

**PROPUESTA DE CREACION
DE UN INSTITUTO UNIVERSITARIO DE
INVESTIGACION
DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA:**

**Instituto de Investigación de
Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones Orientadas
(INTICO)**

Palabras Claves:

ICT for the knowledge society; ICT for accessibility, ageing and social integration; ICT for sustainable and interoperable health services; ICT for health care quality management; Supporting sustainable growth; Intelligent Car; ICT for environmental management and sustainability; ICT for independent living and inclusion of citizens; ICT for quality life; ICT and E-science, ICT applied to science of earth and life, ICT in biology and genetics.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
1.1.- MISIÓN	4
1.2.- VISIÓN	5
1.3.- VALORES	5
1.4.- INTICO Y SU CONTEXTO	5
2.- OBJETIVOS ESTRATEGICOS DEL INSTITUTO	6
2.1.- INVESTIGACIÓN BÁSICA	9
2.2.- INVESTIGACIÓN ORIENTADA.....	10
2.3.- INVESTIGACIÓN APLICADA	10
2.3.1.- <i>eHealth</i>	11
2.3.2.- <i>Sistemas DE MEJORA A LA CONDICIONES DE VIDA</i>	11
2.3.3.- <i>Vehicle Tracking System</i>	11
2.3.4.- <i>Water Management Support</i>	12
2.4.- ESTRUCTURA DEL INSTITUTO	12
3.- JUSTIFICACIÓN DEL INTERÉS DE SU CREACIÓN	13
4.- GRUPOS DE INVESTIGACIÓN	15
4.1.- GRUPO AIKE: ARTIFICIAL INTELLIGENCE & KNOWLEDGE ENGINEERING.....	15
4.1.1.- <i>DESCRIPCIÓN</i>	15
4.1.2.- <i>INVESTIGACIÓN</i>	16
4.1.3.- <i>PROYECCIÓN</i>	18
4.1.4.- <i>OBJETIVOS ESTRATÉGICOS</i>	19
4.1.5.- <i>REFERENCIAS</i>	20
4.2.- GRUPO SISTEMAS INTELIGENTES Y TELEMÁTICA	21
4.2.1.- <i>DESCRIPCIÓN</i>	21
4.2.2.- <i>INVESTIGACIÓN</i>	23
4.2.3.- <i>PROYECCIÓN</i>	27
4.2.4.- <i>OBJETIVOS ESTRATÉGICOS</i>	29
4.2.5.- <i>REFERENCIAS</i>	31
4.3.- GRUPO GENÓMICA Y BIOTECNOLOGÍA MOLECULAR DE HONGOS.....	32
4.3.1.- <i>DESCRIPCIÓN</i>	32
4.3.4. <i>OBJETIVOS ESTRATÉGICOS</i>	35
5.- TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	37
5.1.- CONTRATOS	37
5.2.- EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA.....	39
5.3.- PATENTES SIN EXPLOTACIÓN COMERCIAL	40
5.4.- PATENTES EN EXPLOTACIÓN	40
6.- INFRAESTRUCTURA ACTUALMENTE DISPONIBLE	41
6.1.- EQUIPAMIENTO ESPECÍFICOS PARA I+D FINANCIADOS POR FONDOS FEDER	41
7.- HISTORIAL DE LOS GRUPOS EN LOS ULTIMOS CINCO AÑOS	41
8.- RELACIÓN DE MIEMBROS.....	43
9.- PROYECTO DE REGLAMENTO DE RÉGIMEN INTERNO.....	45
9.1.- ÓRGANOS DE GOBIERNO.....	45

10.- PROGRAMACIÓN PLURIANUAL Y PREVISIÓN DE RELACIONES DE INTERCAMBIO	45
10.1.- PLANIFICACIÓN PLURIANUAL.....	45
11.- MEMORIA ECONÓMICA.....	77

1.- INTRODUCCIÓN

El desarrollo en los últimos años de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ha permitido que cada vez sean más los ámbitos en los que su aplicación se hace inevitable, tanto para obtener mejoras sustanciales en la calidad de vida de los ciudadanos, como para posibilitar la modernización y aumento de productividad del tejido industrial.

La mejora de la competitividad en todo el mundo, pero en especial en Europa, y dentro de ésta, en España y en la Región de Murcia, pasa necesariamente por ser capaz de integrar en los procesos productivos y en el entorno social las ventajas que las nuevas tecnologías informáticas y las comunicaciones ofrecen como fuente de nuevas oportunidades.

A este hecho no es ajena la Comisión Europea, que desea reforzar la cohesión social, económica y territorial merced a la consecución de una sociedad europea de la información basada en el uso de las TIC para alcanzar, de una manera lo más rápida posible, los objetivos de pleno empleo y de una Sociedad del Conocimiento plena. Las TICs permitirán fomentar el crecimiento y el empleo de una manera compatible con el desarrollo sostenible, y permitirán también la mejora de los servicios públicos y de la calidad de vida. Para lograr el objetivo de una sociedad de la información que sea incluyente, ofrezca servicios públicos de gran calidad y promueva la calidad de vida, la Comisión propone, entre otras acciones¹:

- Publicar unas orientaciones políticas sobre accesibilidad electrónica ([e-accesibilidad](#)) y cobertura de la banda ancha con el fin de facilitar la utilización de los sistemas TIC por un mayor número de personas (2005);
- Proponer una iniciativa europea sobre inclusión digital (e-inclusión) que aborde la igualdad de oportunidades, la cualificación en materia de TIC y las fracturas regionales (2008);
- Adoptar un plan de acción sobre administración electrónica (e-administración) y orientaciones estratégicas de los servicios públicos basados en las TIC (2006). Pondrá en marcha proyectos de demostración para someter a prueba, a escala operativa, soluciones tecnológicas, jurídicas y organizativas que permitan ofrecer servicios públicos en línea (2007);
- Establecer, como primer paso, tres «iniciativas insignia» sobre el tema de las TIC y la calidad de vida: la atención a las personas en una sociedad que envejece, el transporte seguro y limpio, y concretamente el [automóvil inteligente](#), y las [bibliotecas digitales](#), con idea de fomentar la diversidad cultural (2007).

¹ <http://www.cosce.org/crece4.htm>

Dentro de este contexto, donde las TIC, y sobre todo su aplicación en el día a día de la vida de los ciudadanos en diversos ámbitos desempeña un papel primordial, se considera que un paso obligado es incentivar, dentro de las instituciones de investigación, la creación de «centros virtuales de excelencia», en forma de asociaciones sólidas y duraderas con la industria, que vayan más allá de la habitual cooperación basada en proyectos concretos. Centros de investigación, que además deben crearse bajo un enfoque multidisciplinar que permita abordar grandes retos concretos, más que cubrir ámbitos muy extenso de la investigación, y que puedan ser centros no sólo de investigación, sino también de formación y divulgación.²

Es desde este enfoque donde situamos la presente **propuesta de creación** del denominado *Instituto de Investigación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Orientadas (INTICO)*. Esta propuesta se enmarca en la **modalidad** de institutos universitarios propios de la UMU.

La **finalidad** del instituto es proporcionar una estructura compartida, integrada por investigadores procedentes de distintas áreas de conocimiento, que permita aunar capacidades de investigación y gestión, incluidas la transferencia de conocimientos, la captación de recursos externos para la investigación, la capitalización del conocimiento generado en la UMU, la formación avanzada, la divulgación científica y, en general, el desarrollo de una investigación de calidad basada en la creación de sinergias entre los grupos integrantes y en la superación de un umbral de masa crítica que permita abordar proyectos de gran envergadura.

Su **ámbito de actuación** y objetivos son los siguientes

- Se orienta como ámbito básico y pilar, en la investigación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en especial en Redes, Inteligencia Artificial, Electrónica y Señales y Seguridad.
- Al tiempo se propone la investigación aplicada de las TICs en áreas de investigación de relieve en la UMU y que permitirían crear nuevos ámbitos de investigación conjuntos como Bioinformática, así como otras áreas de sinergias que se detecten.
- Finalmente se orienta la investigación hacia la aplicación de las TIC en tres de los pilares fundamentales de la Sociedad del Conocimiento, que tienen un alto impacto sobre la calidad de vida de los ciudadanos y un especial interés para la Región de Murcia: Salud y Sistemas asistidos, Transporte, y Sostenibilidad en recursos energéticos y naturales.

1.1.- MISIÓN

INTICO investiga y desarrolla nuevas tecnologías para facilitar la vida diaria de los ciudadanos. Estará centrado en Redes, Seguridad, Inteligencia Artificial y Electrónica y Procesamiento de Señal y estudiará diferentes líneas de investigación para obtener resultados explotables.

² <http://research.microsoft.com/t.owards2020science/downloads.htm>

El Instituto actuará como un Acelerador del Conocimiento donde investigadores locales y externos continuarán sus carreras con el apoyo de Doctores y Profesores de dilatada experiencia.

Como una última fase del proceso de innovación, INTICO potenciará y ayudará a jóvenes emprendedores a lanzar empresas provenientes del trabajo realizado en el centro.

Este esfuerzo estará destinado tanto a la Universidad como a la Empresa. En primer lugar, científicos e investigadores que busquen una mejora importante en su carrera así como transformar sus investigaciones en patentes y productos. Por último, a aquellas compañías que deseen mejorar sus productividad y rentabilidad con el soporte de las nuevas tecnologías.

El instituto será único por contar con cuatro pilares esenciales, los cuales están entre los más importantes y mejor situados para definir el ICT del futuro. Además, sus Investigadores Principales atesoran decenas de años de experiencia en el campo de la investigación y son unos de los grupos más activos de España a la hora de obtener financiación externa.

1.2.- VISIÓN

El Instituto quiere crear una carrera sólida para Investigadores y Doctores y potenciar la unión entre Universidad y Empresa.

El Instituto quiere motivar a los Investigadores y que sean conscientes de que pueden producir, influenciar y crear el Futuro y llevar la Investigación más allá de la Universidad.

El Instituto quiere que la Industria cuente con la Universidad para mejorar su productividad y trabajo.

El Instituto quiere aprovechar el proceso de convergencia de la Región de Murcia y contribuir a su evolución y el cambio de los modelos económicos a otros basados en las tecnologías y el valor añadido que estas ofrecen.

1.3.- VALORES

Estableceremos cinco valores principales para INTICO, sobre los que basar su investigación y formación:

- Excelencia en la Investigación. Trabajar para la Calidad, se único y otros te seguirán.
- Pensamiento Creativo. Piensa de forma diferente, los cambios son bienvenidos, no hacer algo es mucho peor que comenzarlo y fracasar.
- Trabajo en Equipo. Potenciar los proyectos con otros departamentos y centros de investigación.
- Promover proyectos globales. Tanto para potenciar la Región de Murcia como cualquier parte del mundo.
- Investigar para Innovar. No olvidar que la investigación tiene que producir innovación y transferencia tecnológica.

1.4.- INTICO Y SU CONTEXTO

INTICO tendrá un gran alcance, estando en contacto con decenas de instituciones y centros de investigación tanto a nivel local y nacional como europeo o de otras partes del mundo.

Dependiendo del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Murcia, INTICO coexistirá con el resto de Institutos de la Universidad como son el del Agua, Óptica, Vejez y Política, buscando sinergias entre todos ellos.

A nivel regional es de destacar en la situación actual, la relación con los centros ICTs como son el OOC y el PHIRZE, con la Fundación Séneca, el CENTIC y el Parque Científico.

Así mismo, es y será importante potenciar las relaciones con otros Institutos de Investigación de todo el mundo para aunar esfuerzos y buscar proyectos de investigación conjuntos. Gracias a estos, será viable la continuidad de INTICO y se podrá recurrir más fácilmente a financiación de organismos públicos como el Ministerio de Ciencia e Innovación o el 7th Framework Programme europeo.

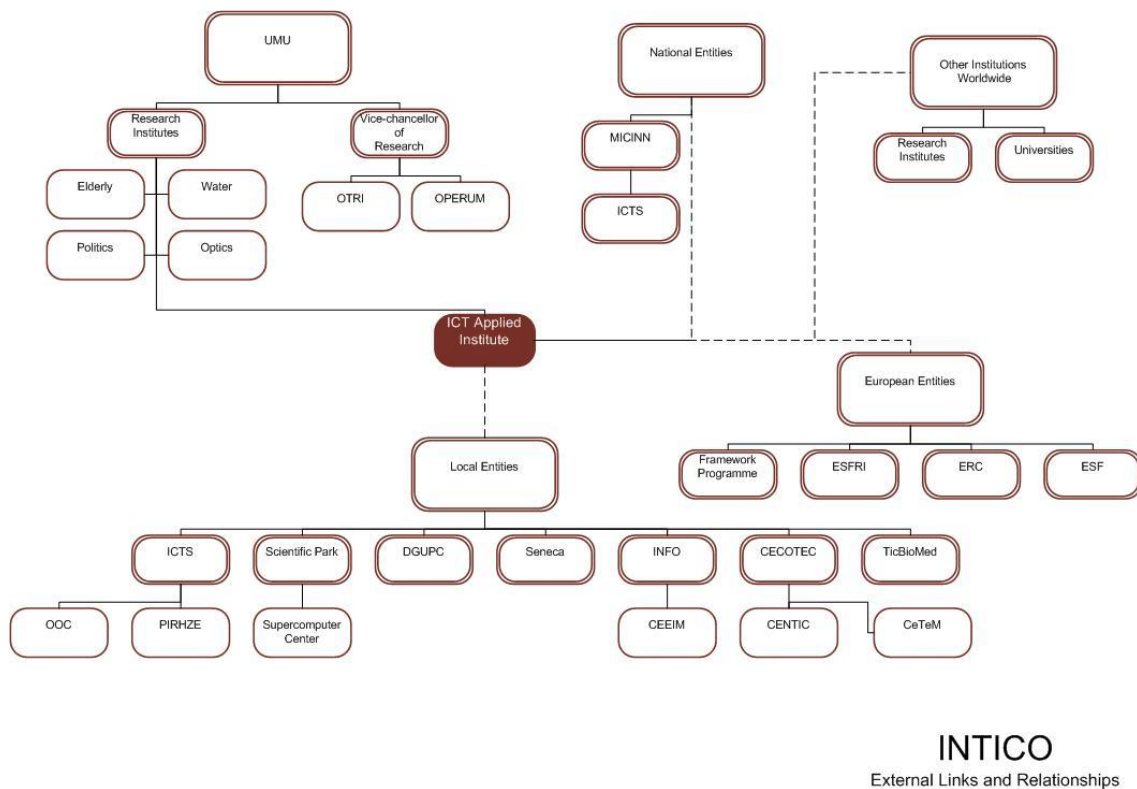


FIGURA 1 INTICO Y SU CONTEXTO

2.- OBJETIVOS ESTRATEGICOS DEL INSTITUTO

Los grupos que se integran en este instituto, llevan años desarrollando investigaciones de gran calidad y relevancia, reflejadas no sólo en las publicaciones, sino también en la participación en proyectos, en los contratos con empresas y en las tesis que se han derivado de estas actividades. Dichas investigaciones han permitido que se hayan desarrollado **tecnologías y soluciones** novedosas en ámbitos como:

- Minería de Datos
- Gestión del conocimiento
- Sistemas inteligentes distribuidos
- Seguridad en redes
- Sistemas móviles
- Sistemas Embebidos
- Soft Computing
- Problemas de Satisfacción de Restricciones
- Razonamiento Temporal
- Biocomputación
- Anotaciones genómicas mediante el uso de las TICs y los sistemas inteligentes
- Redes de sensores y recogida de datos en entornos de las ciencias naturales
- Sistemas inteligentes híbridos

Por otro lado, las posibilidades de aplicación de estos desarrollos tecnológicos en diversos ámbitos de la sociedad - definidos por ejemplo en las líneas estratégicas del VII Programa Marco (FP7) – y sobre todo la idea de centrar la investigación alrededor de las necesidades de los ciudadanos, que al fin y al cabo son los que benefactores reales y primordiales de toda investigación, nos llevan a establecer una serie de **ámbitos de aplicación** de especial interés, que son por tanto, aquellos en los que se centrará la labor del instituto:

- Modernización de sectores estratégicos regionales, como los relativos al uso del agua, regadíos o agricultura, y la gestión sostenible de los recursos medioambientales.
- Desarrollo de soluciones TICs en el ámbito de la Sanidad, especialmente entornos dependientes para telecontrol, telemonitorización y teleasistencia, así como sistemas inteligentes para la gestión del conocimiento médico y el control de la calidad asistencial.
- Diseño de sistemas integrados y embebidos en entornos turísticos, urbanísticos y en general en el entorno del hogar.
- Despliegue de la e-administración y desarrollo del concepto del tele-ciudadano, mediante la mejora de la experiencia y percepción del uso de las TICs, con especial énfasis en la integración social de las personas, eliminando barreras de exclusión.
- Integración de las tecnologías en el ámbito de los vehículos y mejora de la seguridad en el transporte.
- Integración en el ámbito de la biocomputación de las nuevas tecnologías de computación distribuida y de procesamiento de datos inteligentes

- Apoyo a la recogida masiva y sistemática de datos para su tratamiento o modelización de hechos naturales y biológicos

Partiendo de este escenario de tecnologías y aplicaciones, que se ha indicado anteriormente, el Instituto pretende la consecución de los siguientes **objetivos estratégicos**:

- Facilitar la colaboración entre los grupos de investigación actuales para mejorar la coordinación en las investigaciones y aprovechar sinergias en las investigaciones conjuntas, que potencien los resultados que se obtienen actualmente.
- Apoyar las líneas de investigación consolidadas de los grupos de investigación que lo forman, con el objetivo de facilitar el proceso de transferencia tecnológica de los resultados de dicha investigación en los ámbitos anteriormente reseñados.
- Potenciar la aplicabilidad de los resultados que, de forma individual, los grupos de investigación que conformarían el Instituto ya han alcanzado, para que mediante la colaboración entre los grupos, se puedan definir nuevos ámbitos de aplicación.
- Aplicar un plan de vigilancia tecnológica, científica y social que oriente las actividades del instituto en función de lo que la sociedad demanda, el mercado produce y la tecnología y la ciencia proponen.
- Buscar la constitución de marcos de colaboración estables con organismos públicos y privados, para desplegar los resultados obtenidos y aquellos nuevos resultados que puedan surgir en ámbitos concretos de los definidos como propios del instituto.
- Potenciar las actividades de formación avanzada de profesionales y divulgación tecnológica hacia los ciudadanos, tal como los principios de la Sociedad del Conocimiento demandan.

De forma gráfica, la siguiente figura (Figura 2.- Tecnologías y aplicaciones) esquematiza la interacción entre tecnologías a utilizar y ámbitos de aplicación de las mismas, que el instituto pretende potenciar. El **objetivo global**, por tanto, se centra en el desarrollo de soluciones tecnológicas para áreas sociales de gran relevancia en el ámbito de la Región de Murcia y con un claro impacto en la calidad de vida de los ciudadanos.

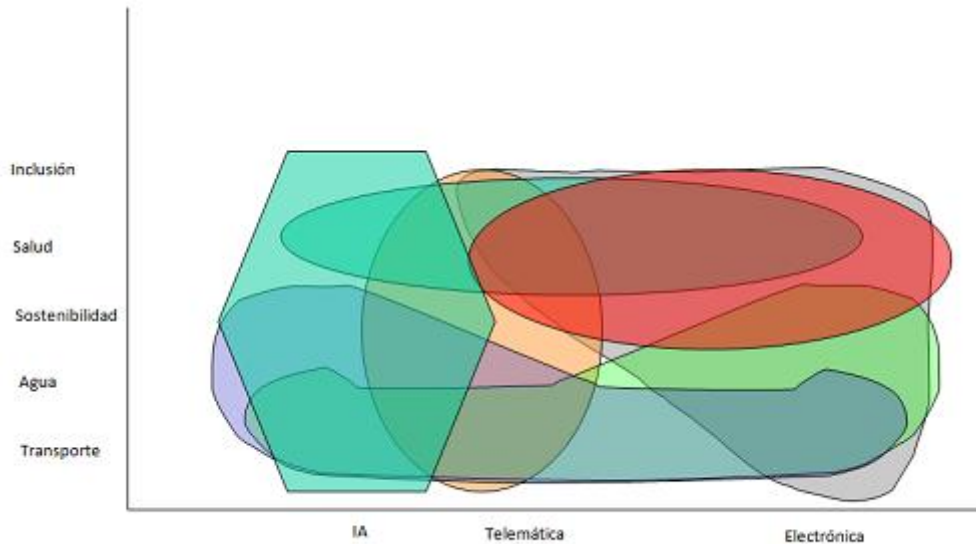


FIGURA 2.- TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

El objetivo del instituto es crear una plataforma de potenciación a nivel regional de las aplicaciones de las TICs en los ámbitos de mayor relieve en el entorno regional. En este sentido se propone que este instituto sea punto de vertebración de las necesidad y las posibilidades que las TIC ofrece a los diferentes proyectos que se están desarrollando en el ámbito regional como son las Infraestructuras Científico-Técnicas Singulares (ICTS) o el proyecto PLEAIDES de la Universidad de Murcia para crear una plataforma de apoyo a la investigación en Ciencias de la Tierra y la Vida.

El instituto INTICO tiene como visión el servir de integrador de las soluciones y la investigación que en el área TIC se puedan realizar para permitir la mejora de las condiciones técnicas y científicas no sólo en las áreas TIC sino en su aplicación en ámbitos de relevancia regional.

Así en las siguientes secciones se describe como se plantea esta visión.

La estructura propuesta establece las diferentes áreas y líneas de Investigación del Instituto.

2.1.- INVESTIGACIÓN BÁSICA

INTICO basará su investigación en cuatro pilares fundamentales correspondientes con los departamentos con base TIC, Redes, Seguridad, Inteligencia Artificial y Electrónica y Proceso de Señal.

Redes, cubre todo el campo de la comunicación de datos y desarrollo de infraestructuras de comunicación.

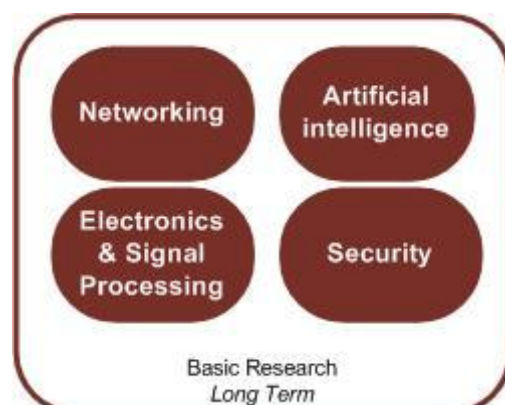


FIGURA 3 INVESTIGACIÓN BÁSICA

Seguridad aplicada a la transferencia de datos e implementa métodos y procedimientos para asegurar cualquier transferencia de datos y conexión.

Inteligencia Artificial interpreta información y toma decisiones dependiendo de los resultados. Una vez medido cualquier evento de nuestra vida, la información almacenada puede ser procesada y hacer a las máquinas reaccionar e imitar el comportamiento humano.

Electrónica y Proceso de Señal estudia la forma en las que las señales son generadas, transferidas y procesadas, desarrollando nuevos sistemas y protocolos.

Esta investigación recibe el nombre de Investigación Básica o Largo Plazo y constituye el núcleo central de las actividades de investigación y sobre la que pivotarán las actividades de generación de nuevo conocimiento y de transferencia tecnológica.

2.2.- INVESTIGACIÓN ORIENTADA

La Investigación Orientada o a Medio Plazo está compuesta por cuatro líneas de investigación, Biomedicina y Bioinformática, Inteligencia Ambiental, Sistemas Incrustados y Redes Inalámbricas y de Sensores. Estas líneas se complementarán con otras que vayan surgiendo según las nuevas tendencias en tecnología así como con el grupo de Genómica. Uno de los objetivos del instituto es permitir el crear nuevas áreas de investigación en colaboración con

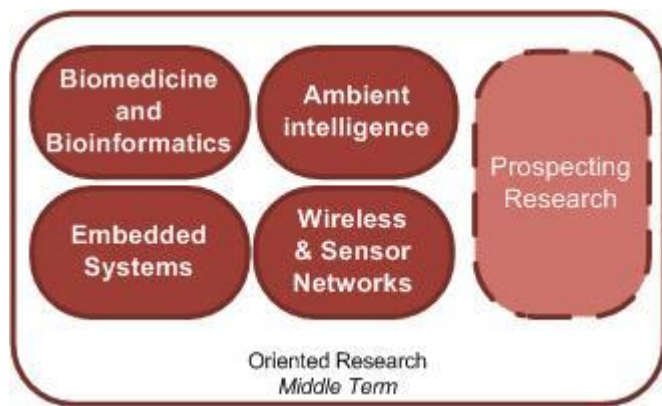


FIGURA 4 INVESTIGACIÓN ORIENTADA

otros grupos de investigación. En este sentido se propone en un primer momento la creación de un ámbito de investigación común con el grupo de Genómica en el ámbito de la Bioinformática, siendo vocación del instituto consolidar en el futuro nuevas áreas dentro del marco de lo que hemos denominado investigación prospectiva.

El detalle de estas líneas de investigación está recogido de forma exhaustiva en el apartado de Grupos de Investigación.

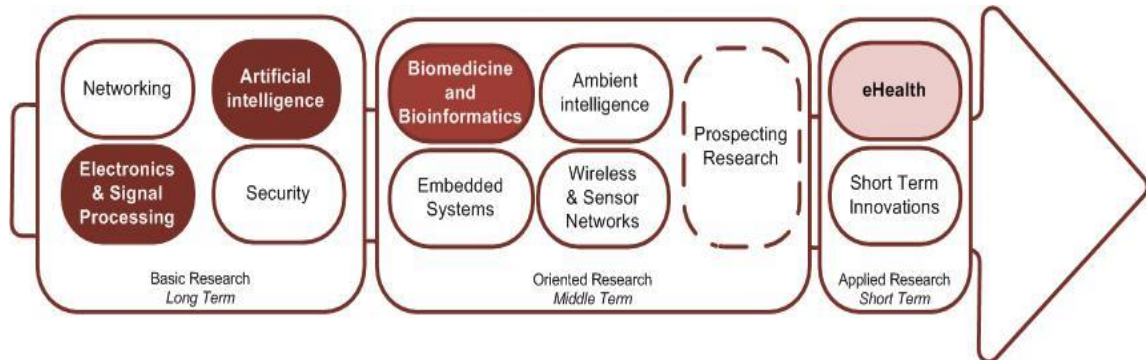
2.3.- INVESTIGACIÓN APLICADA

a Investigación Aplicada o a Corto Plazo está totalmente orientada a la transformación de los desarrollos en productos reales. Los resultados de esta investigación son aquellos que pueden ser implementados y transferidos a la sociedad.

Trabaja de forma activa con la Industria y Spin Offs para poder llevar a cabo estos desarrollos y pasa por ser la más dinámica de todas ya que debe estar completamente actualizada y con productos que satisfagan la demanda real del mercado.

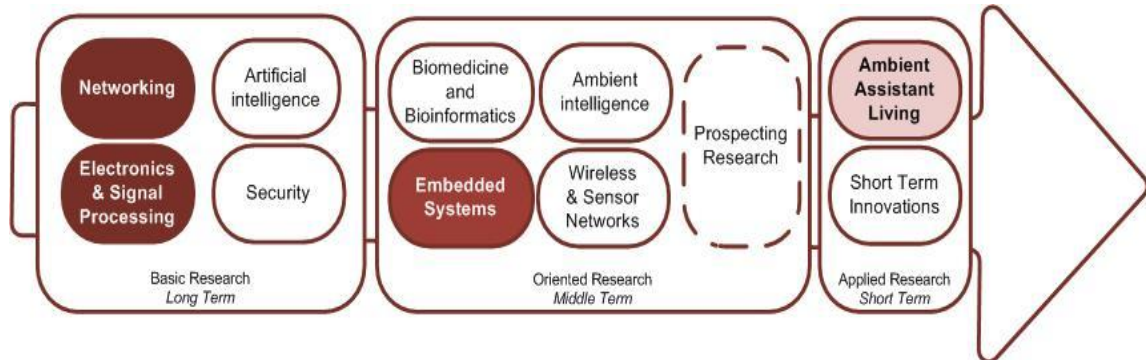
Hasta ahora, los grupos de investigación han conseguido muchos resultados como ya hemos visto anteriormente pero son de destacar las siguientes grandes líneas de investigación aplicada con transferencia definida.

