

Diseño de un Sistema Multiagente para el Seguimiento de Actividades Colaborativas en el Proceso de Rehabilitación de Accidentes Cerebrovasculares

RESUMEN: Al ocurrir un accidente cerebrovascular existen en la mayoría de los casos secuelas en el paciente, que deben atenderse con rehabilitación. En una rehabilitación integral interviene un médico tratante y diferentes especialistas. En el seguimiento de la rehabilitación, los especialistas realizan actividades en las que interactúan con dispositivos informáticos (interacción humano-computadora) y con otros médicos, aunque en ocasiones de manera indirecta. Un problema abierto es que estas actividades se realizan sin que exista un registro de estas interacciones, aunado a las interacciones con múltiples dispositivos derivadas del monitoreo continuo de las actividades del proceso de rehabilitación. Los trabajos actuales carecen del monitoreo de actividades involucradas en la rehabilitación integral de actividades colaborativas, y tampoco consideran aspectos como interacciones multimodales para evaluar el proceso de rehabilitación de pacientes con ictus. En este trabajo proponemos el diseño de un sistema multiagente, para el seguimiento de actividades colaborativas en el proceso de rehabilitación de accidentes cerebrovasculares. El sistema multiagente considera las actividades realizadas mediante interacciones multimodales para realizar una evaluación del cumplimiento del tratamiento y la colaboración multidisciplinaria entre los médicos y el paciente.

PALABRAS CLAVE: Diseño, Evaluación, Interacciones multimodales, Seguimiento médico, Sistema multiagente.



Colaboración

Sofía Isabel Fernández Gregorio; Luis G. Montané Jiménez, Universidad Veracruzana; Luis Alberto Morales Rosales, CONAHCYT - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2024

Fecha de aceptación: 08 de junio de 2024

ABSTRACT: When a stroke occurs, in most cases, there are sequelae in the patient, which must be treated with rehabilitation. In comprehensive rehabilitation, a treating doctor and different specialists intervene. In monitoring rehabilitation, specialists conduct activities in which they interact with computer devices (human-computer interaction) and other doctors, although sometimes indirectly. An open problem is that these activities are carried out without a record of these interactions, coupled with interactions with multiple devices derived from the continuous monitoring of the activities of the rehabilitation process. Current works lack monitoring of activities involved in the comprehensive rehabilitation of collaborative activities and do not consider aspects such as multimodal interactions to evaluate the rehabilitation process of stroke patients. This work proposes designing a multi-agent system to monitor collaborative activities during stroke rehabilitation. The multi-agent system considers activities performed through multimodal interactions to evaluate treatment compliance and multidisciplinary collaboration between doctors and the patient.

KEYWORDS: Design, Evaluation, Multimodal Interactions, Medical monitoring, Multi-agent system.

INTRODUCCIÓN

Un accidente cerebrovascular (ACV) es un evento que ocurre cuando hay una interrupción de oxígeno al cerebro. El ACV puede clasificarse en dos tipos: isquémico, causado por un coágulo de sangre, o hemorrágico que es por la ruptura de un vaso sanguíneo [1]. Como consecuencia, un ACV deja secuelas que requieren rehabilitación en la que intervienen múltiples especialistas médicos [2]. La atención multidisciplinaria requiere la colaboración, coordinación y cooperación del equipo médico,

aspectos que apoyan a aumentar las posibilidades de recuperación del paciente [3].

Por parte del equipo médico se establece un plan de acción para la rehabilitación que marca la pauta a seguir para el proceso de rehabilitación. En este proceso se cuenta con el apoyo tecnológico para el desempeño de actividades. En este sentido, el trabajo colaborativo asistido por computadora (CSCW por sus siglas en inglés) es esencial para la coordinación y colaboración de los especialistas. Al emplear el enfoque de CSCW se pueden recopilar interacciones humano-computadora que ayuden a medir el progreso de actividades de la vida cotidiana, por ejemplo, mediante la entrada de datos desde interacciones auditiva, visuales, táctiles, gestuales y envío de datos de manera automatizada, es decir interacciones multimodales [4].

