

Sistema cross-lingüe de acceso inteligente a la información de casos clínicos mediante dispositivos móviles

Cross-lingual intelligent information access system from clinical cases using mobile devices

María Lorena Prieto, Fernando Aparicio, Manuel de Buenaga, Diego Gachet, Mari Cruz Gaya

Grupo de Sistemas Inteligentes, DSIAC, Escuela Politécnica
Universidad Europea de Madrid

C/ Tajo, s/n. Villaviciosa de Odón.

{ marialorena.prieto,fernando.aparicio,buenaga,gachet,mcruz@uem.es }

Resumen: A lo largo de la última década se está produciendo un crecimiento vertiginoso tanto del desarrollo de nuevas tecnologías móviles inteligentes (dispositivos Smartphone y Tablet) como de su uso (a través de gran cantidad de aplicaciones). Por otro lado, en el ámbito biomédico cada vez existe un número mayor de recursos, en diferentes formatos, que pueden ser explotados haciendo uso de Sistemas Inteligentes de Acceso a la Información y técnicas para la recuperación y la extracción de información. En este artículo se presenta el desarrollo de una interfaz de acceso móvil que, haciendo uso de diferentes fuentes de conocimiento locales (diccionarios y ontologías previamente pre-procesadas), técnicas de procesamiento de lenguaje natural y fuentes de conocimiento remotas (con las que se realiza la anotación de entidades en el texto introducido en el sistema a través de servicios Web), permite la extracción cruzada (cross-lingüe) de conceptos médicos en Inglés y en Español, a partir de un texto médico en inglés o en español (e.g. un caso clínico). El usuario de la aplicación móvil puede introducir un texto médico o una imagen del mismo, obteniendo como resultado un conjunto de entidades médicas relevantes. Sobre las entidades médicas reconocidas, extraídas y mostradas a través de la interfaz, el usuario puede obtener más información de las mismas, obtener más información de otros conceptos relacionados con los extraídos originalmente y localizar publicaciones científicas procedentes de MEDLINE/PubMed.

Palabras clave: Smartphone, Tablet, dispositivos móviles, extracción de conceptos médicos, reconocimiento de entidades nombradas, CLIR.

Abstract: Over the last decade there has been a rapid growth of both the development of new smart mobile devices (Smartphone and Tablet) and their use (through many applications). Furthermore, in the biomedical field there are a greater number of resources in different formats, which can be exploited by using Intelligent Information Access Systems and techniques for information retrieval and extraction. This paper presents the development of a mobile interface access that, using different local knowledge sources (dictionaries and ontologies previously preprocessed), techniques of natural language processing and remote knowledge sources (which performs the annotation of entities in text inputted into the system via Web services), allows the cross-lingual extraction of medical concepts in English and Spanish, from a medical text in English or Spanish (e.g. a clinical case). The mobile application user can enter a medical text or a picture of it, resulting in a set of relevant medical entities. On recognized medical entities, extracted and displayed through the interface, the user can get more information on them, get more information from other concepts related to originally extracted and search for scientific publications from MEDLINE/PubMed.

Keywords: Smartphone, Tablet, mobile devices, medical concept extraction, named entity recognition, CLIR.

1 Introducción

El auge en el uso de dispositivos móviles, así como el desarrollo de aplicaciones para estos, ha sido especialmente significativo en la última década. Esto se debe a la aparición de dispositivos móviles inteligentes como son el Smartphone y el Tablet, cuyo número de usuarios se ha incrementado provocando que el de usuarios de teléfonos básicos y de gama media descienda.

En el dominio biomédico se ha experimentado un igual crecimiento del interés en este tipo de aplicaciones, orientándose a satisfacer necesidades de los diferentes perfiles de usuarios básicos en él: principalmente, profesionales, estudiantes de medicina y pacientes. Una investigación reciente relacionada, sobre artículos en PubMed (en abril de 2011) vinculados con aplicaciones enfocadas al sector sanitario (Mosa, Yoo, y Sheets, 2012), estudiaba de forma similar a como señalábamos anteriormente su diferente orientación a profesionales, estudiantes de medicina y pacientes. De forma representativa, en ella se seleccionaron 55 artículos, de un total de 2.894 encontrados, en los que se hacía referencia a 83 aplicaciones: 57 para profesionales, 11 para estudiantes y 15 para pacientes.

