

Design of a Social Robot as assistant to training children with motor impairments

A. B. Naranjo-Saucedo¹, C. Suárez¹, P. Bustos², L.V. Calderita², R. Cintas², P. Bachiller², C. Parra-Calderón¹

Abstract—Este trabajo se enmarca dentro del proyecto ACROSS cuyo objetivo es proporcionar sistemas inteligentes capaces de adaptarse a los requerimientos del usuario, modificando su comportamiento de forma autónoma. El proyecto incluye tres dominios de aplicación en los que los desarrollos tecnológicos realizados por los socios del proyecto serán validados con usuarios finales. En este artículo se expone uno de ellos: Asistencia Social-Problemas Psicoafectivos, en el que se ha diseñado un robot-oso que funcionará como asistente para el entrenamiento de pacientes pediátricos con déficit motor. Además, este tratamiento incluirá una entrenadora virtual, técnicas de realidad aumentada y participación en juegos interactivos.

This work is being developed under the ACROSS Project whose goal is to provide intelligent systems capable of adapting to the user demands, modifying autonomously their behavior. The project includes three application domains in which the technical developments carried out by project partners will be validated with end-users. In this paper one of them will be presented: Social Assistance and Psycho-affective Disorder, in which a robotic teddy bear has been built to train paediatric patients with motor impairments. Moreover, this treatment will include a virtual trainer, augmented reality techniques and the execution of interactive games.

I. INTRODUCCIÓN

En la última década, el área de la robótica de servicios ha experimentado un creciente interés en la robótica social, siendo uno de los campos con más aplicaciones prácticas[1][2]. Los robots sociales son robots autónomos que interactúan con los humanos en entornos cotidianos, siguiendo comportamientos similares a los humanos -p.e. reconociendo y expresando emociones, comunicándose y ayudando a las personas o a otros robots [3]. Dentro de los robots sociales, la robótica de rehabilitación constituye un área emergente de investigación, cuyo objetivo es incluir a los robots en procesos terapéuticos que requieren una gran dedicación en recursos y en tiempo[7][8]. En este campo, los robots pueden ofrecer varias ventajas importantes, como la posibilidad de realizar un tratamiento consistente y personalizado sin fatiga; o su capacidad de utilizar sensores para adquirir datos antropométricos objetivos, que pueden resultar muy útiles en la cuantificación del nivel de recuperación del paciente. Junto a este tipo de asistencia, los

robots pueden actuar como una fuente de motivación y apoyo personalizados.

Dentro de este contexto, el proyecto ACROSS pretende impulsar el desarrollo de estas tecnologías en tres escenarios diferentes: marketing, asistencia social en problemas psicoafectivos y asistencia social a la vida independiente. En este trabajo se presenta el pilotaje que se va a llevar a cabo, dentro del segundo escenario, con pacientes pertenecientes a la Unidad de Gestión Clínica de Rehabilitación Infantil del Hospital Universitario “Virgen del Rocío” (HUVR) de Sevilla. Concretamente, en el Hospital se va a desarrollar el caso de uso llamado *Asistente para el entrenamiento y monitorización de la movilidad activa en pacientes con déficit motriz del miembro superior*. Éste está dirigido a pacientes pediátricos de 3 a 14 años que presentan parálisis braquial obstétrica (PBO) o parálisis cerebral tipo hemiparesia, que presentan déficit motriz en miembros superiores. El objetivo que se persigue en este escenario es diseñar un asistente de entrenamiento para realizar un innovador tratamiento rehabilitador motor que utiliza como herramientas terapéuticas y de forma conjunta la tecnología robótica, la realidad aumentada y juegos interactivos. Con estas tecnologías se pretende aumentar la motivación de los pacientes en la realización de los tratamientos de rehabilitación, habitualmente tediosos.