Sin embargo, actualmente este enfoque no ha sido empleado en el estado del arte para evaluar actividades en los procesos médicos y con ello apoyar particularmente en el proceso de la rehabilitación [5-13]. En nuestro caso, asumimos que si realizamos un seguimiento de las actividades realizadas por los médicos y el paciente esto ayudará a determinar caminos de acción por parte del equipo médico. No obstante, para cumplir con este propósito surgen algunas interrogantes, ¿Cómo realizar un seguimiento a las interacciones multimodales realizadas por los especialistas y el paciente? ¿Cómo se define una actividad a partir de las interacciones? ¿Cómo ordenar lógicamente y temporalmente las actividades de todos los participantes que realizan desde cualquier dispositivo? y una de las principales que se plantea este trabajo es ¿Cómo evaluar las actividades que se realizan durante el proceso de la rehabilitación de pacientes con accidentes cerebrovasculares?

Por lo tanto, en este trabajo, se presenta el diseño de un sistema multiagente que utiliza los datos de las interacciones humano-computadora de médicos y pacientes para evaluar la colaboración entre ellos y su impacto en el desempeño de las actividades de rehabilitación. Principalmente, se describe el comportamiento de los agentes y la manera en que deben colaborar para obtener la evaluación.

En este artículo en primera instancia, se discute el trabajo relacionado en la sección 2. Posteriormente, se describe el proceso metodológico utilizado en la sección 3 de materiales y métodos. En la sección 4 se desarrollan los resultados describiendo el diseño del comportamiento de los agentes del sistema multiagente propuesto. Por último, en la sección 5, se plantean las conclusiones.

Trabajos relacionados

En la revisión del estado del arte se han analizado trabajos relacionados al tema de estudio que es orientado a accidentes cerebrovasculares, así como algunos

otros sobre rehabilitación y del cuidado de la salud. Sin embargo, se consideran principalmente el desarrollo de proyectos con sistemas multiagentes.

En los trabajos relacionados con el caso de estudio se encontraron los trabajos de la Tabla 1. El trabajo “A multi agent system for hospital organization” plantean un sistema multiagente en salud para hacer la atención lo más eficiente posible, resaltando las bondades de los agentes inteligentes (sociabilidad, proactividad, autonomía) para resolver los problemas de coordinación en la organización hospitalaria [5].

Tabla 1. Tabla comparativa del estado del arte.

Autores	AG	CG	AC	RF	RI	LD	PW	IM	EV
Jemal, H. et al. [5]	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-
Ríos-Ramos, E. S. et al. [6]	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-
López, B. et al. [7]	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
Blas, H. et al. [8]	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-
Vallejo, D. et al. [9]	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-
Hernández, D. et al. [10]	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-
Bardram, J. et al. [11]	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-
Lu, X. [12]	-	✓	-	-	-	-	-	-	-
Lazakidou-Kafetzi, G. et al. [13]	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-
Propuesta	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

En otro caso, “Multi-agent system for post-stroke medical monitoring in web-based platform” presenta un sistema multiagente para seguimiento post ictus orientado a médicos especialistas basado en web, que permite a un grupo de médicos almacenar y compartir información sobre la situación del paciente, es decir, tener el control y seguimiento de los pacientes que han sufrido un ictus [6]. Para apoyar en la atención primaria, “A multiagent system to support ambulance coordination in time-critical patient treatment” plantea el objetivo de apoyar el diagnóstico de enfermedades cerebrovasculares agudas mientras se coordinan los servicios de ambulancia y neurólogos expertos para atender al paciente a tiempo en el que se propone un sistema multiagente para la implementación de secuencias de

acciones, consultas y decisiones relativas a un paciente con una determinada patología [7].