La recuperación de información cross-lingue (CLIR) está relacionada con la recuperación de recursos en idiomas distintos a los empleados por los usuarios (Goker y Davies, 2009), existiendo iniciativas ampliamente conocidas que afrontan el problema proponiendo diferentes competiciones (e.g. CLEF¹, TREC², NTCIR³ o FIRE⁴).

Desde un punto de vista meramente estructural, hacer uso de ontologías para almacenar el conocimiento en los sistemas de extracción de información es ventajoso, ya que facilita tanto la actualización de este conocimiento (al separarlo de otros componentes), como la portabilidad a otros dominios (Karkaletsis et al. 2011). Uno de los temas que han comenzado a investigarse recientemente estudia cómo las ontologías pueden ayudar a cubrir necesidades de CLIR, generándose nuevos sistemas basados en

ontologías multilingües (e.g. Gracia et al. 2012; Embley et al. 2011). Por otro lado, a pesar de que la creación de ontologías multilingües a partir de monolingües puede ser altamente costoso, diferentes equipos de investigadores están trabajando para solventar estas dificultades desde diferentes puntos de vista (e.g. Choi et al. 2011; Sellami et al. 2011).

Los Sistemas de Acceso Inteligente a la Información (Armano et al. 2010; Martín-Valdivia et al. 2009) pueden aprovechar el gran desarrollo de recursos, monolingües y multilingües, que se está produciendo en el dominio biomédico, para integrar información desde diferentes fuentes heterogéneas, haciendo uso de las técnicas de procesamiento de lenguaje natural ya existentes. Estos sistemas, además, pueden tener aplicaciones muy directas para los usuarios finales, dando resultados en tiempos razonables desde servicios online.

La aplicación móvil presentada en este artículo⁵, permite al usuario procesar un texto médico (e.g. un caso clínico) o bien insertándolo directamente en la aplicación (a través del navegador de su Smartphone o Tablet) o bien haciendo una foto al texto, para posteriormente acceder a un sistema cross-lingue de extracción de conceptos y acceso inteligente a la información (CLEiM, disponible en ⁶). Este sistema es la evolución de una versión monolingüe presentada en otros trabajos (Aparicio et al., 2011; Aparicio et al. 2012). En concreto, el sistema ha sido evaluado en el contexto del EEES, dando soporte a una actividad de aprendizaje con estudiantes de medicina basada en un caso clínico, obteniéndose: (i) la percepción de los usuarios al utilizar el sistema; (ii) una comparativa de los resultados de una prueba objetiva, basada en el caso, de un conjunto de estudiantes utilizando todas las fuentes de Internet frente a otro conjunto utilizando el sistema monolingüe.

En la sección 2 se presenta un análisis básico sobre la rápida evolución tecnológica y de uso que se está produciendo en cuanto a las tecnologías móviles, particularizándolo para el dominio biomédico y su utilización en educación. En la sección 3 se describen la nueva funcionalidad móvil del sistema. En la sección 4 se exponen casos de uso para el acceso desde Smartphone y Tablet que ofrece la interfaz presentada. Por último, en la sección 5

¹ www.clef-initiative.eu

² trec.nist.gov

³ research.nii.ac.jp/ntcir/index-en.html

⁴ www.isical.ac.in/~clia

⁵ orion.esp.ue.es/Mobile

⁶ cleim.sourceforge.net

se mencionan algunas conclusiones y líneas de trabajo futuras.

2 Uso de dispositivos móviles y aplicaciones médicas

En los últimos años se ha observado una evolución en el uso de los dispositivos móviles desde la aparición de los teléfonos inteligentes o Smartphone, de forma tal que el número de usuarios de dispositivos móviles básicos o de gama media ha ido descendiendo, mientras que el de Smartphone y Tablet se ha incrementado.

En la Figura 1 presentamos datos representativos de esta evolución, para el periodo reciente de Septiembre de 2010 a Febrero de 2012. Los datos de la figura han sido tomados de estudios realizados trimestralmente por Empirica Influentials & Research⁷, comScore⁸, IAB Spain⁹ y AIMC10 (Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación). En la figura puede apreciarse el descenso de los usuarios de móvil básico o sin móvil, así como los de gama media, y un continuo crecimiento de usuarios de Smartphone y Tablet.