El uso de robots en terapias de rehabilitación y ocupacionales en las que no hay contacto físico entre el robot y el paciente, se suele denominar SAR, Social and Assistive Robotics[2][4]. Siguiendo esta línea de investigación se han construido varios robots cuyo objetivo es asistir en terapias físicas a pacientes con algún déficit motor. Uno de los primeros robots en perseguir este objetivo fue PETS [30], que contaba historias a los niños realizando ejercicios al mismo tiempo. Otro robot es TAIZO [6] que se controla mediante comandos de voz y teclado para realizar demostraciones de ejercicios físicos programados junto a un instructor. Éste y el robot se sitúan frente a la audiencia y muestran el repertorio de ejercicios programados. Inicialmente se ha empleado para fortalecer la musculatura de personas mayores aunque se ha comprobado que personas de todas las edades se sienten atraídos por TAIZO y su actividad [1]. Otro de estos robots es [8]. El robot Bandit [5] es, quizás, el más conocido en este tipo de terapia sin contacto. Estructurado como una base móvil simple y un torso con dos brazos y una cabeza, con él se han realizado múltiples experimentos con pacientes en rehabilitación post-ictus. Los robots que se presentan aquí, Ursus I y Ursus II, junto al entorno experimental que se propone, constituyen hasta donde sabemos, el primer intento de aplicación y validación de estas tecnologías en pacientes

¹A. B. Naranjo-Saucedo, C. Suárez and C. Parra-Calderón pertenecen al Grupo de Innovación Tecnológica del Hospital Virgen del Rocío, Avda Manuel Siurot s/n Edificio CDCA Sevilla 41013, España anab.naranjo.exts@juntadeandalucia.es

²P. Bustos, L.V. Calderita, R. Cintas and P. Bachiller pertenecen a RoboLab, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura, Avda de la Universidad s/n Cáceres 1003, España pbustos@unex.es

Actas ROBOT 2011. 28-29 de Noviembre de 2011. Sevilla (España)

pediátricos con PBO o hemiparesia.

El resto del artículo se organiza en los siguientes apartados: II. Ursus I, donde se explica la metodología llevada en el proyecto para desarrollar la primera plataforma robótica; III. Ursus II, después de evaluar el primer robot, se comentan los resultados y se describe el diseño del segundo prototipo. IV. Protocolo de caso de uso, se define el proceso de entrenamiento, se analizan las variables a medir en el estudio y la forma de medida; V. Framework de Integración, donde se describe el *framework* de robótica utilizado; VI. Conclusiones, se resumen las principales conclusiones de este trabajo.



Fig. 1. Ursus I

II. URSUS I

Para realizar el asistente de entrenamiento se han diseñado y construido dos robots con el aspecto exterior de grandes osos de peluche. El primero, Ursus I, fue construido como un primer prototipo para validar las ideas iniciales de diseño y los efectos reales de la interacción humano-robot con el personal clínico. La figura 1 muestra el estado actual del robot.

El robot tiene dos brazos articulados con cuatro grados de libertad cada uno, tres para el hombro y uno para el codo. Los actuadores son dos servomotores Dynamixel RX64 para las dos primeras articulaciones del hombro y dos RX24 para las dos siguientes. Como elemento sensor incorpora una cámara y un sistema de altavoces 2.1 con los *tweeters* en las clavículas. Inicialmente el torso estaba situado sobre una base móvil autónoma con tracción diferencial y baterías. Esta base fue suprimida tras las primeras pruebas realizadas con el personal facultativo por considerar que el desplazamiento autónomo no era una funcionalidad necesaria. Esta modificación reduce considerablemente el peso y el coste del robot, facilitando su maniobrabilidad por parte de los usuarios. Toda la computación se realiza en un ordenador externo que maneja la persona que dirige la sesión.

El objetivo de este robot es ayudar en la realización de ejercicios de rehabilitación fisioterapéutica en pacientes con algún déficit motor del miembro superior. Para ello el robot debe ser capaz de: 1) Hablar mediante un sintetizador de voz produciendo frases bien entonadas que establezcan y mantengan la interacción; 2) Realizar con los brazos los ejercicios de rehabilitación que debe hacer el paciente; 3)

Monitorizar cuantitativamente los movimientos del paciente utilizando la cámara de vídeo situada en el cuello y mostrar en una pantalla, mediante técnicas de realidad aumentada, indicaciones tridimensionales de cómo realizar el ejercicio, registrando esta información para su uso posterior por parte del personal clínico; 4) Corregir y realimentar al paciente durante la ejecución del ejercicio.

