

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ



ИНСТИТУТ ПО РОБОТИКА

маг. ДАНИЕЛ ЙОРДАНОВ РАДЕВ

МОБИЛНИ ПОТРЕБИТЕЛСКИ ИНТЕРФЕЙСИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СЕРВИЗНИ РОБОТИ

АФТОРЕФЕРАТ

На
Дисертация

за получаване на образователната и научната степен
"ДОКТОР"

по: Научна специалност 5 Технически науки, 5.2 „Електротехника,
Електроника, Автоматика” (Роботи и Манипулатори)

Проф. д-р Сия Лозанова – Научен ръководител, консултант
Доц. Недко Шиваров – Научен ръководител

СОФИЯ, 2019 г.

АКТУАЛНОСТ

При конструирането и реализацията на сервизни роботи винаги възниква въпроса как да се осъществи управление, което е достатъчно гъвкаво, за да може потребителският интерфейс да работи отдалечено и без компромис по отношение на надеждността, ефективността и безопасността. Комбинацията от тези сериозни изисквания налага да се разработят и използват достатъчно надеждни средства, които да осигурят двупосочно взаимодействие в реално време. Тази дисертация разглежда модерни потребителски интерфейси, използвани в управлението на сервизни роботи. Разгледани и изследвани са основните принципи при разработка на приложения за мобилни устройства.

НАУЧНА НОВОСТ

Разработен е графичен потребителски интерфейс, решаващ посочените проблеми и предизвикателства. В своето единство поставените проблеми, тяхното решение и обобщена визия доказва както актуалността в академичен план на темата на дисертацията, но и практическата приложимост на изводите и заключенията в едно от най-актуалните направления в роботиката – сервизните роботи.

ПРАКТИЧЕСКА ПОЛЕЗНОСТ И ПРИЛОЖИМОСТ

Получените резултати намериха реализация в управляващите интерфейси на сервизните роботи Care-O-Bot (в рамките на EU FP7 проект SRS). Беше доказана използваемостта на цялата система, разработена в рамките на проекта SRS чрез проведени полеви тестове с участието на възрастни хора както следва:

- Януари 2012, Сан Себастиан, Испания

- Февруари 2012, Щутгарт, Германия
- Май 2012, Милано, Италия

АПРОБАЦИЯ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е апробиран в основните си части на следните научни форуми:

- Проект „Многофункционален робот сянка за подпомагане на самостоятелното живеене на възрастни хора“ – “Multi-Role Shadow Robotic System for Independent Living”, Project reference 247772/FP7-ICT 01.02.2010 – 30.04.2013
- XXI Международна конференция „Мехатроника и роботика 2011“, Варна
- International Conference on “Service Robotics and Intelligent Systems 2012”, София
- IFAC International Conference “SWIIS 2012”, June 11-13, Waterford, Ireland
- IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2012) Vilamoura, Portugal

ПУБЛИКУВАНЕ

Основните резултати от дисертацията са представени в 7 научни публикации, списък на които е приложен в края на автореферата.

ГЛАВА 1. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА, ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННАТА РАБОТА

В тази глава е представена класификацията на видовете сервизни работи според Международната федерация по роботика (IFR) и са

разгледани различни видове сервизни работи. Разгледан е проектът “Multi-Role Shadow Robotic System for Independent Living (SRS)”, както и са разгледани взаимодействията между човек и робот.

В резултат на анализа на съществуващи проблеми и предизвикателства свързани с управлението на сервизни работи е формулирана целта на дисертационната работа:

Да се разработят насоки и да се проектират ефективни мобилни интерфейси за комуникация между човек и робот.

Основните задачи, които произтичат от така поставената цел се свеждат до:

- 1) Да се разработи нов, базиран на иновативен механизъм за дистанционно управление на сервизни работи, позволяващ използването му при реални комуникационни мрежи.

В рамките на тази задача възнамерявам разработване на подход за идентификация на намеренията, базиран на последните достижения на машинните възприятия, замествайки традиционните “копиране на траектория” или “изпълняване на команди за движение”. Когато роботът “разбере” намеренията на оператора си, той ще се опита да асистира при изпълнението на задачата, използвайки собствения си интелект. В този случай може да бъде предотвратено значително количество трансфер на данни. За разлика от траекторията на движение, намерението за изпълнение на задача не се изменя постоянно, следователно новият механизъм е не само ефективен при изпълнението на задачи, но и неподатлив на влияние от качеството комуникационната среда.

2) Да се създаде адаптивен автономен механизъм, позволяващ високоефективно изпълнение на задачи за дистанционно управляеми роботи.

В рамките на тази задача възнамерявам в зависимост от недостатъчно добрата дефинираност на задачата, роботът ще регулира автоматично степента си на автономност при подпомагане на оператора. При изпълнение на задачи, непознати на робота, той ще се превключва към по-ниско активен режим и ще разчита повече на оператора. При задачи, с които роботът е добра запознат, той ще се ангажира с изпълнението им в по-голяма степен и при “разрешение” ще се опита да ги завърши самостоятелно.

3) Да се формулира и апробира нов принцип при проектирана на взаимодействия между човек и робот, както и модели на взаимодействие за полу-автономни роботи, функциониращи в домашна среда.

В рамките на тази задача възнамерявам разработване на подход за дизайн на използвани и лесни за научаване потребителски интерфейси чрез потребителски насочен процес на дизайн. Като цяло интерфейсите за взаимодействие между човек и робот могат да използват много от идиомите, прилагани в интерфейсите за взаимодействие човек-компютър. .

4. Да се дефинират метрики, фокусирани върху интерфейси за взаимодействие между човек и робот и оптимизиращи вземането на решения.

В рамките на тази задача възнамерявам да се включат общи метрики, които могат да бъдат използвани при оценка на работата на потребителите с интерфейса. Тези метрики включват: разбиране на ситуацията, натоварване и акуратност на менталните модели за функционирането на устройствата и др. Методът за взаимодействие между човек и компютър GOMS (goals, operators,

methods, selection rules) може да бъде адаптиран към взаимодействието между човек и робот

ГЛАВА 2. КОМУНИКАЦИОННА СРЕДА И ДИЗАЙН

Тази глава разглежда Robot Operating System (ROS) и предлаганите от нея услуги.

2.1 Robot Operating System (ROS)

ROS (Robot Operating System) е мета-операционна система], която има за цел да осигури общо решение за създаване на системен софтуер за различни видове роботи. Чрез ROS практически могат да се моделират, симулират и реализират всички процеси в един сервизен робот, например:

- Комуникация със сензорите на робота
- Обработка на получените сензорни данни
- Реализация на управление и навигация
- Връзка с потребителски интерфейс
- Визуализация на данни
- Симулация на обкръжаваща среда и взаимодействие с нея

2.1 Цели, заложи в ROS

ROS е рамка от процеси (известни още като *nodes*), която позволява на изпълнимите файлове да бъдат индивидуално проектирани и свободно съчетани по време на тяхното

изпълнение. Тези процеси могат да бъдат групирани в пакети и стекове, които могат да бъдат разпределени и лесно споделяни. Този дизайн, дава възможност за независими решения относно разработването и изпълнението на приложения.