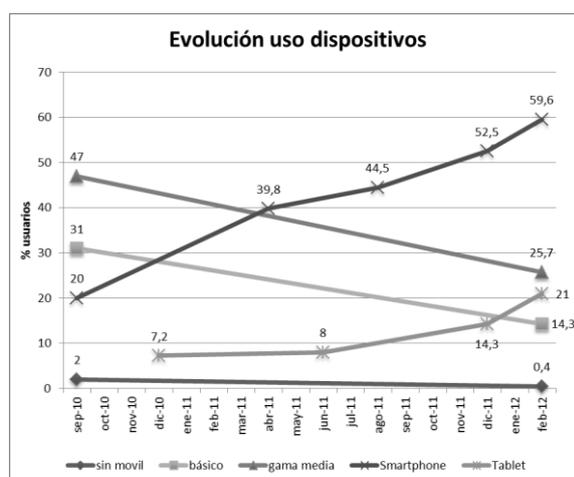


Figura 1: Evolución del uso de dispositivos móviles

Centrándonos ahora en los usuarios del sector sanitario, también el uso de estos dispositivos cada vez está más presente entre

⁷ marketingyconsumo.com/estudio-sobre-el-uso-de-smartphones-en-espana.html

⁸ www.comscore.com

⁹ www.iabspain.net/noticias/investigacion/iab-spain-lanza-su-iii-estudio-sobre-mobile-marketing

¹⁰ www.aimc.es/-Navegantes-en-la-Red-.html

ellos. Es de gran importancia que los profesionales de la medicina dispongan de una buena comunicación y colaboración constante entre ellos, por ello se comenzó por emplear dispositivos “busca”, de forma que mejoraran estos aspectos. Este fue sustituido por teléfonos móviles y dispositivos PDA en los 90 (Burdette, Herchline y Oehler, 2008), con lo que agilizaban la comunicación y, además, mejoraban la organización y el acceso a la información (Buenaga et al., 2008). En la actualidad tenemos las funcionalidades del busca, teléfono móvil y PDA en un único dispositivo: el Smartphone, por lo que se ha extendido su uso entre el personal sanitario (Wu et al., 2010).

Distribución de aplicaciones médicas para profesionales

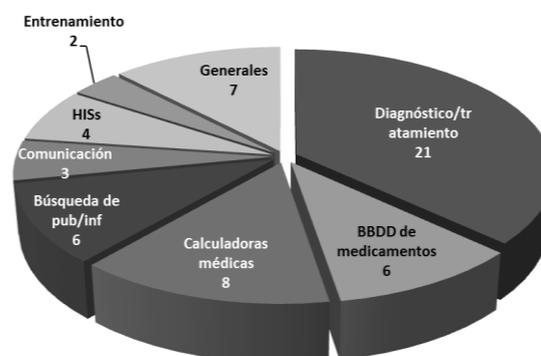


Figura 2: Distribución de aplicaciones médicas para profesionales

En torno a la utilización de Smartphone, en 2009 se realizó un estudio sobre médicos de EEUU¹¹, dando como resultado un 64% de usuarios, un 34% más que en 2001. Este estudio también predecía que en 2012 se incrementaría hasta el 81% de usuarios médicos. Además, en los últimos años se han implantado en el sistema hospitalario diversas tecnologías como: Sistemas de Información Hospitalaria (HISs), Sistemas Clínicos de Apoyo de Decisión (CDSSs), de Almacenamiento de Imágenes y Sistemas de Comunicación (PACSs), Sistemas de Información de Laboratorio (LISs), etc.; recursos de publicaciones como PubMed y UpToDate; aplicaciones clínicas como calculadoras médicas, bases de datos de medicamentos, y aplicaciones de diagnóstico de

¹¹ manhattanresearch.com/News-and-Events/Press-Releases/physician-smartphones-2012

enfermedades; y nuevos sistemas de comunicación (Junglas, Abraham y Ives, 2009). La implantación de estas tecnologías y el incremento del uso de Smartphone por profesionales sanitarios ha provocado que se hayan desarrollado diversas aplicaciones con el fin de mejorar estos sistemas (Mosa, Yoo, y Sheets, 2012). En la Figura 2 se puede apreciar que las más utilizadas por profesionales son las de diagnóstico de enfermedades, referencias de medicamentos y calculadoras médicas.

Hay estudios que valoran el uso de dispositivos móviles y ordenadores portátiles en la educación en medicina (Briscoe et al., 2006; Grasso, Yen, y Mintz, 2006). E investigaciones sobre e-Learning han demostrado la eficacia de estas tecnologías (Cook, 2009).