Por otra parte, los trabajos “A multi-agent system for data fusion techniques applied to the internet of things enabling physical rehabilitation monitoring” y “An agent based approach to physical rehabilitation of patients affected by neurological diseases”, presentan trabajos orientados a la rehabilitación [8 y 9] y “Multi agent application for chronic patients: monitoring and detection of remote anomalous situations” lo enfoca al monitoreo de la salud, todos utilizando sistemas multiagentes [10]. Por último, los trabajos “Perioperative coordination and communication systems: A case of cscw in medical informatics”, “System design and development for a cscw based remote oral medical diagnosis system” y “Computer-supported collaborative work systems and communication services in healthcare”, presentan proyectos orientados a diferentes tipos de atención médica, considerando el trabajo colaborativo en el entorno médico, lo que refuerza la importancia de la coordinación y colaboración con asistencia computacional en el área de la salud [11-13]. Sin embargo, únicamente la propuesta “Perioperative coordination and communication systems: A case of cscw in medical informatics” utiliza interacciones multimodales al recolectar datos desde diferentes dispositivos [11]. En comparación, nuestra propuesta considera la recolección multimodal de dispositivos con funcionalidades médicos y equipos de cómputo, con la recolección de diferentes tipos de datos por ejemplo: voz, texto, tacto. En general de los trabajos citados en este apartado, se nota la importancia y aportación de los sistemas multiagentes para apoyar en el ambiente médico, específicamente en el proceso de rehabilitación de accidentes cerebrovasculares, sin embargo, las soluciones presentadas no consideran la evaluación de actividades en una rehabilitación integral.

La Tabla 1 presenta un resumen de los principales trabajos relacionados. La comparativa está centrada en determinar si se emplean agentes inteligentes (AG). Además, se identifican aquellos que están enfocados al cuidado de la salud general (CG), orientados a accidentes cerebrovasculares (AC), a rehabilitación física (RF), o a una rehabilitación integral (RI). Por otro lado, si los trabajos contemplan el uso de lógica difusa (LD) para la toma de decisiones, ya que esto permite considerar información imprecisa para la toma de decisiones desde el punto de vista de los expertos. También, se identificó si se ofrece una plataforma web (PW) para el seguimiento de pacientes o si se contemplan interacciones multimodales (IM). Un aspecto importante es si se realiza una evaluación de actividades de cómo se realizaron las actividades (EV).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso metodológico para el desarrollo del sistema multiagente se observa en la Figura 1, dentro del marco punteado.



Figura 1. Metodología.

Fuente: Elaboración propia.

El paso I consistió en recaudar la información correspondiente a los ambientes colaborativos en el sector salud, en el área de accidente cerebrovasculares [14-23]. Esto es esencial ya que se definieron las especialidades médicas que se ven involucradas en el proceso de rehabilitación. En el paso II, se realizó un análisis del entorno de colaboración médico, considerando las interacciones entre el médico tratante y los especialistas que dan atención a los pacientes que han sufrido accidentes cerebrales, el resultado del estudio se describe en un trabajo previo [24]. Esto permitió determinar cuáles son los elementos o factores requeridos en el entorno de colaboración. En el paso III se realizó un análisis de las técnicas del trabajo colaborativo asistido por computadora para la representación de las interacciones multimodales e identificar cómo se realiza el intercambio de información [5-13]. En el paso IV, se diseñó el sistema multiagente considerado como un sistema de comunicación, colaboración y coordinación que satisface los requerimientos recopilados en los pasos anteriores para ofrecer un sistema que permita el seguimiento a las actividades que se realizan durante el proceso de rehabilitación de personas que sufrieron accidentes cerebrovasculares. Se considera como trabajo futuro incorporar una metodología para sistemas multiagentes en donde se apliquen técnicas como modelado orientado a objetos, diseño organizacional o creación de artefactos UML. Adicionalmente, en el paso V, se plantea la implementación y pruebas del sistema multiagente; sin embargo, esta etapa no se considera dentro del alcance de este artículo.

RESULTADOS

El diseño del sistema multiagente propuesto se presenta en la Figura 2, consta de tres módulos principales: 1) Módulo de interfaz, 2) Módulo de administración de datos y 3) Módulo de evaluación. A continuación, describiremos cada módulo.

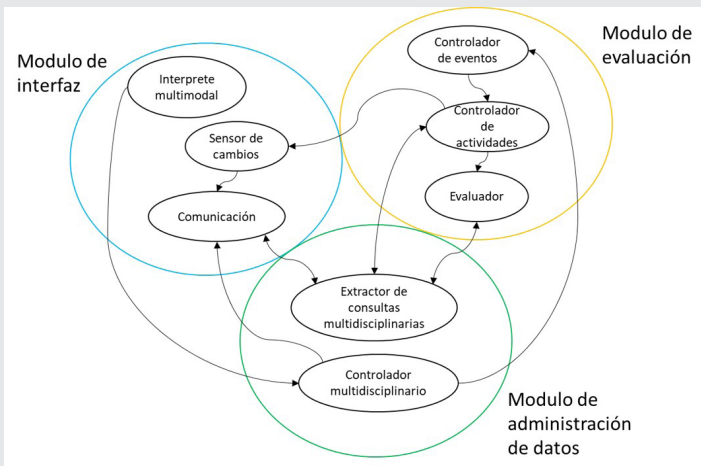


Figura 2. Sistema multiagente.
Fuente: Elaboración propia.