В подкрепа на тази основна цел за преизползване на код, ROS съдържа още няколко други допълнителни цели:

1. Поддръжка на мрежови топологии с равноправен достъп (peer-to-peer) – система, построена с помощта на ROS, състояща се от редица процеси, извършвани на различни физически и логически системи (хостове), свързани по време на работа в мрежа с равноправен достъп.
2. Многоезичен – ROS е проектиран да бъде езиково-неутрален. В момента се поддържа : Python, C++, Lisp и Octave.
3. Инструментно-базиран – ROS съдържа голям брой малки инструменти, които се използват за изграждане и стартиране на различни компоненти в ROS. Тези инструменти изпълняват различни задачи, като например задаване параметрите на конфигурацията, визуализация, peer-to-peer топологията, автоматично генериране на документацията и много други.
4. Лесно приложим – ROS е проектиран да бъде максимално портативен, така че кодът написан на ROS да бъде използван за други роботизирани софтуерни рамки. За сега ROS е интегрирана с OpenRAVE, Orocos и Player.
5. Достъпен и с отворен код – Пълният сорс код на ROS е публично достъпен, което допринася за улесняване отстраняването на грешки на всички нива на стека. ROS се разпространява под условията на BSD лиценз, което позволява развитието както на нетърговски, така и на комерсиални проекти.

6. Активна общност от разработчици - Академичният структури и индустрията, които са били относително затворени досега се променят в посока на сътрудничество в резултат на това от споменатите по-горе цело. Независимо от разликата в отделните цели, партньорството чрез тези софтуерни платформи действително се случва. При ROS, има готови достъпни повече от 5000 софтуерни модула споделени доброволно и над 18 000 страници документация - принос на отделните разработчици.

ROS е най-добре разработената и най-поддържаната универсална операционна система за роботи. Чрез нея практически могат да се симулират, моделират и реализират всички процеси в един сервизен робот – например:

- Комуникация със сензорите на работа
- Обработка на получените сензорни данни
- Реализация на управление и навигация
- Връзка с потребителски интерфейс
- Визуализация на данни
- Симулация на физическия модел на работа
- Симулация на обкръжаващата среда и взаимодействието на работа с нея

2.2 Комуникационна среда

Важна част от всяка роботизирана система е нейният потребителски интерфейс, който позволява два вида взаимодействие между оператора и робота. Изискванията за такова управление могат да бъдат много сложни и взискателни,

особено в областта на сервизната роботиката, където взаимодействието между необучените лица и робот или роботизираната система трябва да бъде безопасна за човек, гъвкава, в реално време и лесна за използване. Подобен интерфейс се нуждае от средство за комуникация, което позволява прозрачно управление и трансфер на данни между потребителския интерфейс и робота.

Имплементирането на комуникационния слой трябва да разчита на установените стандарти и практики и да се съобразява с безопасността.

Комуникационният слой предоставя следните данни:

2.2.1 Картографски и навигационни данни

Позволява на потребителският интерфейс да визуализира картата на обкръжаващата робота среда, която е създадена посредством данните от лазерните скенери и другите сензори, като в същото време отбелязва и позицията на робота.

2.2.2 Данни от разпознаване на обекти

Обектите се разпознават от робота, посредством камерите и лазерните скенери. Това включва информация за обкръжаващата среда като мебели и домакински предмети, хора и домашни любимци.

2.2.3 Обратна връзка от робота

Осигурява пълна информация в реално време за текущия статус на робота като:

- данни за хранването
- текущо състояние на подсистемите и диагностична информация
- състоянието и резултатите от приключването на пожеланите от потребителя задачи

2.2.4 Управление на работа

Позволява на оператора да изпълни общи задачи като:

- пряко управление на работа (ръчно управление)
- навигация за автоматизирано движение до желана позиция на картата
- захващане на обекти
- разпознаване и запомняне на нови обекти
- изпълняване на сложни задачи – например: донасяне обект на маса
- определяне на нови задачи въз основа на наличните основни дейности като: движение, хващане, разпознаване на обекти и други.

2.3 Синхронизиране на данните

Websockets е технология, която осигурява двупосочни, напълно дуплексни комуникационни канали над Transmission Control Protocol (TCP) сокета. Той е проектиран да бъде интегриран в уеб браузърите и уеб сървърите, но също така може да се използва от всеки клиент или сървър. Уебсокет е стандартизиран от W3C, а websocket протокол – от IETF.

Тъй като обикновени TCP връзки до порт, различен от 80 често са блокирани от администраторите извън домашната среда, той може

да се използва като способ за преодоляване на тези ограничения и да предостави подобна функционалност с някои допълнителни протоколи, докато мултиплексираните уебсокети обслужват по един TCP порт.

Чрез прилагането на клиентската библиотека с websockets в iPad приложение, се осигурява сигурен, лесен за конфигуриране и поддръжка начин за синхронизиране на данни, получавайки актуален статус и изпращайки команди към отдалечени роботи.

2.4 Транспортиране на видео

Визуализиращата камера на робота поддържа и разпознава формата на предмети, 3D модела и ориентацията му.

2.4.1 Концепция и дизайн

В концепцията за комуникацията между потребителският интерфейс и робота са следвани следните дизайн принципи:

- Максимална гъвкавост и бъдеща мултиплатформена преносимост на алгоритъма.
- Честотна оптимизация - работа в реално време при поддръжка за най-често срещаните интернет връзки.
- Изграждане на ROS концепцията и оптимално повторното използване на съществуващата рамка.
- Приятелско ориентирано, интуитивно взаимодействие между потребителя и Care-O-Bot системата.

2.4.2 Компоненти

- Rosbridge стек

Rosbridge позволява унифициран сокет и веб-сокет базиран достъп до ROS чрез JSON форматирани съобщения.

Той използва единичен TCP порт (9090) за комуникация, което е много удобно за отдалечен достъп, тъй като позволява лесното предаване през мрежови защитни стени.

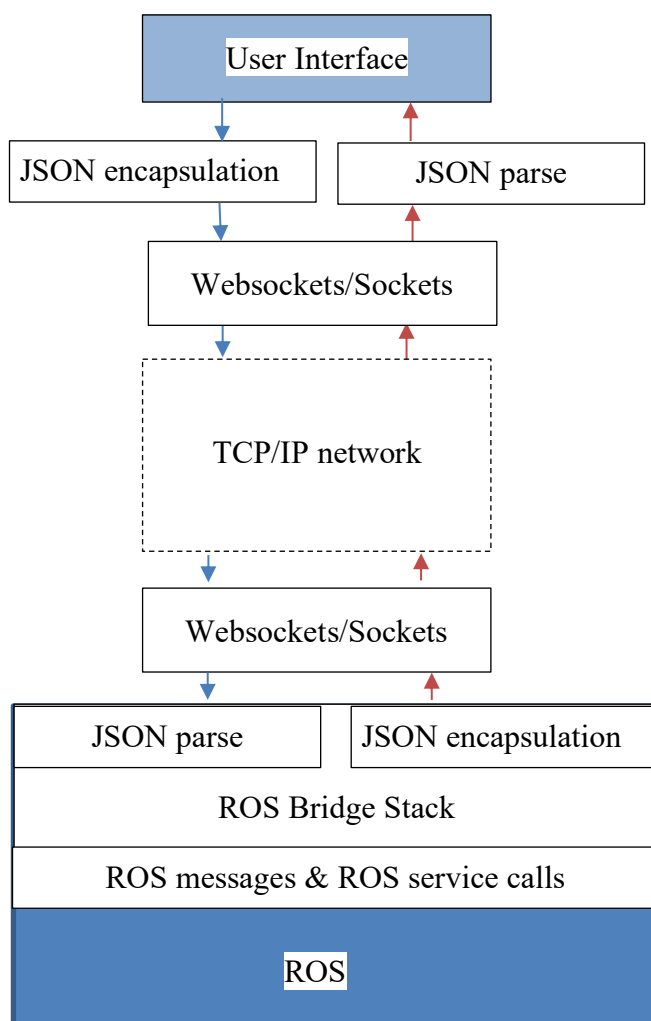
Веб-сокетите осигуряват ниска латентност при комуникация, което е много важно в такова приложение, където отговорът в реално време е от решаващо значение.