En (Davies et al., 2012) se realizó un estudio para conocer como, estudiantes de medicina, usaban dispositivos móviles para mejorar su aprendizaje. El 78% de los encuestados tenía un ordenador personal (302 estudiantes de un total de 387). El 38% ya disponía de un dispositivo móvil. Las impresiones fueron que utilizar estos dispositivos en la educación médica sería de utilidad dado el acceso y movilidad casi instantáneos. El 98% indicó que le gustaría que la iniciativa continuara en sus Escuelas. El Smartphone es adecuado para el e-Learning dado que su uso se puede distribuir a través de las redes telefónicas (i.e. alternativa a las clásicas redes de ordenadores en países en desarrollo).

3 Arquitectura del sistema

3.1 Componentes del sistema

La aplicación móvil que hemos desarrollado¹², permite al usuario procesar un texto médico (principalmente casos clínicos, y orientado a su uso por estudiantes de medicina) utilizando un sistema cross-lingüe de extracción de conceptos y acceso inteligente a la información (CLEiM, disponible en ¹³). Este sistema es la evolución de una versión monolingüe presentada en otros trabajos (Aparicio et al., 2011; Aparicio et al. 2012).

El sistema tiene una arquitectura diseñada de forma que facilita la integración de nuevos componentes (Aparicio et al., 2011). Los módulos principales de esta arquitectura son los siguientes:

Módulo de acceso: módulo en el que se encuentran las diferentes herramientas con las que acceder al sistema, mediante el protocolo HTTP, ya sea a través de la interfaz o de servicios Web. Además, comunica los módulos de procesamiento del lenguaje natural y de búsqueda, explicados a continuación.

Módulo de procesamiento de lenguaje natural: módulo que, empleando librerías de GATE¹⁴ y servicios de anotación del NCBO¹⁵, procesa el texto introducido extrayendo los conceptos.

Módulo de recuperación de información: módulo que gestiona los conceptos en tiempo de ejecución en el módulo anterior, para optimizar la ejecución online.

Módulo de búsqueda de la información: módulo que suministra las fuentes en las que se realiza la búsqueda de información de los conceptos extraídos tras procesar el texto. Hasta la fecha, las fuentes empleadas son Freebase, MedlinePlus y PubMed.

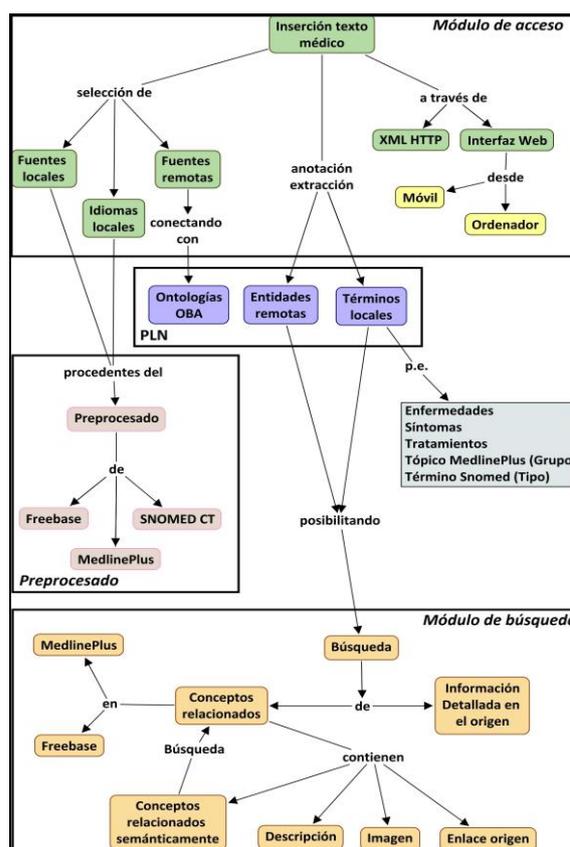


Figura 3: Relaciones entre los elementos principales de la arquitectura del sistema y funcionalidades

¹² orion.esp.uem.es/Mobile

¹³ cleim.sourceforge.net

¹⁴ gate.ac.uk

¹⁵ www.bioontology.org

En la adaptación se ha mantenido esta arquitectura, incorporando al módulo de acceso un componente nuevo, consistente en páginas jsp y servlets, que generan las distintas funciones de la interfaz accesibles desde dispositivos móviles. Además, este componente integra un reconocimiento óptico de caracteres (OCR), explicado en detalle en el apartado 3.3.