Módulo interfaz

Este módulo de manera general se enfoca en la recopilación de información a partir de las interacciones multimodales, la percepción de cambios en el entorno y el envío de notificaciones o información. Está compuesto por tres agentes, 1) Agente interprete multimodal en la Figura 3a, 2) Agente sensor de cambios en la Figura 3b, 3) Agente de comunicación en la Figura 4. A continuación, se describe cada uno de ellos.

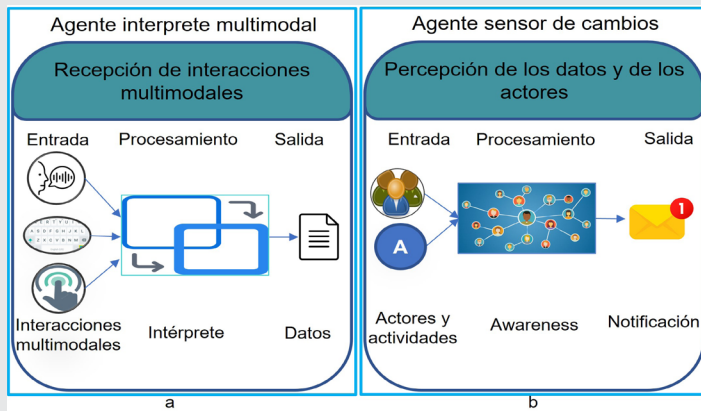


Figura 3. a) Agente interprete multimodal b) Agente sensor de cambio.
Fuente: Elaboración propia.

Agente interprete multimodal: ejecutará la recepción de interacciones multimodales mediante un intérprete que reciba las interacciones y las traduzca a datos de actividades, como se muestra en la Figura 3a.

Agente sensor de cambios: será el encargado de la percepción de los datos y de los actores, recibiendo como entrada los actores y actividades, esta percepción será procesada por un mecanismo “awareness” encargado de la conciencia de cambios mediante interacciones, se representa en la Figura 3b.

Agente comunicación: formado por dos módulos de la arquitectura, que son el control de notificaciones y el procesador de la información, en ambos casos se controla el envío, entrega y comprobación de estado, en primer término: de las notificaciones y en segundo: de la información, se muestra en la Figura 4.

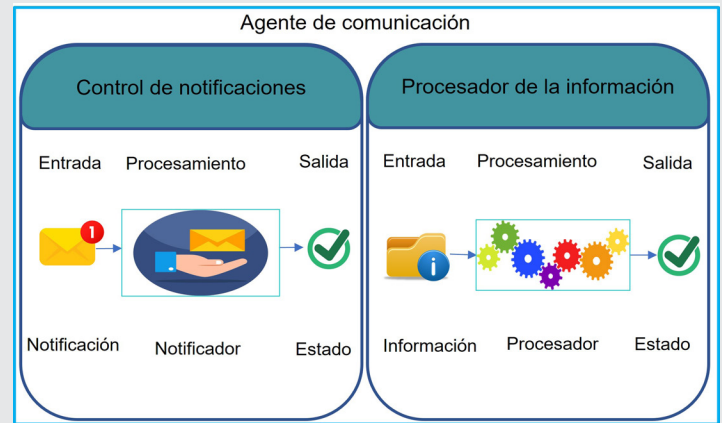


Figura 4. Agente comunicación.
Fuente: Elaboración propia.

Módulo de administración de datos

Este módulo permite el control de la administración de los datos para acceder a la información que se recopila; lo componen dos agentes, 1) agente controlador multidisciplinario y 2) agente recuperador de consultas multidisciplinarias. Cada uno es descrito a continuación.