Текущата имплементация на rosbridge поддържа следните характеристики:

- създава теми (topics) в ROS
- публикува съобщения в тема (topic)
- абонира се за информация идваща от тема (topic)
- извиква ROS услуга (service)
- Удостоверяване и характеристики за сигурност
- стартира ROS launch файл

От практическа страна това позволява взаимодействие на дистанционният потребителски интерфейс като собствен ROS компонент, с помощта на един TCP комуникационен порт.

Данните са капсулирани в JSON формат, което позволява гъвкаво представяне на ROS структурата на съобщението и относително ниски процесорни изисквания при обработка и генериране.



Фигура 2: Блокова схема на разработената система за комуникация (Data flow) между потребителски интерфейс и ROS

На фиг. 2 е представена блоковата схема на комуникация между потребителския интерфейс и робота с използване на Rosbrige

Възоснова на ROSBridge стека, тя позволява мрежова комуникация между ROS и отдалечено устройство, изпълняващо разработваният потребителски интерфейси.

Концепцията за дизайн позволява реализацията на отворен интерфейс за различни типове устройства, базирани на различни операционни системи. Използва се стандартна мрежова комуникация (TCP/IP) и широко възприетият JSON формат за енкапсулиране на съобщения.

Типове обменяни данни:

- Данни за картографиране и навигация – цел: визуализиране на картата на работната среда, обектите, позицията и ориентацията на робота.

- Обратна връзка на робота - Предоставяне на информация в реално време за текущия статус на робота - данни за батерията, наличие на аварийни ситуации, диагностична информация, статус и завършване на зададените от потребителя задачи и др.

Комуникация от потребителския интерфейс към подсистемата ROS се извършва чрез ROSBridge стека.

- Управление на действията на робота - Позволява на потребителя да изпълнява обичайни задачи като: директен контрол на робота, навигация, асистирано придвижване до желаната позиция на картата, хващане на обекти и изпълнение на по-сложни действия, като донасяне на медикамент по команда на ползвателя и др.

Изпълнение чрез комуникационен слой от потребителския интерфейс към ROS подсистемата чрез ROSBridge до компонента за вземане на решения.

- Видео транспортиране - Визуализиране на камерата на робота и границите на разпознатите обекти. Разработен като функционалност на Mixed Reality Server (Сървър за добавена реалност).

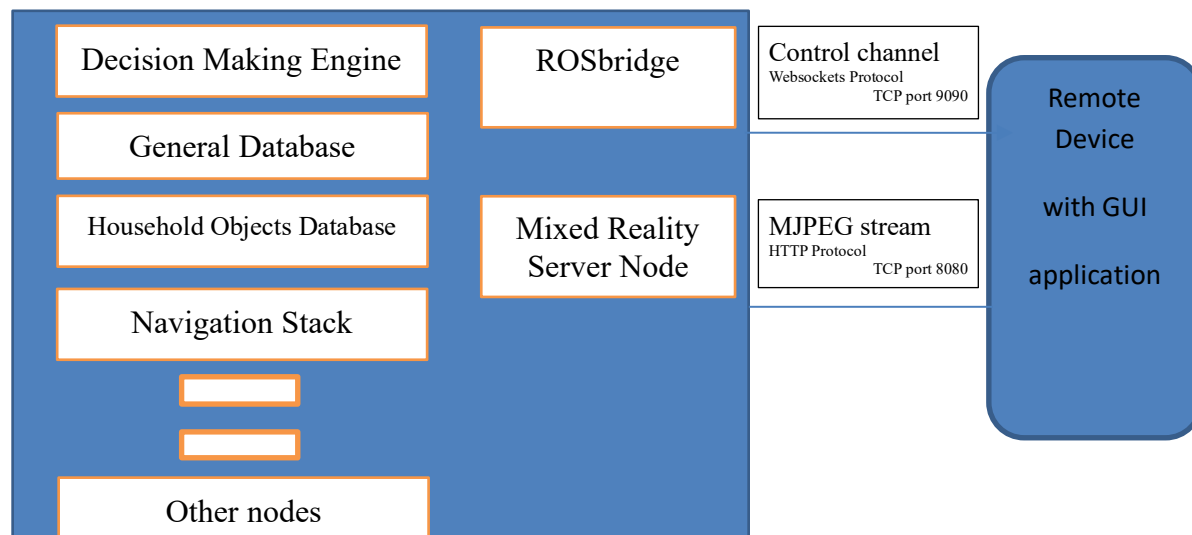
- Добавена реалност

Сървърът за добавена реалност (Mixed Reality Server) преработва и обединява данни от различни ROS компоненти с цел да се създаде последователни данни към потребителския интерфейс

Също така той подава поточно видео от камерата на робота, обектите, които са разпознати от робота (както познати, така и непознати). Това сумиране на данни се изисква за да се избегне закъсняването на пакети при TCP/IP комуникационни мрежи.

В тази сложна роботизирана система, където се използват твърде много комуникационни слоеве, може да се стигне до сериозен проблем със синхронизацията, тъй като част от данните пристигат преди други – например ако данните от разпознаването на обекти избързат или данните от картографирането се забавят, тогава позицията на картата може да бъде неточна.

2.4.3 Практическа реализация на комуникацията между Care-O-Bot и потребителския интерфейс



Фигура 3: Потребителски интерфейс и ROS nodes

Фигура 3 представя отношението между ROS nodes и потребителския интерфейс чрез rosbridge и Mixed Reality Server (MRS).

Важна част от концепцията за комуникация с отворен интерфейс е предложението Mixed Reality Server (MRS) - този компонент предоставя комбинирана информация от сървъра за карти, навигационния компонент, базите от данни със знания на работа за обекти.

Сървърът за добавена реалност извършва част от обработката на данни преди да ги изпрати към потребителския интерфейс. Целта е оптимизиране на честотната лента на мрежата, реализация на синхронен достъп до информацията от различни източници, както и намаляване на изчислителните изисквания към устройството изпълняващо потребителския интерфейс.

2.4.4 Асистирано откриване на обекти

Функцията за асистирано откриване на обекти в Care-O-Bot 3 позволява на потребителя да инициира процеса на откриване в избрания регион и да избере правилния обект в потребителския интерфейс, когато има няколко детекции.

