremodule zur Kartenerstellung, Lokalisierung und Pfadplanung sind integriert. Die mobile Plattform kann autonom navigieren. Der Manipulator inklusive aller Sensoren für Sicherheit und Objekterkennung ist funktionstüchtig. Bis zum Projektende im März 2009 werden alle Teilkomponenten zu einem funktionstüchtigen Gesamtsystem integriert.