Agente controlador multidisciplinario: engloba la administración de roles, administración de vistas y control de concurrencia, tiene como entrada a los usuarios y un controlador se encarga del procesamiento de permisos, roles y de la concurrencia, esto se representa en la Figura 5.

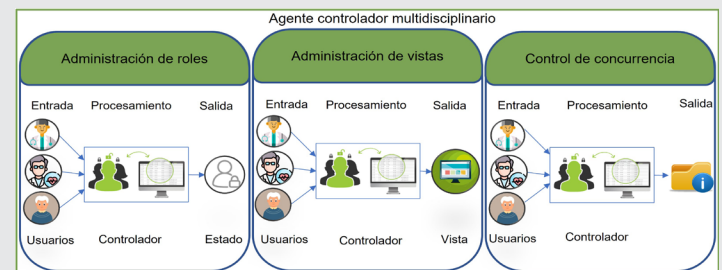


Figura 5. Agente controlador multidisciplinario.
Fuente: Elaboración propia.

Agente recuperador de consultas multidisciplinarias: realiza consultas mediante un recuperador que recibe como entrada las actividades de los usuarios para generar las consultas, tal como se muestra en la Figura 6.

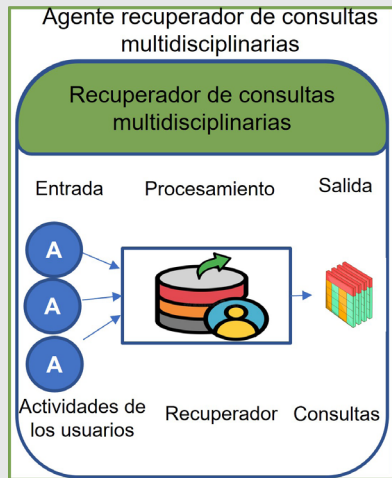


Figura 6. Agente recuperador de consultas multidisciplinares. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de evaluación

Este módulo es el encargado de la transformación de las interacciones multimodales a eventos y actividades colaborativas para posteriormente realizar la evaluación que describe cómo se ha llevado el progreso en la rehabilitación respecto al tratamiento integral que se genera por parte del equipo multidisciplinario. Para ello se ha dividido esta tarea en 3 agentes, 1) agente controlador de eventos, 2) agente controlador de actividades y 3) agente evaluador. La función de cada agente se describe enseguida.

Agente controlador de eventos: se forma por el escuchador y el ordenamiento de eventos, el agente recibe las interacciones para definir los eventos y ordenarlos de acuerdo con el tiempo de aparición, su representación se ve en la Figura 7.

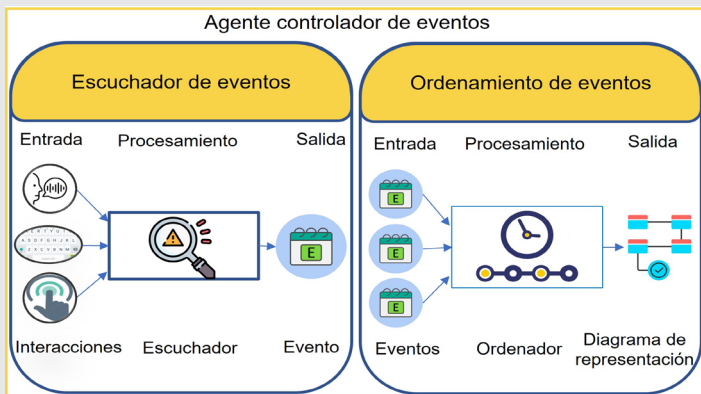


Figura 7. Agente controlador de eventos. Fuente: Elaboración propia.

Agente controlador de actividades: recibe los eventos ordenados del agente anterior y establece los intervalos de inicio y fin de la actividad para procesarlo con un grafo pesado que relaciona las actividades, se muestra en la Figura 8.