Estas tareas deben desarrollarse de tal forma que se consiga un alto grado de inmersión en la actividad terapéutica rehabilitadora por parte de los usuarios. De esta forma se consigue mejorar la predisposición y la atención de los usuarios ante ejercicios repetitivos y tediosos, que dejan de tener el efecto deseado si se ejecutan incorrectamente.

En la primera versión del robot (Ursus I) estas tareas son ejecutadas por la persona que dirige la sesión. La autonomía del robot está limitada a aspectos sencillos como la ejecución periódica de los ejercicios. El primer hito del proyecto consistió en evaluar en el HUVR la viabilidad del prototipo y la calidad de la interacción paciente-robot desde el punto de vista del personal facultativo.

A continuación se exponen con mayor detalle los diferentes retos y tecnologías empleadas en el desarrollo de estas tareas.

II-A. Síntesis de voz

Para la síntesis realista de las expresiones que utiliza el robot en su interacción con el paciente, se ha utilizado el software de traducción de texto a voz de la empresa Verbio[16], socio en el proyecto ACROSS. Durante el proyecto se compararon los motores de síntesis de voz más conocidos en el contexto de uso de la robótica social. El resultado de este estudio puede encontrarse en [17]. El software de Verbio presenta características muy interesantes para esta tarea aunque es necesario disponer de voces mucho más expresivas, con curvas de entonación más acentuadas y configurables para lograr un mayor interés de los pacientes. Actualmente, su departamento de I+D dispone ya de prototipos que cumplen estos requisitos y se espera su incorporación previa a la finalización del proyecto.

II-B. Movimientos de los brazos

Los ejercicios a realizar en la fase experimental son: elevación y descenso con el brazo estirado para actuar sobre la articulación del hombro y elevación y descenso del antebrazo para actuar sobre la articulación del codo. Junto a estos movimientos se han definido algunos gestos orientados a la interacción como saludos y despedidas. Todos los movimientos han sido parametrizados en su posición de inicio y fin y en su velocidad para poder adaptarlos a las características del usuario final. Además, han sido programados como funciones accesibles a otros módulos. Los movimientos son interrumpibles y reiniciables en cualquier momento.

II-C. Realidad aumentada

Para mostrar inicialmente el ejercicio y poder detectar y seguir la evolución del mismo se ha utilizado tecnología de realidad aumentada mediante una combinación de

Actas ROBOT 2011. 28-29 de Noviembre de 2011. Sevilla (España)

ARToolkit[19], OpenSceneGraph (OSG)[18] y OSGArt[20]. La integración de estas herramientas con el software del robot permiten establecer un entorno de realidad aumentada “orquestrado” por el propio robot. Junto al robot se utiliza un monitor de gran tamaño o una pantalla de proyección que se sitúa detrás de él. Éste proyecta en esta pantalla la imagen que obtiene de su cámara, por lo que en ella aparece el paciente situado delante. Se coloca una marca AR junto al paciente para fijar un sistema de referencia, y se coloca otra en su muñeca para localizar y seguir la posición y orientación de la mano. La imagen de la cámara (como fondo) y la información espacial de las marcas (como posición y orientación de la cámara de renderizado) es utilizada por el motor gráfico 3D (OSG) para crear un escenario de realidad aumentada. En la marca de la muñeca se crea un objeto sintético que se mueve solidariamente con ella y que cambia de color cuando el brazo alcanza los límites del recorrido deseado, (p.e. verde si el brazo está abajo y rojo si está arriba, para un recorrido ascendente-descendente del mismo). De esta forma es muy sencillo fijar, al comienzo del ejercicio, las posiciones 3D específicas de cada persona que delimitan su recorrido. Por otro lado, la información de posición de la muñeca se registra de forma continua para su análisis posterior por parte de los terapeutas.