Този възел работи като услуга ROS `/srs_assisted_detector`, извикана от потребителския интерфейс чрез ROSBridge. Услугата има следните входни параметри:

2.4.5 Режими на работа

1. Режим на работа 1 - UIDetect Потребителят стартира процеса на откриване в потребителския интерфейс, като избере бутона Detect.
2. Режим на работа 2 - ако откриването не е успешно, потребителят може да избере регион и роботът ще бъде преместен, за да позволи по-добро откриване на обекти в зададената област.
3. Режим на работа 3 - Този режим е само за диагностична цел. Той позволява да се провери, дали възелът за асистирана детекция на обекти работи коректно. В този режим услугата `/srs_assisted_detector` връща координатите и името на тестов обект.

2.4.6 Информация за обекти

Текущите данни на обектите в обсега на работа е обединението между информацията, извлечена от общата база данни и базата данни на обектите от обкръжаващата среда.

Информацията за обекта се чете от управляващия MRS компонент, след което се представя на текущата карта.



Фигура 4: Общ вид на картата и видео поток излъчван от сървър за добавена реалност (MRS)

Полученият резултат се предава към потребителския интерфейс от Mixed Reality Server чрез стандартен HTTP протокол.

Многопосочният подход позволява едновременна връзка с всяко друго изображение в topic чрез MRS.

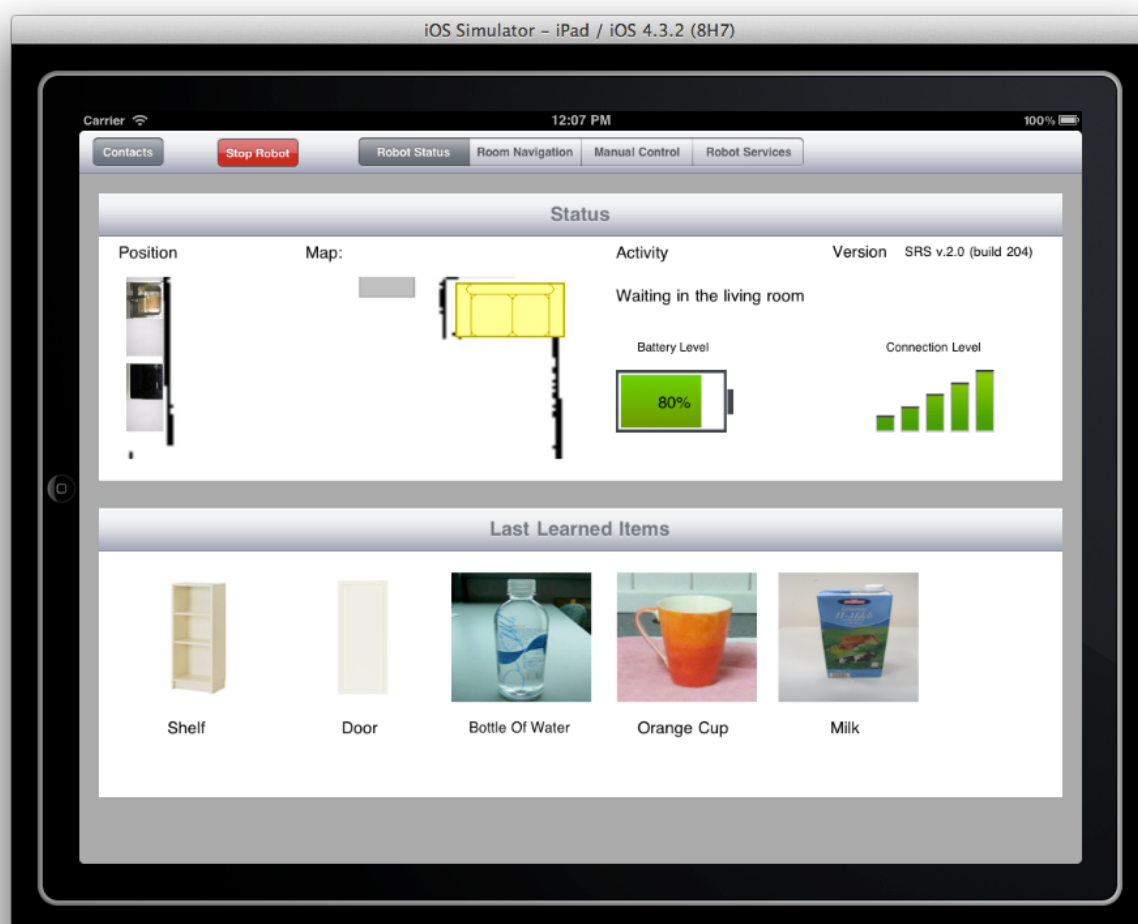
Обединяването на потока от данни в едно елиминира проблема за синхронизация. Този подход облекчава преносимото устройство

(таблета) от сложни изчисления и обработка.

ГЛАВА 3. УПРАВЛЕНИЕ НА СЕРВИЗНИЯ РОБОТ И ОБРАТНА ВРЪЗКА

В тази глава се разглежда отдалеченото управление на сервизен робот, както и източниците и методите за получаване на обратна връзка.

3.1 Източници на обратна връзка на робота



Фигура 5: Информация получена чрез обратната връзка с робота

Използвайки `rosbridge`, потребителския интерфейс предоставя и други допълнителни параметри на работа като ниво на батерията, спешни състояния и др. Данните се трансферират като стандартна ROS topic комуникация.

На фигура 5 е показана най-важната информация от обратната връзка с робота.

- Информация за местоположението на работа върху картата
- Информация за последната изпълнена команда от робота
- Информация за състояние на батерията
- Информация за качеството на връзката с робота
- Последно използвани обекти от базата данни на робота

3.2 Видео комуникация

Един от методите за смесване на реално видео с виртуални обекти е чрез използването на Сървър за добавена реалност(MRS), на който са поставени следните задачи:

- Извличане на видеокадри от камерите на робота
- Извличане на информация от базата данни с обекти
- Подаване контурите на откритите обекти върху видеокадрите
- Кодиране и поточно предаване на полученото видео от камерите
- Идентифициране виртуални обекти във видеокамерата

3.2.1 Изисквания

Сървърът за добавена реалност (MRS) трябва да изпълнява сбор от задачи, които са свързани, но комбинирани заедно формират

сложен софтуерен модул. Това изисква подробен анализ на изискванията и внимателно проектиране на системата.