La interfaz de la aplicación web ha sido desarrollada utilizando el framework orientado a dispositivos móviles JQuery Mobile¹⁶. Para el acceso a la cámara del dispositivo se usa la extensión HTML Media Capture¹⁷ de HTML5, realizándose el procesado de la imagen y el texto en el servidor. En la Figura 3 se detallan las funcionalidades del sistema una vez realizada la adaptación.

3.2 Análisis semántico

El sistema tiene como objetivo principal analizar casos clínicos, extrayendo los conceptos médicos relevantes y mostrando información relacionada a través de ontologías. Un caso clínico, según (Real Academia Nacional de Medicina, 2012), es la descripción ordenada tanto de los acontecimientos que le ocurren a un paciente en el curso de una enfermedad, como de los datos complementarios proporcionados por los procedimientos diagnósticos, el curso del razonamiento clínico, la conclusión diagnóstica, el tratamiento empleado y la evolución del enfermo. El uso de casos clínicos es muy común en la educación en medicina, dado que permite demostrar la aplicación de conceptos teóricos, por lo que el desarrollo de una herramienta que permita un análisis de los mismos, supone una gran ayuda para el proceso de aprendizaje. La principal fuente de casos clínicos empleada en nuestras evaluaciones del sistema y en evaluaciones con usuarios está disponible en la escuela de medicina de la Universidad de Pittsburgh¹⁸.

En los últimos años se han desarrollado diversas ontologías biomédicas, como GO (Gene Ontology), UMLS (Unified Medical Language System) o SNOMED.CT (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms) (Muñoz et al., 2012). Además, el NCBO está trabajando en herramientas y servicios para el uso con estas ontologías.

En este sistema se han empleado, principalmente, dos fuentes de información: Medlineplus como fuente con contenido más formal, y Freebase como fuente con contenido menos formal. Para la información de publicaciones científicas se ha empleado PubMed, dado que es una de las fuentes más utilizadas en la actualidad.

El incluir Freebase como fuente a pesar de disponer de un contenido menos formal que Medlineplus se debe a que es una base de datos colaborativa donde la información almacenada se encuentra estructurada, agrupada por dominios (entre ellos el de medicina) e identificada por tipos, y propiedades, como pueden ser, en el caso de la medicina, “disease”, “symptoms”, “treatments”, “risk factors”, etc. (Aparicio et al., 2011). Además, la calidad de esta información es alta, y está disponible en varios idiomas. Se ha utilizado Freebase para la obtención de listas de conceptos que son pre-procesados antes de ser utilizados por el componente Gazetteer del sistema ANNIE incluido en GATE.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta en el desarrollo de este sistema es la recuperación de información cross-lingüe (CLIR), relacionada con la recuperación de información en diferentes idiomas. Dado que las ontologías permiten el almacenamiento de datos en diferentes idiomas, conectando los conceptos mediante meta-información, las convierte en una herramienta muy útil para desarrollar sistemas cross-lingüe, como sucede con Freebase y Medlineplus.

Respecto al procesamiento del texto de los casos clínicos en Español e Inglés, un elemento relevante en nuestro sistema es la forma de obtención de la terminología en Español e Inglés con que se ha construido el analizador basado en GATE. Por un lado, la información es extraída de Freebase realizando una consulta MQL a través de una clase Java, cuya respuesta está en formato JSON y, cada tipo (enfermedad, síntoma o tratamiento), es solicitado tanto en Inglés como en Español, disponible en el sistema. Por otro lado, la información de Medlineplus está disponible en ambos idiomas. Nuestro componente Java procesa el XML que devuelve al realizar una petición HTTP, en el que se indica el idioma de la información.

¹⁶ jquerymobile.com

¹⁷ dev.w3.org/2009/dap/camera

¹⁸ path.upmc.edu/cases.html

3.3 Procesamiento de imágenes

En el sistema hemos incorporado también la funcionalidad de procesar el texto a través de imágenes. El usuario puede hacer una fotografía o captura de pantalla del texto y directamente extraer y navegar por los conceptos clave.