(a) Robot Ursus II (b) Robot Ursus II sin piel

Fig. 2. Robot Ursus II

II-D. Expresiones

La selección o generación en cada momento de las expresiones que se envían al sintetizador de voz está a cargo de la persona que dirige la sesión. Para ello, dispone de una interfaz gráfica con una lista de expresiones previamente seleccionadas por el personal clínico. También dispone de un editor de texto para escribir frases nuevas que se envían al sintetizador en ese momento.

III. URSUS II

Con la integración de todas estas tecnologías, se observó enseguida que el conjunto del robot, gesticulando y hablando y la imagen aumentada del paciente creaba una sensación de inmersión mucho mayor de lo esperado. Estos resultados coincidían precisamente con los objetivos establecidos en esta primera fase del proyecto.

En estas condiciones, el robot fue trasladado a las instalaciones del Hospital Virgen del Rocío de Sevilla para que el personal del Servicio de Rehabilitación evaluara diferentes parámetros relacionados con la estética, funcionalidad y seguridad. Se realizaron varias pruebas replicando condiciones reales pero sin la participación de pacientes. Desde el punto de vista técnico y estético se propusieron varias modificaciones para una nueva versión del robot que sería, finalmente, el que participaría en los experimentos con pacientes. Las propuestas más importantes realizadas por los especialistas clínicos son: 1) Reducir en 30 cm la altura total del robot; 2) Ocultar las partes mecánicas y cableado; 3) Buscar una estética más amigable y entrañable que facilite la aceptación por parte de los futuros pacientes; 4) Eliminar o reducir considerablemente las marcas de seguimiento visual; 5) Aumentar la autonomía en la generación de discurso reduciendo todo lo posible el papel del terapeuta.

Con estas especificaciones se comenzó la construcción del segundo prototipo, al que se denominó Ursus 2. Este robot, que se muestra en la figura 2, incluye la motorización completa de ambos brazos, con cinco grados de libertad en cada uno de ellos, y del cuello, con tres motores adicionales, más otro más para el movimiento de la boca. En la figura 2a se muestra el robot sin el recubrimiento exterior y en la figura 2b se puede apreciar la versión final. Exteriormente sólo queda por completar el recubrimiento de la base que simulará el aspecto de una roca o tronco sobre el que está sentado. En total, este robot tiene 14 servomotores conectados en dos buses RS-485 independientes. Al igual que Ursus 1, Ursus 2 alberga en su parte inferior un transformador para alimentar a los diferentes elementos, y la caja de bajos de un sistema de sonido 2.1. Se ha buscado la máxima sencillez y economía en todo el diseño con el objetivo de facilitar su potencial explotación comercial.

Las modificaciones mecánicas del nuevo robot satisfacen los requerimientos 1,2 y 3. A continuación se presenta el trabajo realizado para alcanzar los dos restantes.

III-A. Detección y seguimiento del torso

Para reducir el tamaño de las marcas que se estaban utilizando era necesario prescindir de las marcas de realidad aumentada, ya que éstas requieren de un tamaño mínimo para ser reconocibles a la distancia de trabajo del robot con el paciente. La primera alternativa que se probó fue sustituir las marcas por brazaletes de color vivo situados en las articulaciones. El nuevo tamaño y ergonomía de estas cintas satisfacen el requerimiento 4, pero para hacerlas operativas fue necesario desarrollar un sistema de seguimiento por color bastante complejo.

El sistema está basado en una máquina de estados concurrentes que gestiona las transiciones entre inicialización, seguimiento y recuperación, aprovechando las restricciones cinemáticas del brazo y la información 3D del sensor Kinect. Con esta estructura de proceso se facilitan las búsquedas de las regiones coloreadas ocupadas por los brazaletes, permitiendo recuperaciones ante fallos en el seguimiento. El algoritmo básico de detección de regiones de color uti-

Actas ROBOT 2011. 28-29 de Noviembre de 2011. Sevilla (España)

lizado es la implementación de MeanShift que proporciona OpenCV [25]. Se han realizado modificaciones al algoritmo para incorporar información 3D y restricciones de búsqueda dinámicas [28]. La salida de este sistema alimenta a un modelo cinemático parametrizable del torso humano con el que se representa en todo momento el estado del brazo del paciente. Este modelo proporciona estabilidad, detección de auto-colisiones e interpolación del estado de las articulaciones. Para convertir las posiciones detectadas de los brazaletes en ángulos de las articulaciones, el modelo utiliza la cinemática inversa del brazo junto con heurísticos de asignación de la posición del codo [24]. La figura 3 muestra la visualización gráfica de este modelo en el motor OSG.