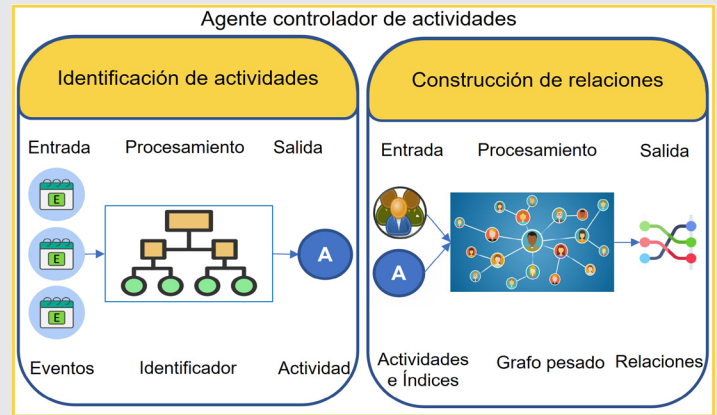


Figura 8. Agente controlador de actividades. Fuente: Elaboración propia.

Agente evaluador: a partir de las relaciones establecidas y de las actividades, evalúa las actividades mediante un mapa cognitivo difuso, esto genera un análisis dinámico para analizar si las actividades realizadas cumplen con el tratamiento establecido por el parte médico. La composición del agente se muestra en la Figura 9.

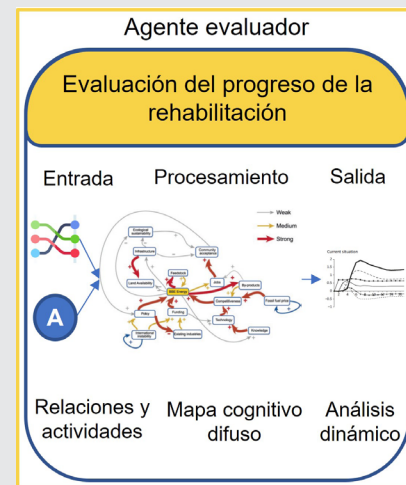


Figura 9. Agente evaluador. Fuente: Elaboración propia.

En una vista general, se presenta el esquema de la Figura 10 que muestra el flujo de trabajo para explicar el comportamiento del sistema multiagente. Se tiene como entrada la información de las interacciones, recolectadas desde dispositivos con funciones médicas y equipos de cómputo. Los dispositivos y el equipo pueden ser utilizado por los pacientes y/familiares, así como por los médicos, de acuerdo con las actividades que les correspondan.

A nivel de interfaz de usuarios se tiene al interprete multimodal que procesa y traduce los datos, que son percibidos por el mecanismo awarennes, quien envía la notificación al agente de comunicación.

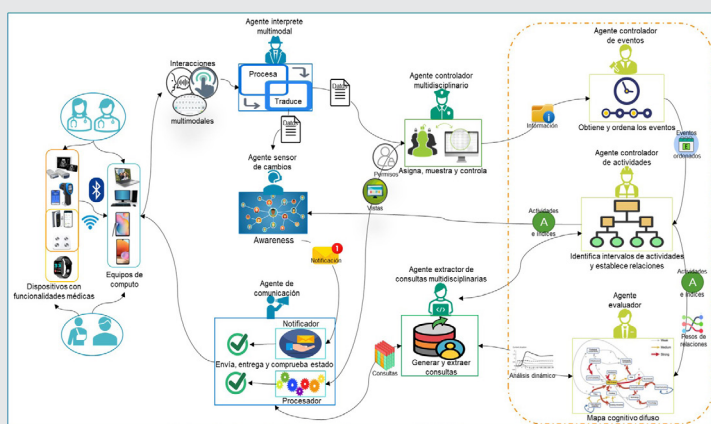


Figura 10. Flujo de trabajo del sistema multiagente

Fuente: Elaboración propia.

En la administración de datos está el agente controlador multidisciplinarios, encargado de asignar, mostrar y controlar los permisos y vistas. El extractor de consultas multidisciplinarias genera y extrae las consultas en relación con el agente comunicación.

Por último, para evaluar las actividades, el agente controlador de eventos recibe la información para obtener y ordenar los eventos. Los eventos ordenados pasarán al controlador de actividades para identificar intervalos de actividades y establecer las relaciones. A partir de las actividades, se establecen los pesos a las relaciones de dichas actividades y el mapa cognitivo difuso se encargará de realizar la evaluación.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En este trabajo se ha planteado el diseño de un sistema multiagente que permite dar seguimiento a las actividades colaborativas que se generan durante el proceso de rehabilitación de un paciente que ha sufrido un accidente cerebrovascular. Parte de la definición de cada uno de los agentes contempla las entradas, procesamiento y salidas determinado como contribuye de manera colaborativa a proporcionar los servicios y los elementos necesarios para realizar la evaluación del cumplimiento del tratamiento médico. El funcionamiento del diseño del sistema multiagente empieza su función a partir de los eventos obtenidos de las interacciones multimodales, para posteriormente establecer cómo se generaron las actividades médicas con el fin de realizar la evaluación del progreso de la rehabilitación en un punto específico del tiempo.