2.3.1.- EHEALTH



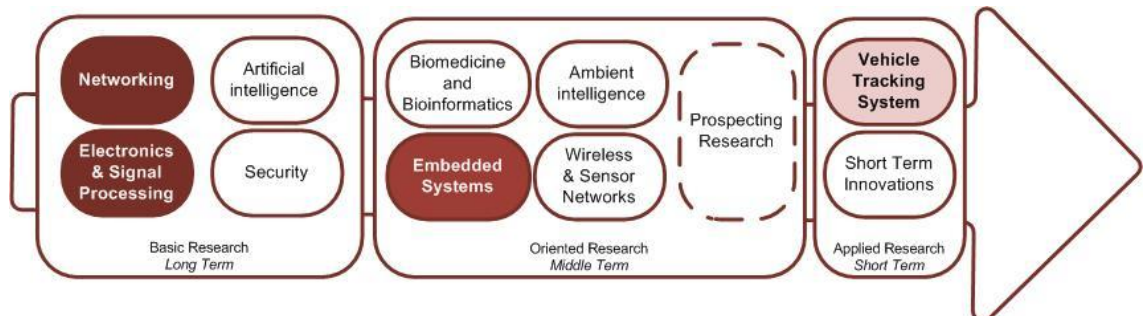
eHealth es el resultado de la combinación de Inteligencia Artificial y Electrónica y Proceso de Señal. Estas dos áreas son los pilares sobre los que se sustenta la línea de Biomedicina y Bioinformática, la cual, tras la fase de investigación y desarrollo ha conseguido producir aplicaciones como la monitorización de constantes vitales y vigilancia de enfermos.

2.3.2.- SISTEMAS DE MEJORA A LA CONDICIONES DE VIDA



Otra aplicación importante desarrollada por los grupos ha sido la integración de soluciones en el ámbito de mejoras en las condiciones de vida en el hogar de personas con necesidades, pero también de control energético y sistemas domóticos. En general se han desarrollado soluciones de telecontrol y telemonitorización incluyendo capacidades de resolución de problemas y toma de decisiones para sistemas en el hogar y edificios.

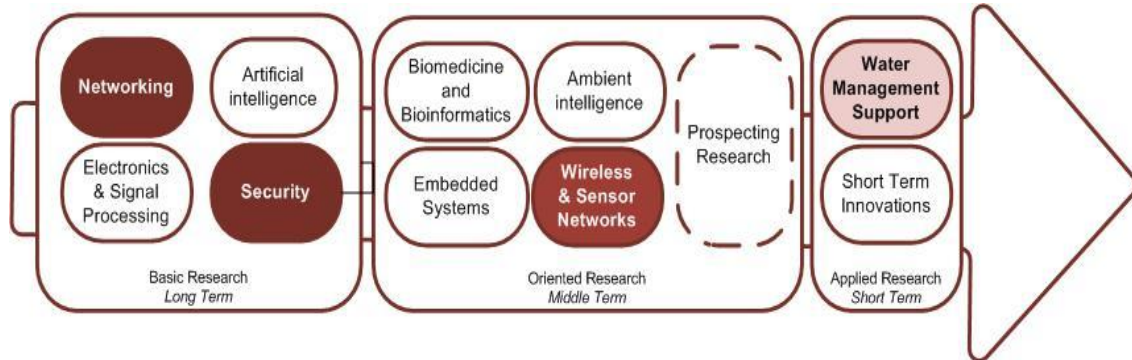
2.3.3.- VEHICLE TRACKING SYSTEM



Otra aplicación importante desarrollada por los grupos han sido las aplicaciones de monitorización de vehículos y del recorrido seguido por los mismos. Una vez más, los

resultados nacen de las sinergias de más de un grupo de investigación, poniendo de manifiesto la importancia del trabajo en equipo.

2.3.4.- WATER MANAGEMENT SUPPORT



En una Región con las condiciones climatológicas de Murcia es vital el control de la utilización del agua y han sido varios los desarrollos al respecto, monitorizando datos de zonas de riego para su posterior procesamiento. Este es uno de los campos de gran relevancia ya que permite incorporar la investigación del instituto dentro del marco de las grandes infraestructuras científicas que se desarrollarán en la región relacionadas con el agua y los entornos marítimos.

2.4.- ESTRUCTURA DEL INSTITUTO

Siendo la Investigación la principal actividad del Instituto, debe sustentarse en una infraestructura y gestión organizativa que soporte el trabajo investigador, su financiación y la transferencia del conocimiento a la sociedad.

La propuesta inicial del Instituto incluye una unidad de Dirección y Administración, otra de Recursos Humanos y una tercera de Gestión de la Innovación.

La unidad de Dirección y Administración incluye la Gestión de Proyectos, la Gestión del Instituto y un Comité Asesor Externo tanto para los temas científicos como para la explotación de resultados.

La unidad de Recursos Humanos será la responsable de buscar financiación y de facilitar el intercambio de conocimiento, entendido este como la atracción de Investigadores al Instituto así como la realización de estancias en otros centros de investigación por el personal de INTICO.

Por último, la unidad de Gestión de la Innovación se encargará de escrutar y monitorizar el mercado en busca de nuevas tendencias tecnológicas para adaptarlas e integrarlas lo antes posible al centro. Por otro lado potenciará la transferencia tecnológica e investigación facilitando la puesta en marcha de aplicaciones y desarrollo de productos. Del mismo modo, se potenciará y animará a investigadores locales a poner en marcha spin offs y compañías con las que explotar los resultados obtenidos.

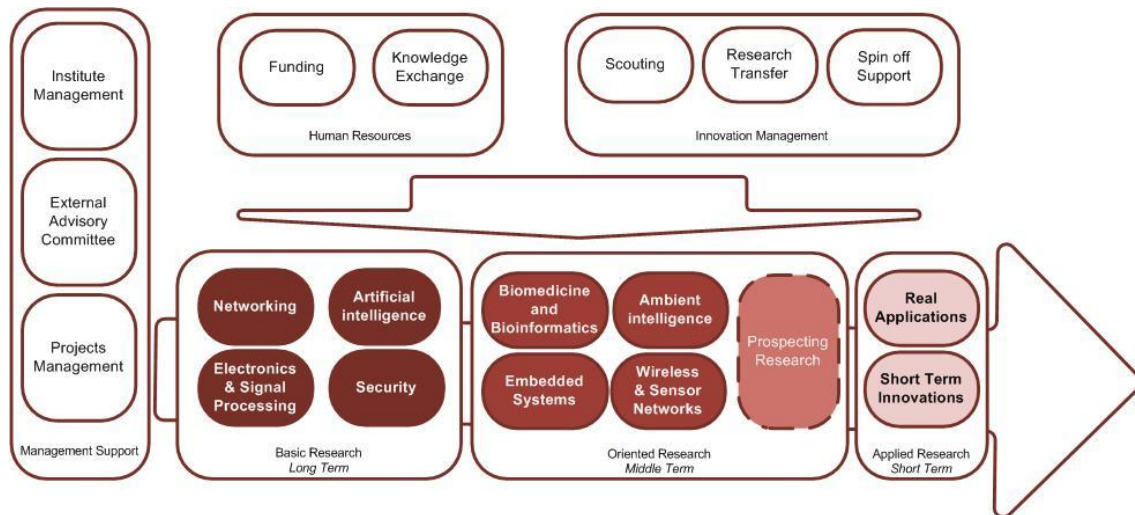


FIGURA 5 ESTRUCTURA DE INTICO

3.- JUSTIFICACIÓN DEL INTERÉS DE SU CREACIÓN

Existen diversos factores que justifican sobradamente la creación del instituto propuesto en esta memoria, que detallamos a continuación.

En primer lugar, el instituto es un marco idóneo para la **integración multidisciplinar** necesaria en este campo de especialización. La aplicación de tecnologías avanzadas de la información y las comunicaciones en los sectores de mayor interés social requiere el esfuerzo combinado, tanto de investigadores especializados en distintas ramas de las TIC, como de investigadores dedicados a los sectores específicos hacia los que se orienta el instituto (salud, inclusión, sostenibilidad, agua y transporte), así como de investigadores en el área de la biocomputación, genómica y biotecnología que aportarán la visión de la aplicación de las TIC en las ciencias de la vida y su posibles usos.

La UMU dispone de profesionales implicados en todas estas facetas de la Sociedad del Conocimiento. La integración multidisciplinar de estos investigadores es un requisito imprescindible para obtener resultados satisfactorios. Sin embargo, el particionamiento en Grupos de Investigación y Departamentos relacionados con campos tan diversos del saber, genera barreras de comunicación que ralentizan la colaboración y la compartición de conocimientos entre ellos.

La creación de una estructura estable e integradora, como la del instituto cuya creación se propone en esta memoria, es, no sólo deseable, sino también una condición necesaria para posibilitar los objetivos previamente planteados.

En segundo lugar, el instituto cuya creación se propone tiene un carácter claramente **especializado**. Su actividad no se dirigirá a todos los rangos de aplicaciones de las TIC, que son múltiples y diversos, sino que se focalizará sólo hacia los campos de aplicación que tienen un mayor impacto sobre la calidad de vida de los ciudadanos. De esta forma, INTICO podrá servir como apoyo y complemento a otros Institutos de Investigación y entidades locales de

investigación para la mejora e implantación de las TIC. En tercer lugar, aunque su principal objetivo final es producir aplicaciones socialmente rentables, esto no quiere decir que las actividades del instituto se vayan a centrar sólo en el desarrollo y la innovación, y no en la investigación. Antes al contrario, para producir aplicaciones novedosas y útiles en campos tan complejos, primero hay que proponer nuevas técnicas, como ya se ha comentado en la sección anterior. Este enfoque está presente en la actividad previa de los grupos informáticos solicitantes, como puede inferirse a partir de los historiales investigadores, y se basa en la idea de una “factoría” de soluciones informáticas, con tres etapas encadenadas: 1) Producción de nuevas técnicas y marcos formales; 2) Desarrollo y evaluación de aplicaciones en fase de prototipo; y 3) Transferencia de resultados hacia el entorno. Este enfoque, que subyace ya en los grupos, es el que se pretende exportar al instituto, cuyas actividades tendrán una fuerte **componente de investigación** teórica, y no sólo aplicada.

En cuarto lugar, la investigación actual en TIC se dirige hacia una **sinergia** “Información + Inteligencia + Ubicuidad”. Esto significa que es necesario aglutinar la experiencia de los investigadores que trabajan más estrechamente en el campo de la Inteligencia Artificial, con la de los grupos más orientados a la Ingeniería Telemática y a las Comunicaciones. Esta sinergia no sólo se quedara dentro de los grupos del Instituto sino que se verá ampliada con otras áreas de Investigación que requieran de las TIC para una mayor productividad, incrementando los resultados obtenidos. En quinto lugar, si se analizan detalladamente los historiales de los grupos pueden observarse, en muchos casos, numerosos indicios de colaboración, tanto en publicaciones conjuntas, como en proyectos de investigación y en adquisición de infraestructuras cofinanciadas. Del grado de cohesión de los grupos informáticos da una idea la movilidad de investigadores en ambos sentidos. Muchos de los investigadores solicitantes ya han pertenecido a otro grupo anteriormente. Esta fluidez viene motivada a veces por la necesidad de personal especializado en proyectos concretos, algo que sería innecesario en el caso del instituto. En resumen, existe una **colaboración real**, que se ha estado prolongando durante años, y que ahora se oficializaría con la creación del instituto. Más aún, esto muestra claramente que las **estructuras actuales** son insuficientes para garantizar la fluidez necesaria en el tipo de proyectos en los que trabajaría el instituto.

Respecto al **interés social, científico y económico** de la creación del instituto, ya se ha hablado de ello en las dos secciones anteriores y no seremos redundantes. Un dato adicional que puede dar cuenta del interés que para la Región de Murcia supone disponer de un instituto de investigación como el que se propone, lo podemos encontrar en la prensa. Recientemente (1/12/07), se presentó en Málaga la creación del Instituto de Innovación para el Bienestar del Ciudadano (I2BC), un nuevo centro dependiente de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, y ubicado en dos sedes, en el Parque Tecnológico de Andalucía (Málaga) y en el Campus de la Salud (Granada). La Región de Murcia debe estar en línea con el desarrollo tecnológico experimentado en el sur del país y contribuir desde una posición de privilegio al cambio tecnológico al que se enfrenta la sociedad, y que obligarán a las administraciones a aplicar nuevas tecnologías a la consecución del bienestar social. La disponibilidad en la UMU de investigadores con una larga experiencia en este campo hace que gran parte del camino esté ya andado. Sólo hace falta crear la estructura necesaria para aglutinar toda esta actividad, el instituto de investigación INTICO, y éste es el momento oportuno para que la Región esté en el grupo de los pioneros ante el despliegue de las TIC aplicadas a la calidad de vida que se avecina.

Finalmente, queremos hacer notar que el instituto proporciona también una vía idónea para capitalizar el conocimiento generado en la UMU y revertirlo en la sociedad. El instituto puede convertirse, no sólo en una cantera de jóvenes investigadores, sino también en una fuente de futuros jóvenes empresarios, con una formación tecnológicamente muy avanzada, pero a la vez sensibles a las demandas de la sociedad.

4.- GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

La consecución de los objetivos planteados no sería posible si no hubiese existido previamente una sólida actividad en una serie de líneas de investigación, que se han desarrollado en el seno de la Universidad de Murcia, y que han permitido generar los conocimientos y los resultados que ahora se pretenden potenciar a través de las labores de coordinación e integración en el marco del instituto. Así pues, el presente instituto se organiza, fundamentalmente, a partir de tres grupos de investigación de la Universidad de Murcia:

- Grupo Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento E096-01
- Grupo Sistemas Inteligentes y Telemática E096-02
- Grupo Genómica y Biotecnología Molecular de Hongos E026-06

En las siguientes secciones se describe la actividad de estos grupos y las líneas de investigación que desarrollan.

4.1.- GRUPO AIKE: ARTIFICIAL INTELLIGENCE & KNOWLEDGE ENGINEERING

4.1.1.- DESCRIPCIÓN

El grupo de investigación “Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento” (AIKE: Artificial Intelligence & Knowledge Engineering), desarrolla actividades de I+D relacionadas con la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial, Softcomputing e Ingeniería y Gestión del Conocimiento a dominios diversos. AIKE tiene una dilatada experiencia en el sector de las TIC aplicadas en Medicina, Agricultura y Medioambiente.

El grupo AIKE se constituyó en 1993, impulsado por Fernando Martín, y ha estado coordinado por José Tomás Palma y Roque Marín, siendo este último el actual investigador responsable del grupo. AIKE está integrado en el Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Murcia. Consta de 22 miembros, incluyendo 11 doctores, dos de ellos médicos especialistas en Medicina Intensiva y Cardiología.

Además de las instalaciones propias del Departamento, como salas de reuniones, seminarios, etc..., el grupo dispone de un laboratorio de investigación (Figura 6.- laboratorio de investigación del grupo aike) en la Facultad de Informática y utiliza un espacio adicional en el

edificio ATICA. Además, en la sala GAIA se albergan equipos fruto de una ayuda FEDER del año 2003-04, obtenida conjuntamente por los grupos AIKE y Sistemas Inteligentes y Telemática.



FIGURA 6.- LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DEL GRUPO AIKE

En cuanto a organización interna, el grupo se estructura en tres ejes: líneas de investigación, proyectos y roles técnico-administrativos. Los dos primeros ejes (líneas y proyectos), conforman una estructura matricial, de manera que los equipos que desarrollan los proyectos se configuran habitualmente con miembros de distintas líneas, en función de la confluencia de objetivos en cada proyecto. Los roles técnico-administrativos son de carácter transversal y asignan a personas concretas las funciones de mantenimiento de la página web del grupo, actualización del historial científico del grupo y gestión interna de la contabilidad de las distintas partidas presupuestarias. Además, en cada proyecto se establece un Jefe Técnico de Proyecto que desarrolla funciones de analista.

4.1.2.- INVESTIGACIÓN

La actividad investigadora del grupo se centra en cinco líneas de investigación:

- Problemas de Satisfacción de Restricciones, Razonamiento Temporal y Análisis Inteligente de Datos
- Computación Evolutiva
- Razonamiento Espacial
- Monitorización y Diagnóstico Inteligente de Equipos Industriales
- Ingeniería del Conocimiento y Aplicaciones Inteligentes

Las tres primeras líneas proporcionan nuevos modelos formales y técnicas, que luego son aplicados en las dos últimas líneas.

En la primera línea, se han desarrollado diversos modelos de restricciones que ofrecen distintas soluciones de compromiso entre expresividad y eficiencia, para representar y gestionar información dependiente del tiempo. Entre ellos destacan un modelo de Redes de Restricciones Temporales Borrosas (FTCN, Fuzzy Temporal Constraints Networks) y varios modelos para gestionar relaciones entre duraciones [1-5]. Un hito en el trabajo del grupo fue el diseño e implementación de un razonador temporal de propósito general (FuzzyTIME: Fuzzy Temporal Information Management Engine), que ha permitido, en una etapa más reciente, integrarlo en aplicaciones prácticas en el campo de la Medicina, donde la gestión de datos que evolucionan a lo largo del tiempo es fundamental. Por otra parte, y dentro de la misma línea, el grupo ha propuesto diversos algoritmos para Minería de Datos Temporales. Algunos de ellos utilizan redes de restricciones para representar los patrones temporales repetitivos descubiertos [6].

En la línea de Computación Evolutiva [7-10], el trabajo se ha centrado en el diseño y validación de algoritmos evolutivos multiobjetivo en problemas de optimización de parámetros reales, optimización borrosa y modelización borrosa. Uno de los resultados es un algoritmo evolutivo multiobjetivo ad-hoc (ENORA) para resolver un amplio conjunto de problemas de optimización borrosa, comprendiendo costos, restricciones y coeficientes difusos. La modelización borrosa se ha enfocado principalmente en el aprendizaje evolutivo de modelos difusos basados en reglas TSK para control y clasificación. Las aplicaciones de esta línea se dirigen hacia el Análisis Inteligente de Datos en Medicina y Medio Ambiente, y hacia la Planificación del Mantenimiento de Equipos.

Por otra parte, en los últimos dos años, el grupo está trasladando su experiencia en la línea del Razonamiento Temporal al campo del Razonamiento Espacial [11-13], dado que ambas líneas comparten formalizaciones y metodologías, tanto en el enfoque algebraico, como en el lógico. El Razonamiento Espacial se está convirtiendo en un campo emergente con aplicaciones muy diversas en Inteligencia Artificial y Sistemas de Información Geográfica. Desde el punto de vista algebraico, el trabajo se centra en el razonamiento espacial cualitativo con relaciones direccionales cardinales, que permiten indicar la posición relativa entre dos regiones en el espacio (Norte, Sur, Este, etc.). Desde el punto de vista lógico, se ha propuesto una nueva lógica modal, SpPNL, para razonamiento espacial con relaciones direccionales. Al tratarse de una línea reciente, el trabajo desarrollado hasta ahora ha tenido un marcado carácter teórico, pero se espera desarrollar aplicaciones en Agricultura y Ecología Mediterránea en breve plazo.

La línea de investigación sobre Monitorización y Diagnóstico Inteligente de Equipos Industriales [14-15] ha dado como resultado diversos trabajos en el campo de aplicación del mantenimiento de equipos en plantas industriales de proceso. Abarca aspectos relacionados con la gestión inteligente de plantas, y el desarrollo de una metodología para la clasificación y planificación de tareas de mantenimiento, así como el desarrollo de interfaces para la gestión y ayuda al diagnóstico, que han dado lugar a contratos de I+D con empresas como SERCOMOSA y General Electrics Plastics.

Finalmente, la línea central del grupo, tanto por antigüedad como por resultados transferibles, es la de Ingeniería del Conocimiento y Aplicaciones Inteligentes, orientada especialmente a las aplicaciones del Razonamiento Temporal en Medicina [16-27]. Algunos de los desarrollos aplicados más recientes son: (1) Un sistema de diagnóstico temporal abductivo basado en un modelo causal; (2) Una arquitectura para la toma de decisiones en Unidades de Cuidados Intensivos; y (3) Herramientas para la adquisición de conocimiento médico temporal y causal. Estos desarrollos se alimentan de modelos propuestos en el marco de la primera línea, como: (1)

Un modelo de abstracción temporal de datos basado en restricciones; (2) Un modelo de razonamiento basado en casos, que utiliza técnicas de similitud temporal para recuperar casos clínicos con evoluciones temporales parecidas; y (3) Algoritmos y modelos para minería de datos temporales

4.1.3.- PROYECCIÓN

Estos nuevos desarrollos se inspiran en un objetivo estratégico general del grupo, consistente en ofrecer un valor añadido a la mera informatización de datos clínicos, a través de la integración de módulos basados en técnicas de Inteligencia Artificial en los Sistemas de Historia Clínica Electrónica (SHCE), que operan a modo de asistentes inteligentes. Como consecuencia, se obtiene una ventaja competitiva, tanto en la mejora de la calidad asistencial, como en la potenciación de las actividades de investigación médica propias de los hospitales universitarios. Algunos proyectos en curso son:

- IDEATIO (TIN2006-15460-C04) (2006-2009). Centrado en la representación computacional de Guías Clínicas y su aplicación en el control de la calidad asistencial.
- Contrato con ASISA (2007-2009), en el marco de un proyecto CDTI, para el desarrollo de una infraestructura para la gestión eficiente de conocimiento médico.
- Contrato con el Hospital Universitario de Getafe (2007), para el desarrollo de la infraestructura tecnológica de la Unidad de Cuidados Intensivos y la Unidad de Grandes Quemados.
- Proyecto PETRI (PET2006-0406) (2007-2009) asociado al contrato del Hospital Universitario de Getafe para la integración en el SHCE de módulos inteligentes como el de minería de datos y razonamiento basado en casos.
- Proyecto PETRI (PET2007-0033) (2008-2009) sobre una extensión temporal para el razonamiento basado en casos aplicada al diagnóstico en medicina, con la participación del Hospital Virgen de la Vega (ASISA)
- Creación de la Red de Investigación Regional en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones aplicadas a Medicina y Biología (TICBIOMED), financiada por la Fundación Séneca (Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), con la participación de 10 Nodos (Grupos de Investigación y Empresas), entre ellos el grupo AIKE, y liderada por un miembro de este grupo (José Tomás Palma Méndez).

Cabe destacar que los dos primeros contratos tienen como objetivo la transferencia tecnológica de productos registrados, y que están siendo la base para la constitución de una Empresa de Base Tecnológica para su explotación comercial. Entre los productos actualmente transferidos o en proceso de transferencia se encuentran: CH4, que es un Sistema de Historia Clínica orientado a la gestión integral de los datos clínicos y la gestión documental; NS4, que es un Sistema de Gestión de Hojas Clínicas de Enfermería; un Sistema de Información Clínica para Unidades de Grandes Quemados; y finalmente e-Phono, un prototipo de estetoscopio electrónico inteligente que permite el registro y objetivación de la auscultación y ofrece capacidades de prediagnóstico (Figura 7.- prototipo de estetoscopio inteligente e-phono).

Este último prototipo, ha sido utilizado en dos expediciones al Broad Peak (2005, 2007), montaña de 8047 metros en el Himalaya, en las que se han realizado registros fonocardiográficos en altura, y se ha analizado la evolución del mismo en la fase de aclimatación, usando la telefonía satélite como soporte de comunicación, siendo esta experiencia de campo una muestra de su potencial en Medicina Deportiva.



FIGURA 7.- PROTOTIPO DE ESTETOSCOPIO INTELIGENTE E-PHONO

El grupo mantiene una colaboración continuada con otros equipos de investigación de alto nivel, tanto nacionales como internacionales. Tal como se puede comprobar en los CV de los solicitantes, esta colaboración se ha plasmado en proyectos coordinados, estancias y publicaciones conjuntas con grupos de la Universidad de Verona (Italia), Giffith University (Australia), Universidad de Udine (Italia), Universidad de Amsterdam (Holanda), la Universidad de Santiago de Compostela, la Universidad de Sevilla, la Universidad Politécnica de Cartagena y la Universidad de Almería. Existe además una fuerte cohesión con otros grupos de la UMU, demostrable a partir de proyectos y publicaciones. El grupo participa también en la impartición del Programa Oficial de Posgrado y Doctorado “Tecnologías de la Información y Telemática Avanzadas” con Mención de Calidad y financiación especial del Ministerio de Educación y Ciencia español.

4.1.4.- OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

En cuanto a los objetivos estratégicos del grupo a medio plazo, destacamos los siguientes:

- Consolidar el modelo de actividades que sigue el grupo, basado en la idea de una “factoría” de soluciones informáticas, con tres etapas encadenadas: 1) Producción de nuevas técnicas y marcos formales; 2) Desarrollo y evaluación de aplicaciones en fase de prototipo; y 3) Transferencia de resultados hacia el entorno. Este enfoque es el que subyace en la estructura matricial del grupo descrita anteriormente.
- Aplicar un plan de vigilancia tecnológica, científica y social que oriente las actividades del grupo en función de lo que la sociedad demanda, el mercado produce y la ciencia propone.
- Mejorar el posicionamiento del grupo en transferencia de tecnología, a través de la creación de una EBT actualmente en trámite según el protocolo de creación de EBT de la UMU (IDEATIO: Investigación y Desarrollo de Aplicaciones de las Tecnologías de la Información en las Organizaciones)

- Basar su ventaja competitiva en la oferta de soluciones que proporcionen un valor añadido a los sistemas informáticos convencionales a través de la integración de asistentes inteligentes, como los ya citados de búsqueda de casos por analogía o minería de datos para Sistemas de Historia Clínica Electrónica.
- Explotar al máximo la creciente tendencia de las soluciones tecnológicas hacia una sinergia “Información + Inteligencia + Ubicuidad”, para lo cual el instituto ofrece un marco idóneo, al facilitar la colaboración entre los grupos especializados en Inteligencia Artificial aplicada en Medicina y los grupos con más experiencia en Comunicaciones.

Finalmente, hay que destacar que los dominios de aplicación preferentes en los que ha trabajado el grupo (Medicina, Agricultura y Medio Ambiente), tienen todos ellos un considerable impacto social y una alta incidencia sobre la calidad de vida de los ciudadanos. Es este carácter social de los desarrollos de AIKE lo que define la misión del grupo, y se ha mantenido así desde la fundación del grupo en 1993. Una muestra significativa es su intensa actividad en el campo de las aplicaciones médicas. La incorporación de nuevas tecnologías en el ámbito de la atención sanitaria es siempre un factor clave en la mejora de la calidad asistencial y, como tal, bien aceptado en el entorno sanitario. Adicionalmente, y en relación con el entorno nacional y europeo, hay que recordar que el sector de la informática y las comunicaciones aplicadas en medicina se está convirtiendo en un sector estratégico que no conviene descuidar, tanto por su impacto económico como por el hecho de influir decisivamente en la calidad de vida de una región.

4.1.5.- REFERENCIAS

- [1] R. Marín, M. A. Cárdenas, M. Balsa, and J. L. Sánchez. Obtaining solutions in fuzzy constraint networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 16(3-4):261-288, 1996.
- [2] M.A. Cárdenas, R. Marín. Syntax and semantics for a fuzzy temporal constraint logic. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 36, 357-380, 2002.
- [3] P. Félix, S. Barro, R. Marín. Fuzzy constraint networks for signal pattern recognition. *Artificial Intelligence (Special Issue on: fuzzy set and possibility theory-based methods in artificial intelligence)*, 148, 103-140, 2003.
- [4] M. A. Cárdenas Viedma, A sound and complete fuzzy temporal constraint logic. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics*, 36 (1), 223-228, 2006.
- [5] I. Navarrete, A. Sattar, R. Wetprasit, and R. Marin. On point-duration networks for temporal reasoning. *Artificial Intelligence*, 140:39-70, 2002.
- [6] D. Bresolin, A. Montanari, G. Sciavicco. An optimal decision procedure for the right propositional neighborhood logic. *Journal of Automated Reasoning*, 38 (1-3), 173-199, 2007.
- [7] Francisco Guil and Roque Marín. Extracting uncertain temporal relations from mined frequent sequences. In *Proc. of TIME'06*, 152-159, 2006.
- [8] F. Jiménez, J.M. Cadenas, G. Sánchez, A.F. Gómez-Skarmeta, and J.L. Verdegay. Multi-objective evolutionary computation and fuzzy optimization. *International Journal of Approximate Reasoning*, 43:59-75, 2006.
- [9] A. F. Gómez-Skarmeta, F. Jiménez, and G. Sánchez. Improving interpretability in approximative fuzzy models via multi-objective evolutionary algorithms. *International Journal in Information Systems*, 22:943-969, 2007.
- [10] Jiménez, F., Cadenas, J.M., Verdegay, J.L., Sánchez, G. Solving fuzzy optimization problems by evolutionary algorithms. *Information Sciences*, 152, 303-311, 2003.