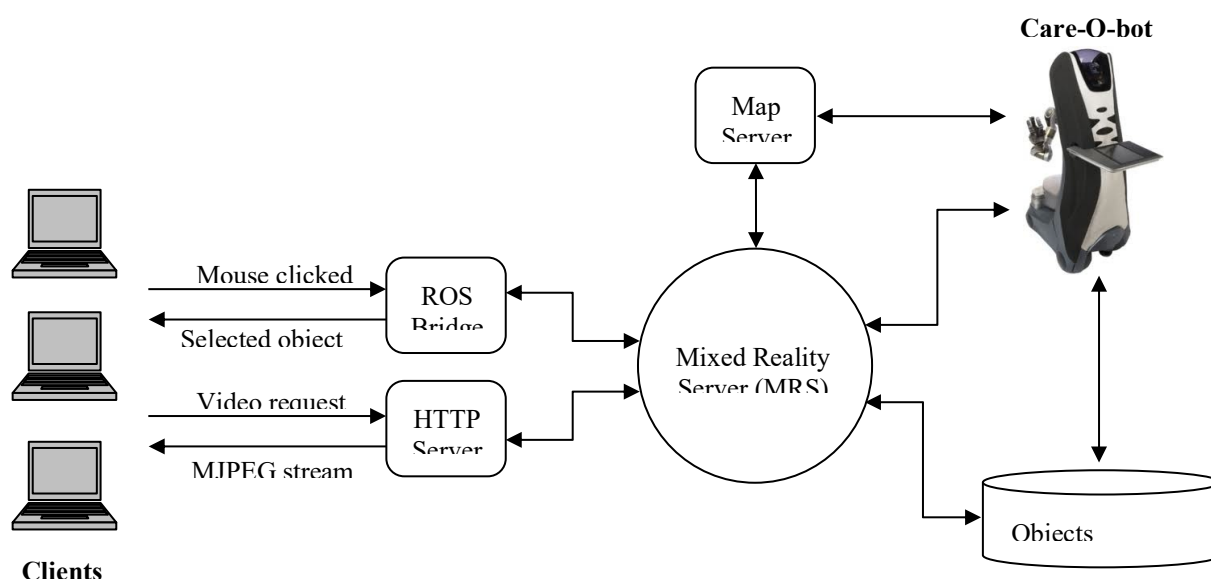
3.2.2 Функционални изисквания

Сървърът за добавена реалност (Mixed Reality Server) трябва да бъде в състояние да комуникира с робота и да извлича видео от камерите, монтирани на него. Второ, сървърът трябва да може да пренася информация от базата данни на обектите. Контурите на разпознатите обекти трябва да бъдат изобразени на видео кадрите. След което резултатът от видеото трябва да бъде кодирано и изпратено на клиента. Потребителят на клиентския интерфейс трябва да може да управлява виртуалните обекти (например да клика върху тях), което означава, че MRS трябва да осигурява начин обектите да бъдат идентифицирани.

3.2.3 Нефункционални изисквания

Поддръжката на различни интерфейси за управление на работа от множество потребители, изисква архитектурата на MRS да бъде портативна в случай, че различните интерфейси работят на различни операционни системи. MRS не трябва да предизвиква забавяне в системата, поддържайки я в реално време. Комуникация със сървъра трябва да бъде надеждна и сигурна.

Нефункционалните изисквания за системата диктуват повечето от взетите решения за проектиране на системата.



Фигура 6: Сървър за добавена реалност (Mixed Reality Server)

Сървърът за добавена реалност (Mixed Reality Server) се разполага на физическа сървърна машина, която се намира в къщата, в която роботът работи, и е стартиран на ROS.

MRS поддържа два основни начина за комуникация:

- websockets през rosbridge
- HTTP заявки.

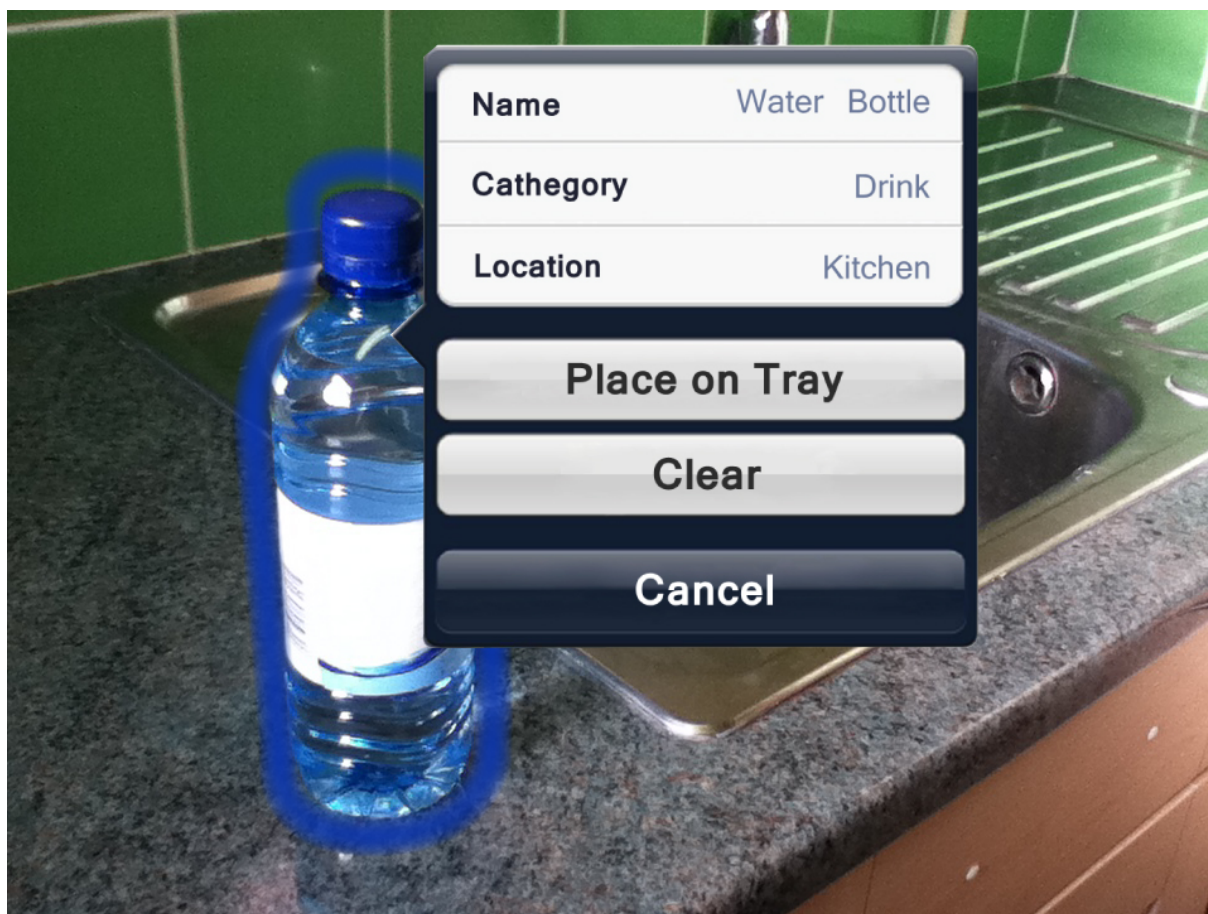
Комуникацията е изцяло уеб-базирана и позволява всеки вид операционна система да комуникира с MRS.

3.2.5 Добавена реалност - смесване на видео с виртуални обекти

Извличането на кадрите от камерата разчита на транспортния стек на изображението в ROS.

От съобщенията на изображението, използвани от транспортния стек, кадрите се конвертират в `IpImage` структури, което е структурата на изображението на OpenCV. Тогава информацията за обектите, която е изобразена на видеото, се пренася от базата данни.