Para tener un criterio mejor informado sobre el diseño final del sistema, se probó en paralelo el detector y el seguidor del torso humano que proporciona la librería OpenNI[23]. Cada nueva versión de esta librería ha mejorado en robustez y fiabilidad. Las posiciones y ángulos proporcionados por este algoritmo fueron también redirigidos al mismo modelo parametrizable del torso humano. El resultado de este estudio comparativo[28] muestra que ambos sistemas tienen una precisión comparable, pero el detector de OpenNI es más robusto ante condiciones de iluminación cambiantes y, sobre todo, no requiere de ninguna marca externa.

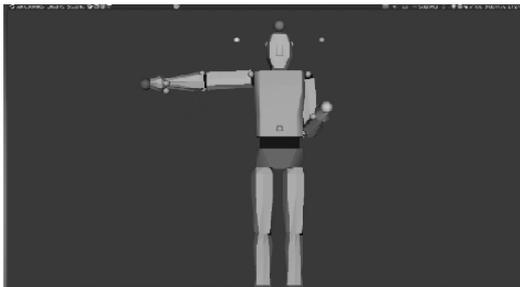


Fig. 3. Modelo parametrizable del torso humano utilizado como representación dinámica del paciente

III-B. Generación de discurso

Respecto a la mejora de la interacción, los trabajos realizados hasta el momento plantean el uso del modelo interno del brazo, como representación precisa del brazo del paciente, junto con un modelo del ejercicio en curso realizado por el robot, para determinar la desviación actual del paciente respecto del robot. Esta información debe alimentar a un modelo teórico que se ha empezado a desarrollar usando gramáticas formales probabilísticas. Con la gramática se modela un subconjunto muy reducido del lenguaje compuesto por interjecciones y frases simples de ánimo, corrección y realimentación positiva. Ante la aparición de un cambio apreciable en el comportamiento del paciente o una desviación acusada o, simplemente, después de un cierto tiempo, el sistema genera una nueva expresión de forma probabilística. La selección de cada posible opción en la gramática se decide

a partir de una función que transforma el estado diferencial paciente/robot en distribuciones a priori sobre el espacio de posibles opciones.

Si definimos una gramática formal como la tupla donde N es el conjunto de símbolos no-terminales, T el conjunto de símbolos terminales, R el conjunto de reglas y S el axioma de la gramática, definimos:

$$S \leftarrow I|IF|f|i|sI \leftarrow Ii|iF \leftarrow Ff|f \quad (1)$$

donde:

- $i = \{ \text{"venga", "vamos", "estupendo", "nimo", ...} \}$
- $f = \{ \text{"sigue así", "lo estás haciendo muy bien", ...} \}$
- $s = \{ \text{silencio} \}$

A esta gramática se le añaden reglas semánticas y pragmáticas para limitar, por ejemplo, la frecuencia de aparición del nombre del paciente a una vez cada 7 o 9 frases aproximadamente, o el número de interjecciones consecutivas que rara vez debe ser mayor que dos. Un aspecto final importante es la mejora de la interacción paciente-robot mediante movimientos sincronizados con el habla: por un lado, el movimiento sincronizado de la boca y, por otro, la generación de movimientos de la cabeza que acompañan al discurso. Para la sincronización de la boca se ha desarrollado un algoritmo nuevo que analiza la onda generada por el sintetizador y construye una secuencia de posiciones que se envían al actuador [17]. La generación de movimientos de la cabeza sincronizados con el contenido del discurso, p. e. negaciones, afirmaciones, preguntas, refuerzos, etc., es un trabajo actualmente en curso que se está abordando dentro de un formalismo de gramáticas generadoras de expresiones.