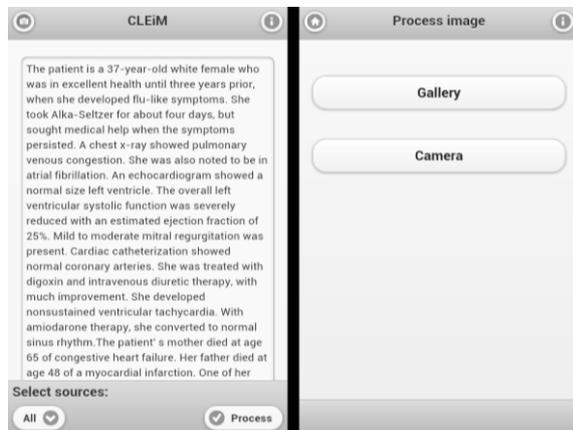


Figura 4: Páginas para enviar el texto al sistema.

Existen diversos sistemas OCR: páginas web en las que un usuario sube una imagen y se muestra el texto contenido en ella, servicios API para utilizar el OCR desde una aplicación propia o aplicaciones de escritorio. El software integrado en nuestro sistema es el motor tesseract-ocr de Google (distribuido bajo la licencia de Apache). El procesamiento es rápido (1 segundo para imágenes a color y 0.82 para imágenes en escala de grises) y tiene una tasa de acierto del 61% para imágenes de color y del 70% para imágenes en escala de grises, según se probó en (Patel, Patel, y Patel, 2012). Además, da soporte a diversos idiomas, aunque en nuestro caso solo precisemos de los paquetes de inglés y español.

4 Métodos de acceso y caso de uso

El sistema ha sido pensado para el uso en estudiantes de medicina. Concretamente para extraer información de casos clínicos, muy empleados en la educación de esta disciplina.

Para valorar su utilidad en este escenario de aplicación, se realizó una evaluación del sistema con 60 estudiantes de segundo grado en medicina, realizando un cuestionario de preguntas de tipo test, relacionadas con un caso clínico seleccionado previamente, con el que se midió cuantitativamente los conocimientos

adquiridos por los estudiantes tras realizar la prueba. Los resultados de esta evaluación se pueden encontrar detallados en (Aparicio et al., 2012). Esta prueba se realizó con una versión del sistema CLEiM monolingüe, en inglés y con una interfaz inicial orientada a ordenadores de sobremesa.

La versión actual del sistema, realiza la recuperación de información cross-lingüe a través de textos o imágenes en español e inglés.

La aplicación permite escribir o pegar un texto directamente del portapapeles, seleccionar la fuente de procesamiento (Freebase y/o Medline Plus para esta versión) y enviar dicho texto al servidor para realizar la extracción de conceptos médicos. También dispone de la opción de seleccionar una imagen de la galería o acceder a la cámara del dispositivo para tomar dicha imagen en el momento (ver Figura 4).

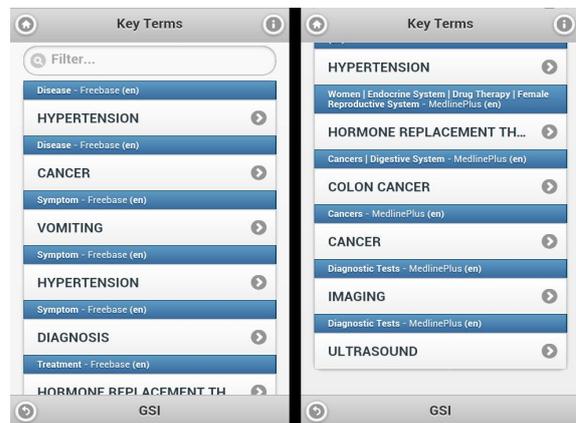


Figura 5: Página de listado de conceptos extraídos del texto.

Una vez procesado el texto en el servidor, se muestra el listado de conceptos extraídos (ver Figura 5), indicando la fuente de procedencia de la información y el tipo (síntoma, tratamiento o enfermedad, en el caso de Freebase).

Si es seleccionado un concepto cuya fuente es Freebase (que en el momento actual, no dispone de interfaz móvil) se muestra un listado de conceptos (enfermedades, tratamientos y síntomas) relacionados con el concepto seleccionado, incluyendo una imagen, y pudiendo acceder a información detallada de cada uno (ver Figura 6).

La información del concepto varía en función de si se trata de una enfermedad, un síntoma o un tratamiento. Si el concepto seleccionado procede de la fuente MedlinePlus, el listado de conceptos no incluye imagen y la

información detallada es distinta, enlazándose también un listado de publicaciones relacionadas y extraídas de PubMed, como se observa en la Figura 7.