El trabajo que hemos presentado contribuye como punto de partida para proponer en un futuro próximo un modelo que extraiga automáticamente las actividades y que evalúe las actividades médicas con el mapa cognitivo difuso considerando las entradas de las interacciones multimodales para apoyar en el proceso del tratamiento para la rehabilitación de pacientes con accidentes cerebrovasculares. Un mapa cognitivo difuso

es un grafo dirigido con varios nodos que representan los conceptos causales acerca de un tema y de arcos dirigidos conectados a los nodos que representan las relaciones causales entre los mismos [25-26]. En nuestro caso los emplearemos debido a su fortaleza para describir, explicar y reflexionar acerca de que tan bien se está realizando el seguimiento de los pacientes por parte del grupo multidisciplinario de médicos.

Por último, resaltamos que la incorporación de sistemas informáticos para el trabajo colaborativo en entornos médicos de ictus permitirá definir roles y canales de comunicación que hagan eficiente el trabajo en equipo, obteniendo mejores resultados en la atención médica considerando como punto central el sistema multiagente que se ha propuesto en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Universidad Veracruzana y el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) a través de la beca número 478122. Además, como parte del proyecto 613 de Investigadoras e Investigadores por México financiado por CONAHCYT.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Center, D.-H. M. (2012). *Learning about stroke. A guide for patients and families*.
- [2] Alessandro, L., Olmos, L. E., Bonamico, L., Muzio, D. M., Ahumada, M. H., Russo, M. J., Allegri, R. F., Gianella, M. G., Campora, H., Delorme, R., et al. (2020). *Rehabilitación multidisciplinaria para pacientes adultos con accidente cerebrovascular*. *Medicina (Buenos Aires)*, 80(1):54-68.
- [3] Bonet, M. (2016). *Práctica colaborativa interprofesional en salud: Conceptos clave, factores y percepciones de los profesionales*. *Educ Med [Internet]*, 17(1):21-4.
- [4] Santana, P. C. (2011). *Arquitectura para interacción multimodal en los juegos por computadora*. In *Memorias Del 4to. Congreso Internacional En Ciencias Computacionales CiComp 2011*.
- [5] Jemal, H., Kechaou, Z., Ayed, M. B., and Alimi, A. M. (2015). *A multi agent system for hospital organization*. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 5(1):51-56.
- [6] Ríos-Ramos, E. S., Melendez-Armenta, R. A., Vazquez-Lopez, J. A., and Morales-Rosales, L. A. (2020). *Multi-agent system for post-stroke medical monitoring in web-based platform*. *Comput. Inf. Sci*, 13:46.
- [7] López, B., Innocenti, B., Aciar, S., and Cuevas, I. (2005). *A multi-agent system to support ambulance*

coordination in time-critical patient treatment. In 7th Simposio Argentino de Inteligencia Artificial-ASAI2005.

[8] Blas, H. S. S., Mendes, A. S., Encinas, F. G., Silva, L. A., and González, G. V. (2020). A multi-agent system for data fusion techniques applied to the internet of things enabling physical rehabilitation monitoring. *Applied Sciences*, 11(1):331.

[9] Vallejo, D., Schez-Sobrinho, S., Albusac, J., Castro-Schez, J. J., and Glez-Morcillo, C. (2019). An agent-based approach to physical rehabilitation of patients affected by neurological diseases. *Procedia Computer Science*, 160:346–353.

[10] Hernández, D., Villarrubia, G., Barriuso, A. L., Lozano, A., Revuelta, J., and De Paz, J. F. (2016). Multi agent application for chronic patients: monitoring and detection of remote anomalous situations. In *Highlights of Practical Applications of Scalable Multi-Agent Systems. The PAAMS Collection: International Workshops of PAAMS 2016, Sevilla, Spain, June 1-3, 2016. Proceedings 14*, pages 27–36. Springer.