- [11] I. Navarrete and G. Sciavicco. Spatial reasoning with rectangular cardinal direction relations. In Proc. of ECAI'06 Workshop on Spatial and Temporal Reasoning, 1-10, 2006.
- [12] Navarrete, A. Morales, and G. Sciavicco. Consistency checking of basic cardinal constraints over connected regions. In Proc. of IJCAI'07, 495-500, 2007.
- [13] A. Morales, I. Navarrete, and G. Sciavicco. A new model logic for reasoning about space: spatial prepositional neighborhood logic. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence. In Press, 2007.
- [14] F.C. Gómez de León and J.J Ruiz Cartagena. Maintenance strategy based on a multicriterion classification of equipments. Reliability Engineering & System Safety, 91:444-451, 2006.
- [15] Gómez de León, F.C.; Ruiz Cartagena, J.J. Clasificación multicriterio de equipos críticos. Ingeniería y Gestión del Mantenimiento, 36, 40-45, 2004.
- [16] J. Palma, J.M. Juárez, M. Campos, and R. Marín. Fuzzy theory approach for temporal model-based diagnosis: An application to medical domains. Artificial Intelligence in Medicine, 38(2):197-218, 2006.
- [17] J. M. Juárez, M. Campos, J. Palma, and R. Marín. Computing context-dependent temporal diagnosis in complex domains. Expert Systems with Applications. In Press, 2008.
- [18] Manuel Campos, José M. Juárez, Jose Salort, José Palma, and Roque Marín. Temporal abstraction of states through fuzzy temporal constraint networks. In Proc. of IWINAC'07, 607-616, 2007.
- [19] Carlo Combi, Matteo Gozzi, José M. Juárez, Roque Marín, and Barbara Oliboni. Querying clinical workflows by temporal similarity. In Proc. of AIME'07, 469-478, 2007.
- [20] Juan Martínez-Alajarín, José López-Candel, Félix C Gómez de León e Hijes and Ramón Ruiz-Merino. Monitorización fonocardiográfica remota del segundo ruido cardíaco y aclimatación durante una escalada en el Karakorum. Revista Española de Cardiología, 60:781-782, 2007.
- [21] Alonso Perez-Soltero, Gerardo Sanchez-Schmitz, Mario Barcelo-Valenzuela, Jose Tomas Palma-Mendez, and Fernando Martín-Rubio. Ontologies as strategy to represent knowledge audit outcomes. International Journal of Technology, Knowledge and Society, 2(5):43-52, 2006.
- [22] Senén Barro, Roque Marín (Eds.). Fuzzy logic in medicine, series: Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol. 83. Physica-Verlag (Sspringer-Verlag), Heidelberg (Germany), 2002, ISBN: 3-7908-1429-6.
- [23] F. Pérez-Llamas, M. Garaulet, F. Herrero, J.T. Palma, F. Pérez de Heredia, R. Marín, S. Zamora. Una aplicación informática multivalente para estudios del estado nutricional de grupos de población. Valoración de la ingesta alimentaria. Nutrición Hospitalaria, XIX (3), 160-166, 2004.
- [24] R. Marín, E. Onaindía, A. Bugarín, J. Santos (Eds.). Current topics in artificial intelligence. Series: Lecture Notes in Computer Science, 4177, 2006, Springer-Verlag, ISBN: 0302-9743 / 3-540-45914-6.
- [25] J. M. Juárez, F. Guil, J. Palma, R. Marín. Temporal Similarity by Measuring Possibilistic Uncertainty in CBR. Fuzzy Sets and Systems, Aceptado y en prensa. 2008
- [26] C. Combi, M. Gozzi, J. M. Juárez, R. Marín, B. Oliboni,. Temporal Similarity Measures for Querying Clinical Workflows. Artificial Intelligence in Medicine, Aceptado y en prensa. 2008
- [27] M. Campos, J. M. Juárez, J. Salort, J. Palma, R. Marín. Reasoning over Dynamic Systems: from raw data to temporal abstract information. Neurocomputing, Aceptado y en prensa. 2008

4.2.- GRUPO SISTEMAS INTELIGENTES Y TELEMÁTICA

4.2.1.- DESCRIPCIÓN

El grupo de investigación “Sistemas Inteligentes y Telemática”, desarrolla actividades de I+D relacionadas con la aplicación de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) en diversos ámbitos como la Telemática, los Sistemas Inteligentes de Transporte, la Minería de

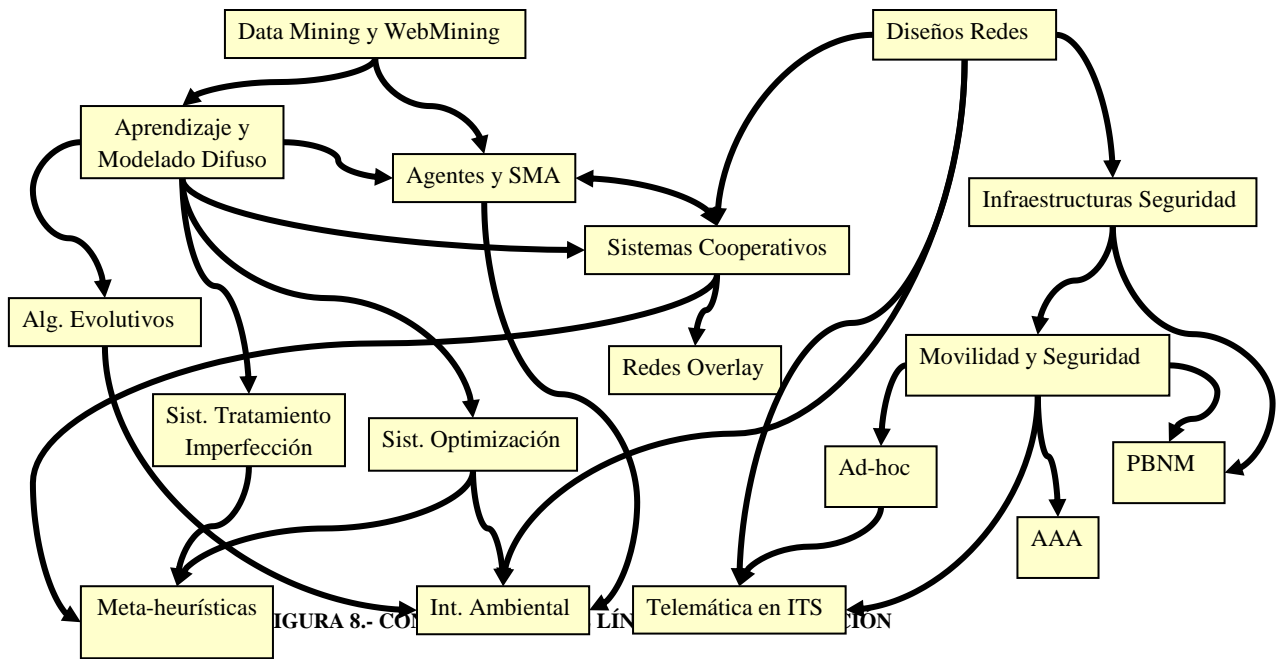
Datos, y la Computación Ubicua, y sobre todo ha desarrollado diversas soluciones de transferencia tecnológica.

El grupo Sistemas Inteligentes y Telemática se constituyó en 1993 y está integrado por profesorado del Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Murcia. Consta de 37 miembros, incluyendo 20 doctores, becarios PFU e FPI y profesorado colaborador ligado a tareas de investigación en diversos proyectos. El grupo ha recibido este año la concesión de la ayuda a los Grupos de Excelencia Científica de la Región de Murcia.

Los espacios ocupados por el grupo lo conforman las instalaciones propias del Departamento, como salas de reuniones, seminarios, etc ..., una sala de investigación dentro del departamento, así como la sala GAIA donde se albergan los equipos de red fruto de la ayuda FEDER del año 2005.

El grupo de investigación ha venido desarrollando durante los últimos años un proceso de consolidación de sublíneas dentro del mismo, fruto de los resultados que se han ido obteniendo tanto a nivel de proyectos y contratos como de formación de investigadores. Así tenemos que, partiendo de las líneas relacionadas con diversos aspectos de los sistemas de Aprendizaje (con y sin incertidumbre) y de Optimización, junto con el análisis de decisiones y sistemas cooperativos inteligentes, que se fijan en la descripción del grupo, se han creado nuevas áreas de trabajo como los sistemas de DataMining, el modelado difuso, los sistemas de manejo de la imperfección, DataMining aplicada a Meta-heurísticas Cooperativas y los sistemas de Optimización aplicados a Inteligencia Ambiental. Por otra lado, partiendo de las líneas de investigación relacionadas con diversos aspectos de las redes, servicios distribuidos y los servicios telemáticos, que se fijan en la descripción del grupo, se han creado nuevas áreas de trabajo como los Sistemas de Agentes aplicados a Inteligencia Ambiental y los Sistemas Adaptativos en redes Móviles, así como los Entornos Colaborativos, y Seguridad en redes IPv6, Telemática aplicada los sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) y Servicios en redes móviles y ad-hoc.

La convergencia en la investigación puede observarse claramente en las tesis y trabajos desarrollados en los últimos años. Un esquema que muestra dicha convergencia de líneas y/o trabajos puede verse en el siguiente gráfico (Figura 8.- convergencia de líneas de investigación):



4.2.2.- INVESTIGACIÓN

Líneas de Investigación:

Sistemas de decisión y Análisis Inteligente de datos

Aprendizaje y Sistemas Autónomos Adaptativos

En este grupo se han venido desarrollando actividades en los sistemas de decisión, optimización y en el análisis inteligente de datos y en la ingeniería de sistemas de información distribuidos autónomos y adaptativos.

Por un lado, en análisis inteligente de datos y sistemas de decisión, se trabaja en el desarrollo, hibridación y aplicación de las diferentes metodologías que nos proporcionan la Soft Computing. Se ha venido poniendo el énfasis, sobre todo, en las aplicaciones, el estudio de la idoneidad de las propias técnicas y metodologías, en el desarrollo de nuevas técnicas y metodologías en determinados problemas y en el análisis inteligente de datos para conseguir adaptación puntual en entornos controlados. Adaptación enfocada, sobre todo, al usuario mediante técnicas de personalización y modelado de comportamiento real.

En los comienzos del siglo XXI, los dispositivos de computación se hacen cada vez más presentes en el entorno y estamos asistiendo a una creciente necesidad de integración de un gran número de dispositivos heterogéneos en el entorno del usuario componiendo así sistemas denominados de computación ubicua (*pervasive systems*). El análisis inteligente de datos, dentro del contexto del grupo, está orientado a este tipo de sistemas para conseguir la adaptación que acabamos de mencionar.

De la misma forma que trabajamos en adaptación, también trabajamos en la construcción de mecanismos de coordinación de los dispositivos mencionados arriba. Mecanismos de coordinación flexibles que permitan, en un sistema de computación ubicua, que todos los

dispositivos interaccionen de manera cooperativa o teniendo como base la negociación. Para ello hemos venido desarrollando actividad investigadora en desarrollo de sistemas inteligentes híbridos y sistemas de agentes que, por las propias características de la tecnología, nos permiten abordar el problema con garantías de éxito.

Un factor importante para la adaptación en sistemas ubicuos es la disponibilidad de información para configurar modelos del mundo en el que el sistema está inmerso. Para poder habilitar esta disponibilidad, se debe invertir esfuerzo en el estudio de nuevas infraestructuras y modelos de información y razonamiento inteligente (uno de los pilares de la Soft Computing) para gestionar adecuadamente lo que se denomina sensibilidad al contexto. El contexto del usuario es, en este caso, la pieza de información clave. Información que se debe recolectar del sistema ubicuo y que se debe distribuir adecuadamente al resto de dispositivos interesados en la misma, además de procesarse adecuadamente para que el sistema sea capaz de mostrar proactividad.

Línea de Arquitecturas Seguridad y Gestión de Redes y Servicios

Desde principios de los años 90, Internet ha experimentado un crecimiento y auge imparables. No en vano, cada vez son más las empresas y los usuarios que utilizan Internet para el comercio electrónico o cualquier otra aplicación que requiere de la provisión de servicios y soluciones de seguridad.

Por otra parte, cada día son más las empresas y organizaciones que disponen de multitud de ordenadores personales, organizados por departamentos a los que hay que ofrecer una información sectorizada. Dicha información frecuentemente se ofrece en formato digital, creándose una necesidad de mantener dicha información centralizada o distribuida según la magnitud de la empresa. Para proporcionar esta información es necesario un medio de almacenamiento y un servidor que puede ser desde un servidor Web a un FTP pasando por pequeños programas P2P.

La disponibilidad de ciertos sistemas en las organizaciones es, a día de hoy, crítica para el desarrollo de la actividad informativa y económica de cualquier empresa. Por ello, cada día es mayor el temor a actividades no autorizadas, filtraciones o destrucción de información, acceso indebido a la misma, etc.

En este contexto la línea de investigación del Grupo de Sistemas Inteligentes y Telemática denominada “Seguridad y Gestión de Redes y Servicios” pretende analizar los principales factores que motivan la necesidad de seguridad y las soluciones tecnológicas existentes en la actualidad, y aportar soluciones en forma de diseños e implementaciones que puedan ser utilizados por distintas organizaciones.

Ejemplos de algunos de estos diseños y desarrollos realizados en los últimos años son los que se presentan a continuación, siendo algunos de ellos aportaciones que se pueden considerar como transferibles a organizaciones que requieran de soluciones de seguridad para la protección de sus comunicaciones con el exterior o de la securización de los flujos de información que se producen en su interior.

Línea de investigación en Tecnologías de Red, Redes Móviles e Inalámbricas

Las redes móviles e inalámbricas han surgido en los últimos años como un paso natural en la evolución de las redes de telecomunicaciones, que ofrecen a los ciudadanos servicios telemáticos avanzados, y les permiten mejorar y facilitar el acceso de los usuarios a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). De hecho, algunas de estas tecnologías como por ejemplo la telefonía móvil o las redes inalámbricas locales han mostrado una alta aceptación social, con muy elevados índices de penetración. Esto sin duda ha fomentado un importante esfuerzo investigador a nivel nacional y europeo, para conseguir mantener el importante nivel de liderazgo de las empresas europeas del sector, que ha permitido que esta línea de trabajo haya experimentado un importante desarrollo en los últimos años dentro del grupo de investigación.

En concreto, el grupo de investigación cuenta con una importante experiencia y capacidad investigadora en la temática de las redes móviles e inalámbricas, que se extiende también al ámbito internacional. Durante los últimos años esta línea ha conseguido un importante volumen de financiación, que se ha materializado en importantes resultados y contribuciones científicas mediante artículos en las revistas más relevantes del área, patentes, y contribuciones a foros de estandarización. Prueba de la proyección internacional de nuestro trabajo en esta línea son las colaboraciones con los investigadores más prestigiosos del área (J.J. Garcia-Luna Aceves de la Universidad de California en Santa Cruz, Charlie Perkins del Nokia Reserch Center en Palo Alto, e Ivan Stojmenovic de la Universidad de Birmingham entre otros) así como la participación en la organización y comités de programa de las principales conferencias del área.

Los temas de investigación que desarrolla el grupo en esta línea de trabajo tienen que ven con la provisión de protocolos avanzados para facilitar la movilidad de terminales en redes inalámbricas heterogéneas de cuarta generación (4G), así como la provisión de servicios telemáticos avanzados sobre dichas redes móviles heterogéneas tales como seguridad y control de acceso, calidad de servicio, descubrimiento de servicios, traspaso de sesiones, etc. Esta temática de investigación se ha convertido en los últimos años en una línea prioritaria en numerosas agencias financiadoras que van desde la NSF Americana, hasta varios subprogramas de ICT de la Comisión Europea pasando por los diferentes programas de los Ministerios (MEC, MICT, etc.). Gracias a la financiación conseguida en los últimos 4 años, el grupo ha conseguido equipar varios laboratorios de experimentación así como desplegar varias redes inalámbricas para experimentación con varias tecnologías inalámbricas que incluyen entre otras: redes malladas, redes WiMax, redes de sensores basadas en IEEE 802.15.4, redes ad hoc móviles basadas en 802.11, etc. Además, el grupo cuenta con más de 20 servidores bi-procesadores empleados para la simulación de redes inalámbricas. La Figura 9.- equipos de red inalámbricos y entornos de simulación muestra algunos de los dispositivos y entornos de simulación empleados.

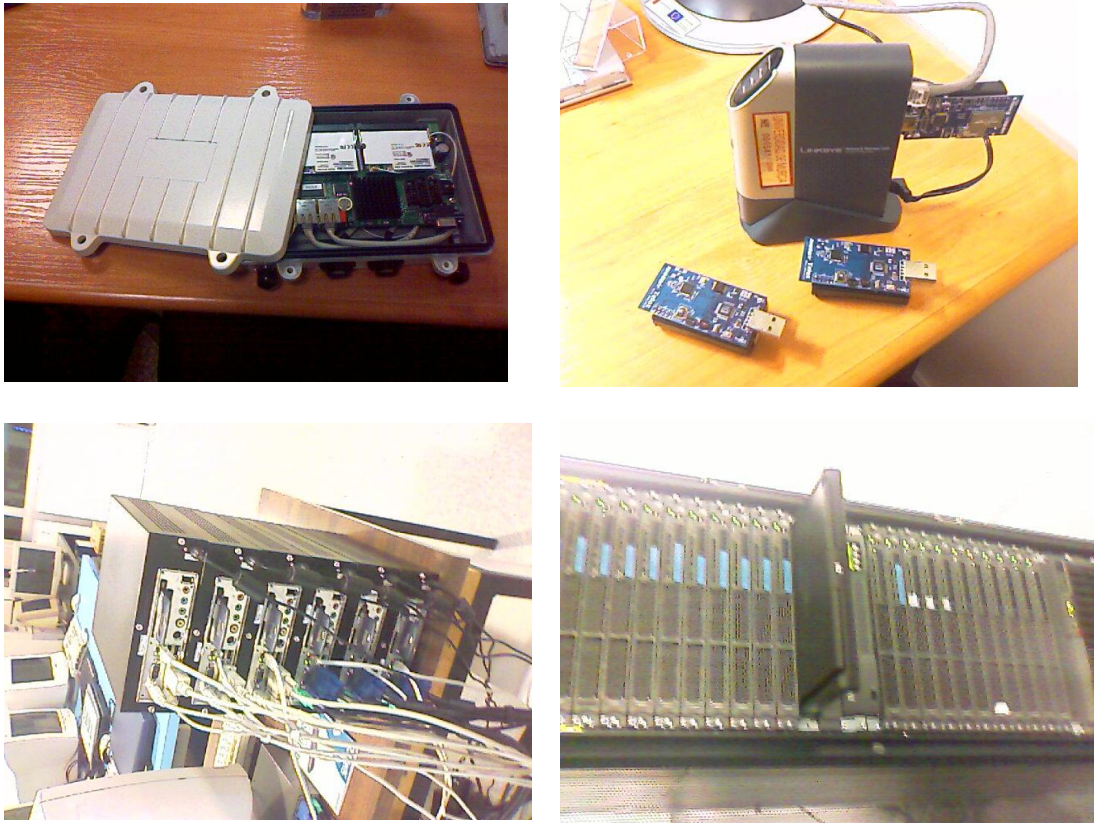


FIGURA 9.- EQUIPOS DE RED INALÁMBRICOS Y ENTORNOS DE SIMULACIÓN

Línea de investigación en Sistemas Autónomos y Telemática aplicada al Transporte

Uno de los campos de investigación de hoy en día es el de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Los Sistemas Inteligentes de Transporte comprenden un área vital de interés de diferentes campos de investigación, y es crucial en el desarrollo de la futura sociedad. Los Sistemas Inteligentes de Transporte aplicados al transporte por carretera (ITS-R) consisten principalmente en aplicaciones de telemática al problema del transporte por carreteras. Navegadores, Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS), vehículos automáticos, Sistemas de Evitación de Colisiones (CASS), telepeaje o información al viajero son algunos interesantes ejemplos en el campo de ITS-R donde el procesamiento de la información a diferentes niveles es un aspecto fundamental.

En la última década han sido aplicadas las nuevas tecnologías a la industria del automóvil, resultado nuevas posibilidades de confort y seguridad gracias al empleo de las nuevas capacidades sensoriales del vehículo. El procesamiento de la información proporcionada por estos sensores, que puede ocurrir en diferentes niveles de abstracción, puede usarse para analizar eficientemente, estimar y predecir situaciones de tráfico. El hecho de procesamiento y fusión de información proveniente de diferentes fuentes en los diferentes niveles de abstracción está presente en muchas aplicaciones ITS.

Muchas de estas aplicaciones confían en un sistema de localización con integridad. La investigación internacional es muy activa en el tema de integración de tecnologías GNSS y

otros sensores propioceptivos como puede ser la odometría del vehículo o sensores inerciales para mejorar la integridad del sistema. El principal foco actual está centrado en la investigación de sistemas híbridos de bajo coste orientados principalmente al mercado masivo.

El procesamiento y fusión de medidas sensoriales con el fin de usarse en los sistemas de navegación en vehículos autónomos y en sistemas de ayuda a la conducción en vehículos automóviles ha sido una de las líneas de investigación seguidas por este grupo en los últimos años. Hoy en día los sistemas de posicionamiento basados en satélites (GNSS) es una prioridad mundial, y más aún en Europa con la puesta en marcha del sistema GALILEO.

4.2.3.- PROYECCIÓN

En lo referente a proyectos, y por nombrar algunos de los principales en activo al día de hoy y que permiten apoyar las líneas estratégicas del Instituto, cabe relacionar:

- El proyecto TIN2005-07705-C02 titulado “PREMURA: Provisión de Servicios Multimedia Adaptables en Entornos Ubicuos basados en Redes Ad hoc” coordinado entre UPV y UMU..
- El proyecto coordinado con la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Vigo, de I+D del Plan Nacional TIN2005-08501-C02-02 de tres años de duración venimos desarrollando, como prueba de concepto, un sistema multi-agente para dar soporte de computación ubicua context-aware.
- El proyecto coordinado con las universidades de Granada, Las Palmas y Valencia de I+D del Plan Nacional TIN2005-08404-C04-02 de tres años de duración venimos desarrollando nuevas metodologías para los sistemas de decisión y optimización a partir de las técnicas que proporcionan la Soft Computing para que sean más generales y adaptables.
- Proyecto del ministerio de Fomento EVALUACIÓN Y PROTOTIPADO DE SERVICIOS DE SEGURIDAD ACTIVA BASADAS EN TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS E IDENTIFICACIÓN ELECTRÓNICA DE COCHES, donde se han estudiado aspectos de comunicaciones V2V y V2I.
- Un proyecto regional financiado por la fundación SÉNECA, el proyecto ENCUENTRO 00511/PI/04 que acaba de finalizar con resultados destacables se dedica de manera muy enfocada a la gestión de la información contextual de los usuarios en un ambiente inteligente.
- El proyecto coordinado con las universidades de Las Palmas, Valencia y Granada de I+D del Plan Nacional TIN2008-06872-C04-03 de tres años de duración venimos desarrollando metodologías basadas en Minería de Datos (MD), dentro del marco del proceso del Análisis Inteligente de los Datos, para extraer conocimiento que nos permita construir un conjunto de reglas para gobernar el funcionamiento cooperativo de un conjunto de meta-heurísticas desde un enfoque centralizado o para el diseño de una hiperheurística para la resolución de problemas.

- DESEREC (Dependable Security by Enhanced Reconfigurability, FP6-IP-026600) cuyo principal objetivo son los sistemas de comunicaciones de carácter crítico sobre los cuales define mecanismos de monitorización y reacción rápida que permitan garantizar la disponibilidad de los recursos de forma continua.
- Proyecto europeo GNSS INTRODUCTION IN THE ROAD SECTOR GJU/05/2408/CTR/GIROADS donde se estudian alternativas de OBUS para ofrecer servicios basados en localización

Por último pero no menos importante como indicador de la viabilidad y capacidad de generación de resultados del grupo de investigación, debemos destacar que se han desarrollado una serie de proyectos de software libre que además constituyen plataformas de desarrollo sobre las que se sigue trabajando y son usadas por proyectos de investigación no sólo del grupo sino que otros equipos de investigación en el ámbito nacional e internacional:

- UMU-PKIPv6 (University of Murcia Public Key Infrastructure with IPv6 support) que implementa una infraestructura de clave pública con soporte de IPv6 y provee de servicios de seguridad tanto básicos como avanzados, incluyendo OCSP y sellado de tiempo, por ejemplo.
- OpenXKMSv2 (Open source XML Key Management Specification version 2.0 implementation) que provee de interfaces XML seguros para la provisión de servicios de PKI de forma estándar.
- OpenIKEv2 (Open source IKEv2 implementation) que aporta una implementación de referencia del sistema de gestión claves propuesto en el estándar IKEv2 del IETF, del cual se hace uso en las soluciones avanzadas de red privada virtual.
- UMU-XACML Editor (University of Murcia XACML policy Editor) que permite definir de manera sencilla e intuitiva reglas de política para el control de acceso de los usuarios a los recursos disponibles en una red de comunicaciones.
- DYMOUM (<http://masimum.dif.um.es/?Software:DYMOUM>), una implementación del protocolo DYMO para encaminamiento en redes ad hoc, que funciona tanto en ns-2 como en escenarios reales. A día de hoy es la única implementación para ns-2 y una de las dos que funcionan en entornos reales. Es por ello, que está siendo ampliamente utilizado por multitud de instituciones nacionales (UPV, UPC, ..) e internacionales (Univ. of California Santa Cruz, Nokia Research Sunnyvale California, etc..).
- MMARP (MANET Multicast Ad hoc Routing Protocol) es un protocolo de encaminamiento multicast para redes ad hoc que se diferencia del resto por que ofrece interconexión a Internet y soporte de nodos multicast Standard, sin necesidad de modificar el equipamiento existente. Actualmente está siendo usado en proyectos europeos como DAIDALOS, así como en otras instituciones como King's College London.
- UM-OLSR (University of Murcia Optimized Link State Routing Protocol, <http://masimum.dif.um.es/?Software:UM-OLSR>) es una implementación de este

protocolo de encaminamiento para redes ad hoc para ns-2, que a día de hoy está siendo usado por numerosas instituciones.

- UMU-PBNM (University of Murcia Policy Based Network Management system, <http://pbnm.dif.um.es/>) que define un entorno de gestión distribuido y seguro de servicios de seguridad en redes de ordenadores.

Por último indicar las colaboraciones internacionales de la UMU con diversos grupos de ámbito nacional e internacional en concreto con:

- Nokia Research Center de Palo Alto en California: en temas de encaminamiento y autoconfiguración en redes ad hoc, colaborando en los desarrollos de DYMO.
- Toshiba Reseach Lab en New York: en temas de AAA y seguridad en redes móviles habiendo realizado estancias investigadores del grupo.
- Grupo de Servicios Telemáticos SERTEL y de la Redes Inalámbricas del Dept. Ingeniería Telemática de la UPC en temas seguridad y redes móviles con los profesores Miguel Soriano y Josep Paradells, teniendo actualmente proyectos en común.
- Grupo DIASCOM de Comunicaciones de la UC3M con los que se ha colaborado en temas de redes ad-hoc, en concreto con el profesor David Larrabeiti.
- Grupo de Seguridad del GET-ENST en París dirigido por el profesor Michel Riguidel con los que se ha colaborado en proyectos europeos y en estancias de investigadores del grupo.
- Laboratorio LASA (Laboratori Sistema ad Agenti) en la Universidad de Salerno (Italia) dirigido por el profesor Vincenzo Loia con los que se está colaborando en el desarrollo de técnicas y metodologías y en estancias de investigadores del grupo.