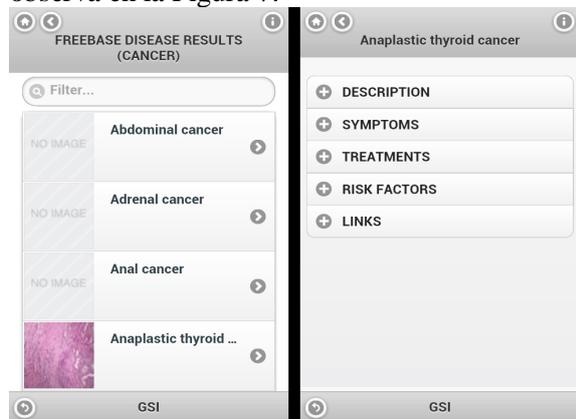


Figura 6: Listado de conceptos de Freebase e información detallada de una enfermedad.

5 Conclusiones y trabajo futuro

El aprovechamiento de, por un lado, la gran cantidad de información biomédica disponible y, por otro lado, la mejora de los algoritmos y herramientas para la extracción de información a partir de textos escritos en lenguaje natural, puede dar lugar a aplicaciones que tengan una utilidad para usuarios finales en diferentes contextos, tal y como puede ser el educativo o los servicios de salud para médicos y pacientes. Además, dado que esta proliferación también se está dando en otros dominios de conocimiento, el uso de estructuras para el almacenamiento de los datos como las ontologías, puede facilitar la extensión de estas aplicaciones a otros campos y usuarios.

En este artículo se ha presentado una aplicación que permite el acceso a diferentes recursos médicos, a partir de un texto médico introducido desde un dispositivo móvil, incorporando además un OCR para facilitar la introducción del texto al usuario a través de la cámara. La obtención de estos conceptos está basada tanto en terminologías preprocesadas a partir de diccionarios existentes y recursos ontológicos, así como de servicios Web que proporcionan anotaciones en tiempo real.

Para trabajos futuros, estamos trabajando fundamentalmente en las siguientes direcciones: se están elaborando nuevas evaluaciones con usuarios que hagan uso de sus dispositivos móviles; se está estudiando la aplicación de

nuevas técnicas de procesado del texto y la incorporación de nuevos recursos, manteniendo la capacidad del sistema para dar respuestas en línea; por último, se está valorando la incorporación de elementos de procesado en los sistemas móviles, así como el desarrollo de aplicaciones instalables que posibiliten la distribución de los componentes entre el sistema móvil y el servidor.

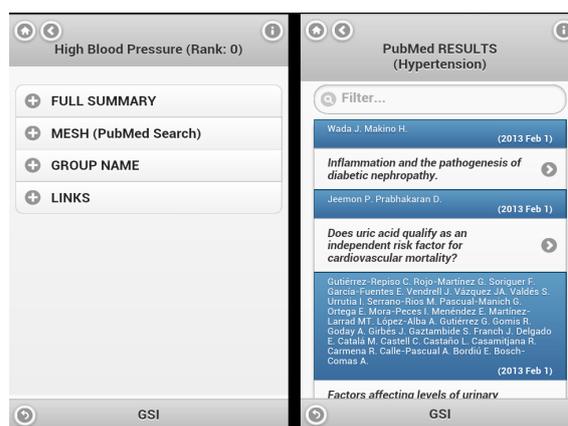


Figura 7: Páginas de información de Medline Plus y de publicaciones de PubMed

Referencias bibliográficas

- Aparicio, F., Buenaga, M., Rubio, M., Hernando, M. A., Gachet, D., Puertas, E., y Giráldez, I. (2011). TMT: A tool to guide users in finding information on clinical texts. *Procesamiento de Lenguaje Natural*, 46(0), 27-34.
- Aparicio, F., Buenaga, M., Rubio, M., y Hernando, A. (2012). An intelligent information access system assisting a case based learning methodology evaluated in higher education with medical students. *Computers & Education*, 58(4), 1282-1295.
- Armano, G., Gemmis, M., Semerano, G., y Vargiu, E. (2010). *Intelligent Information Access*. Springer.
- Briscoe, G. W., Fore Arcand, L. G., Lin, T., Johnson, J., Rai, A., y Kollins, K. (2006). Students' and residents' perceptions regarding technology in medical training. *Academic psychiatry: the journal of the American Association of Directors of Psychiatric Residency Training and the Association for Academic Psychiatry*, 30(6), 470-479.