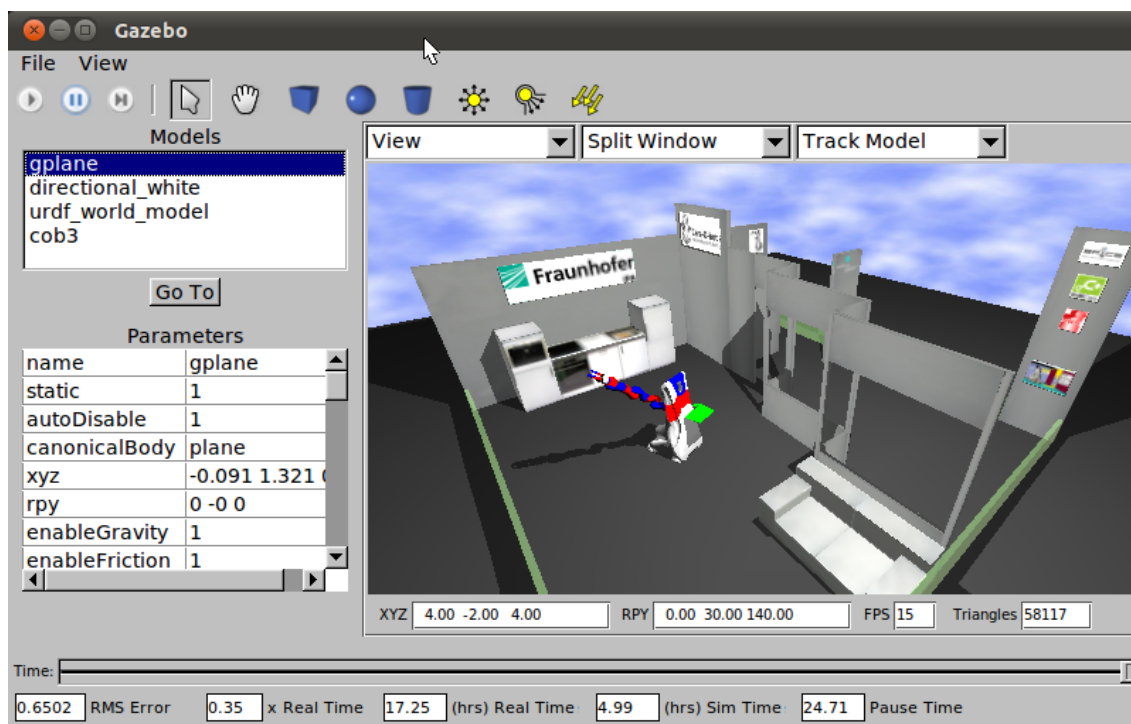
Базата данни съхранява информация за позицията, ориентацията и контура на обекта. Използвайки предоставените от OpenCV функции, контурите и етикетите на обектите се изобразяват на всеки кадър от видео потока.



Фигура 7: Обучение на работа за разпознаване на нови обекти чрез добавена реалност

На фиг. 7 е показан кадър от видеопотока на една от камерите на Care- O-Bot 3, в който се демонстрира практически режима на асистирана детекция, описан в 2.3.5 и възможните действия с разпознатия обект.

3.3 Проверка на концепцията чрез симулации



Фигура 8: Симулация на заобикаляща среда и придвижване на робота

Тъй като роботът Care-O-Bot3 бе наличен само за ограничени интервали от време а и е относително масивен ~150кг, което прави нецелесъобразно използването му за непосредствена проверка на концепцията.

Поради тази причина за целите на проекта бе разработен модел на робота и модел на работната му среда в симулатора Gazebo.

Това даде възможност да се направи проверка на предложената концепция и да се използва симулационната система като среда за реализация на вече планираните софтуерни модули. На фигура 16 е показано действието по придвижване до определена позиция на робота в симулатора Gazebo, след изпратена тестова команда през Rosbridge.

Постигнатите резултати в симулацията са задоволителни и множество потребителски интерфейси, работещи на различни

платформи (например IOS, Linux, уеб-базиран), успяха да се свържат с Mixed Reality Server.

ГЛАВА 4. СПЕЦИАЛИЗИРАН ПОТРЕБИТЕЛСКИ ИНТЕРФЕЙС

В тази глава се разглеждат детайлите на характеристиките на мобилните потребителски интерфейси. На базата на формулираните изисквания е реализиран потребителски интерфейс, позволяващ лесно и удобно отдалечено управление на сервизен робот.

4.1 Общи съображения

Взаимодействието с отдалечени роботизирани системи, като сервизни роботи изисква от потребителя да получава пълна информация за работа, което включва - възприятия за позицията на робота, заобикалящата го среда, както и текущия му статус; разбиране на тяхното значение, както и правилно предвиждане на бъдещото поведение на робота.

Проблемът с входните устройства като джойстици, клавиатури и мишки е, че те добавят допълнително ниво на абстракция при взаимодействието между човек и робот. Поради това, че се използва отдалечено управление, допълнително ниво на абстракция усложнява управлението, тъй като изисква внимание отделяно на допълнителното ниво на абстракция.

4.2 iPad потребителски интерфейс

Едно от основните предизвикателства при проектирането е да поддържа потребителският интерфейс ясен и подреден. Освен това, той трябва да бъде наистина използваем с пръст.

Режимите могат да ни помогнат да запазим достатъчно пространство. Преместваме елементите от потребителския интерфейс в режими, и ги позиционираме контекстуално и временно.

Модалната организация на функции е по-добра от всеки един подход. Едно от основните правила на дизайна на приложението за iPad е "по-малкото е повече".

4.2.1 Характеристики

Съществува изобилие от функции, които никога няма да бъдат използвани, и вероятно на никого няма да липсват, ако изчезнат. Повечето потребители се нуждаят само от малък набор от функции, съответно софтуерът би бил по-добър, когато е насочен към конкретните нужди на потребителите. Интересен страничен ефект на фокусираният софтуер е, че потребителският интерфейс е лесен за проектиране и разбиране. Предизвикателството при проектирането се състои точно в това, да се определи кой малък набор от функции е всъщност важния, и да се имплементира именно този.

Основните характеристики на фокусираните приложения са както следва:

- Удобство при използване – Наличен е „малък“ набор от функции, които са достатъчни и необходими за изпълнението на всички възможни задачи. Всички налични функции са лесно достъпни и очевидни.
- Интуитивност при използване – всички налични функции са очевидни и непрофесионалните потребители не се нуждаят от ръководство за използването на приложението
- Сигурност – грешки при въвеждането на данни или работа с приложението не могат да доведат до опасност за оборудването

(робота), приложението или самите потребители. Приложението е способно да реагира на „грешни“ команди по начин, по който няма да бъде застрашен на първо място потребителя.

4.3 Управление на работа

4.3.1 Картографиране и управление на картата



Фигура 9: Визуализация на картите и местоположението на робота

Отдалеченото управление и манипулиране на роботи изисква допълнително възприемане на заобикалящата среда. Ето защо е важно да се представи на потребителя подробна информация за заобикалящите обекти, препядствията и възможния път от една позиция до друга.

Също така е важно да се позволи допълнително взаимодействие като приближаване и отдалечаване на картата, използвайки multi-touch жест. По този начин се изпълняват очакванията на потребителя за последователно и предсказуемо поведение на приложенията.

4.4.2 Потребителски интерфейс

Интерфейсът използва multi-touch джойстик, който се състои от спусък и цел. За да се движи робота, потребителят трябва да натисне и задържи спусъка, така че ако случайно той бъде отпуснат, роботът спира движението си.