[11] Bardram, J. E. and Hansen, T. R. (2010). Perioperative coordination and communication systems: A case of cscw in medical informatics. In *Workshop on CSCW Research in Healthcare: Past, Present, and Future*. Citeseer.

[12] Lu, X.-L. (2005). System design and development for a cscw based remote oral medical diagnosis system. In *2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, volume 6, pages 3698–3703. IEEE.

[13] Lazakidou-Kafetzi, G., Lazakidou, A., and Siasiakos, K. (2008). Computer-supported collaborative work systems and communication services in healthcare. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 9(2):127–135.

[14] Yang, Y., Xu, H., Qi, B., Niu, X., Li, M., Zhao, D. (2020). Stroke screening data modeling based on openEHR and NINDS Stroke CDE. *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, BIBM 2020*, 2147–2152.

[15] Sun, M., Dai, D., Wu, X., Wang, S., Zang, T., Xu, X. (2016). SS4CSHC: A Services System for the Collaboration in Stroke Healthcare Cycle. *Proceedings of International Conference on Service Science, ICSS, 2016-Febru*, 174–180.

[16] Li, S., & Manogaran, G. (2019). Design and Implementation of Networked Collaborative Service System for Brain Stroke Prevention and First Aid. *IEEE Access*, 7, 14825–14836.

[17] Santana Baskar, P., Cordato, D., Wardman, D., Bhaskar, S. (2021). In-hospital acute stroke workflow in

acute stroke - Systems-based approaches. *Acta Neurologica Scandinavica*, 143(2), 111–120.

[18] Alonso de Leciñana, M., Fuentes, B., Ximénez-Carrillo, A., Vivancos, J., Masjuan, J., Gil-Nuñez, A., Martínez-Sánchez, P., Zapata-Wainberg, G., Cruz-Culebras, A., García-Pastor, A., Díaz-Otero, F., Fandiño, E., Frutos, R., Caniego, J. L., Méndez, J. C., Fernández-Prieto, A., Bárcena-Ruiz, E., Díez-Tejedor, E. (2016). A collaborative system for endovascular treatment of acute ischaemic stroke: The Madrid Stroke Network experience. *European Journal of Neurology*, 23(2), 297–303.

[19] Gibson, O. J., Balami, J. S., Pope, G. A., Tarasenko, L., Reckless, I. P. (2012). “Stroke Nav”: A wireless data collection and review system to support stroke care delivery. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 108(1), 338–345.

[20] Ferrante, S., Bonacina, S., Pincioli, F. (2013). Modeling stroke rehabilitation processes using the Unified Modeling Language (UML). *Computers in Biology and Medicine*, 43(10), 1390–1401.

[21] Wang, Y. (2012). When music, information technology, and medicine meet. *MIRUM 2012 - Proceedings of the 2nd International ACM Workshop on Music Information Retrieval with User-Centered and Multimodal Strategies, Co-Located with ACM Multimedia 2012*, 43–44.

[22] Tsoupikova, D., Triandafilou, K., Solanki, S., Barry, A., Preuss, F., Kamper, D. (2016). Real-time diagnostic data in multi-user virtual reality post-stroke therapy. *SA 2016 - SIGGRAPH ASIA 2016 VR Showcase*, 1–2.

[23] Ilieva, R. Y., Damyanov, V. (2019). NextGen High-Tech Solutions to Improve the QoL in Cerebral Stroke Consequences. *10th National Conference with International Participation, ELECTRONICA 2019 - Proceedings, MI, 2019–2022*.

[24] Gregorio, S. I. F., & Montané-Jiménez, L. G. (2022, October). Towards the improvement of computer-assisted medical activities for stroke rehabilitation. In *2022 10th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)* (pp. 102–111). IEEE.

[25] Stach, W., Kurgan, L., and Pedrycz, W. (2010). A divide and conquer method for learning large fuzzy cognitive maps. *Fuzzy Sets and Systems*, 161(19):2515–2532.

[26] Codara, L. et al. (1998). *Le mappes cognitive. Uno strumento di analisi per la ricerca sociale e per l'intervento organizzativo*. Carocci editore.