IV. PROTOCOLO DE CASO DE USO

Para poder conocer los beneficios que aporta esta nueva modalidad de tratamiento, es necesario comparar los resultados obtenidos en pacientes que utilizan técnicas convencionales con aquellos que son entrenados mediante esta propuesta de tratamiento. Es por ello que los pacientes serán divididos en un grupo control (el primero) y un grupo experimental (segunda modalidad de entrenamiento).

El grupo control realizará el tratamiento prescrito, al enseñarle el personal especialista qué ejercicios debe realizar. Se debe lograr que los repita según las necesidades del paciente. Los pacientes del grupo experimental, comenzarán aprendiendo con los especialistas los mismos ejercicios y, una vez que los conozcan, los repasarán con Elvira, la entrenadora virtual de la figura 4. Ésta ha sido creada por personal de la empresa Treellogic, socios y líderes del proyecto ACROSS. Elvira irá indicando al paciente los movimientos que debe realizar mientras ella misma los ejecuta.

Tras estos vídeos recordatorios, el paciente debe realizar los ejercicios a entrenar con el acompañamiento del robot. Como se ha mencionado, la imagen del paciente es proyectada en la pantalla y el propio robot Ursus II realizará, al mismo tiempo que el paciente, los ejercicios prescritos mientras registra su evolución en las distintas

Actas ROBOT 2011. 28-29 de Noviembre de 2011. Sevilla (España)

variables clínicas predefinidas para este estudio. Así mismo, aportará una realimentación continua de su ejecución e indicaciones con las que corregir al paciente para lograr un desempeño eficaz. La última etapa del entrenamiento estará formada por la realización de un juego 3D interactivo desarrollado con técnicas de realidad aumentada. Este juego requerirá que el paciente realice los mismos ejercicios que ha entrenado anteriormente pero en un formato distinto. El juego consistirá en que el paciente coloque una serie de bolas de colores que aparecen a su alrededor en su imagen proyectada, y las deposite en cestas suspendidas en el aire. Para completar adecuadamente el ejercicio será necesario que el alcance y baje el miembro lesionado repetidas veces siguiendo trayectorias prefijadas.

Las mencionadas variables clínicas se relacionan con el rango de movilidad activo, la función de los movimientos realizados por los pacientes y la satisfacción de sus familiares, entendida esta última como consecución de objetivos terapéuticos que repercutirán en el desarrollo del paciente. Concretamente, se medirán: 1) Balance articular del hombro y codo, tanto pasivo (conseguido al movilizar la articulación del paciente), como activo (el que realiza el paciente por sí solo); 2) Grado de concordancia: precisión de movimientos realizados respecto a los establecidos a nivel teórico; 3) Función motora; 4) Registros realizados en los juegos interactivos: puntuaciones obtenidas, porcentajes de realización correcta de los juegos, tiempo que emplea, número de errores cometidos así como número de veces que realiza cada juego; 5) Satisfacción de los familiares.



Fig. 4. Avatar utilizado para mostrar la ejecución de los ejercicios

V. FRAMEWORK DE INTEGRACIÓN

El framework de desarrollo elegido para el proyecto ACROSS es RoboComp [12], un entorno abierto de componentes software con interfaces bien definidas mediante un Lenguaje de Definición de Interfaces (IDL) y basado en el middleware abierto de comunicaciones Ice de la empresa ZeroC [22]. RoboComp se ha diseñado siguiendo el paradigma de la orientación a componentes [13][14] y de las

arquitecturas dirigidas por modelos [27]. Actualmente RoboComp está evolucionando hacia un conjunto de definiciones de la estructura genérica de sus componentes, interfaces, despliegue, parámetros de configuración y otros aspectos adicionales, implementados mediante lenguajes específicos de dominio (DSL), que permiten un mayor control sobre el ciclo de vida de estos componentes [26]. Esta característica es especialmente útil en robótica donde se genera código muy complejo, heterogéneo y multidisciplinar que debe ser reutilizado en proyectos y aplicaciones muy diferentes. Otro objetivo marcado en la evolución de RoboComp es la abstracción de la capa de comunicaciones, que proporcionaría la independencia del middleware subyacente. Este objetivo, más complejo técnicamente, se está abordando también utilizando la tecnología de los DSL's. Los *frameworks* SmartSoft[27] y OpenRTM[29] plantean un enfoque similar.