Роботът се управлява след като се натисне спусъкът и се премести в желаната посока. Също така е важно да се предостави отделно управление на завъртането чрез имплементиране на специализиран жест само за тази функция.



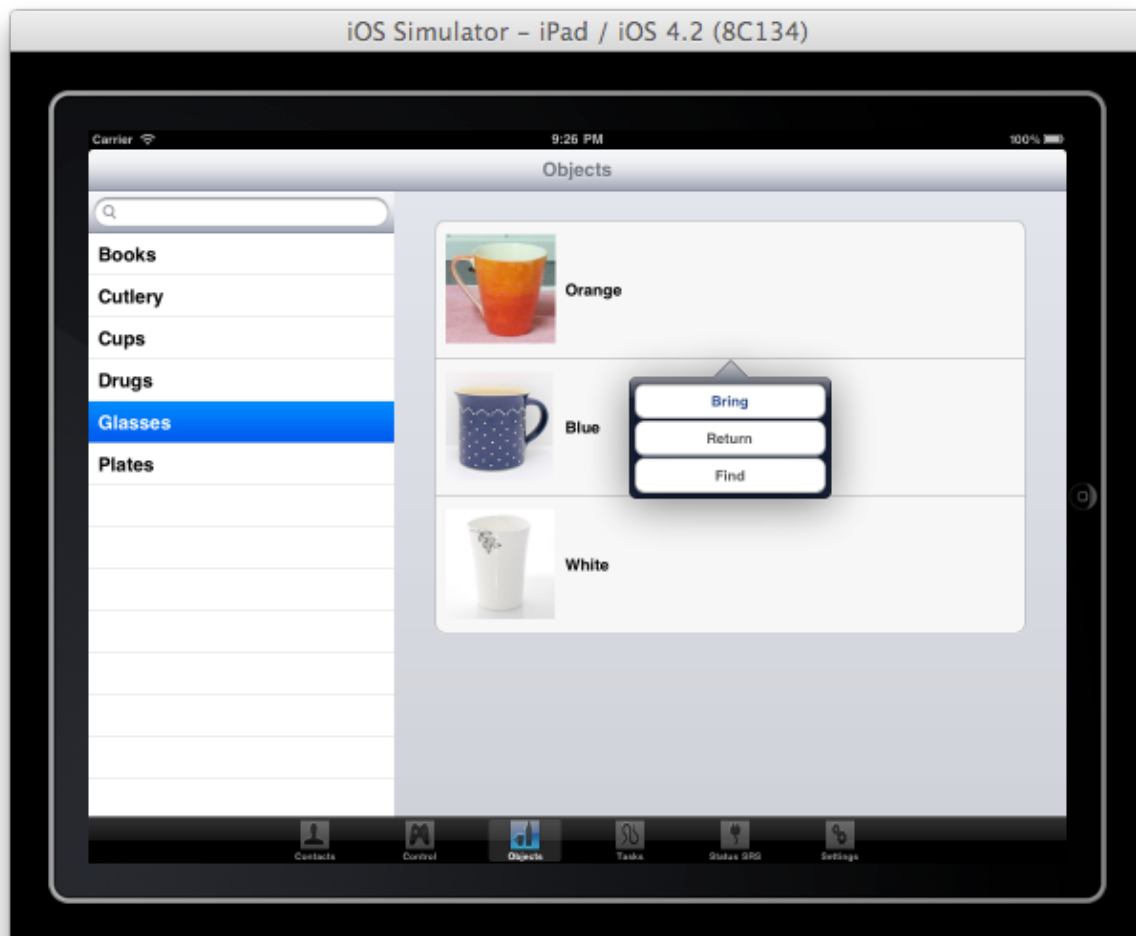
Фигура 10: Виртуален джойстик

4.4.3 Манипулиране на обекти

Както беше посочено, докосването е емоционално важно за хората, придавайки идентичност и "истинност" на обекта. Директният допир заобикаля абстракцията и създава силна връзка с докоснатия обект. Ето защо е полезно да се предоставят

контекстно базирани команди, когато е избран обект. Тези действия могат да бъдат:

движи, разпознай, намери или всяко друго, което е свързано с обекта.



Фигура 11: Манипулиране на обекти и контекстни менюта

Фигура 12: Изпълнение на задачи

4.4.4 Изпълнение на задачи

Задачите дефинира набор от действия, които се изпълняват от робота. Подобно на “Отвори вратата”, “Донеси ми бутилка вода” или “Пригответи ми храна” е възможна задача. Чрез предоставяне на

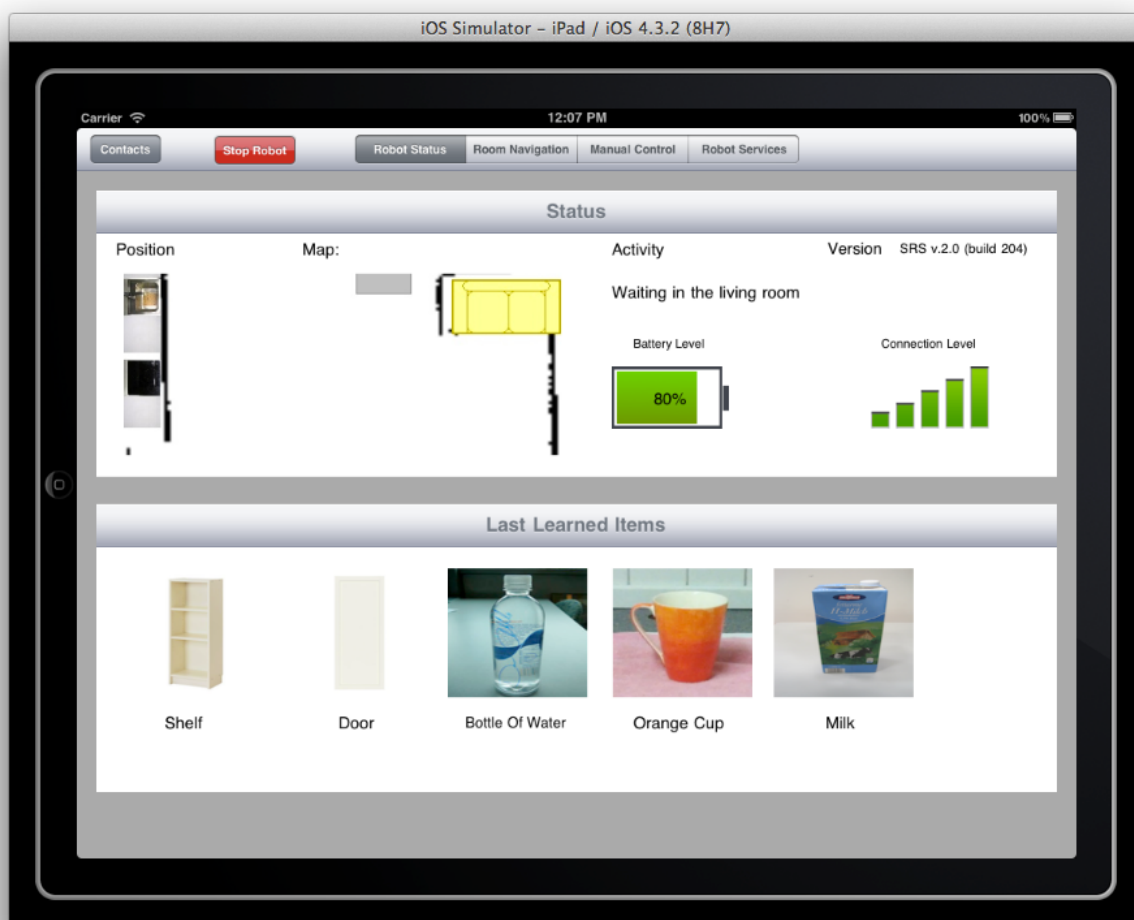
автоматизация за извършване на сложни задачи, се предлагат опростени отдалечени потребителски интерфейси, които ще помагат на потребителите при всекидневното управление на робота.