4.2.4.- OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Dentro de la consolidación de las líneas actuales, se proponen como actividades:

- Crear sinergias entre las líneas de investigación con el objeto de explotar resultados que se han alcanzado en los trabajos de los últimos años y que han revelado aspectos interdisciplinarios a resolver, especialmente en la integración de las líneas de los sistemas inteligentes y las técnicas de IA en ámbitos como la seguridad, la movilidad o la fusión sensorial.
- Potenciar líneas innovadoras y originales que han aparecido durante las investigaciones de los últimos años.

Así dentro de la potenciación de las sinergias tenemos:

- En la actualidad existe una amplia variedad de soluciones y servicios relacionados con la seguridad que si bien resuelven problemas puntuales, son altamente heterogéneos y no son capaces de ofrecer una solución integral y homogénea a los requerimientos de seguridad que presentan en la actualidad las organizaciones. En lo referente a la gestión de dichos servicios de seguridad, esta línea propone la investigación sobre nuevos paradigmas que permitan la gestión semiautomática de los propios servicios de manera que sean capaces de modificar su comportamiento de manera adecuada ante determinadas circunstancias como, por ejemplo, la detección de una intrusión en una máquina que ofrece un determinado servicio, la existencia de un sistema infectado por un virus, etc. Así por ejemplo la introducción de sistemas de razonamiento aplicados a la gestión de políticas de seguridad para detección de inconsistencia entre reglas, o la realización de integración/agregación de datos aplicando técnicas de minería de datos para IDS, son problemas que plantean la posibilidad de integrar soluciones y técnicas que el grupo ha trabajado y donde posee resultados significativos.
- El procesamiento y fusión de medidas sensoriales con el fin de usarse en los sistemas de navegación en vehículos autónomos y en sistemas de ayuda a la conducción en vehículos automóviles ha sido una de las líneas de investigación seguidas por este grupo en los últimos años. Hoy en día los sistemas de posicionamiento basados en satélites (GNSS) es una prioridad mundial, y más aún en Europa con la puesta en marcha del sistema GALILEO. Actualmente existe una necesidad inminente de utilización de sistemas de localización de bajo coste con el fin de usarse en pago por utilización de carreteras (Proyecto Giroads). Una de las actividades que se plantean dentro del grupo es la interacción entre los sistemas de localización, las redes móviles, es especial redes ad-hoc y las comunicaciones multicast para poder enviar información relevante a los coches referentes a requerimientos o servicios basados en localización. Adicionalmente la integración de sistemas de personalización y mecanismos de selección inteligentes de servicios representan un área de gran interés comercial.
- Basándonos en los resultados del grupo dentro de las líneas de Agentes Inteligentes y computación Ubicua, se plantean una serie de trabajos de integración de resultados aplicados a diferentes ámbitos de trabajo, fundamentalmente basados en la gestión de contextos e inteligencia ambiental, donde se puedan poner en relación las soluciones en sistemas de localización, ontologías para la personalización y aplicaciones adaptables en entornos móviles. Esta puesta en común tiene la posibilidad de aplicación en sistemas de visitas virtuales, tele-asistencia a personas mayores, y en general entornos interactivos inteligentes como por ejemplo en domótica. Dentro de esta misma línea tenemos los trabajos del grupo en el ámbito de redes de sensores y sistemas de control.
- Por último, y según los resultados obtenidos en las líneas de aprendizaje y optimización, sistemas de tratamiento de la imperfección, y de DataMining, nos planteamos la integración de éstas aplicadas a diferentes ámbitos, sobre todo en el campo de las meta-heurísticas cooperativas, con el objeto de modelar el coordinador del sistemas por medio de reglas imprecisas más acordes con el razonamiento humano. Estos tipos de sistemas son actualmente importantes de cara a la resolución de problemas de manera eficiente y/o efectiva, en donde se necesita de gran experimentación obtenida a partir de la resolución de distintos problemas a partir de las distintas meta-heurísticas existentes. Sobre estas grandes cantidades de datos, se aplicarán las técnicas y/o procesos

obtenidos en la parcela de Aprendizaje y se realizará DataMining para la caracterización del coordinador. Estos sistemas meta-heurísticos cooperativos serán aplicados a la resolución de problemas tan actuales, e importantes, como son los de índole financiera (inversión en bolsa, etc), problemas de localización, problemas de arte-interactivo, etc.

4.2.5.- REFERENCIAS

- [1] Antonio F. Gómez Skarmeta, Gregorio Martínez Pérez, Óscar Cánovas Reverte, Gabriel López Millán, *PKI services for IPv6*, IEEE Internet Computing (ISSN 1089-7801), vol. 7, no. 3, pp. 36-42, 2003.
- [2] Gregorio Martínez Pérez, Antonio F. Gómez Skarmeta, *Policy-Based Dynamic Provision of IP Services in a Secure VPN Coalition Scenario*, IEEE Communications Magazine (ISSN 0163-6804), vol. 42, no. 11, pp. 118-124, 2004.
- [3] Rafael Marín López, Gregorio Martínez Pérez, Antonio F. Gómez Skarmeta, *Providing AAA Services in IPv6 Networks*, International Journal of Internet Protocol Technology (ISSN 1743-8209), Inderscience, vol. 1, no. 2, pp. 109-116, 2005.
- [4] Gregorio Martínez Pérez, Gabriel López Millán, Félix J. García Clemente, Antonio F. Gómez Skarmeta, *Dynamic and Secure Management of VPNs in IPv6 Multi-Domain Scenarios*, Elsevier Computer Communications (ISSN 0140-3664), vol. 29, no. 16, pp. 3122-3134, 2006.
- [5] Gregorio Martínez Pérez, Antonio F. Gómez Skarmeta, Steve Zeber, Joe Spagnolo, Tim Symchych, *Dynamic Policy-Based Network Management for a Secure Coalition Environment*, IEEE Communications Magazine (ISSN 0163-6804), vol. 44, no. 11, pp. 58-64, 2006.
- [6] Gregorio Martínez Pérez, Félix J. García Clemente, Manuel Gil Pérez, Antonio F. Gómez Skarmeta, *Secure Overlay Networks for Federated Service Provision and Management*, Elsevier Computers & Electrical Engineering (ISSN 0045-7906), en imprenta.
- [7] Pedro M. Ruiz, Antonio F. Gomez Skarmeta, "Mobility-Aware Mesh Construction Algorithm for Low Data-Overhead Multicast Ad Hoc Routing," Journal of Communications and Networks (JCN), Vol. 6, no. 4, December 2004, pp. 331-342
- [8] Pedro M. Ruiz, Juan Botia, Antonio Gomez-Skarmeta, "Providing QoS through Machine Learning driven Adaptive Multimedia Applications", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part-B. vol. 34, no. 3, June 2004, pp. 1398-1411.
- [9] Pedro M. Ruiz, Francisco J. Ros, Antonio F. Gomez Skarmeta, "Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks: Solutions and Challenges," IEEE Communications Magazine, October 2005, pp. 118-125
- [10] Juan A. Sanchez, Pedro M. Ruiz, Jeniffer Liu, Ivan Stojmenovic, "GMR: Geographic Multicast Routing for Wireless Sensor Networks," IEEE Sensors Journal, vol. 7, no. 5, pp. 627-638.
- [11] Juan A. Sanchez, Pedro M. Ruiz, Ivan Stojmenovic, "Energy-Efficient Geographic Multicast Routing for Wireless Sensor Networks," Elsevier Journal of Computer Communications (COMCOM), vol. 30, pp. 2519-2531
- [12] Juan A. Sanchez, Pedro M. Ruiz, "Locally Optimal Source Routing for Energy-Efficient Geographic Routing," Wireless Networks (WINET) Journal. (In press)
- [13] Juan A. Sanchez, Pedro M. Ruiz, "Energy-Efficient Geographic Multicast Routing for Error-prone Wireless Sensor Networks," Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC) Journal. (in Press)
- [14] A.G. Skarmeta, Humberto Martínez, Miguel Zamora, Benito Úbeda, Félix Gómez de León, Luis Manuel Tomás. "Proyecto MIMICS: Una Aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte utilizando EGNOS". Estudios de Contrucción y Transporte, v94, pp 7-27. 2002
- [15] A.G. Skarmeta, H. Martínez, M.A. Zamora, B. Ubeda, F.C. Gómez de León, L.M. Tomás. "MIMICS: Exploiting Satellite Technology for an Intelligent Convoy". IEEE INTELLIGENT SYSTEMS, n4, v17, pp 85-89. 2002
- [16] A.G. Skarmeta, H. Martínez, M.A. Zamora, B. Ubeda, J.P. Canovas, D. Alonso, "EGNOS (GNSS-I) Evaluation for ITS Application in a Vehicle Driving Support System " Satellite Navigation Systems: Policy, Comercial and Technical Interaction. Kluwer Academic Publishers. Pp 175-182. 2003.

- [17] R. Toledo, B. Ubeda, J. Santa, M.A. Zamora, A.G. Skarmeta. A High Integrity Low Cost Positioning System for Location Based Services. *Transport System Telematics*, pp 470-475. 2005.
- [18] R. Toledo, M.A. Zamora, B. Ubeda, A.G. Skarmeta. High-Integrity IMM-EKF-Based Road Vehicle Navigation With Low-Cost GPS/SBAS/INS. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. n3 v8 pp 491-511, 2007.
- [19] M.A. Zamora, D. Bétaille, F. Peyret and C. Joly. Comparative study of Extended Kalman filter, Linearised Kalman filter and Particle filter applied to low-cost GPS-based hybrid positioning system for land vehicles. *International Journal of Intelligent Information and Database System, Special Issue on Information Processing in Intelligent Vehicles and Road Applications*. n1 v2, 2008
- [20] Ignacio Nieto, Mercedes Valdés, Juan A. Botía, Pedro Ruiz, Antonio G. Skarmeta. Towards engineering a location-aware wireless multiagent system. *International Journal of Computer Science & Applications*. June, 2005.
- [21] I. Nieto, J. Botía and A. Gómez-Skarmeta. Information and Hybrid Architecture Model of the OCP Contextual Information Management System. *Journal of Universal Computer Science*. 2006
- [22] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz, C. Cruz-Corona, D. Pelta, J.L. Verdegay. Different Approaches for Cooperation with Metaheuristics. *Encyclopedia of Artificial Intelligence*. (2008)
- [23] J.M. Cadenas, M.J. Cano, M.C. Garrido, C. Iborra, V. Lierns. Soft-computing based heuristics for location on networks: the p-median problem. *Journal Applied-Soft-Computing*. (in Press)
- [24] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz. A fuzzy optimization models based metaheuristics. *New Challenges in Applied Intelligence Technologies (Series: Studies in Computational Intelligence) 2008*
- [25] R. Martínez-Bejar, J.M. Cadenas, H. Shirazi , P. Compton. A Semantics-driven, Fuzzy Logic-based Approach to Knowledge Representation and Inference. *Experts Systems with Applications*, 2009
- [26] J.M. Cadenas, J.L. Verdegay. Towards a new Strategy for solving Fuzzy optimization Problems. *Fuzzy Optimization and decisión Making*.. (in Press)
- [27] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz. Using Machine Learning in a Cooperative Hybrid Parallel Strategy of Metaheuristics. *Information Sciences* . (in Press)
- [28] M.C. Garrido, J.M. Cadenas, P.P. Bonissone. A Classification and Regression Technique to handle Heterogeneous and Imperfect Information. *Soft Computing*.. (in Press)

4.3.- GRUPO GENÓMICA Y BIOTECNOLOGÍA MOLECULAR DE HONGOS

4.3.1.- DESCRIPCIÓN

El constante desarrollo de la tecnología genómica en los últimos años está facilitando el conocimiento de la secuencia completa del genoma de muchos organismos. Desde un punto de vista experimental esta información es clave para conocer y entender el funcionamiento de muchos procesos biológicos, ya que permite acceder al conocimiento de los genes implicados en dichos procesos. Toda la información generada en esos “proyectos genoma” necesita no obstante ser procesada convenientemente para que sea útil. Es en este punto donde las herramientas de análisis bioinformático desempeñan un papel decisivo. Las secuencias de ADN obtenidas en los procesos de secuenciación deben ser “anotadas”, esto es, deben asignarse genes a secuencias concretas de ADN. Parte de esta tarea se realiza de forma automática (“anotación automática”), mediante el uso de programas adecuados que, no obstante tienen una capacidad limitada. Una vez realizada la anotación “automática” de un genoma, debe procederse a la anotación “manual”, esto es, a la verificación caso por caso de la bondad de las asignaciones

automáticas. En esta tarea resulta fundamental poder contar con el apoyo de herramientas bioinformáticas adecuadas.

Algunos grupos de investigación de la UMU están implicados en proyectos de secuenciación de genomas completos. El nuestro, “Genómica y Biotecnología Molecular de Hongos”, lidera una iniciativa internacional para la secuenciación del genoma del hongo *Mucor circinelloides*, un organismo interesante por sus aplicaciones biotecnológicas. La secuenciación completa y la anotación automática están muy próximos a concluir. Una vez terminados esos procesos entraremos en la fase de anotación manual, las enseñanzas y los desarrollos bioinformáticos que se obtengan durante esta parte del proceso pueden ser de gran utilidad para el resto de la comunidad investigadora de la región de Murcia.

4.3.2. INVESTIGACIÓN

Se centran básicamente en tres líneas de investigación, con el hongo *Mucor circinelloides* como sujeto de estudio: (i) regulación de la expresión génica por la luz, (ii) silenciamiento génico y (iii) utilización de *Mucor* para la producción de biodiésel.

Regulación de la expresión génica por la luz

Dentro de esta línea, hemos identificado varios genes que participan en la respuesta a la luz. El gen *crgA*, el primero de los genes reguladores aislados, está implicado no sólo en la regulación de la fotocarotenogénesis, y en la esporulación activada por luz, sino también en otros procesos biológicos como el crecimiento. Se han identificado los dominios de la proteína CrgA que son importantes para su función, así como los implicados en la estabilidad de la proteína. Así mismo, se ha establecido que CrgA tiene actividad ligasa de ubiquitina, lo que sugiere su participación en la regulación de la actividad de proteínas mediada por ubiquitilación. Recientemente hemos abordado también un análisis proteómico en el que comparamos la composición proteica de la estirpe silvestre y de los mutantes nulos para *crgA*. Los resultados preliminares indican que *crgA* podría controlar un número importante de procesos celulares del hongo. Otros genes de respuesta a la luz clonados son los homólogos al gen *wc-1* de *Neurospora crassa*, un gen clave en todas las respuestas a la luz de *Neurospora*. Hemos denominado a esos genes *mcwc-1a*, *mcwc-1b* y *mcwc-1c*. El gen *mcwc-1a* está implicado en la regulación del fototropismo, proceso que permite orientar los esporangióforos del hongo según la dirección de la luz. El gen *mcwc-1c* es necesario para la fotoinducción de la carotenogénesis, controlando la inducción de la expresión de los genes carotenogénicos por la luz. El papel de *mcwc-1a* y *mcwc-1c* en distintas respuesta a la luz sugiere la existencia de al menos dos rutas de transducción de la señal luminosa en *Mucor*. Muy recientemente hemos demostrado una interacción funcional entre el gen *crgA* y el gen *mcwc-1b*, lo que indica que *Mucor* presenta una situación más compleja que la observada en ascomicetos y basidiomicetos, donde sólo parece existir una única ruta que controla todas las respuestas a la luz azul.

Silenciamiento génico

Hemos demostrado la existencia de un proceso de silenciamiento génico post-transcripcional en *Mucor*, identificando dos clases distintas de siRNAs con un patrón diferencial de acumulación. Hemos demostrado y caracterizado también el proceso de amplificación y propagación del silenciamiento en hongos y hemos identificado varios genes implicados en este proceso. También se ha realizado, hasta el momento, la caracterización genética de tres de los genes identificados y el estudio de su papel en el mecanismo de silenciamiento.

Utilización de Mucor para la producción de biodiésel

Recientemente hemos iniciado una nueva línea de investigación aplicada, para la obtención de biodiésel a partir de biomasa del hongo. Esa biomasa es muy rica en ácidos grasos susceptibles de ser convertidos en biodiésel de forma fácil. Los resultados iniciales de esta línea son muy prometedores.

Las herramientas informáticas, aplicadas al análisis de secuencias génicas y proteínicas, son básicas para el desarrollo de estas líneas de investigación. Por ello, la necesidad de establecer una sinergia entre los diferentes grupos que investigan en biología molecular avanzada y los que pueden suministrar soluciones bioinformáticas.

4.3.3. PROYECCIÓN

En lo referente a proyectos, los principales en activo durante los últimos cinco años que permiten apoyar las líneas de investigación del Grupo, son los siguientes:

- “Aplicación de la genómica a la obtención de estirpes de *Mucor circinelloides* adecuadas para la producción de biodiésel” (BIO-BCM 07/01-0005). Entidad financiadora: Consejería de Educación, Ciencia e Investigación”, Región de Murcia.
- "Ayuda complementaria a la secuenciación y anotación del genoma del hongo *Mucor circinelloides*". Entidad financiadora: MEC
- "Genome sequence of the fungus *Mucor circinelloides*". Entidad financiadora: DOE Joint Genome Institute
- “Genes de respuesta a la luz en el hongo *Mucor circinelloides*” Entidad financiadora: Fundación Séneca (Agencia Regional de Ciencia y Tecnología, Región de Murcia)
- “Genes y proteínas implicados en el mecanismo de silenciamiento génico mediado por RNA en el hongo *Mucor circinelloides*” Entidad financiadora: MEC (BFU2006-02408)
- “MICELIO: Red Española de Investigadores en Hongos Filamentosos (renovación). Entidad financiadora: MEC (Acciones Complementarias)

- “MICELIO: Red española de investigadores en hongos filamentosos”. Entidad financiadora: MEC, Acciones Complementarias REF. BFU2004-20890-E.
- “Papel de la ubiquitinación en la regulación por la luz de la síntesis de carotenos en el hongo *Mucor circinelloides*”. Entidad financiadora: MCYT, REF. BMC200301017.
- “Análisis de la actividad degradativa de CrgA, un regulador negativo de la fotocarotenogénesis en *Mucor circinelloides*, y de su homólogo CrgB”. Entidad financiadora: Fundación Séneca, Región de Murcia. REF. PB/73/FS/02.
- Producción industrial de carotenoides: aplicación a la mejora de cepas industriales de *Blakeslea trispora* y *Phaffia rhodozyma*”. Entidad financiadora: MEC, Modalidad P4. REF. BIO2000-0157-P4-03
- “Genes implicados en la regulación por la luz de la carotenogénesis y otros procesos celulares en *Mucor circinelloides*” Entidad financiadora: MCYT Modalidad P1, REF. BMC2000-0287.

4.3.4. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

En cuanto a los objetivos estratégicos del grupo a medio plazo, destacamos los siguientes:

- Consolidar las líneas de investigación indicadas, dentro de los objetivos que se van planteando durante el desarrollo de las mismas.
- Potenciar líneas innovadoras y originales que han aparecido durante las investigaciones de los últimos años.
- Potenciar el uso de herramientas informáticas orientadas al análisis de secuencias de DNA y proteínas, relacionadas con los objetivos de las líneas de investigación.
- Crear sinergias con otros grupos de investigación que tengan planteadas problemáticas similares, en relación con el uso de herramientas bioinformáticas.

4.3.5. REFERENCIAS (últimos años)

Biología molecular de la carotenogenesis:

a) *crgA*

Quiles-Rosillo, Torres-Martínez y Garre (2003) "*cigA*, a light-inducible gene involved in vegetative growth in *Mucor circinelloides* is regulated by the carotenogenic repressor *crgA*". Fungal Gen. Biol. 38: 122-132.

- Quiles-Rosillo, Ruiz-Vázquez, Torres-Martínez y Garre (2003) "Cloning, characterization and heterologous expression of the *Blakeslea trispora* gene encoding orotidine-5'-monophosphate decarboxylase" *FEMS Microbiol. Letters* 222: 229-236.
- Ruiz-Vázquez y Torres Martínez (2003) "Production of carotenes in Mucorales: structural and regulatory genes" En: *Microorganism for health care, foods and enzyme production*, Research Signpost, Kerala, India (ISBN: 81-7736-161-9, pp. 69-84.)
- Lorca-Pascual, Murcia-Flores, Garre, Torres-Martínez y Ruiz-Vázquez (2004) "The RING-finger domain of the fungal repressor *crgA* is essential for accurate light regulation of carotenogenesis" *Mol. Microbiol.* 52: 1463-1474
- Quiles-Rosillo, Ruiz-Vázquez, Torres-Martínez y Garre (2005) "Light induction of the carotenoid biosynthesis pathway in *Blakeslea trispora*" *Fungal Gen. Biol.* 42: 141-153
- Murcia-Flores, Lorca-Pascual, Garre, Torres-Martínez y Ruiz-Vázquez (2007). Non AUG translation initiation of a fungal RING-finger repressor involved in photocarotenogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, 282: 15394–15403.
- Nicolás, Calo, Murcia-Flores, Garre, Ruiz-Vázquez y Torres-Martínez (2008) A RING-finger photocarotenogenic repressor involved in asexual sporulation in *Mucor circinelloides*. *FEMS Microbiology Letters* 280: 81–88

b) genes implicados en las respuestas a la luz

- Silva, Torres-Martínez y Garre (2006) Distinct *white collar-1* genes control specific light responses in *Mucor circinelloides*. *Molecular Microbiology* 61: 1023-1037
- Silva, Navarro, Peñaranda, Murcia-Flores, Torres-Martínez y Garre (2008). A RING-finger protein regulates carotenogenesis via proteolysis-independent ubiquitylation of a White Collar-1-like activator. *Molecular Microbiology* 70: 1026-1036

c) Silenciamiento génico mediado por RNA:

- Nicolás, Torres-Martínez y Ruiz-Vázquez (2003) "Two classes of small antisense RNAs in fungal RNA silencing triggered by non-integrative transgenes" *EMBO J.* 22: 3983-3991
- Ruiz-Vázquez (2005) "RNA silencing in filamentous fungi: *Mucor circinelloides* as a model organism" En: *RNA interference: From basic biology to drug development*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido (ISBN: 05-2183- 677-8, pp. 270-279)
- Nicolás, de Haro, Torres-Martínez y Ruiz-Vázquez (2007) Mutants defective in a *Mucor circinelloides* *dicer*-like gene are not compromised in siRNA silencing but display developmental defects. *Fungal Genet. Biol.*, 44: 504- 516
- Nicolás FE, Torres-Martínez S y Ruiz-Vázquez, RM (2009) Transcriptional activation increases RNA silencing efficiency and stability in the fungus *Mucor circinelloides*. *Journal of Biotechnology* 142: 123-126
- De Haro JP, Calo S, Cervantes M, Nicolás FE, Torres-Martínez S y Ruiz-Vázquez RM (2009) A single gene required for efficient gene silencing associated with two classes of small antisense RNAs in *Mucor circinelloides*. *Eukaryotic Cell* (doi: 10.1128/EC.00191-09)

d)Biodiésel:

Vicente G, Bautista LF, Rodríguez R, Gutiérrez FJ, Sádaba I, Ruiz-Vázquez RM, Torres-Martínez S y Garre V (2009) Biodiesel production from biomass of an oleaginous fungus. Biochemical Engineering Journal ([doi:10.1016/j.bej.2009.07.014](https://doi.org/10.1016/j.bej.2009.07.014))

5.- TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Como indicadores del potencial en transferencia tecnológica del instituto, podemos señalar diferentes ámbitos de actividad de los grupos que apoyan la propuesta de instituto de investigación, y que permiten estimar la capacidad que tendrá el Instituto para captar recursos y, por tanto, son una garantía de la sostenibilidad del mismo. Entre otros aspectos tenemos:

- Contratos con empresas
- Constitución de empresas de base tecnológica
- Patentes y Registros de la Propiedad Intelectual

5.1.- CONTRATOS

Los grupos participantes desarrollan una continua actividad en transferencia de tecnología basada en la realización de contratos de investigación aplicados en ámbitos, tanto de la administración, como con empresas regionales y nacionales. Todo ello permite prever que, asumiendo la continuidad de esta tendencia en el futuro (cuando no su incremento), las posibilidades de financiación sostenida del instituto son altas y están bien fundamentadas.

La siguiente tabla detalla los contratos de investigación con entidades públicas y privadas desarrollados por los grupos solicitantes, desde su creación hasta el momento actual.

Título	Inicio	Fin	Empresa/Organismo contratante
Definición de la Red de Comunicaciones del Servicio de Información del INFO	18/02/93	17/08/93	Instituto de Fomento de la Región de Murcia
Desarrollo e Implantación de Servicios Avanzados de InfoComunicaciones en Redes de Banda Ancha	05/11/98	31/12/98	Consejería de Hacienda de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
Desarrollo e Implantación de Servicios Avanzados de Comunicaciones en Redes de Banda Ancha	15/04/99	31/12/99	Fundación Íntegra de Murcia

Prórroga: Desarrollo e Implantación de Servicios Avanzados de Comunicaciones en Redes de Banda Ancha	01/01/00	31/12/00	Fundación Íntegra de Murcia
Asistencia Técnica del Sistema Informático de la Fundación Séneca	27/03/00	27/03/01	Fundación Séneca
Sistemas Telemáticos Propietarios para Navegación por Internet	02/05/01	01/03/02	Pedro Tovar Murcia
Desarrollos en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Prototipo de Comunicaciones Inalámbricas para Sistemas de Control	11/05/01	10/05/04	Enterprise System Management E-ADN, S. L.
Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Aplicaciones Telemáticas y Comercio Electrónico	05/09/01	05/12/01	Enterprise System Management E-ADN, S. L.
Terminal Inteligente de Control de Accesos	19/12/01	19/09/02	CYUM tecnologías y Comunicaciones, S.L.
Tecnologías de Tarjetas Inteligentes sin Contactos	19/12/01	30/10/02	CYUM tecnologías y Comunicaciones, S.L.
Desarrollo del CPS y Programa de Gestión de Identidades Digitales para la Tarjeta WG10 de CajaMurcia	18/03/04	30/03/04	Enterprise System Management E-ADN, S. L.
Asesoramiento Técnico en el Proyecto REPLIKA	01/10/04	30/09/06	Fundación Universidad-Empresa
Caracterización del Interfaz SH	02/12/04	01/03/05	ERICSSON España, S. A.
Desarrollos de Servicios de Localización y Gestión de la Información de Contexto	24/05/05	23/02/06	ITCNUBIS, S. L.
Desarrollos en Servicios Telemáticos y Tecnologías Avanzadas	04/10/05	03/01/07	ITCNUBIS, S. L.
Translation Services	05/04/06	22/05/06	Internet Society (ISOC)
Integración de Tecnologías para la Modernización de la Gestión Hídrica en el Campo	11/04/06	11/01/07	HITEA, S. L.
Pasarela de Servicios Domóticos y de Control de Servicios en el Hogar	12/04/06	11/10/06	DRACOTIC, S. L.
Subcontratación proyecto CENIT-MARTA	01/07/07	31/12/10	Telefónica I+D
Subcontratación proyecto CENIT-TIMI	01/07/07	31/12/10	ETRA I+D

Subcontratación proyecto CENIT-SEGUR@	01/07/07	31/12/10	ATOS Origin
---------------------------------------	----------	----------	-------------

Título	Inicio	Fin	Empresa/Organismo contratante
Diseño de un plan integral de mantenimiento de equipos electromecánicos	05/06/03	05/10/03	SERCOMOSA
Estudio de equipos críticos en planta de proceso de CO, MECHANICAL WORKS	15/12/05	14/08/06	General Electric Plastics, S.A.
Desarrollo y puesta en marcha de la infraestructura informática de la UCI del Hospital General Universitario de Getafe	04/05/06	06/03/08	Fundación para la investigación biomédica del Hospital Universitario de Getafe
Planificación del mantenimiento basado en criticidades en planta de CO y estudio de equipos críticos en planta de DMC	27/11/06	26/05/08	General Electric Plastics, S.A.
ERP para PYMES en entorno colaborativo en software de código abierto	12/12/06	12/12/07	Aquiline Computer, S.L.
ERP para PYMES en entorno colaborativo en software de código abierto	12/12/07	31/12/08	Aquiline Computer, S.L.
Tecnologías de la web semántica para el turismo	28/12/06	28/12/08	Vocali Sistemas Inteligentes, S.L.
Desarrollo de un entorno integral de gestión de conocimiento basado en web para la anotación de conocimiento médico, diseñado como complemento de un sistema de historia clínica	15/03/07	15/03/08	Clinica Virgen De La Vega S.A.
Sistema inteligente para el razonamiento y actuación sobre patrones de comportamiento detectados a partir de sensores	26/11/07	26/11/08	Ami2, Ambient Intelligence & Interaction, S.L.