Todo el software desarrollado para los robots Ursus1 y Ursus2 está basado en RoboComp. Con el desarrollo de este proyecto se han creado nuevos componentes que aportan diversas funcionalidades, como la integración con OSG y ARToolkit, la integración del sintetizador de voz de Verbio, el control coordinado de los brazos o las nuevas herramientas de generación de discurso utilizando gramáticas formales. Su utilización en los escenarios de marketing y vida independiente, han propiciado la creación y mejora de grupos de componentes que proporcionan funcionalidades específicas como navegación (control local, SLAM y planificación), calibración, acceso a multitud de dispositivos hardware y pasarelas de comunicación con otros *frameworks*.

VI. CONCLUSIONES

El proyecto ACROSS persigue modificar la concepción actual de la robótica social. A partir del escenario Asistencia Social-Problemas Psicoafectivos se quiere lograr dicha modificación centrándose en el ámbito de la salud y, concretamente, en el área de la rehabilitación infantil. Dado el gran esfuerzo que supone para los pacientes pediátricos realizar un tratamiento consistente en realizar numerosas repeticiones de un movimiento del brazo, es de especial relevancia diseñar un tratamiento que logre los objetivos terapéuticos deseados consiguiendo ser atractivo y motivante para dichos pacientes. En este sentido, es frecuente que disminuyan los niveles de atención prestada en los pequeños cuando transcurren pocos minutos del inicio de las sesiones terapéuticas. Por ello consideramos que realizar un entrenamiento inicial con una entrenadora virtual, a continuación con un robot y finalmente con juegos interactivos en realidad aumentada, supondrá una fuente de motivación muy poderosa con los que será más fácil alcanzar la mejoría deseada.

Como se ha reflejado a lo largo del artículo han sido numerosos los desarrollos y mejoras realizados hasta conseguir el aspecto amigable del que en la actualidad gozan la entrenadora y la plataforma robótica. Se espera que una vez se finalice el pilotaje, los resultados muestren el efecto esperado y se valide la hipótesis inicial: estas tecnologías promueven una mayor adherencia terapéutica que repercute directamente

Actas ROBOT 2011. 28-29 de Noviembre de 2011. Sevilla (España)

en una mayor satisfacción de pacientes, familiares y de los especialistas clínicos.

Desde el punto de vista técnico se han seleccionado tecnologías muy probadas y de bajo coste, con el fin de mantener un buen potencial comercial. Esta nueva etapa llegará cuando se valide clínicamente el sistema en los últimos meses del año. Los aspectos más novedosos y que constituyen un mayor desafío son, la detección y seguimiento del brazo del paciente sin marcas y con la suficiente precisión, y los algoritmos de generación de discurso a partir de la estimación de cómo está realizando el ejercicio el paciente. Ambos son problemas abiertos actualmente, pero en los que se espera obtener en los próximos meses resultados utilizables en este contexto de aplicación. La integración de todas estas tecnologías junto con los otros desarrollos del proyecto ACROSS constituyen una importante aportación a la robótica social y un empuje a su estado tecnológico actual.

VII. AGRADECIMIENTOS

El proyecto ACROSS (TSI-020301-2009-27) ha sido aprobado por el subprograma Avanza I+D dentro de la convocatoria de ayudas de Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información 2009, habiendo sido financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCES

- [1] Fong, T., Nourbakhsh, I., Dautenhahn. "K. A survey of socially interactive robots". In *Robotics and Autonomous Systems*, 42 (3-4): 143-166, 2003.
- [2] A. Tapus, M.J. Mataric and B. Scasselati, "Socially assistive robotics: Grand Challenges of Robotics", *Robotics & Automation Magazine, IEEE* vol. 14, Mazo 2007, pp 35-42.
- [3] Allison Okamura, Maja J Mataric and Henrik I. Christensen, "Medical and Health-Care Robotics", *IEEE Robotics Automation Magazine*, Sep 2010, 27-37
- [4] A. Tapus, C. Tapus and M.J. Mataric. "The use of socially assistive robots in design of intelligent cognitive therapies for people with dementia.", *IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics* Japon 2009.
- [5] Eric Wade, Avinash Parnandi, and Maja J Mataric. "Using Socially Assistive Robotics to Augment Motor Task Performance in Individuals Post-Stroke", *Proceedings, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS-2011)*, San Francisco, CA, Sep 25-30, 2011
- [6] Y. Matsusaka, H. Fujii, T. Okano, I. Hara. "Health exercise demonstration robot TAIZO and effects of using voice command in robot-human collaborative demonstration." *Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2009. The 18th IEEE International Symposium*
- [7] M. J. Mataric, J. Eriksson, D.J. Feilseifer and C.J. Winstein. "Socially assistive robotics for post-stroke rehabilitation." *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* Feb 2007.
- [8] A.V. Libin and E.V. Libin "Person-robot interactions from the robotics psychologists' point of view: the robotic psychology and robototherapy approach." *Proceedings of the IEEE* Nov 2004, pp 1789-1803.
- [9] Mataric, M., Eriksson, J., Feil-Seifer, D. and Winstein, C. "Socially assistive robotics for post-stroke rehabilitation". In *J. of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4 (5), 2007.
- [10] OpenNI - Open Natural Interaction. <http://www.openni.org/>.
- [11] L.J. Manso, P. Bachiller, P. Bustos, P. Nuñez, R. Cintas and L. Calderita. "RoboComp: a Tool-based Robotics Framework". In *Proc. of Int. Conf. on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*, pp 251-262. 2010.
- [12] D. Brugali and P. Scandurra. "Component-based Robotic Engineering. Part I: Reusable building blocks". In *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 2009.
- [13] D. Brugali and A. Shakhimardanov. "Component-based Robotic Engineering. Part II: Models and systems". In *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 2010.
- [14] <http://www.robotis.com/xe/dynamixel>
- [15] <http://www.verbio.com/webverbio3/html/index.php>
- [16] F. Cid, R. Cintas, L.J. Manso, and P. Nuñez. "A real-time synchronization algorithm between Text-To-Speech (TTS) system and Robot Mouth for Social Robotic Applications", In *Workshop on Physical Agents*, Albacete, 2011
- [17] <http://www.openscenegraph.org/>
- [18] <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [19] <http://www.artoolworks.com/community/osgart/>
- [20] <http://es.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- [21] <http://www.zeroc.com/>
- [22] <http://www.openni.org/>
- [23] J. P. Bandera, "Vision-based Gesture Recognition in a Robot Learning by Imitation Framework" Tesis Doctoral. Enero 2010. Universidad de Málaga.
- [24] <http://opencv.willowgarage.com/wiki/Welcome>
- [25] J. A. Romero, L. Manso, M.A. Gutiérrez, R. Cintas, P. Bustos. "Improving de life-cycle of robotics components using Domain Specific Languages". 2nd International Workshop on Domain-Specific Languages and models for ROBOTIC systems (DSLRob'11), Septiembre 2011
- [26] C. Schlegel, A. Steck, D. Brugali and A. Knoll. "Design Abstraction and processes in Robotics: From Code-Driven to Model-Driven Engineering". In *2nd International Conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*. 2010.
- [27] L. V. Calderita, P. Bachiller, Juan P. Bandera, P. Bustos, P. Nuñez. "MIMIC: A Human motion imitation component for RoboComp@. Spain 2011.
- [28] N. Ando, S. Kurihara, G. Biggs, T. Sakamoto and H. Nakamoto. "Software Deployment Infrastructure for Component Based RT-Systems". *Journal of Robotics and Mechatronics*. Vol.23, no.3, pp. 350-359. 2011.
- [29] Catherine Plaisant, Allison Druin, Corinna Lathan, Kapil Dakhane, Kris Edwards, Jack Maxwell Vice and Jaime Montemayor. "A Storytelling Robot for Pediatric Rehabilitation Proceedings of ASSETS'00, Washington, Nov. 2000, ACM, New York