- Buenaga, M., Gachet, D., Maña, M. J., Villa, M. y Mata, J. (2008), Clustering and Summarizing Medical Documents to Improve Mobile Retrieval, *ACM-SIGIR 2008 Workshop on Mobile Information Retrieval*, 4(2), 54-57.
- Burdette, S. D., Herchline, T. E., y Oehler, R. (2008). Practicing Medicine in a Technological Age: Using Smartphones in Clinical Practice. *Clinical Infectious Diseases*, 47(1), 117-122.
- Choi, I., Rho, S., Jeong, Y.-S., y Kim, M. (2011). Relation Extraction from Documents for the Automatic Construction of Ontologies. En J. J. Park, L. T. Yang, & C. Lee (eds.), *Future Information Technology* (pp. 21-28). Springer Berlin Heidelberg.
- Cook, D. A. (2009). The failure of e-learning research to inform educational practice, and what we can do about it. *Medical teacher*, 31(2), 158-162.
- Davies, B., Rafique, J., Vincent, T., Fairclough, J., Packer, M., Vincent, R., y Haq, I. (2012). Mobile Medical Education (MoMED) - how mobile information resources contribute to learning for undergraduate clinical students - a mixed methods study. *BMC Medical Education*, 12(1), 1.
- Embley, D. W., Liddle, S. W., Lonsdale, D. W., y Tijerino, Y. (2011). Multilingual Ontologies for Cross-Language Information Extraction and Semantic Search. En M. Jausfeld, L. Delcambre, & T.-W. Ling (eds.), *Conceptual Modeling – ER 2011* (pp. 147-160). Springer Berlin Heidelberg.
- Goker, A., y Davies, J. (2009). *Information Retrieval: Searching in the 21st Century*. John Wiley & Sons.
- Gracia, J., Montiel-Ponsoda, E., Cimiano, P., Gómez-Pérez, A., Buitelaar, P., y McCrae, J. (2012). Challenges for the multilingual Web of Data. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 11(0), 63-71.
- Junglas, I., Abraham, C., y Ives, B. (2009). Mobile technology at the frontlines of patient care: Understanding fit and human drives in utilization decisions and performance. *Decis. Support Syst.*, 46(3), 634-647.
- Karkaletsis, V., Fragkou, P., Petasis, G., y Iosif, E. (2011). Ontology Based Information Extraction from Text. En G. Paliouras, C. D. Spyropoulos, & G. Tsatsaronis (eds.), *Knowledge-Driven Multimedia Information Extraction and Ontology Evolution* (Vol. 6050, pp. 89-109). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Martín-Valdivia, M. T., Montejo-Ráez, A., Díaz-Galiano, M. C., Perea Ortega, J. M., y Ureña-López, L. A. (2009). Expanding Terms with Medical Ontologies to Improve a Multi-Label Text Categorization System. In V. Prince, & M. Roche (Eds.), *Information Retrieval in Biomedicine: Natural Language Processing for Knowledge Integration* (pp. 38-57). Hershey, PA: Medical Information Science Reference.
- Mosa, A. S. M., Yoo, I., y Sheets, L. (2012). A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 12(1), 67.
- Muñoz, R., Aparicio, F., y Buenaga, M. (2012). Sistema de Acceso a la Información basado en conceptos utilizando Freebase en Español-Inglés sobre el dominio Médico y Turístico. *Procesamiento de Lenguaje Natural*, 49(0), 29-38.
- Patel, C., Patel, A., y Patel, D. (2012). Optical Character Recognition by Open source OCR Tool Tesseract: A Case Study. *International Journal of Computer Applications*, 55(10), 50-56.
- Real Academia Nacional de Medicina. (2012). *Diccionario de Términos Médicos*. Madrid: Panamericana.
- Sellami, Z., Camps, V., Aussenac-Gilles, N., y Rougemaille, S. (2011). Ontology Co-construction with an Adaptive Multi-Agent System: Principles and Case-Study. En A. Fred, J. L. G. Dietz, K. Liu, & J. Filipe (eds.), *Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management* (pp. 237-248). Springer Berlin Heidelberg.
- Wu, R. C., Morra, D., Quan, S., Lai, S., Zanjani, S., Abrams, H., y Rossos, P. G. (2010). The use of smartphones for clinical communication on internal medicine wards. *Journal of Hospital Medicine*, 5(9), 553-559.