5.2.- EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

Partiendo de estos desarrollos, de gran repercusión económica en la Región, así como de los resultados de otros proyectos I+D+i, tanto nacionales y regionales como europeos, en las áreas de desarrollos de servicios de control y seguridad en entornos de sistemas móviles y remotos, firma electrónica y comunicaciones seguras y sistemas embebidos para control domótico, los investigadores constituyentes del grupo de Sistemas Inteligentes y Telemática de la Universidad de Murcia, apoyados por la Universidad, constituyeron la spin-off *Desarrollo de Aplicaciones para las Comunicaciones, Control y Tecnologías de la Información DRACO-TIC, S.L.* con C.I.F. B73321218.

Esta spin-off cuenta con colaboraciones con las multinacionales ABB y Telefónica, y con la empresa regional HITEA. Ha desarrollado prototipos de comunicaciones inalámbricas para ser

usado en estaciones y sistema de control de regadíos a través del teléfono móvil, que permitirán, según los casos, hasta un 24% de ahorro en el consumo de agua.

Trabajando en estrecha colaboración con la Universidad de Murcia, DRACOTIC ha centrado adicionalmente su actividad de I+D en el área de la seguridad y los dispositivos móviles, así como los servicios multimedia, plataformas del hogar y desarrollo de multitud de dispositivos de control en la agricultura (control climático y de centrales de regadío, etc). Junto con los servicios de asesoría prestados a empresas y entidades públicas, DRACOTIC ha desarrollado aplicaciones para dispositivos móviles para el control remoto a través de teléfonos móviles y sensores GPRS, así como dispositivos de automatización del hogar. Adicionalmente, en virtud de la colaboración con CYUM (Universidad de Murcia - CajaMurcia), el postulante participa en el acuerdo de ésta con Telefónica Móviles de España, para el desarrollo de aplicaciones para Telefonía Móvil en al ámbito del entorno universitario y seguridad (JavaCard y Javaphone, localización y movilidad, redes 2.5G y 3G, aplicaciones en vehículos y servicios en ruta, experiencias en comercio electrónico móvil).

Por otra parte, está en proceso de creación la empresa de base tecnológica IDEATIO (Investigación, desarrollo e innovación en aplicaciones de las tecnologías de la información en organizaciones, S.L.), a partir de los desarrollos y resultados de transferencia de tecnología recientes del grupo AIKE. La idea de este proyecto nació en el seno del propio grupo de investigación al ver que los resultados obtenidos de los proyectos de investigación podrían tener cabida en el mercado de las aplicaciones informáticas avanzadas para el ámbito sanitario. Por otro lado, esta idea ha sido respaldada por la Universidad a través de la Oficina de Transferencia Tecnológica (OTRI) y del Vicerrectorado de Investigación bajo el plan denominado “Fomento de empresas innovadoras y de base tecnológica”, a través del cual se pretende dar apoyo a la creación de empresas con una idea de negocio basado en la aplicación y desarrollo de tecnologías novedosas. IDEATIO nace con el propósito de dar servicios basados en las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) con el fin de mejorar la calidad asistencial en los centros hospitalarios y centros de salud y apoyar sus actividades de investigación. Otro de los fines perseguidos por IDEATIO es ayudar a fomentar la actividad innovadora tanto a nivel interno de la empresa como en el sector al que nos dirigimos, de tal forma que dicha actividad suponga en incremento del desarrollo económico tanto de la propia empresa, así como de su entorno local, nacional e internacional.

5.3.- PATENTES SIN EXPLOTACIÓN COMERCIAL

Sin duda, INTICO contribuirá positivamente en la creación de patentes y aumentará los resultados explotables obtenidos hasta la fecha.

- Patente Utilidad Application Number 11565739. u*Mobility-Aware Mesh Construction Algorithm for Low. Data-Overhead Multicast Ad Hoc Routing.

5.4.- PATENTES EN EXPLOTACIÓN

- Patente con Número de Solicitud: P200603241. Sistema de Control Remoto de Bajo Consumo y Comunicaciones GPRS. En colaboración con ABB e HITEA, a nivel español y europeo.
- Registro de la Propiedad Intelectual N° 08/2005/347 del Registro Territorial de la Propiedad Intelectual. CH4-UCI. En explotación a través de Contrato de implantación con el Hospital Universitario de Getafe, Madrid
- Registro de la Propiedad Intelectual N° 08/2007/267 del Registro Territorial de la Propiedad Intelectual. CATEKAT-2: Herramienta de adquisición de conocimiento causal y temporal. En explotación a través de Contrato de implantación con Clinica Virgen De La Vega S.A.
- Registro de la Propiedad Intelectual N° de solicitud 173/08 (Pendiente de asiento registral) del Registro Territorial de la Propiedad Intelectual. NS4-UCI. En explotación a través de Contrato de implantación con el Hospital Universitario de Getafe, Madrid

Conviene recordar que, actualmente, el software no se puede patentar (excepto si está intrínsecamente asociado a una plataforma hardware concreta), por lo que habitualmente, en Informática, se opta por la protección de los desarrollos a través del Registro de la Propiedad Intelectual.

6.- INFRAESTRUCTURA ACTUALMENTE DISPONIBLE

6.1.- EQUIPAMIENTO ESPECÍFICOS PARA I+D FINANCIADOS POR FONDOS FEDER

1. Equipamiento del Laboratorio de *Tecnología Electrónica, Teoría de la Señal y Telemática T*3*, perteneciente al Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones (Universidad de Murcia), correspondiente a la Ayudas de Fondos del Programa Operativo de I+D+I de Objetivo 1, 2000-2006, código **UNMU-E006**, por importe de **52.069,49 €**.
2. Equipamiento del Laboratorio **GAIA**: Red Experimental de Nueva Generación para la Evaluación de Servicios Grids y nuevos Servicios Telemáticos, perteneciente al Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Murcia, correspondiente a la ayudas de fondos del programa de Proyectos de Infraestructura Científica 2005-2006, código **UNMU05-23-002**, por importe de **254.752,89 €** (inversión 219,614.56 € y cofinanciación UMU 65.884,37 €).

7.- HISTORIAL DE LOS GRUPOS EN LOS ULTIMOS CINCO AÑOS

El historial completo de los grupos de investigación solicitantes se adjunta en el anexo 1 de la propuesta, y los datos sobre financiación pública y privada se detallan en el anexo 2. En esta sección se incluye únicamente un resumen de los indicadores básicos de la producción científica.

RESUMEN DE CONTRIBUCIONES	AIKE	GSIT	GEN
Nº de sexenios reconocidos al IP.	4	2	4
Nº de sexenios reconocidos al IS	1	2	4
Nº de sexenios reconocidos el resto del grupo	4	4	10
Nº de artículos incluidos en el 'Subject Category Listing' del 'JCR Science Edition" de Thomson-ISI	15	9	14
Nº de artículos no incluidos en el 'Subject Category Listing' del 'JCR Science Edition" de Thomson-ISI	29	107	
Nº de monografías de calidad contrastada	7	19	
Nº de proyectos de investigación internacionales	2	13	
Nº de proyectos de investigación nacionales	12	16	8
Nº de proyectos de investigación regionales con evaluación externa.	5	8	3
Nº de contratos financiados por empresas	9	12	
Nº de convenios con organismos públicos	1	3	
Nº de patentes nacionales registradas y registros de la propiedad intelectual	5	1	
Nº de patentes internacionales registradas		1	
Nº de patentes comercializadas	3		
Nº de modelos de utilidad			
Nº de tesis doctorales dirigidas y defendidas con éxito por un miembro del grupo.	5	12	4
Nº de estancias externas superiores a dos meses cada una.	3	9	
Nº de investigadores visitantes de prestigio internacional con financiación de convocatorias públicas competitivas y por un periodo no inferior a tres meses cada estancia.		2	
Nº de grupos internacionales de reconocido prestigio con los que se han mantenido colaboraciones.	3	3	3

Nº de Comités Científicos de revistas de prestigio internacional a los que pertenece alguno de los miembros del grupo.	1	4	2
Nº de redes científicas internacionales a las que pertenece.		2	1

8.- RELACIÓN DE MIEMBROS

En esta sección se proporciona la relación de miembros adscritos y colaboradores del instituto. Los curricula vitae detallados de los solicitantes se proporcionan en el anexo 3.

Los grupos de investigación que se incorporan en el instituto están adscritos a diferentes áreas del conocimiento (Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Ingeniería Telemática, Tecnología Electrónica, Teoría de la Señal y las Comunicaciones, Genética, Microbiología, ...), todas ellas pertenecientes al Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones y al Departamento de Genética y Microbiología de la **UMU**. También se incorporan los doctores Francisco Palacios Ortega y José López Candel, pertenecientes a los Hospitales Clínicos Universitarios Reina Sofía de Murcia y Getafe, respectivamente, así como algunos miembros de otras áreas no adscritas al Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones, pero pertenecientes a los grupos de investigación del Departamento.

Las siguientes tablas muestran los datos básicos de los solicitantes, ordenados alfabéticamente, de acuerdo con la siguiente leyenda:

- Estatus: CU (Catedrático de Universidad), TU (Titular de Universidad), TEU (Titular de Escuela Universitaria, AY (Ayudante), PCD (Profesor Contratado Doctor), AS (Profesor Asociado), BE (Becario), JC (Juan de la Cierva), RC (Ramón y Cajal), COL (otras figuras).
- Doc.: Indica si tiene el grado de Doctor. S (Sí), N (No).
- Área: CCIA (Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial), (IT) Ingeniería Telemática, (TE) Tecnología Electrónica, (TSC) Teoría de la Señal y las Comunicaciones, IM (Ingeniería Mecánica), LSI (Lenguajes y Sistemas Informáticos), ARQ(Arquitectura y Tecnología de Computadores), MED (Médicos adscritos a Hospitales Clínicos Universitarios), GEN (Genética)
- Org.: Organismo. UM (Universidad de Murcia), HCU (Hospital Clínico Universitario), UPCT (Universidad Politécnica de Cartagena)
- Proy.: Participa activamente en proyectos o contratos vigentes. S (Sí), N (No).
- OI: Pertenencia a otros Institutos de Investigación. S (Sí), N (No).
- Ded.: Horas de dedicación al instituto
- A/C: Modalidad de pertenencia al instituto. A: (adscrito), C (colaborador)

Apellidos, Nombre	Estatus	Doc.	Area	Org.	Proy.	OI	Ded.	A/C
ALCARAZ CALERO, JOSE MARIA	BE	N	IT	UM	S	N	25	A
BOTIA BLAYA, JUAN ANTONIO	TEU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
CADENAS FIGUEREDO, JOSE MANUEL	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
CALO VARELA, SILVIA	BE	N	GEN	UM	S	N	25	A
CAMPOS MARTINEZ, MANUEL	PCD	S	LSI	UM	S	N	25	A
CARDENAS VIEDMA, MARIA ANTONIA	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
CERVANTES MARTÍNEZ, MARÍA	CO	S	GEN	UM	S	N	25	A
DE HARO HERNÁNDEZ, JUAN PEDRO	BE	N	GEN	UM	S	N	25	A
FERRER MARTÍNEZ, JUAN	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
GALVEZ GARCIA, JUAN JOSE	BE	N	IT	UM	S	N	25	A
GARCIA SOLA; ALBERTO	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
GARCIA VALVERDE, MARIA TERESA	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
GARRE MULA, VICTORIANO	TU	S	GEN	UM	S	N	25	A
GARRIDO CARRERA, MARIA DEL CARMEN	TEU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
GOMARIZ PEÑALVER, ANTONIO	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
GOMEZ DE LEON HIJES, FELIX CESAREO	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
GOMEZ MARIN-BLAZQUEZ, JAVIER	RC	S	CCIA	UM	S	N	25	A
GOMEZ MARMOL, FELIX	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
GOMEZ SKARMETA, ANTONIO FERNANDO	TU	S	IT	UM	S	N	25	A
GUIL REYES, FRANCISCO JAVIER	COL	N	CCIA	UAL	S	N	12	C
HERNANDEZ MOLINERO, LUIS DANIEL	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
JIMENEZ BARRIONUEVO, FERNANDO	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
JUAREZ HERRERO, JOSE MANUEL	PCD	S	CCIA	UM	S	N	25	A
LOPEZ CANDEL, JOSE	COL	S	MED	HCU	S	N	12	C
LOPEZ MILLAN, GABRIEL	PCD	S	IT	UM	S	N	25	A
MARIN LOPEZ, RAFAEL	AY	S	IT	UM	S	N	25	A
MARIN MORALES, ROQUE LUIS	CU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
MARTINEZ GRACIA, EDUARDO	TEU	N	CCIA	UM	S	N	25	A
MORALES NICOLAS, ANTONIO	COL	N	CCIA	UM	S	N	25	C
MUÑOZ BALLESTER, ENRIQUE	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
MUÑOZ ORTEGA, ANDRES	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
NAVARETE SANCHEZ, ISABEL MARIA	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
NAVARRO ROS, EUSEBIO	AS	S	GEN	UM	S	N	25	A
PALACIOS ORTEGA, FRANCISCO	COL	S	MED	HCU	S	N	12	C
PALMA MENDEZ, JOSE TOMAS	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
PAREDES MORENO, SANTIAGO	AS	N	CCIA	UM	S	N	25	A
PEREÑIGUEZ GARCIA, FERNANDO	BE	N	IT	UM	S	N	25	A
RIESTRA AINSUA, TAMARA	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
RUIZ MARTINEZ, PEDRO MIGUEL	TU	S	IT	UM	S	N	25	A
RUIZ VÁZQUEZ, ROSA Mª	CU	S	GEN	UM	S	N	25	A
SALORT RODRIGUEZ-NAVAS, JOSE	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
SANCHEZ ALVAREZ, DANIEL	TU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
SANCHEZ CARPENA, GRACIA	TEU	S	CCIA	UM	S	N	25	A
SANCHEZ MARTINEZ, DANIEL	CO	N	IT	UM	S	N	12	A
SANTA LOZANO, JOSE	BE	S	IT	UM	S	N	25	A
SCIAVICCO, GUIDO	COL	S	CCIA	UM	S	N	12	A
SERRANO FERNANDEZ, EMILIO	BE	N	CCIA	UM	S	N	25	A
TOLEDO MOREO, RAFAEL	COL	S	AQR	UPCT	S	N	25	C
TORRES MARTÍNEZ, SANTIAGO	CU	S	GEN	UM	S	N	25	A
UBEDA MIÑARRO, BENITO	TU	S	TSC	UM	S	N	25	A
VALDES VELA, MERCEDES	AS	S	CCIA	UM	S	N	25	A
ZAMORA IZQUIERDO, MIGUEL ANGEL	PCD	S	TE	UM	S	N	25	A

9.- PROYECTO DE REGLAMENTO DE RÉGIMEN INTERNO

El anexo 4 incluye un borrador del Reglamento de Régimen Interno del instituto. Además de las estructuras descritas en el reglamento, se plantea en la estructura del instituto la constitución de un comité asesor que participe en la definición de estrategias y objetivos a medio y largo plazo.

9.1.- ÓRGANOS DE GOBIERNO

Además, el Instituto de Investigación INTICO se regirá por el Reglamento de los Institutos Universitarios de Investigación de la Universidad de Murcia³, dotándole de un Consejo de Instituto, un Director y un Secretario al menos.

De entre las funciones que tendrán destacamos:

- Establecer los programas de enseñanza especializadas
- Aprobar la memoria anual de actividades y económica
- Proponer el presupuesto anual
- Aprobar la asignación de fondos
- Velar por la calidad de la Investigación.

Complementados por el resto que aparecen en dicho Reglamento.

10.- PROGRAMACIÓN PLURIANUAL Y PREVISIÓN DE RELACIONES DE INTERCAMBIO

10.1.- PLANIFICACIÓN PLURIANUAL

Los objetivos financieros planteados permitirán llevar a cabo una serie de actuaciones de índole general. A continuación se detallan las actividades propuestas, siendo la mayor parte de ellas de carácter anual, excepto la realización del workshop que puede ser bienal. En cuanto al número de becas, estancias, etc ..., dependerá fuertemente de la financiación externa, pero la meta es que su cuantía se vaya incrementando anualmente de forma lineal, conforme el instituto se vaya consolidando.

1. En el ámbito del incremento de la excelencia de las líneas actuales:

- Apoyo a las labores de internacionalización, a través de estancias cortas de investigadores en centros de referencia internacional.

³ <http://www.um.es/ugi/docs/institutos/institutosuniversitarios.pdf>

- Potenciación de las labores de investigación de los miembros no doctores del grupo, mediante estancias de larga duración en centros de investigación de talla mundial, y así facilitar su formación y trabajo con grupos de relieve internacional.
- Favorecer estancias/seminarios y en general actividades de colaboración con grupos de investigadores externos de renombre.

2. Con objeto de abordar la consolidación de todas las líneas de trabajo y las nuevas líneas:

- Convocar al menos dos becas de investigación.
- Promover dos estancias de larga duración de investigadores noveles, en especial ayudantes del grupo en fase de realización de tesis.
- Promover la realización de un workshop internacional en la UMU para atraer investigadores dentro de la línea a consolidar y crear sinergias de trabajo.
- Participación activa en los foros de estandarización, en especial IETF, donde gran parte de los resultados de estas líneas tendrán su principal foco de diseminación.
- Asistencia a Congresos del más alto nivel y con índice de aceptación menor del 20%, y que sean de referencia mundial
- Promover la participación en proyectos europeos dentro del Séptimo Programa Marco y sucesivos.

En concreto como desarrollo de las sinergias entre los grupos de investigación del instituto, que consideramos son de gran relevancia para el futuro, y que conllevarán resultados que se verán referenciados en artículos en revistas de impacto y tesis doctorales, podemos indicar:

Computación Nomádica y Contextual en sistemas ITS

La telemática de a bordo en vehículos está sufriendo en la actualidad un cambio radical. Si bien el uso de navegadores basados en GPS y la inclusión de reproductores DVD han sido los dispositivos más novedosos en los últimos años, el futuro se centra en la integración de servicios telemáticos en el vehículo para mejorar la experiencia de la conducción, y del viaje en general.

Varias experiencias prototipo han sido desarrolladas en el ámbito de la conducción autónoma [1] a lo largo de los años; sin embargo, el futuro inmediato nos depara otro conjunto de objetivos considerados como más realistas de cara a la fabricación de automóviles en un rango de tiempo en torno a los cinco o diez años venideros. La inclusión de servicios de a bordo en vehículos es considerado como un eje crucial en el equipamiento de a bordo. Para tal despliegue es necesario disponer tanto del hardware, como de la plataforma software adecuada. La proliferación de dispositivos en el habitáculo es un problema a soslayar, y la concepción de una unidad de a bordo lo suficientemente general como para permitir el despliegue de la mayoría de

los servicios que se puedan imaginar es de especial importancia. Es por esto que la presente petición intenta solucionar este problema mediante el uso de computadores de propósito general para la implementación de servicios desarrollados en software [2].

Las tecnologías de red en el ámbito de los vehículos comienzan a ser una realidad. Multitud de tecnologías han sido consideradas a este respecto [3], entre las cuales son especialmente relevantes las redes de comunicación celular. Estas permiten disfrutar de un enlace de datos continuo en los lugares en donde existe cobertura de telefonía móvil. Hasta ahora GPRS ha sido la tecnología más utilizada, pero el despliegue de UMTS comienza a ser una realidad, lo cual abrirá el camino a una nueva multitud de servicios para vehículos con altos requerimientos de ancho de banda. Existen multitud de trabajos que se basan en dicha conectividad celular para el desarrollo de servicios. Sin embargo estos diseños usan la red para establecer conexiones entre el vehículo y la infraestructura, sin considerar las comunicaciones vehículo a vehículo [4]. Nuestro propósito es demostrar que es posible realizar un diseño de red usando la red celular, que permita también el desarrollo de servicios con necesidades de comunicación vehículo a vehículo. La aproximación ideada está basada en las redes *peer to peer* (P2P). La factibilidad de dicho sistema se ve reforzada por la existencia de trabajos iniciales que lo demuestran [5].

El uso de una plataforma hardware y software como se ha descrito anteriormente permitirá crear servicios de diversa índole. Para tal fin, se consideran especialmente importantes los sensores de posicionamiento basados en tecnologías de navegación por satélite; además, otros sensores de navegación como odómetros y similares también deben ser estudiados. El estudio y mejora de la posición obtenida del sistema base GPS [6] permitirá conseguir una arquitectura válida para desplegar servicios dependientes de la localización, y más generalmente del contexto, de manera fiable. Uno de los servicios que se considera especialmente relevante en el ámbito de la inteligencia ambiental es la provisión de información al conductor relativa al contexto de circulación. Trabajos similares han sido desarrollados en entornos reducidos [7], pero su adaptación al automóvil se considera totalmente factible. La presente propuesta integrará un sistema de provisión de información en la propia infraestructura de red descrita, con el fin de adaptar la información que recibe el conductor, no solamente acorde al contexto de circulación, sino también con su perfil de preferencias.

Referencias

- [1] Skarmeta A.G., Martínez H., Zamora M.A., Úbeda B., Gómez F.C, Tomás L.M. "MIMICS: Exploiting Satellite Technology for an Autonomous Convoy". IEEE Intelligent Systems. N IV. V. vol. 17, pp. 85-89. July 2002.

- [2] José Santa, Benito Úbeda, Antonio F. G. Skarmeta. "A Multiplatform OSGi Based Architecture for Developing Road Vehicle Services". Consumer Communications & Networking Conference 2007 (CCNC 2007), Las Vegas. January 2007.

- [3] Tomas Nolte, Hans Hansson, Lucia Lo Bello. "Wireless Automotive Communications". Euromicro Conference on Real-Time Systems (ECTRS 05), Palma de Mayorca. July 2005.

- [4] Luisa Andreone, Michele Provera. "Inter-vehicle communication and cooperative systems: local dynamic safety information distributed among the infrastructure and the vehicle as "virtual sensors" to enhance road safety". ITS Hannover 2005, Hannover. January 2005.

[5] Luciano Baresi, Carlo Ghezzi, Antonio Miele, Matteo Miraz, Andrea Naggi, Filippo Pacifici. "Híbrido service-oriented architectures: a case-study in the automotive domain". 5th International Workshop on Software Engineering and Middleware (SEM'05), Lisbon. September 2005.

[6] José Santa, Benito Úbeda, Antonio F.G. Skarmeta. "Monitoring the position integrity in road transport localization based services". IEEE Vehicular Technology Conference 2006 Fall, Montreal. In press.

[7] Andrés Muñoz, Antonia Vera, Juan A. Botia, Antonio F. Gomez Skarmeta. Defining basic behaviours in ambient intelligence environments by means of rule-based programming with visual tools. 1st Workshop of Artificial Intelligence Techniques for Ambient Intelligence. ECAI 2006.

Gestión Dinámica de la Confianza en Sistemas Distribuidos y Heterogéneos

Hoy en día resulta utópico suponer la presencia de una infraestructura de clave pública o PKI (Public Key Infrastructure) en cualquier tipo de red. Esta PKI, cuando existe, sirve para que las entidades que componen una red puedan autenticarse unas frente a otras, siempre y cuando todas ellas depositen su confianza en una tercera parte, llamada Autoridad de Certificación o CA (Certification Authority).

Sin embargo la realidad, como decimos, es bien distinta. Con frecuencia no se cuenta con dicha PKI en numerosas redes de ordenadores como, por ejemplo, aquellas que tienen naturaleza dinámica (como las redes ad-hoc o las redes overlay), o bien la implantación de una nueva PKI resulta ser un proceso complicado y tedioso o difícil de utilizar, como ocurre cuando los usuarios hacen uso de dispositivos con baja capacidad de cómputo. Es en estos escenarios cada más numerosos en los sistemas de comunicaciones, y en los cuales no es posible contar con una tercera parte confiable, donde se plantea el problema de la confianza entre los miembros de la red, ya que son ellos mismos los que tienen que determinar en qué otros miembros confían y en cuales no, y todo ello de forma dinámica según evoluciona el tiempo y el comportamiento de los demás miembros.

La investigación en este ámbito tiene mucho trabajo por delante y producirá sin duda resultados interesantes en el campo de la seguridad computacional y más concretamente, de la gestión de identidad y de confianza y de los sistemas de autenticación y autorización, siendo éstas líneas que se consideran prioritarias antes de establecer un sistema de comunicación que se pueda considerar como seguro.

Aunque no demasiado abundante, ya existe a día de hoy una labor investigadora en el área de la gestión de confianza en sistemas distribuidos y heterogéneos que nos puede servir de base para la investigación propuesta en este proyecto. Ejemplo de ello son Kan Zhang y Kindberg [1] que presentaron en 2001 una infraestructura de acceso flexible y seguro para un grupo de servicios distribuidos en un entorno de computación móvil y describieron un protocolo seguro que permitía a los usuarios registrarse a ciertos servicios.

En 2004 P. Michiardi [2] en su tesis doctoral exponía que la seguridad en redes ad hoc suponía un problema grave desde la perspectiva de la confianza en las comunicaciones debido a varios

factores, como lo son la ausencia de confianza a priori, la ausencia de infraestructura y la exigencia de cooperación [3].

En julio de 2005 Xiaoyun Xue [4] presentó un modelo de seguridad basado en watchdog para securizar las redes ad hoc, evitando ataques de *spoofing* que podrían afectar negativamente a la autenticación. Esta técnica, que es capaz de detectar tanto ataques maliciosos, como comportamientos propios, no introduce ni tráfico adicional, ni sobrecarga significativa de computación en la red, pero necesita ser securizado si un sistema de reputación depende de él mismo. Además, Xiaoyun y sus colaboradores consiguieron que el mecanismo de supervisión basado en watchdog fuera también eficiente con respecto al almacenamiento requerido.

Como hemos visto, existen numerosas intenciones de abordar el problema de la gestión de confianza en sistemas distribuidos y heterogéneos, pero quizás la mayoría de ellos se centra, o bien en un tipo de red concreta (ad hoc, por ejemplo), o bien en un tipo de dispositivo concreto (dispositivos móviles, por ejemplo), o bien en una técnica o metodología concreta (watchdog, por ejemplo).

Nuestro principal objetivo en este sentido será diseñar una solución más genérica o general que dé respuesta al problema de la gestión dinámica de confianza en sistemas distribuidos y heterogéneos, sin ligarse necesariamente a un tipo de red concreto, o de dispositivo, o incluso de técnica o metodología. Para ello se proponen entre otras las siguientes líneas de trabajo:

Profundizar en el análisis de los modelos de confianza presentes en las relaciones interpersonales con la idea de evaluar la posibilidad de diseñar modelos bio-inspirados que resuelvan en las redes heterogéneas y distribuidas de ordenadores el problema de la gestión de la confianza, del mismo modo que se hace entre humanos.

Definición de soluciones para la gestión dinámica de la confianza en sistemas distribuidos y heterogéneos basada en criterios de seguridad y eficiencia que permita que distintos interlocutores puedan intercambiar información con requerimientos de seguridad bajo un cierto nivel de confianza establecido con anterioridad a la comunicación.

Estudio de técnicas de validación de diseños en el ámbito de la gestión de confianza, ya sea mediante mecanismos formales, o mediante la ejecución de prototipos bajo circunstancias determinadas. Dicha validación tendrá por fin tratar de demostrar que un diseño dado cumple las condiciones tanto de seguridad como de eficiencia que se hayan establecido.

Referencias

[1] Zhang A., Kindberg T. – An Authorisation Infrastructure for Nomadic Computing, Hewlett-Packard Technical Reports, septiembre de 2001.

[2] Michiardi P. – Cooperation Enforcement and Network Security Mechanisms for Mobile and Ad Hoc Networks, PhD Thesis, Ecole nationale supérieure des télécommunications, diciembre de 2004.

[3] Michiardi P. Molva R. – Analysis of Coalition formation and Cooperation Strategies in Mobile Ad Hoc Networks, Ad Hoc Networks Journal, Vol. 3, Num. 2, 2005.