Фигура 13: Списък със задачите и изпълнение

4.5 Статус на робота

Тъй като роботът се управлява дистанционно, важно е да се осигури актуализацията на състоянието му в реално време. Резултат от задачите, грешките и обработването им трябва да бъдат представени на потребителя по ясен начин, така че той да може да реагира в зависимост от състоянието и да се справи по подходящ начин.



Фигура 14: Основен екран на потребителския интерфейс

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Свидетели сме на началото на пост-компютърната ера, където ще се използват постоянно устройства с multi-touch удобен и услужлив интерфейс за изпълнението на задачи, което досега е било невъзможно.

Появата на новото поколение таблетни устройства като Apple iPad дава възможност да се изследват и прилагат по-добре, по-лесно и по-приятелски интерфейси човек-робот (HRI).

Персонални компютри с елементи на изкуствен интелект преобразяват компютърните преживявания, които стават все по-определящи, случайни, интимни и физически. Тези технологични иновации генерират социални и технологични промени и обратно.

Развитите идеи и модели в настоящия дисертационен труд са апробирани и верифицирани чрез алгоритми и реални мобилни приложения, създадени в рамките на Проект “Multi-Role Shadow Robotic System for Independent Living”. Разработеният в дисертационния труд графичен потребителски интерфейс е тестван успешно в реални условия при изпълнение на проекта. Резултатите показват висока надеждност на работа, както и лесно усвояване от непрофесионални потребители.

ПРИНОСИ

Научно-приложни приноси

1. Разработен и изследван е усъвършенстван метод за комуникация на сервизни работи в реално време, позволяващ отдалеченото им управление при използването на комуникационни канали с ниска сигурност (мобилен интернет). Предложеният подход е универсален и с отворен код като осигурява възможност за бъдещо развитие и адаптиране към разнообразни процеси.
2. Структурирана и изследвана е комуникационна среда за видео трансфериране на информацията от сервизните работи по нискочестотна мрежа. Описан и апробиран е детайлно методът за постигане на добавена реалност под ROS и архитектурата на Сървърът за добавена реалност (Mixed Reality Server).
3. Формулирани и са развити приложните аспекти на съвременна комуникационна среда на основата на разпознаване на обект от видеото и автоматично му намиране в базата данни, намалявайки съществено броя на заявките към нея.
4. Разработен, изследван и верифициран е иновативен потребителски интерфейс за отдалечено управление на сервизен робот, чрез използване на платформата Apple iOS. Реализирани са всички компоненти, позволяващи на необучен оператор едновременно да следи текущото състояние на работа в реално време и да го управлява отдалечено. Демонстрирани и дискутирани са концепции за специфичен контрол и виртуални обекти за управление.

Приложни приноси

1. Разработено е управлението на видео потока в Сървъра за добавена реалност (MRS), както и идентифицирането на виртуални обекти. Анализирани са постигнатите резултати от извършената симулация, както и някои от предимствата и недостатъците на предложения подход клиент-сървър.
2. Предложен е метод за визуализация на 3D обекти и възстановяване на 3D кадри, което позволява на потребителя да навигира робота в 3D среда.

ПУБЛИКАЦИИ

D. Radev, G. Angelov, S. Penkov, V. Vladimirov, N. Chivarov, N. Shivarov;
Remote Control iPad User Interface for Assistive Mobile Robots; Proceedings of
the Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics; "Invited
Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; 19-21 September 2011; Varna
Bulgaria; pp. 5 - 9; ISSN 1310-3946;

G. Angelov, S. Penkov, N. Chivarov, N. Shivarov, V. Vladimirov, D. Radev;
Remote Interface Communication to ROS Based Robotic System; Proceedings
of the Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics;
"Invited Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; 19-21 September 2011;
Varna Bulgaria; pp. 22 - 27; ISSN 1310-3946;

S. Penkov, G. Angelov, D. Radev, N. Chivarov, N. Shivarov, V. Vladimirov;
Mixed Reality Server Under Robot Operating System; Proceedings of the
Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics; "Invited
Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; 19-21 September 2011; Varna
Bulgaria; pp. 28 - 32; ISSN 1310-3946;

N. Chivarov, Y. Paunski, G. Angelov, D. Radev, S. Penkov, V. Vladimirov, R.
Zahariev, M. Dimitrova, O. Dimitrov, V. Ivanova, N. Shivarov, P. Kopacek;
Intelligent Modular Service Mobile Robot for Elderly Care; Proceedings of the
Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics; "Invited
Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; 19-21 September 2011; Varna
Bulgaria; pp. 160 - 165; ISSN 1310-3946;

V. Vladimirov, N. Chivarov, D. Radev, G. Angelov, S. Penkov, N. Shivarov;
Windows Based User Interface for Senior's Care-Giving; Proceedings of the
Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics; "Invited
Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; 19-21 September 2011; Varna
Bulgaria; pp. 10 - 15; ISSN 1310-3946;

N. Chivarov, I. Genchev, N. Shivarov, R. Zahariev, D. Radev, V. Vladimirov;
Remotely Controlled Articulated Robot "ROBCO" under ROS/UBUNTU;
Proceedings of the Twentieth International Conference Robotics and
Mechatronics; "SRS" Invited Session; 06-09 October 2010; Varna Bulgaria; pp.
7 - 12; ISSN 1310-3946;

V. Vladimirov, N. Chivarov, D. Radev, I. Genchev, N. Shivarov; Technology Research on Implementation Scenarios for the Remote User Interface of the Multi-Role Shadow Robotic System for Independent Living; Proceedings of the Twentieth International Conference Robotics and Mechatronics; "SRS" Invited Session; 06-09 October 2010; Varna Bulgaria pp. 13 - 19; ISSN1310-3946;

MOBILE USER INTERFACES FOR SERVICE ROBOTS MANIPULATION

MsC Daniel Yordanov Radev

The dissertation makes an overview of mobile user interface concepts as well as Robot Operating System (ROS) aiming to develop a novel concept and practical implementation of application for remote manipulation of service robots.

An user interface concept and a mobile application were developed. The solution relies on the ROSbridge stack and a custom developed Mixed Realty Server ROS package which allows flexible communication between application running on mobile devices and the service robot running Robot Operating System (ROS). The mobile application enables nonprofessional users to remotely manipulate and navigate a robot as well as to define and execute custom tasks.

The research was carried in the Institute of Robotics of Bulgarian Academy of Sciences.