[4] Xue X., Leneutre J., Chen L., Ben-Othman J. – SWAN: A Secured Watchdog for Ad hoc Networks, International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 6, num 6, junio de 2006.

Sistemas de Autogestión de Redes y Servicios Basados en el Paradigma de Computación Autónoma

En la actualidad, cada vez es más frecuente encontrarse con sistemas y servicios de comunicaciones de gran dimensión. Esto conlleva que constantemente se va aumentando la heterogeneidad de las redes de comunicaciones y favoreciendo los entornos de gestión distribuida.

Con esto surge en el mundo de las comunicaciones un obstáculo, ya que cuanto más heterogéneas son las redes y los entornos son más distribuidos, la gestión en estos sistemas se hace más compleja y esto es un factor clave dentro del correcto funcionamiento de un sistema.

Una posible solución a este nuevo problema puede venir de la mano de lo que se conoce como Computación Autónoma (Autonomic Computing) [1]. Bajo estas siglas subyace el concepto de sistemas de computación que son capaces de gestionarse ellos mismos de acuerdo con objetivos propuestos por el administrador del sistema de información.

De esta forma se reduce sustancialmente el nivel de complejidad en la gestión del sistema de información, ya que el administrador del sistema, en este contexto, ha de indicar al sistema unos objetivos, y con esta información que contiene descrita de alguna manera la forma de actuar del sistema, será el propio sistema el que ha de realizar de forma autónoma las tareas de configuración, mantenimiento y optimización de los elementos que lo conforman.

El paradigma de la computación autónoma permite que las redes sean capaces de auto-organizarse y gestionarse por si solas; sin embargo, se encuentra en una fase muy temprana de investigación y de desarrollo, y actualmente existe un importante camino abierto hacia la investigación en este campo.

En este sentido, los trabajos de autores como Wei Li [2] que comienzan su investigación acerca de la gestión distribuida de redes y servicios de comunicaciones ofreciendo modelos basados en entornos distribuidos de auto-gestión pueden considerarse como un punto de partida.

Dentro del campo de las redes inalámbricas, también se están haciendo avances en esta dirección de la creación de redes auto-organizadas, desarrollando continuamente modelos teóricos que intenten acercarnos cada vez más al objetivo en cuestión. Una buena prueba de ello y que puede valer como base para comenzar un estudio en esta dirección, es la que se encuentra en [3], [4] y [5].

Lo mismo sucede con el campo de las redes distribuidas, en la que también se comienzan a hacer avances en la misma dirección hacia redes auto-gestionadas. En este campo también empiezan a aparecer los primeros modelos teóricos de la mano de distintos expertos en la materia como pueden ser los que se encuentran en [6].

En la actualidad, dentro de la autogestión de sistemas y servicios de comunicaciones, se plantean muchos problemas. Así, el principal objetivo de esta investigación es plantear una

solución válida, robusta y eficiente al problema planteado de la autogestión de sistemas y servicios heterogéneos de comunicaciones en un entorno distribuido. Para ello se definen las siguientes líneas de trabajo:

La elaboración de modelos de comportamiento basados en reglas locales que permitan establecer objetivos globales en entornos de gestión distribuida, en los que no se posee una infraestructura.

Diseño de modelos de comunicación basados en la coordinación implícita de los elementos de la red, de forma que dentro de un entorno hostil, la coordinación de los diferentes nodos de una red, no tenga que depender de ninguna entidad concreta, sino que más bien se favorezcan los entornos distribuidos.

Diseño de modelos de comunicación que sean adaptativos frente a cambios en el estado de la red, de forma que permitan reacción antes situaciones imprevistas, como pueden ser la caída de un nodo o un ataque externo. En esta dirección se plantean también la elaboración de modelos de reacción ante estos cambios, estableciendo los paradigmas de auto-optimización y auto-reparación. Se ha de tener siempre en cuenta la minimización del tiempo en el que un nodo ha de conocer el estado de la red, favoreciendo el principio de localidad.

Estudio de las aproximaciones de validación aplicables a modelos de autogestión mediante mecanismos y metodologías basadas en técnicas formales que permitan verificar que los modelos propuestos solucionan el conjunto de problemas y restricciones establecidos inicialmente.

Referencias

- [1] Jeffrey J., Kephart O., David M. – Chess The Vision of Autonomic Computing, IEEE Computer, enero de 2003, p 41-50.
- [2] Li W., Luo J., Liu B. – Distributed network self-management model based on CSCW, Proceedings of the Ninth International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, mayo de 2005.
- [3] Dixit S., Yanmaz E., Tonguz O.K. – On the Design of the Self-Organized Cellular Wireless Networks, IEEE Communications Magazine, julio de 2005, vol 43, no 7, p. 86-93.
- [4] Akella A., Judd G., Seshan S., Steenkiste P. – Self-Management in Chaotic Wireless Deployments, MobiCom'05, agosto de 2005, Colonia, Alemania.
- [5] Ruiz L. B., Braga T., Silva F. A., Assunção H.P., Nogueira J.M., Loureiro A. – On the Design of a Self-Managed Wireless Sensor Network, IEEE Communication Magazine, agosto de 2005, vol 43, no 7, p. 95-102.
- [6] Alderson D., Willinger W. – A Contrasting Look at Self-Organization in the Internet and Next-Generation Communication Network, IEEE Communication Magazine, julio de 2005, vol 43, p 94-100.

Metaheurísticas en sistemas de aprendizaje y Minería de Datos

Una Heurística es un procedimiento eficiente y eficaz que aporta buenas soluciones en la resolución de problemas que surgen del conocimiento del problema emanado en parte de la experiencia. Las Metaheurísticas son estrategias generales para diseñar heurísticas de alto rendimiento. El término hiperheurística aparece por primera vez en [1] y surge en el seno del grupo ASAP de la universidad de Nottingham. Una hiperheurística puede ser vista como una heurística que elige entre una serie dada de heurísticas para resolver un problema.

Distintos estudios han mostrado que las heurísticas y meta-heurísticas son herramientas útiles para proporcionar soluciones razonablemente buenas utilizando un número moderado de recursos. Una tendencia interesante en este área es obtener estrategias híbridas que cooperan de forma paralela para resolver un problema. Según la clasificación de meta-heurísticas híbridas de [2], este enfoque se incluye en la clase High-level Teamwork Hybrid, y según la clasificación de [3], en el Tipo 3 (Parallelism or Multi-search metaheuristics).

Estos enfoques obtienen mejores resultados que los métodos independientes, pero estudios muestran que métodos cooperativos con un acceso sin restricción a la información compartida pueden experimentar problemas de convergencia prematura. Por esta razón sería interesante encontrar una forma de controlar este intercambio de información. Con este objetivo, en [4] se propone una estrategia cooperativa basada en memoria para controlar este efecto. Un nuevo campo de la investigación aparece con preguntas como: a) ¿Cuál será el papel de cada metaheurística? o b) ¿qué mecanismos de cooperación deben ser utilizados? En [5,6,7,8,9], se trata de contestar a estas preguntas y se propone una estructura donde un coordinador modelado por un conjunto de reglas fuzzy (extraídas mediante análisis inteligente de datos) obtiene información acerca del funcionamiento de las diferentes metaheurísticas y les envía órdenes.

Los objetivos de esta línea son, por un lado, seguir profundizando en las preguntas a) y b) siguiendo el enfoque sugerido en [7,8]. Para ello es importante, por otro lado, el estudio y diseño de nuevos enfoque de aplicación de las hiperheurísticas, y que puedan ser trasladados a las metaheurísticas cooperativas o viceversa.

La idea de las **hiper-heurísticas** se basa en encontrar algoritmos rápidos y deterministas, compuestos a base de heurísticas simples, que obtengan buenos resultados para un amplio espectro de problemas. El objetivo es solucionar las preocupaciones arriba mencionadas de los usuarios. Muchos métodos de resolución realizan búsquedas de soluciones para cada instancia particular de un problema. Es decir, para cada nuevo problema a resolver el proceso debe ser reiniciado. Los sistemas hiper-heurísticos, en cambio, se entrenan primero sobre muchas instancias distintas de una familia de problemas. Una vez aprendida dicha familia de problemas encontrar la solución de una instancia particular no implica repetir el aprendizaje. El sistema hiper-heurístico proporciona la secuencia de heurísticas a utilizar en la resolución.

En general el proceso de resolución mediante hiper-heurísticas consiste en aplicar alguna heurística (simple y comprensible) a una instancia particular de una familia de problemas. En vez de aplicar dicha heurística hasta la resolución completa de la instancia del problema solo se utiliza durante parte del proceso. Se analiza el estado actual de resolución y se decide que nueva (o quizá la misma) heurística aplicar a continuación. La selección de la heurística depende de una descripción simplificada del estado actual del problema. El proceso se repite hasta conseguir el objetivo final.

Por tanto, se trata de explorar dos tipos de enfoques *constructivos* para la aplicación de hiper-heurísticas. Ambos *construyen* una solución desde cero de forma iterativa, seleccionando una heurística en cada etapa para ir construyendo una solución completa. En la primera variedad [10,14] se utiliza un sistema clasificador para crear grupos de reglas de la forma *Estado del Problema* → *Heurística*. La otra variedad [11,12,13] utiliza un Messy-GA para descubrir un grupo de puntos etiquetados (básicamente reglas) en el espacio de las descripciones simplificadas del problema. Cada etiqueta se refiere a una heurística. El algoritmo encuentra cual es el punto etiquetado más cercano a la descripción simplificada actual del problema en resolución y aplica dicha heurística hasta que se ha construido una solución completa.

Referencias

- [1] P. Cowling, G. Kendall, E. Soubeiga A hyperheuristic approach to scheduling a sales summit. *Lecture Notes in Computer Science*, 2079, 176-190, Springer. 2001.
- [2] E.G. Talbi. A Taxonomy of Hybrid Metaheuristics *Journal of Heuristics* 8, 541-564, 2002.
- [3] T.G. Crainic, M. Toulouse. Parallel Strategies for Metaheuristics, En Glover, F., Kochenberger, G.A. (eds.). *Handbook of Metaheuristics*, Kluwer. 2003.
- [4] D. Pelta, C. Cruz, A. Sancho-Royo, J.L Verdegay. Using memory and fuzzy rules in a cooperative multi-thread strategy for optimization. *Information Sciences* 176, 1849-1868, 2006.
- [5] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz, C. Cruz, D. Pelta, J.L. Verdegay. Different Approaches for Cooperation with Meta-heuristics. *Encyclopedia of Artificial Intelligence. Information Science Reference*.2008.
- [6] J.M. Cadenas, J.L. Verdegay. Towards a new Strategy for solving Fuzzy optimization Problems. *Fuzzy Optimization and decisión Making*.. (in Press)
- [7] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz. Using Machine Learning in a Cooperative Hybrid Parallel Strategy of Metaheuristics. *Information Sciences* . (in Press).
- [8] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz. A cooperative Systems of Metaheuristics. 7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2007) . Alemania, 2007
- [9] J.M. Cadenas, M.C. Garrido, E. Muñoz. Impact of Fuzzy Logic in the Cooperation of Metaheuristics. The Twenty First International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE 2008). Wroclaw, Poland. 2008
- [10] Peter Ross, Sonia Schulenburg, Javier G. Marín-Blázquez, and Emma Hart. *Hyperheuristics: learning to combine simple heuristics in bin packing problems*. En GECCO 2002, New York, NY, 2002.
- [11] Peter Ross, Javier Marín-Blázquez, Sonia Schulenburg, and Emma Hart. *Learning a procedure that can solve hard bin packing problems: A new GA-based approach to hyper-heuristics*. En GECCO 2003, número 2724 in LNCS, paginas 1295-1306. Springer, 2003.
- [12] Peter Ross, Javier G. Marín-Blázquez, and Emma Hart. *Hyper-heuristics applied to Class and Exam timetabling problems*. En CEC 2004, paginas 1691-1698, Portland, Oregon, 2004. IEEE Press.

[13] Peter Ross and Javier G. Marín-Blázquez. *Constructive hyper-heuristics in class timetabling*. En CEC 2005, paginas 1493-1500, Edinburgh, Scotland, September 2005. IEEE Press.

[14] Javier G. Marín-Blázquez, Sonia Schulenburg. *Multi-step environment learning classifier systems applied to hyper-heuristics*. En GECCO 2006, paginas 1521 – 1528, Seattle, USA, 2006

Autoconfiguración con control de acceso en MANET

Las redes ad hoc híbridas son aquellas en las que determinados nodos de la red pueden actuar como gateways hacia otro tipo de redes. Uno de los motivos por los que las redes híbridas son interesantes, es porque permiten aumentar el rendimiento de la red y mitigar los problemas de escalabilidad de los protocolos de encaminamiento actuales [1, 2].

La posibilidad de que el resto de los nodos de la red pudiese beneficiarse del acceso a servicios disponibles en estas redes de forma transparente ha hecho que, especialmente en el caso de operadores móviles, este tipo de arquitecturas híbridas como las de las redes malladas representen una oportunidad de negocio muy interesante. Sin embargo, el operador móvil sigue queriendo que sólo sus clientes puedan disfrutar del servicio ofrecido. Por tanto, uno de los temas que más interés está ganando es el del control de acceso en redes ad hoc híbridas.

Actualmente la mayoría de propuestas de autoconfiguración para redes ad hoc híbridas, se centran exclusivamente en la autoconfiguración de direcciones [3-10]. Sólo algunas propuestas han centrado en el control de acceso para redes multihop. Destacamos, Luo et al. [11] proponen un esquema descentralizado para control de acceso mediante tickets certificados. Saxena et al [12] proponen un mecanismo de control de admisión basado en “bi-variate polynomials” para negociar claves simétricas con otros nodos de la MANET. Hafslund et al [13] proponen una solución de control de acceso y autenticación en MANETs híbridas mediante soluciones de nivel MAC (extensiones a 802.11i). Finalmente, Mishra et al. [14] y Pack et al. [15] evitan el problema de la transferencia de claves entre gateways pre-instalando las claves antes de que los nodos se muevan.

Nosotros proponemos trabajar en un nuevo protocolo de autoconfiguración denominado EMAP: Extensible MANET Autoconfiguration Protocol, que además de ser extensible y permitir autoconfiguración tanto local como global, sea capaz de facilitar integración con diferentes tipos de redes mediante el descubrimiento, no sólo de los gateways y los prefijos de red, sino también de entidades útiles para las aplicaciones como pueden ser los proxies SIP, servidores de DNS, agentes de autenticación, y servicios en general. La idea es diseñar una arquitectura de bootstrapping a diferentes niveles (cross-layer) que permite integrar los diferentes aspectos de autoconfiguración, gestión de claves, encaminamiento y descubrimiento de servicios de forma eficiente.

Referencias

[1] U.C. Kozat, L. Tassiulas, Throughput capacity of random ad hoc networks with infrastructure support, ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), San Diego, CA, 2003, pp. 55–65.

- [2] B. Liu, Z. Liu, D. Towsley, On the capacity of hybrid wireless networks, IEEE Annual Conference on Computer Communications, (INFOCOM), San Francisco, CA, 2003, pp. 1543–1552.
- [3] C. Perkins, J. Malinen, R. Wakikawa, E. Belding-Royer, and Y. Sun, IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks, Internet-Draft “draft-ietf-manet-autoconf-01.txt” (work in progress), November 2001.
- [4] K. Weniger, and M. Zitterbart, IPv6 Autoconfiguration in Large Scale Mobile Ad- Hoc Networks, Proceedings of European Wireless 2002, Florence, Italy. February 2002.
- [5] R. Wakikawa, J. T. Malinen, C. E. Perkins, A. Nilsson, and A. Tuominen, Global Connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks, Internet-Draft “draft-wakikawa-manet-globalv6-04.txt” (work in progress), July 2005.
- [6] J. Jeong, J. Park, H. Kim, and D. Kim, Ad Hoc IP Address Autoconfiguration for AODV, Internet-Draft “draft-jeong-manet-aodv-addr-autoconf-01.txt” (work on progress)
- [7] S. Nesargi, and R. Prakash, MANETconf: Configuration of Hosts in a Mobile Ad Hoc Network, IEEE INFOCOM 2002, June 2002.
- [8] H. Zhou, L. Ni, and M. Mutka, Prophet Address Allocation for Large Scale MANETs, in Proc. of IEEE INFOCOM 2003, 2003.
- [9] M. Mohsin, and R. Prakash, IP Address Assignment in a Mobile Ad Hoc Network, IEEE MILCOM 2002.
- [10] C. Jelger, T. Noel, and A. Frey, Gateway and Address Autoconfiguration for IPv6 Ad Hoc Networks, Internet-Draft “draft-jelger-manet-gateway-autoconf-v6-02.txt” (work in progress), April 2004.
- [11] H. Luo, J. Kong, P. Zerfos, S. Lu and L. Zhang ”URSA: Ubiquitous and Robust Access Control for Mobile Ad Hoc Networks” IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 12, No. 6. (2004), pp. 1049-1063
- [12] N. Saxena, G. Tsudik and J. H. Yi ”Efficient Node Admission for Short-lived Mobile Ad-Hoc Networks” 13th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP’05), November 6-9, 2005, Boston, Massachusetts, USA
- [13] Andreas Hafslund and Jon Andersson. ”2-Level Authentication Mechanism in a Internet connected MANET” 6th Scandinavian Workshop on Wireless Ad-hoc Networks, May 3-4, 2005 Johannesberg Estate, Stockholm
- [14] A. Mishra et al. ”Proactive Key Distribution Using Neighbor Graphs” IEEE Wireless Communication, Vol. 11, Issue 1, pp. 26-36, Feb. 2004
- [15] S. Pack et al. ”Fast Inter-AP Handoff using Predictive-Authentication Scheme in a Public Wireless LAN.” IEEE Networks (Joint ICN 2002 and ICWLHN 2002), Atlanta, USA Aug. 2002

Seguridad y autenticación en entornos móviles

Al día de hoy en día, los operadores de telecomunicaciones especialmente aquellos que proveen servicios *wireless* y de movilidad están especialmente interesados en controlar el acceso a sus redes a través de procesos de autenticación y autorización. Tradicionalmente, esto se ha resuelto en redes IP usando infraestructuras de Authentication, Authorization y Accounting (AAA) [0]. Por desgracia estos procesos son costosos en tiempo, especialmente los de autenticación, y suelen realizarse sobre una tecnología de acceso particular cada vez. Por ello, existe una creciente demanda en conseguir una solución que reduzca el impacto de la autenticación y el control de acceso a las redes para los usuarios móviles, independiente de la tecnología.

En particular, la autenticación en redes *wireless* se basa normalmente en el *Extensible Authentication Protocol* (EAP) [0] que proporciona una manera flexible de autenticación usando los llamados *métodos de autenticación EAP*. Estos proporcionan material criptográfico como resultado de la autenticación, que puede ser posteriormente utilizada para establecer asociaciones de seguridad. Por desgracia, la ejecución de dichos métodos también suele ser costosa en tiempo, al implicar varios intercambios entre el *EAP peer* y el *EAP server* (a través de un *EAP authenticator* que reenvía los mensajes entre ambos). Este proceso es aún más costoso en escenarios de *roaming* entre diferentes operadores donde el autenticador puede estar lejos del servidor (pudiendo implicar retardos de cientos de milisegundos). A su vez, cuando un usuario se mueve y llega a un nuevo autenticador, se realiza una nueva autenticación EAP incluso si aún existe material criptográfico válido. De esta forma, se han planteado distintas alternativas para reducir el tiempo de autenticación: a través de mecanismos basados en transferencia de contexto [0], [0] para el envío del estado criptográfico entre autenticadores, pero que conllevan algunos problemas de seguridad [0]; modificaciones de la pila EAP [0], con fuertes implicaciones en las implementaciones existentes de EAP; creación de nuevos métodos EAP [0], que evitan dichas modificaciones, pero que añaden intercambios adicionales en el proceso de acceso rápido a la red; o nuevos protocolos que evitan ejecutar EAP (Kim et al. [0]), pero que implican implícitamente una modificación en el nivel de enlace.

Nuestra solución define en un nuevo protocolo seguro que trabaja sobre IP, siendo independiente de la tecnología subyacente y por tanto puede trabajar en entornos *multi-hop*. Además, reutilizará el material criptográfico generado durante una autenticación EAP inicial para establecer asociaciones de seguridad con nuevos autenticadores, consiguiéndose una autenticación y control de acceso en pocos intercambios, evitando así múltiples y costosas autenticaciones EAP. En nuestra opinión, las principales aportaciones serán: la definición de un protocolo seguro que reduce el número de intercambios para la autenticación de un usuario móvil, y es independiente de la tecnología subyacente; una jerarquía de claves que da soporte a la solución, y una demostración de la seguridad de protocolo a través de una herramienta formal.

Adicionalmente se consideran optimizaciones, dentro de la infraestructura AAA, que permitan a los procesos de distribución de claves y autenticación realizarse en un menor tiempo, gracias a la intervención de alguna entidad cercana los dispositivos de acceso a la red; así como desde el propio nodo móvil a través de la definición de mecanismos y algoritmos de *pre-autenticación* que permitan establecer de manera eficiente un estado criptográfico en un autenticador antes de que se produzca el movimiento. Es importante notar que ya hemos realizado una primera aproximación a este respecto en el artículo [0], aunque refinamientos adicionales son necesarios.

Referencias

R. Marin, G. Martinez, A. Gomez: Evaluation of AAA Infrastructure Deployment in Euro6ix IPv6 Network Project. Applied Cryptography and Network Security 2004, Technical Track Proceedings, pp. 325-334. Yellow Mountain, China, June 8-11, 2004.

B. Aboba, L. Blunk, J. Vollbrecht, J. Carlson, and H. Levkowitz: Extensible Authentication Protocol (EAP). RFC 3748, June 2004.

M. Georgiades, N. Akhtar, C. Politis and R. Tafazolli: AAA Context Transfer for Seamless and Secure Multimedia Services. 5.th. European Wireless Conference (EW'04), February 2004, Barcelona, Spain.

T. Aura and M. Roe: Reducing Reauthentication Delay in Wireless Networks. First International Conference on Security and Privacy for Emerging Areas in Communications Networks SECURECOMM'05, pp.139-148, Athens, Greece, September 2005.

R. Housley and B. Aboba: Guidance for AAA Key Management. draft-housley-aaa-key-mgmt-06, IETF Internet Draft, Nov. 2006. Work in Progress.

V.~Narayanan and L.~Dondeti: EAP Extensions for Efficient Re-authentication draft-vidya-eap-er-02, IETF Internet Draft, January 2007. Work in Progress.

Y.~Ohba, S.~Das and R.~Marin: An EAP Method for EAP Extension (EAP-EXT). draft-ohba-hokey-emu-eap-ext-01, IETF Internet Draft, March 2007. Work in Progress.

H. Kim, Kang G. Shin and Walid Dabbous: Improving Cross-domain Authentication over Wireless Local Area Networks First International Conference on Security and Privacy for Emerging Areas in Communications Networks SECURECOMM'05, pp. 127-138, Athens, Greece, September 2005.

R. Marin, J. Bournelle, M. Maknavicius-Laurent, J.M. Combes, Antonio F. Gomez Skarmeta: Improved EAP keying framework for a secure mobility access service. International Conference On Communications And Mobile Computing, pp. 183-188, Vancouver, British Columbia, Canada, March 2006.

Herramientas y dispositivos inteligentes para el control de la calidad asistencial y desarrollo de dispositivos de telemonitorización para el seguimiento extrahospitalario de pacientes

Algunos de los problemas más importantes de los actuales sistemas públicos de salud son el incremento de los costes sanitarios, el mantenimiento y la mejora de la calidad asistencial, y las dificultades crónicas para mantener las listas de espera de los servicios sanitarios dentro de límites razonables. Para afrontar estos problemas, las autoridades sanitarias fomentan, por un lado, la normalización en la práctica médica, promoviendo la elaboración de pautas y guías clínicas con las que proporcionar una orientación que debe conducir a la mejora en la calidad

asistencial, y a una gestión más eficaz de los recursos. Por otro lado, interesa desarrollar tecnologías de bajo coste que permitan distribuir la actuación sanitaria, mediante el traslado de algunas de las pruebas diagnósticas a la medicina primaria, e incluso al domicilio del paciente, descargando así el uso de los servicios hospitalarios.

Una de las líneas de actividad del instituto se centrará en proporcionar soluciones a estos problemas abordando ambas estrategias de forma integrada. Se tratará de ofrecer un conjunto de modelos, técnicas, dispositivos y herramientas orientados al control de la calidad asistencial en procesos de seguimiento integral de pacientes. Por procesos de seguimiento integral de pacientes entendemos procesos en los que se incluye el seguimiento intrahospitalario y extrahospitalario, pudiendo integrar actividades de monitorización y diagnóstico desde el hogar, que requieren el uso de dispositivos de propósito específico.

Hay tres ideas principales subyacentes en esta línea de actividad. La primera consiste en proporcionar utilidades de valor añadido que permitan explotar la Historia Clínica Electrónica (HCE) como algo más que un simple registro de información. La clave para proporcionar valor añadido a los sistemas de información sanitaria es explotar la sinergia “Información + Inteligencia + Ubicuidad”. Por ello, proponemos la integración de la HCE con: 1) Herramientas de apoyo a la gestión del conocimiento médico (normativizado en forma de pautas clínicas), 2) Herramientas para la supervisión y análisis de la calidad asistencial, y 3) Dispositivos inteligentes de monitorización y diagnóstico.

La segunda idea subyacente consiste en integrar el uso de dispositivos y procesos de telemonitorización dentro del “workflow” clínico, lo que puede ayudar a consolidar y normativizar su uso, que está cada vez más extendido. Es necesario que las herramientas informáticas para gestión de pautas clínicas contemplen explícitamente la inclusión de estas actividades de telemonitorización como parte integral del proceso asistencial. Esta visión integral de los cuidados clínicos como un continuo que se extiende desde el ámbito intrahospitalario al ámbito extrahospitalario, incluyendo los procesos domiciliarios, debe ser tomada en cuenta a la hora de diseñar nuevas herramientas informáticas para gestionar conocimiento médico, y en particular, implica el uso de técnicas específicas de razonamiento temporal para representar y gestionar información cambiante a lo largo del tiempo, y para razonar sobre el carácter temporal de los procesos evolutivos.

Durante las últimas dos décadas, la investigación sobre soportes informáticos avanzados para “guidelines” (Guías de Práctica Clínica o GPC) ha realizado avances notables, pero la complejidad e imprecisión inherentes a las GPC han constituido un cuello de botella que ha dificultado y ralentizado el avance tecnológico en esta línea. Son necesarias herramientas que realmente apoyen la labor asistencial y tengan un impacto claro sobre la calidad asistencial. Ello enlaza con un problema candente: la relación entre la “Medicina Basada en la Evidencia” y la “Mejor Práctica Clínica”, entendiendo esta última como la aplicación de las mejores evidencias clínicas al paciente individual.

Una Guía de Práctica Clínica (GPC) es un conjunto de recomendaciones desarrolladas de forma sistemática para ayudar a los profesionales y a los pacientes en la toma de decisiones sobre la atención sanitaria más apropiada, seleccionando las opciones diagnósticas y/o terapéuticas más adecuadas en el abordaje de un problema de salud o una condición clínica específica [Field and Lohr, 1992]. Sin embargo, para la aplicación práctica de las GPC a un paciente concreto, hay que extraer el conocimiento recogido en ellas para crear una secuenciación de actividades,

contextualizadas y personalizadas, que conforman lo que se denomina Planes de Cuidado (PC) (Clinical Pathways), que representan una estrategia global para la gestión de la asistencia sanitaria para un paciente concreto, mostrando dicha gestión del problema médico desde la perspectiva de un flujo de trabajo [HISA, 2006; Carrasco and Ferrer, 2001; Grimshaw and Russel, 1993; Micieli et al, 2002; Qualigini et al, 2004; Wang et al., 2004].

Sin embargo, la creación y publicación de GPC no ha producido el cambio esperado en la práctica clínica diaria [Wolff et al, 1998; Zielstorff RD, 1998], debido principalmente a que la difusión de las GPC ha estado limitada a documentos textuales y que, en la mayoría de los casos, la aplicación de un GPC a un paciente concreto, para diseñar el correspondiente PC requiere una profunda lectura e interpretación de la misma. La utilización de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones ha permitido la publicación de GPCs en internet o en intranets hospitalarias, mejorando en gran medida la difusión de las mismas [Zielstorff et al., 1998; SIGN, 2005; NGC, 2005; NZGG, 2005; NICE, 2005]. Sin embargo, el verdadero reto está en la integración de GPC en sistemas inteligentes de ayuda a la decisión (SAD) que apoyen la puesta en práctica de las GPC, y su contextualización y personalización en PC. La utilización de este tipo de sistemas permite una mejora de la calidad asistencial, especialmente cuando están integrados junto con Sistemas de Información Clínica (SIC) que hacen posible la implementación de la Historia Clínica Electrónica (HCE) [Field and Lohr, 1992; East et al., 1991].

Otra de las aproximaciones que proponemos es el uso de técnicas de minería de datos temporales para determinar qué factores tienen una mayor influencia sobre el éxito en la aplicación de GPC, es decir, qué factores hacen que éstas alcancen sus objetivos o que provoquen la no conformidad a la misma. Para tal fin, se pueden aplicar técnicas clásicas de minería, sobre datos de los pacientes, datos temporales de la evolución de los pacientes y datos procedentes de la aplicación de las GC para obtener patrones. Ejemplos de estas técnicas son el agrupamiento temporal [Belazzi et al 1999], árboles de decisión [Nannings and Abu-Hanna, 2005], reglas de asociación temporales [Svátek et al 2004 ; Sacchi, 2005] o episodios temporales [Toma et al, 2005], aunque en nuestros grupos de investigación se están desarrollando técnicas propias [Guil et al 2005] para detección de patrones temporales complejos utilizando modelos de restricciones temporales. De esta forma, se pueden descubrir relaciones ocultas entre los datos de los pacientes y la aplicación de GC que pueden servir como propuesta para la modificación de GC o para la toma de decisión para pacientes con determinados criterios.

Un ejemplo paradigmático de sobrecarga de recursos hospitalarios lo encontramos en el diagnóstico del SAHS, para el que se recurre a la realización de un estudio polisomnográfico como prueba estándar [Am Thor Soc, 1989], estudio que se realiza en una unidad hospitalaria de sueño. Sin embargo, la escasez de recursos clínicos para la realización de estudios polisomnográficos, su elevado coste, la alta prevalencia de esta enfermedad, sus potenciales complicaciones cardiovasculares y los accidentes laborales que ocasiona hacen necesario desarrollar técnicas de despistaje que nos permitan priorizar los estudios polisomnográficos. Por consiguiente, existe un interés creciente en el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas que permitan el estudio domiciliario del sueño, fundamentalmente basadas en la adquisición de un conjunto más reducido de parámetros fisiológicos del que exige la polisomnografía estándar. Cabe citar el uso de la señal de SaO₂ proporcionada por pulsioximetría [Zamarrón et al, 1999, Lee et al, 2004], el uso de las señales respiratorias proporcionadas por el flujo oronasal [Varady et al, 2002] y la relación entre movimiento torácico y abdominal [Varady et al, 2003], o todas

aquellas propuestas basadas en el simple uso de la señal electrocardiográfica [Penzel et al, 2002, Penzel et al, 2000], auspiciado por Physionet en una competición realizada en el marco del congreso Computers in Cardiology del año 2000.

Uno de los objetivos del instituto en esta línea de actividad estará asociado al desarrollo de una técnica de despistaje del SAHS domiciliaria. Eso supone el desarrollo de la tecnología necesaria para la realización de la prueba domiciliaria.

Hemos utilizado el caso del SAHS como ejemplo, pero en los últimos años se ha observado una proliferación de dispositivos orientados a la telemedicina, que facilitan la asistencia a pacientes sin que éstos se desplacen de su domicilio. La colaboración y la combinación de experiencia de los grupos participantes puede conducir al desarrollo de una amplia gama de dispositivos de telemonitorización, susceptibles de transferencia tecnológica.

Referencias

[Am Thor Soc, 1989] American Thoracic Society. Indications and standards for cardiopulmonary sleep studies. *Am Rev Respir Dis*; 139: 559-568, 1989

[Belazzi et al 1999] R. Belazzi, C. Larizza, S. Montani, M. Stefanelli. Intra patients learning by combining clustering and temporal abstractions. *Proc. of the Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology. IDAMAP 99.*

[Carrasco and Ferrer] Genís Carrasco and Joan Ferre. Las Vías clínicas basada en la evidencia como estrategia para la mejora de la calidad: metodología, ventajas y limitaciones. *Rev. Calidad Asistencial* 2001;16:199-207

[East et al., 1991] East TD, Henderson S, Pace NL, Morris AH, Brunner JX. Knowledge engineering using retrospective review of data: a useful technique or merely data dredging? *Int J Clin Monit Comput* 1991;8(4):259—62.

[Field and Lohr, 1992] Field MJ, Lohr KN, editors. *Guidelines for clinical practice: from development to use.* Washington, DC: National Academy Press; 1992.

[Grimshaw and Russel, 1993] Grimshaw JM, Russel IT. Effects of clinical guidelines on medical practice: a systematic review of rigorous evaluation. *Lancet* 1993;342:1317—22.

[Guil et al 2005] Guil F., Bosch A., Bailón A., Marín R.. An iterative method for mining frequent temporal patterns." 10th International Conference on Computer Aided Systems Theory, EUROCAST 2005. *Cast an Tools for Robotics, Vehicular and Communication Systems*, p. 102-105. Eds, Roberto Moreno-Díaz jr., Alexis Quesada-Arencibia, José-Carlos Rodríguez. ISBN: 84-689-0432-5. Las Palmas de Gran Canaria (España). 24-Febrero-2005

[HISA, 2006] T. Beali, S. Heard, D. Karla and D. Lloyd. The OpenEHR reference model. Release 1.0 draft

[Lee et al, 2004] Lee YK, Bister M, Blanchfield P, Salleh YM. Automated detection of obstructive apnea and hypopnea events from oxygen saturation signal. Proc. Of the 26th Annual International conference of the IEEE EMBS; 321-324, 2004

[Micieli et al, 2002] Micieli G, Cavallini A, Qualigini S. Guideline compliance improves stroke outcome - a preliminary study in 4 districts in the Italian region of Lombardia. Stroke 2002;33:1341 –7.

[Nannings and Abu-Hanna, 2005] B.Nannings, A. Abu-Hanna and . Data-Driven Analysis of Blood Glucose Management Effectiveness. In Proceedings of the 10th Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME 2005, pp 53-57.

[NGC, 2005] Nacional Guideline Clearinghouse, www.guideline.org

[NICE, 2005] National Institute for Clinical Excellence. Guidelines development methods. Disponible en: http://www.nice.org.uk/pdf/GDM_Contentsandoverview_0305.pdf

[NZGG, 2005] New Zeland Guideline Group. www.nzgg.nz

[Penzel et al, 2000] Penzel T, Moody G, Mark RG, Goldberger AL, Peter JH. The Apnea-ECG Database. Computers in Cardiology; 255-258, 2000.

[Penzel et al, 2002] Penzel T, McNames J, de Chazal P, Raymond B, Murray A, Moody G. Systematic comparison of different algorithms for apnoea detection based on electrocardiogram recordings. Med Biol Eng Comput; 40:402-407, 2002.

[Qualigini et al, 2004] Qualigini S, Ciccarese P, Micieli G, Cavallini A. Non-compliance with guidelines: motivations and consequences in a case study. In: Proceedings of the Symposium on Computerized Guidelines and Protocols; 2004.p.75 –87.

[Sacchi, 2005] Sacchi L., Belazzi R., Larizza C. , Porreca R., Magni P. Learning Rules with Complex Temporal Patterns in Biomedical Domains. In Proceedings of the 10th Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME 2005, pp 23-32

[SIGN, 2005] Scottish Intercollegiate Guideline Network, www.sign.ac.uk

[Svátek et al 2004] Svátek V., Ríha A., Peleška J., Rauch J. Analysis of guideline compliance – a data mining approach. In: Symposium on Computerized Guidelines and Protocols (CGP-04), IOS Press 2004.

[Toma et al, 2005] Toma T., Abu-Hanna A. and Bosman R. Predicting mortality in the intensive care unit using episodes. In Proceedings of the International Work-conference on the Interplay between Natural and Artificial Computation, IWINAC05, pp 447-458, Spain 2005.

[Varady et al, 2002] Varady P, Micsik T, Benedek S, Benyo Z. A novel method for the detection of apnea and hypopnea events in respiration signals. IEEE Transactions on biomedical engineering; 49(9): 936-942, 2002.

[Varady et al, 2003] Várady P, Bongár S, Benyó Z. Detection of airway obstructions and sleep apnea by analyzing the phase relation of respiration movement signals. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement; 52(1): 2-6, 2003.

[Wang et al., 2004] Wang D, Peleg M, Tu, SW, Boxwala AA, Ogunyemi O, Zeng Q, Greenes RA, Patel VL and Shorliffe EH. Design and implementation of the GLIF3 guideline execution engine. Jour Biomed Inform (In Press); 2004.

[Wolff et al, 1998] Wolff M, Bower DJ, Marbella AM, et al. US family physicians' experiences with practice guidelines. Fam Med 1998;30(2):117 –21.

[Zielstor RD, 1998] Zielstor RD. Online practice guidelines: issues, obstacles, and future prospects. J Am Med Inform Assoc, 1998;5(3):227 –36.

Sistemas inteligentes para la gestión de información en servicios hospitalarios

En los últimos años se puede observar una demanda creciente, por parte de los sistemas sanitarios públicos y privados, de los Sistemas de Información Clínica. La idea básica es la de proporcionar la infraestructura tecnológica necesaria en los sistemas nacionales de salud. De entre todas estas iniciativas, la que más potencial tiene para revolucionar la prestación de servicios sanitarios y la forma de trabajo de los profesionales de salud, es la Historia Clínica Electrónica (HCE) [Powell 2005]. Los beneficios que lleva consigo el uso de este tipo de sistemas son innumerables [Haux R. et al., 2001; 2002; Gunter and Terry, 2005]:

- Mejorar la calidad de los servicios prestados por el sistema sanitario, manteniendo los costes en unos márgenes razonables.
- Reducir los errores médicos y ahorro de tiempo debido a la disponibilidad electrónica de las historias.
- Reducir las fronteras entre la atención hospitalaria y extrahospitalaria, permitiendo una prestación de servicios centrados en el paciente a unos costes razonables.
- Permitir la cooperación entre los profesionales sanitarios y entre éstos y sus paciente, gracias a que es más fácil compartir la información.
- Reducir la redundancia de los test y la movilidad de los pacientes.
- Compartir la información con los pacientes

Esto ha dado lugar a que en la actualidad gran cantidad de instituciones y de personas se involucren en el desarrollo de de este tipo de sistemas [Ammenwerth, E. et al., 2001; Ball, M.J., 2000a;2000b; Kuhn and Guise, 2001]. Como ejemplo, la consultora Arthur Andersen ha pronosticado que el mercado para los Sistemas de Información en el sector sanitario se triplicará en el 2015, sobre todo debido al aumento de la esperanza de vida, al envejecimiento de la población y a la estabilización de los estándares. En este sentido, se estima que el mercado Europeo para sistemas de información hospitalarios es de aproximadamente 2.6 billones de Euros [Iakovidis, I., 2000]. Sin embargo, también es notorio que la mayor parte de la inversión

en estos sistemas está dedicada a la informatización de los servicios administrativos, en especial dedicados a la automatización de la contabilidad [Haux R., et al., 2002].

La HCE puede ser vista como una agregación longitudinal de información médica electrónica sobre pacientes o grupos poblacionales. Principalmente constituye un mecanismo para integrar información médica, tanto electrónica como en medios tradicionales [Gunter and Terry, 2005]. La arquitectura y objetivos de estos sistemas están volviéndose cada vez más complejos con objeto de dar respuesta a las necesidades reales de médicos y pacientes y para conseguir una implantación real, efectiva y masiva en clínica [Raghupathi W. and Tan J, 2002] La mayoría de los sistemas actuales adolecen de deficiencias en cuanto a su capacidad de presentar y gestionar la información clínica de forma transparente a las fuentes y servicios clínicos origen o destino de los datos. Estos problemas son difíciles de resolver, especialmente si se considera que los sistemas de información clínica están convergiendo y encontrando cada vez más dominios comunes con los sistemas de teleasistencia y monitorización distribuida. La panacea sería conseguir una historia clínica electrónica única, que presentara al profesional implicado en la atención de paciente una interfaz única e independiente de los sistemas de información subyacentes. Esta idea es la que se viene denominando VHCR (Virtual Healthcare Record). Para que esto sea posible, es crucial que los distintos sistemas que puedan contribuir a la VHCR puedan comunicarse entre sí. En este sentido, la utilización de estándares en la construcción de este tipo de sistemas es crucial, como CENT/TC251 (<http://www.centic251.org/>), y su propuesta HISA (Health Information Systems Architecture), ANSI/HL7 (www.hl7.org); ISO (ISO/DTR 20514 – Electronic Health Record Definition, Scope and Context); u OpenEHR (www.OpenEHR.org).

Otro de los aspectos al que se está prestando una especial atención a la integración de ontologías y terminologías médicas ampliamente aceptadas en estos sistemas, para de esta forma aumentar las capacidades de compartición e interoperabilidad de las HCE. En este sentido se han realizado trabajos de integración de terminologías médicas (tesauros) como el proyecto GALEN (<http://www.opengalen.org/>), pensado para integrar UMLS (<http://umlsks.nlm.nih.gov/>), SNOMED (<http://www.snomed.org/>) y otros.

Sin embargo, a pesar del avance que se ha producido en el campo de los sistemas que implementan la HCE, existe una dimensión que no ha sido abordada con la suficiente profundidad: los beneficios que este tipo de sistemas puede aportar a la propia investigación médica. Estos beneficios pueden ir desde la generación de hipótesis para realizar estudios clínicos hasta recogida de información para realizar estudios de planificación de las políticas sanitarias. En este sentido, técnicas como la minería de datos o el razonamiento basado en casos pueden ser muy efectivas al ser aplicadas a sistemas de HCE.

Una de las líneas de actividad del instituto se centrará en el desarrollo de sistemas de información clínica que den soporte tanto a la vertiente asistencial como a la de investigación médica. Para este último aspecto, se integrarán técnicas avanzadas del campo de la Inteligencia Artificial, como la Minería de Datos y el Razonamiento Basado en Casos. De esta forma, se pretende dar un valor añadido al sistema de información del carecen la mayor parte de las aplicaciones comerciales.

Gran parte del trabajo a desarrollar en esta línea, tiene como base la transferencia tecnológica de la herramienta CH4 (Registro de la Propiedad Intelectual: asiento registral 08/2005/347.), desarrollada por el grupo de investigación AIKE. Se trata de una herramienta que facilita la

integración con otros sistemas de información clínica y hospitalaria, que permite incorporar asistentes inteligentes y que es lo suficientemente abierta como para que se pueda adaptar a las particularidades terminológicas de cada servicio/hospital, sin sacrificar la interoperabilidad con otros sistemas, gracias a la utilización de estándares, tanto terminológicos como de comunicación. Otros productos específicos, desarrollados previamente por el grupo AIKE son:

- NS4: Sistema de Gestión de Hojas Clínicas de Enfermería. Está orientada a facilitar el trabajo del personal de enfermería y a simplificar los flujos de información hacia y desde el personal médico especializado.
- Módulo de Quemados: Sistema de Información Clínica para Unidades de Grandes Quemados con utilidades gráficas específicas para este tipo de pacientes.
- E-FCG: Se trata de un estetoscopio electrónico inteligente que permite el registro y la objetivación de la auscultación y ofrece capacidades de prediagnóstico. Está orientado a su uso por médicos de Atención Primaria no especializados en Cardiología, a su uso desde el hogar como herramienta de telemonitorización y a su uso en medicina Deportiva. De su robustez y fiabilidad dan prueba dos experiencias de campo realizadas en 2005 y 2007 desde el Broadpeak, una cumbre de más de 8.000 m de altitud en el Himalaya, usando la telefonía satélite como soporte de comunicación (<http://www.broadpeak2007.es/>).

A partir de la experiencia adquirida en estos desarrollos, el instituto podrá ofrecer varios niveles de soluciones, que cubren un amplio espectro de necesidades y presupuestos:

- Soluciones software genéricas cerradas, pero muy flexibles, que pueden adaptarse fácilmente a los requerimientos de distintos Servicios Médicos
- Ingeniería de Producto, que incluye:
- La personalización del producto a la medida de las necesidades del cliente
- La integración con otros sistemas (Sistemas de Historia Clínica preexistentes, Sistemas de Informática Hospitalaria, Laboratorio, Microbiología, ...), con énfasis en el estándar con mayor futuro para el intercambio de información médica, HL7.
- Consultoría y Formación en la implantación de las TIC en el sector sanitario

Pero la principal aportación en esta línea, será la obtención de nuevos productos que ofrezcan un valor añadido a la mera informatización de datos clínicos, a través de la integración de módulos basados en: 1) Técnicas de Inteligencia Artificial, permitiendo que los módulos operen a modo de asistentes inteligentes; 2) Técnicas del campo de la Ingeniería Telemática, permitiendo ofrecer funcionalidades ubicuas, sin limitaciones de acceso en el tiempo y en el espacio; 3) Técnicas de Inteligencia Ambiental, donde convergen la Inteligencia Artificial y las Comunicaciones para ofrecer productos sensibles al contexto en el que se mueven los individuos.

En el caso particular de los asistentes inteligentes, proporcionarán, entre otras funcionalidades, la capacidad de aplicar técnicas de minería de datos sobre las HCE, así como diversas utilidades para la gestión colaborativa de conocimiento médico y la recuperación inteligente de casos clínicos pasados por analogía con el caso actual. Así, por ejemplo, el uso de técnicas de minería de datos apoya la generación de hipótesis de investigación médica para la realización de estudios clínicos posteriores. El objetivo de los algoritmos de minería de datos es el descubrimiento de nuevo conocimiento mediante un análisis intensivo de grandes volúmenes de datos. Estos algoritmos descubren relaciones ocultas entre los datos mediante la búsqueda de patrones repetitivos no casuales. La minería de datos es un campo emergente, que mueve cada vez un mayor volumen comercial. En el campo sanitario, su aplicación es aún incipiente y de carácter experimental, pero se prevén enormes implicaciones en la investigación médica, la farmacovigilancia o la supervisión de la calidad asistencial, por poner sólo unos ejemplos.

Por otra parte, se desarrollarán herramientas novedosas para la búsqueda de casos clínicos previamente almacenados en el SHCE por analogía con el caso actual. Estas herramientas se basarán en técnicas de similitud de evoluciones temporales. La búsqueda de casos por analogía ofrece un gran potencial para explotar y obtener un valor añadido del creciente volumen de historias clínicas almacenadas en los SHCE.

Referencias

- [Ammenwerth, et al., 2001] E. Ammenwerth, P. Knaup, C. Meier *et al.*, Digital libraries and recent medical informatics research. *Meth. Inform. Med.* **40** (2001), pp. 163–168.
- [Ball, M.J., 2000a] M.J. Ball, 2000. International Efforts in Informatics: Creating a Global Village for Healthcare. *M.D.Computing* May/June 2000, 50–53
- [Ball, M.J., 2000b] M.J. Ball and J.C. Lillis , E-health: transforming the physician/patient relationship. *Int. J. Med. Inform.* **61** (2001), pp. 1–10.
- [Gunter and Terry, 2005] Gunter TD, Terry NP. The emergence of national electronic health record architectures in the United States and Australia: models, costs, and questions. *J Med Internet Res* 2005 Mar 14;7(1):e3
- [Haux R. et al., 2001] Haux R, Knaup P, Bauer AW, Herzog W, Reinhardt E, Uberla K, van Eimeren W, Wahlster W. Information processing in healthcare at the start of the third Millennium: potential and limitations. *Methods Inf Med.* May;40(2):156-62, 2001.
- [Haux R., et al., 2002] Haux, R., Ammenwerth, E., Herzog, W. and Knaup, P. Health care in the information society. A prognosis for the year 2013. *Int. J. of Med. Inform.* **66** (2002), pp. 3-21.
- [Iakovidis, I., 2000] I. Iakovidis , Towards a health telematics infrastructure in the European union. In: E.A. Balas, S.A. Boren and G.D. Brown, Editors, *Information Technology Strategies from US and the European Union: Transferring Research to Practice for Health Care Improvement*, IOS, Amsterdam (2000), pp. 23–33
- [Kuhn and Guise, 2001] K.A. Kuhn and D.A. Guise , From hospital information systems to health information systems-problems, challenges, perspectives. *Meth. Inform. Med.* **40** (2001), pp. 275–287

[Powell 2005] John Powell. "Electronic Health Records Should Support Clinical Research" J Med Internet Res 2005;7(1):e4

[Raghupathi W. and Tan J, 2002.] W. Raghupathi and J. Tan, "Strategic IT applications in health care," Communications of the ACM, vol. 45, pp. 56--61, 2002.

Herramientas para la Gestión del Conocimiento Médico

Según estudios realizados en por el Instituto de Medicina de EEUU, se estima que entre 44.000 y 98.000 muertes anuales se deben directamente a errores médicos, suponiendo un gasto total de 29.000 millones de dólares anuales. Teniendo en cuenta estas cifras, incluso si nos situamos en las estimaciones más optimistas, las muertes debidas a errores médicos superan con creces a las muertes debidas a accidentes en carreteras, cáncer de mama o SIDA [Linda et al., 1999]. Estos errores no se deben sólo a fallos operacionales, sino que en gran medida son achacables a la falta de conocimiento sobre cuál es el mejor protocolo para tratar una determinada enfermedad. Si nos centramos sólo en el problema del cáncer, se estima que en el Reino Unido se podrían salvar 16.000 vidas anuales si todo el conocimiento que se tienen sobre el cáncer se aplica correctamente [ICRF, 1995]. En relación con esta problemática, estudios desarrollados en el mismo país indican que el 10% de los ingresos en urgencias derivan en algún problema, entre los que se incluyen la muerte, afectando a 850.000 pacientes cada año [NHS, 2000]. De estas cifras se puede colegir que las decisiones médicas condicionan tres cuartas partes del gasto médico total y que, evidentemente, estas dependen del conocimiento médico [Tierny WN et al.;1993]

Estos datos contrastan con la suposición general de que, en los países desarrollados y con un buen sistema de sanitario, el servicio sanitario será tan eficiente y rápido como la ciencia médica permita en dicho momento. Sin embargo, la prestación de servicios de calidad no es uniforme, incluso dentro de un mismo país. Estos problemas, se deben en gran medida que no se puede asegurar que el conocimiento que se posee se pueda aplicar de forma correcta y en el momento oportuno.

Sin embargo, en principio, esta problemática contrasta con el increíble avance al que se ve sometido la ciencia médica. En este sentido, hay estudios que indican que el conocimiento médico se duplica cada 19 años, generalmente en forma de artículos médicos, estudios clínicos e informes sobre ensayos de nuevos fármacos [Wyatt, 2000; Bali and Dwivedi, 2005], concretamente se estima que anualmente se editan 400.000 artículos, cuya asimilación por parte de un profesional sanitario experimentado supondría unos 550 años. Además, el número de publicaciones se verá aumento en los próximos años debido a los avances que se están produciendo en el campo de la genómica y proteómica. Entonces, ante este avance en los conocimientos médicos ¿cómo se pueden producir errores en la aplicación del mismo? Las causas son diversas [Bravo R., 2002]:

- La mayor parte de la información médica disponible no está dirigida a contestar las preguntas que surgen en la práctica clínica, es de desigual calidad y, en muchos casos, redundantes. Esto se traduce en el bajo porcentaje de acierto en la búsqueda de respuestas [McKibbon et al., 1990]. Por ejemplo en [Ely et al, 1999] se indica que, en un estudio sobre 1200 preguntas, los médicos sólo encontraron respuestas a 444. Sin embargo, sólo el 2% de dichas respuestas fueron encontradas a través de medios

electrónicos, necesitando una media de 3 minutos en la consulta de dichos medios para responder sólo a dos preguntas.

- La información no está en el lugar adecuado. En un entorno de sobrecarga de trabajo y escasez de tiempo, la información debe estar disponible desde el puesto de trabajo, es decir, donde se toman las decisiones.
- La información presente en las publicaciones médicas necesita ser procesada y asimilada para poder generar conocimiento de acción, y no todo el personal médico está habilitado para interpretar y evaluar correctamente la información que se les proporciona. Esto lleva a la necesidad de disponer de profesionales que seleccionen, extraigan, sintetizen, codifiquen, clasifiquen y evalúen el conocimiento explícito en fuentes bibliográficas. Por ejemplo, en [Wyatt JC, 2001] se comenta que, mientras que el centro de gestión de conocimiento de una importante consultora emplea más de 250 profesionales altamente cualificados para esta labor, el servicio británico de salud, que tiene veinte veces más empleados, sólo dispone de 20 empleados para un proyecto puntero en GC.
- El conocimiento empleado en la práctica clínica diaria se pierde irremisiblemente. La cantidad de información que obtienen los médicos diariamente, gracias a la práctica diaria, sobre casos y enfermedades similares, evolución natural de las enfermedades, reacciones alérgicas a medicamentos y resultados de pruebas diagnósticas, quedan en su mayor parte recogida en papel. Esto hace difícil su posterior análisis, intento de extracción de conocimiento y compartición. En la actualidad, la informatización a la que están siendo sometidos los servicios de salud, permiten la creación de grandes bases de datos clínicas, que permiten generar conocimiento y permite la retroalimentación [Black, 1997].
- El conocimiento médico es impreciso, incompleto y requiere muchos años de aprendizaje y entrenamiento, siendo altamente multidisciplinar, a la vez especializado, estando sujeto a continuos cambios. Además, una parte significativa de este conocimiento está presente en forma tácita: experiencia práctica del personal médico, discusiones entre especialistas y anotaciones en las historias clínicas [Abidi et al., 2005].

Sin embargo, los últimos avances tecnológicos en el campo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), ha propiciado un boom en el campo de las Informática Médica (Medical Informatics). Esta nueva tendencia ha servido para potenciar, gracias a la utilización de Internet, las soluciones ya tradicionales que se venían utilizando. Pero al contrario de lo que podría parecer, esto no ha hecho más que acentuar los problemas asociados a la sobrecarga de información, ya que las posibilidades de acceso a información médica han crecido exponencialmente. Por lo tanto, se requieren nuevos paradigmas a la hora de plantear soluciones que se apoyen en los últimos avances en el campo de las TIC. De entre estos paradigmas, la Gestión de Conocimiento (GC) está emergiendo como la más prometedora.

Los Sistemas de Gestión de Conocimiento (SGC) se apoyan en las TIC, además de en políticas, procesos y procedimientos, para gestionar la creación, almacenamiento, compartición y reutilización de conocimiento. Por lo tanto, el objetivo de una política basada en la GC es el

establecimiento de un entorno, basado en las TICs, que posibilite una mejor adquisición, generación, codificación y transferencia de conocimiento [Bali et al., 2005]. Hay estudios que indican que la tecnología que ha permitido una GC eficiente en el campo empresarial, puede tener un impacto positivo en los costes operacionales y la calidad de los sistemas de salud. De hecho se estima que la GC podría reducir el gasto sanitario, que está creciendo alrededor de un 20% desde el 2001, y los errores médicos [Warmer, 2004]. Por lo tanto, para conseguir que sea una realidad la **sociedad del conocimiento**, es imprescindible reorientar la aplicación de la TIC. Para ello, estas aplicaciones deberán estar preparadas para la prestación de servicios más cercanos al conocimiento de las personas, aspecto que hasta el momento no ha recibido la atención que se merece.

Una de las líneas de actividad del instituto se centrará en el desarrollo de una herramienta para la gestión de conocimiento médico, basada en la web. Esta herramienta proporcionará facilidades para la adquisición, representación, consulta, visualización y compartición de conocimiento. Con esta herramienta se podrá potenciar la colaboración entre el personal médico en el proceso de diagnóstico, por medio de la compartición de sus conocimientos y experiencias. La integración de esta herramienta con el sistema de historia clínica electrónica (SHCE) dotará a este sistema de un valor añadido, ya que no sólo se utilizará como mero gestor de la historia clínica electrónica (HCE), sino que permitirá gestionar el conocimiento implícito en dicho sistema para ofrecer al personal sanitario la mejor evidencia disponible a la hora de tomar decisiones. Por último, se habilitará la infraestructura necesaria para permitir la movilización de dicho conocimiento mediante el uso de dispositivos de acceso remoto al conocimiento y la información.

Por último, hay que resaltar, que toda esta nueva tendencia se apoya en importantes avances tecnológicos procedentes del campo de la Inteligencia Artificial (IA), lo que hace que este tipo de aplicaciones sean altamente innovadoras desde el punto de vista tecnológico. Entre estas tecnologías cabe destacar los avances producidos en el campo de la ingeniería ontológica en los aspectos relativos a lenguajes de representación, herramientas y metodologías; y en el campo de los sistemas de ayuda a la decisión (SAD) en todas sus vertientes: sistemas basados en conocimiento (SBC) y análisis inteligente de datos, especialmente en minería de datos.

Referencias

[Abidi et al., 2005] Abidid SS, Cheah YN, Curran JA. "A Knowledge Creation info-structure to acquire and crystallize the tacit knowledge of health-care experts. IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed, 9, pp. 193-204 (2005)

[Bali and Dwivedi, 2005] Bali RK and Dwivedi, A. "Clinical knowledge management and overview of current understanding". Medical and Care computenics 2. L. Bos et al. (eds.). IOS press, pp. 315-318. 2005

[Bali et al., 2005] Bali RK, Feng DD., Burstein F. and Dwivedi AN. " Introduction to the special issue on advance in clinical and health-care knowledge management". IEEE Tans. Inf. Technolo. Biomed. 9(3) 157-161 (2005)

[Black, 1997] Black NA. "Developing high-quality clinical databases. The key to a new research paradigm". Br Med J 1997; 3125: 831-832.

[Bravo, R., 2000] Bravo, R. "La gestión del conocimiento en Medicina: a la búsqueda de la información perdida". Anales del sistema de salud del gobierno de navarra. 25(3), pp. 255-272, 2000.

[Ely et al., 1999] Ely JW, Osheroff JA, Ebell MH, Bergus GR, Levy BT, Chambliss ML and Evans ER. "Analysis of questions asked by family doctors regarding patient care". BJM 1999; 319-358-361.

[ICRF, 1995] Imperial Cancer Research Fund. "Vision for cancer 1995-2020". London: ICRF, 1995.

[Linda et al., 1999] Linda TK, Janet MC, and Molla SD, Editors, Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, disponible on-line:

<http://www4.nationalacademies.org/news.nsf/isbn/0309068371?OpenDocument>

[McKibbon et al., 1990] McKibbon KA, Haynes RB, Walker Dilks CJ, Ramsden MF, Ryan NC, Baker L., Flemming T., Fitzgerald D. "How good are clinical Medline Searches? A comparative study of end-user and librarian searches". Comp Biomed Res 1990;23:583-93.

[NHS, 2000] National Health Service, UK. "Organization with a Memory". Report chaired by the Chief Medical Officer.

[Tierny WN et al.;1993] Tierney WM, Miller ME, Overhage JM, McDonald CJ. "Physician order writing on microcomputer workstations". JAMA 1993; 269: 379-383

[Warner, 2004] Warner, M., "Under the knife". Business 2.0, vol. 5, n.o. 1, pp 84-89. 2004.

[Wyatt and Spiegelhalter; 1991] Wyatt J. and Spiegelhalter D. "Field trials of medical decision-aids: Potential problems and solutions. In Proc. of the 15th Symp. of Comp. Applications in Medicine Care, Clyton P. ed. Washington, DC, New York, pp. 3-7,1991.

[Wyatt, JC. 2001] Wyatt, JC. "Management of explicit and tacit knowledge". JR Soc Med 2001;94: 6-9

Análisis Inteligente de datos para la gestión ecológica y medioambiental

El desarrollo de la informática ha permitido en los últimos años la captura y almacenamiento de enormes cantidades de datos, cuyo verdadero valor radica en la posibilidad de extraer información útil para la toma de decisiones o la exploración y comprensión del fenómeno que los produjo. Sin embargo, este proceso, en especial la generación de modelos, es irrealizable conforme aumenta el tamaño de los datos y el número de dimensiones o parámetros se incrementa, y sólo la tecnología informática puede automatizar el proceso.

Este problema se pone de manifiesto en el análisis del *nicho ecológico*, esto es, la determinación de los factores y sus rangos de valor seleccionados activamente por los organismos y que describen su *hábitat* en un espacio *n*-dimensional. El estudio de la distribución y abundancia de los organismos es un aspecto fundamental en ecología, tanto desde el punto de vista teórico como aplicado. Determinar el hábitat de una especie exige conocimiento y permite cartografiar la distribución potencial de la misma en una región, marco teórico; por ello realizar una gestión

y conservación adecuada de la misma, permitiendo una óptima selección de los espacios protegidos, marco aplicado. Los seres vivos con movimiento, en particular, las rapaces seleccionan las áreas que habitan por las características locales y regionales que las conforman. Las necesidades de anidamiento y defensa de la prole, así como, la de alimentación determinan en gran medida la selección. Las primeras se manifiestan en aspectos muy locales: microhábitat, mientras que las segundas se expresan en regiones más amplias: macrohábitat. Otro aspecto a considerar es que las distintas variables no responden a una misma escala espacial lo que complica el problema.

En resumen, es necesario construir modelos de selección de hábitat para cada una de las especies, que resuman el conocimiento que se tiene de ellas. Finalmente, las características del territorio son cambiantes y su seguimiento resulta imprescindible para predecir las necesidades reales de las poblaciones de rapaces en cada momento. En la actualidad se pueden utilizar diversas técnicas para la elaboración de mapas de distribución potencial de organismos: ENFA (*Ecological Niche Factor Analysis*) (Hirzel et al., 2002), GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production) (Stockwell and Peters, 1999). Sin embargo en ambos casos se plantean diversos problemas, los más importantes: la desconexión de un sistema de información geográfico (SIG) y la incapacidad para un uso simplificado de diversas escalas de trabajo para las distintas variables. Estos problemas son especialmente importantes en estudios de áreas de trabajo relativamente reducidas - como puede ser la Región de Murcia, con sus 12,000 km² de superficie - y en las que suele recaer la gestión de las especies y del patrimonio natural de una forma directa.

Así pues, surge la necesidad de metodologías para el *análisis inteligente de datos*, que permitan descubrir un conocimiento útil a partir de los datos. Este es el concepto de proceso de KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) (Fayyad, 1996). KDD puede ser definido (Hernández et al., 2004; Hand et al., 2001) como el proceso no trivial de identificar patrones en los datos caracterizados por ser válidos, novedosos, útiles y comprensibles.

Un concepto íntimamente relacionado con el de minería de datos en cuanto a los problemas que tratan y a los algoritmos que utilizan, es el de *aprendizaje automático* (*machine learning*) (Mitchell, 1997), que fue concebido hace aproximadamente cuatro décadas con el objetivo de desarrollar métodos computacionales que implementarían varias formas de aprendizaje, en particular, mecanismos capaces de inducir conocimiento a partir de datos. Otro concepto relacionado es el de *soft-computing* (Bonissone, 1997), idea que engloba gran parte de las metodologías que pueden ser aplicadas en minería de datos y aprendizaje computacional. Algunas de las metodologías más extendidas y usadas son los algoritmos evolutivos, la lógica fuzzy, las redes neuronales, el razonamiento basado en casos, los conjuntos roge, o hibridaciones de las anteriores.

Por otra parte, otras técnicas englobadas dentro del campo de la inteligencia artificial, tales como las redes neuronales, la lógica difusa y algoritmos genéticos o evolutivos, resultan de gran interés dentro de la investigación actual, puesto que pueden tratar con problemas complejos que resultan difíciles de resolver mediante métodos clásicos. Gran parte de dicha investigación se está centrando en estudiar aproximaciones híbridas, dentro de las cuales podemos destacar la hibridación entre lógica difusa y algoritmos evolutivos.

El *razonamiento temporal y espacial* desempeña un importante papel en varias áreas de la Inteligencia Artificial y son muy diversos los dominios de aplicación reales donde se utiliza, entre ellos, los que hacen uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) (Egenhofer & Golledge, 1998; Schultz et al., 2006; Revesz & Wu, 2006; Mark et al., 1999). El *razonamiento cualitativo*, tanto temporal como espacial, usa una representación de alto nivel de los sistemas físicos y del conocimiento del dominio, que permite manejar menos volumen de información, usar datos de poca calidad o imprecisos y alcanzar un nivel de abstracción de los datos más adecuado para ciertas tareas. Los trabajos clásicos en razonamiento temporal (Schwalb & Vila, 1998), tanto teóricos como aplicados, se basan fundamentalmente en el modelo del álgebra de intervalos temporales (Allen, 1983) y el álgebra de puntos (van Beek, 1992).

Entre los modelos de razonamiento espacial que consideramos adecuados para las aplicaciones con sistemas GIS, están los que permiten representar relaciones cardinales direccionales entre los objetos espaciales, bien sea mediante una generalización del álgebra de intervalos a un espacio bidimensional (Balbiani et al., 1999) o mediante el uso de regiones espaciales extendidas (Skiadopoulos & Koubarakis, 2005). En ambas aproximaciones existe experiencia previa por parte del equipo investigador (Morales & Sciavicco, 2006; Navarrete & Sciavicco, 2006; Navarrete et al., 2007).

La propuesta concreta de actividad del instituto en esta línea, consistirá en el estudio de nichos ecológicos y de su distribución espacial potencial mediante la aplicación de análisis inteligente de datos y técnicas de razonamiento espacial. El resultado ha de contribuir al desarrollo del conocimiento sobre la distribución de las especies que, además, facilite la gestión de especies de fauna amenazadas (en particular las rapaces) en la Región de Murcia, y que pueda exportarse a situaciones similares. El resultado ha de proporcionar, además, el procedimiento para una conveniente incorporación de las variables ambientales obtenidas a partir de los modelos digitales del terreno y las imágenes de satélite.

Un resultado directo de esta actividad podría ser la obtención de una herramienta software de análisis inteligente de datos para modelización de nichos ecológicos, directamente aplicable en la gestión de especies de rapaces protegidas que dan como beneficio directo la conservación de estas especies. La propuesta supone asimismo el establecimiento de un marco idóneo de experimentación y validación de algoritmos de preparación de datos y de extracción de conocimiento que se presentan en la actualidad y de cara al futuro con un gran impacto científico.

Referencias

J.F. Allen (1983). Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*, 26(11), 832-843.

P. Balbiani, J.F. Condotta, L. Fariñas del Cerro (1999). A New Tractable Subclass of the Rectangle Algebra. *Proc. of the 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 442-447.

Bonissone, P. (1997). *Soft Computing: The Convergence of Emerging Reasoning Techniques*, *Journal of Soft Computing*, vol. 1, n. 1.

M. Egenhofer, R. Golledge, editors (1998). Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems. Oxford University Press.

Fayyad, U. (1996). Data Mining and Knowledge Discovery: Making Sense Out of Data, IEEE Expert 11(5), pp. 20-25.

D. Hand, H. Mannila, P. Smyth (2001) Principles of Data Mining. The MIT Press.

A. H. Hirzel, J. Hausser, D. Chessel, N. Perrin (2002). Ecological-Niche Factor Analysis: How To Compute

D. Mark, M. Egenhofer, L. Bian, P. Rogerson, J. Vena (1999). Spatio-Temporal GIS Analysis for Environmental Health. Project funded by the National Institute of Environmental Health Sciences (USA), <http://www.spatial.maine.edu/~max/nih.html>

T. Mitchell (1997). Machine Learning. McGraw Hill.

A. Morales and G. Sciavicco (2006). Using temporal logic for spatial reasoning: Spatial propositional neighbourhood logic. In Proc. of the International Symposium on Temporal Representation and Reasoning, pp. 50-60.

I. Navarrete and G. Sciavicco (2006). Spatial Reasoning with Rectangular Cardinal Direction Relations. Workshop on Spatial and Temporal Reasoning, ECAI-2006, 1-9.

I. Navarrete, A. Morales and G. Sciavicco (2007). About Consistency Checking of Basic Cardinal Constraints over Connected Regions. In Proc. of the Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'07), 495-500.

P. Revesz, S. Wu (2006). Spatiotemporal reasoning about epidemiological data. Artificial Intelligence in Medicine (2006) 38, 157-170.

C. Schultz, T. Clephane, H. Guesgen, R. Amor (2006). Utilization of Qualitative Spatial Reasoning in Geographic Information Systems. En Progress in Spatial Data Handling (part II), 27-42. Springer.

E. Schwalb, L. Vila (1998). Temporal Constraints: A Survey. Constraints, 3 (2-3), 129-149.

S. Skiadopoulos and M. Koubarakis (2005). On the Consistency of cardinal directions constraints. Artificial Intelligence, 163(1), 91-135.

Stockwell, D. R. B., and D. P. Peters. (1999). The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographic Information Systems 13:143-158.

P. van Beek (1992). Reasoning about qualitative temporal information. Artificial Intelligence, 58, 297-326.

Descubrimiento de patrones secuenciales repetitivos mediante técnicas basadas en transformadas: Aplicaciones en Genómica y Medicina

La informática médica y la bioinformática son disciplinas científicas emergentes que utilizan las tecnologías de la información para organizar y analizar los datos e información biológicos con la finalidad de responder preguntas complejas en disciplinas como la biología o la medicina. La sinergia entre estas ciencias ha revolucionado la investigación en los últimos años. Existen numerosas ramas, algunas de las cuales están orientadas a aspectos computacionales como la capacidad de almacenar y recuperar grandes cantidades de información eficientemente, el modelado de sistemas de información clínica o la capacidad de la simulación de modelos biológicos.

Uno de los métodos que más influencia ha tenido en los últimos años es el Descubrimiento de Conocimiento (KD, Knowledge Discovery), cuyo impulso viene motivado por el intento de aprovechar el ingente volumen de datos de que se dispone actualmente gracias a la extensión y automatización de los sistemas de información. El KD es el «proceso de extracción no trivial para identificar patrones válidos, novedosos, potencialmente útiles y entendibles, a partir de los datos» [Fayyad, 1996]. El KD ayuda en la extracción de conocimiento oculto, pero evaluable, que se puede utilizar para incrementar la calidad y efectividad en la toma de decisiones. En las distintas metodologías de KD se establecen una serie de pasos, como la selección de datos, el preprocesamiento, la minería de datos o la evaluación. El paso fundamental dentro de ese proceso es la Minería de Datos (MD), que es el componente relacionado con algoritmos por medio de los cuales se extraen y enumeran patrones a partir de datos [Lin, 2002]. Ésta es un área de investigación que implica a otras disciplinas como la estadística, reconocimiento de patrones, bases de datos, aprendizaje computacional, optimización, visualización, adquisición de conocimiento, etc.

Un problema candente en MD y KD es el tratamiento de datos con dependencias temporales, que ha dado lugar al nuevo campo de la Minería de Datos Temporales (MDT). La introducción del tiempo en las técnicas de minería proporciona una visión sobre la disposición temporal de los eventos y, así, la posibilidad de sugerir una relación causa-efecto que es pasada por alto cuando se ignora la componente temporal o es tratada como un atributo numérico simple. Además, la minería de datos temporales proporciona la capacidad de extraer el comportamiento evolutivo de los objetos en vez de describir sus estados en ciertos momentos del tiempo, lo cual es especialmente relevante en tareas médicas como la monitorización, el diagnóstico o la planificación de terapia. Estas técnicas permiten dirigir los procesos de minería hacia el descubrimiento de relaciones temporales, relaciones de proximidad contextual y relaciones causa-efecto [Antunes, 2001].

En la reducción de dimensionalidad también se contemplan la extracción y selección de características relevantes [Liu, 1998]. Las técnicas de extracción de características permiten derivar nuevos atributos a través de alguna función [Verduijn, 2007]. Algunas de las técnicas utilizadas frecuentemente son las distintas variaciones de representación mediante segmentos [Keogh, 2000] o técnicas basadas en transformación de dominios como DFT y DWT [Mörchen, 2003].

Es importante destacar el paralelismo existente entre el problema de la búsqueda de secuencias temporales repetitivas y el problema de la secuenciación de genomas. Muchas de las técnicas aplicables en ambos problemas son intercambiables y creemos que existe un potencial mutuamente enriquecedor que hace sumamente interesante su estudio.

Por ello, el Instituto se propone explorar una línea de investigación prometedora cuyo objetivo será, tanto la adaptación de técnicas de secuenciación de genomas a problemas de minería de datos temporales en Medicina y Biología, como a la inversa, la adaptación de técnicas de minería de datos temporales al problema de la secuenciación en Genómica. El estudio se focalizará en las técnicas basadas en transformadas, que son las que a priori parecen ofrecer mayor versatilidad en la adaptación a ambos problemas. Como resultado se espera obtener nuevas técnicas de utilidad en Medicina, Biología y Genómica.

En particular, se investigará en:

- a) Mejorar la eficiencia de algoritmos del tipo apriori-like propuestos previamente por uno de los grupos integrantes
- b) Desarrollar un algoritmo para el descubrimiento de relaciones temporales, en contraposición a las técnicas convencionales de minería de bases de datos inter-transaccionales;
- c) Estudio tentativo de nuevas técnicas de MDT en el dominio de la frecuencia, como alternativa a los algoritmos apriori-like. Como caso particular de esta propuesta se encuentra el descubrimiento de patrones secuenciales frecuentes presentes en los dominios de aplicación propuestos.
- d) Diseño, desarrollo e implementación de las técnicas propuestas en una aplicación genérica integrable en sistemas instaurados en los dominios de aplicación. Para ello habrá que tener en cuenta los estándares de representación de conocimiento actuales.
- e) Análisis de resultados sobre cuatro dominios de aplicación: secuenciación de genomas, historias clínicas hospitalarias, series de datos cronobiológicos y datos de monitorización de patrones de comportamiento de ancianos en el hogar, estos últimos obtenidos mediante técnicas de Inteligencia Ambiental aplicadas por el Instituto en otros proyectos. Este objetivo incluye la aplicación de las técnicas propuestas, el análisis de resultados, la evaluación y la propuesta de extensiones futuras.

Un indicador de la relevancia de la propuesta se puede ver en la especial cabida que este campo tiene en algunas de las conferencias más importantes sobre minería de datos [ICMD, 2007; VLDB, 2007; SIGKDD, 2007]. El desarrollo de los objetivos de esta línea pretende dar un paso más en el conjunto de técnicas que actualmente existe en el campo de la MDT. Concretamente se propondrán técnicas que descubran patrones temporales complejos, en los que se recoja más información que la que proporcionan modelos simples como reglas de asociación. Además, también se pretende, apoyado en la experiencia de los grupos integrantes, la utilización de técnicas de razonamiento temporal, para inyectar conocimiento en el proceso de aprendizaje y poder tratar con la incertidumbre inherente a los dominios de aplicación seleccionados.

Por otra parte, una de las aportaciones más novedosas de esta línea puede ser la obtención de nuevas técnicas para MDT basadas en el dominio de la frecuencia. En los campos de la Genómica y la Proteómica se están aplicando con éxito transformadas lineales para el análisis de las así llamadas “señales simbólicas” (secuencias de símbolos del alfabeto de nucleótidos {A, G, C, T}), [Afreixo, 2004; Vaidyanathan, 2004]. Al análisis de Fourier de datos simbólicos, más apropiado para señales estacionarias, ha seguido en los últimos años [Mena-Chalco, 2007] el uso de técnicas tiempo-frecuencia, como la STFT o la Transformada Wavelet, que son las indicadas en el caso no-estacionario. La extrapolación de estas técnicas del campo de la

Genómica y la Proteómica a dominios médicos, como los propuestos en esta línea, se ve factible y prometedora, aunque es un campo virtualmente inexplorado aún. En sentido inverso, la adaptación de técnicas de MDT del tipo apriori-like al problema de la secuenciación de genomas se ve como altamente factible, puesto que su objetivo es el descubrimiento eficiente de secuencias de eventos (símbolos) repetitivas.

Adicionalmente, el renovado interés en la Transformada de Fourier generalizada a grupos finitos [Stankovic, 2005], puede abrir nuevas vías en minería de secuencias temporales y en secuenciación de genomas, si se consigue definir una estructura algebraica apropiada sobre secuencias de símbolos, como por ejemplo el grupo de permutaciones de orden n . Dado que este último es un campo de investigación fundamental no exento de riesgo, esta línea abordará este subobjetivo concreto de forma tentativa, intentado abrir nuevas vías para futuros trabajos del Instituto.

Referencias

[Afreixo, 2004] Vera Afreixo, Paulo J.S.G. Ferreira, Dorabella Santos. Fourier analysis of symbolic data: A brief review. *Digital Signal Processing*, 14:523–530, 2004.

[Antunes, 2001] C.M. Antunes, A.L. Oliveira. Temporal Data Mining: an overview. In proceedings of the KDD 2001 Workshop on Temporal Data Mining, (KDD-2001). San Francisco, USA, 26 August, 2001.

[Bellazzi, 2008] R. Bellazzi, B. Zupan. Predictive data mining in clinical medicine: Current issues and guidelines. *Int J Med Inform*, 77(2):81-97, 2008.

[Campos, 2007a] M. Campos, J. Palma and R. Marín. Temporal data mining with temporal constraints. 11th Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME07, Amsterdam, The Netherlands. LNCS, v4594:67-76, 2007.

[Campos, 2007b] M. Campos. Abstracción temporal basada en redes de restricciones. Tesis doctoral. Universidad de Murcia, 2007.

[Cios, 2002] K. Cios and G. Moore. Uniqueness of Medical Data Mining. *Artificial Intelligence in Medicine*, 26:1-24, 2002

[Das, 1998] G. Das, K. Lin, H. Mannila, G. Renganathan, P. Smyth. Rule discovery from time series. In proceedings of the 4th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York, NY, Aug 27-31. pp 16-22. 1998.

[Fayyad, 1996] U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth. From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview. In *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, 1996.

[Guil, 2006] F. Guil, J.M. Juárez, R. Marín. Mining Possibilistic Temporal Constraint Networks: A Case Study in Diagnostic Evolution at Intensive Care Units. Proc. of the workshop on Intelligent Data Analysis in Biomedicine and Pharmacology, pp. 7-12. Verona (Italy), 2006.

[ICDM, 2007] The 7th IEEE International Conference on Data Mining.

- [Jiménez, 2006] F. Jiménez, J.M. Cadenas, G. Sánchez, A.F. Gómez-Skarmeta and J.L. Verdegay. Multi-objective evolutionary computation and fuzzy optimization. *International Journal of Approximate Reasoning*, 43:59-75, 2006.
- [Keogh, 2000] E. Keogh, K. Chakrabarti, M. Pazzani, and S. Mehrotra. Dimensionality reduction of fast similarity search in large time series databases. *Journal of Knowledge and Information System*, 3:263-286, 2000.
- [Lavraç, 2000] N. Lavrac and E. Keravnou and B. Zupan. Intelligent Data Analysis in Medicine. In *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, 42: 113-157, 2000.
- [Lin, 2002] W. Lin and M.A. Orgun and G.J. Williams. An Overview of Temporal Data Mining. In *Proceedings of the 1st Australian Data Mining Workshop*, Canberra, Australia, 2002. Pages 83-90.
- [Liu, 1998] H. Liu and H. Motoda. *Feature Extraction, Construction and Selection: A Data Mining Perspective*. Kluwer Academic, Boston, 1998.
- [Mena-Chalco, 2007] J.P. Mena-Chalco, H. Carrer, Y. Zana, R.M. Cesar. Identification of Protein Coding Regions Using the Modified Gabor-Wavelet Transform. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 5(2):198-207, 2008.
- [Mörchen, 2003] F. Mörchen. Time series feature extraction for data mining using DWT and DFT. Report No. 33, Department of Mathematics and Computer Science Philipps-University Marburg, 2003.
- [Özden, 1998] B. Özden, S. Ramaswamy, A. Silberschatz. Cyclic Association Rules. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Data Engineering*, February 23-27, 1998, Orlando, Florida, USA. Pages 412-421.
- [Pei, 2004] J. Pei, J. Han, B. Mortazavi-Asl, J. Wang, H. Pinto, Q. Chen, U. Dayal, M.Hsu, Mining Sequential Patterns by Pattern-Growth: The PrefixSpan Approach, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(11): 1424-1440, 2004.
- [Ramon, 2007] J. Ramon, D. Fierens, F. Güiza, G. Meyfroidt, H. Blockeel, M. Bruynooghe, G. Van Den Berghe, G. 2007. Mining data from intensive care patients. *Adv. Eng. Inform.* 21(3): 243-256, 2007.
- [SIGKDD, 2007] The 13th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.
- [Stankovic, 2005] R.S. Stankovic, C. Moraga, J. Astola. *Fourier Analysis on Finite Groups with Applications in Signal Processing and System Design*. IEEE press, 2005.
- [Stacey, 2007] M. Stacey, C. McGregor: Temporal abstraction in intelligent clinical data analysis: A survey. *Artificial Intelligence in Medicine* 39(1): 1-24, 2007.
- [Vaidyanathan, 2004] P. P. Vadiynathan and B. Yoon. The role of signal-processing concepts in genomics and proteomics. *GENSIPS Workshop*. 341(1-2): 111-135, 2004.

[Verduijn, 2007] M. Verduijn, L. Sacchi, N. Peek, R. Bellazzi, E. de Jonge, B. A. de Mol: Temporal abstraction for feature extraction: A comparative case study in prediction from intensive care monitoring data. *Artificial Intelligence in Medicine* 41(1):1-12, 2007.

[VLDB, 2007] The 33th International Conference on Very Large Data Bases.

[Wu, 2000] Y. Wu, D. Agrawal, and A. E. Abbadi. A comparison of dft and dwt based similarity search in time-series databases. In *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, pages 488-495, 2000.

[Yang, 2004] J. Yang, W. Wang, P. S. Yu. Mining Surprising Periodic Patterns. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(2):189-216, 2004.

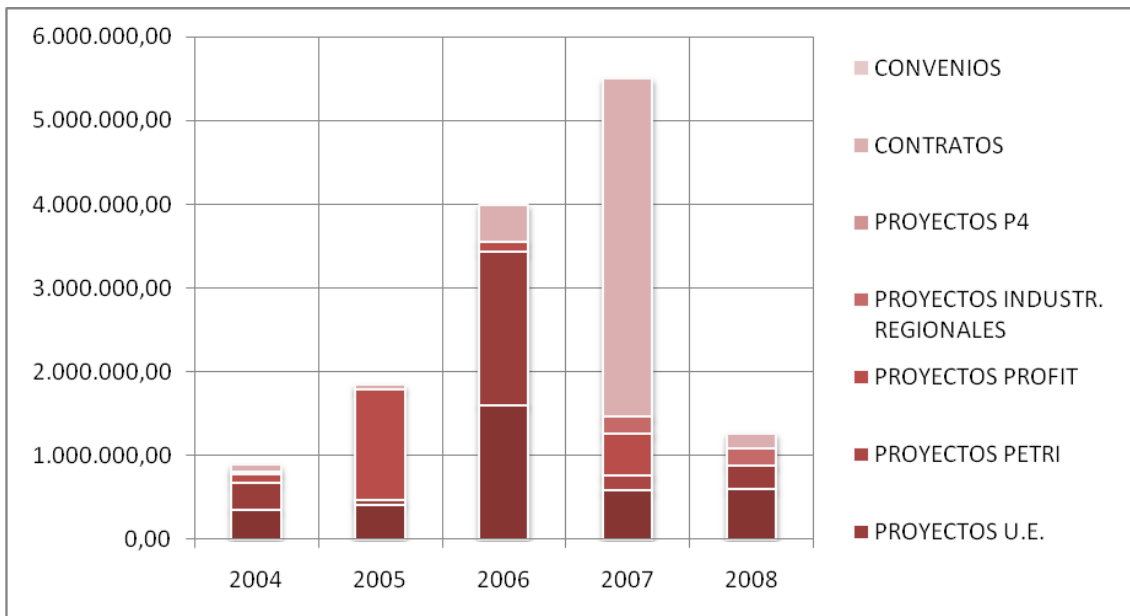
11.- MEMORIA ECONÓMICA

Los tres grupos que constituirán el Instituto de Investigación cuentan con una alta actividad y capacidad para conseguir fondos. Si bien en el año 2008 los datos de los que disponemos son hasta el mes de Junio, podemos ver una clara y fuerte evolución en la obtención de financiación.

	2004	2005	2006	2007	jun-08
GRUPO E096-01					
AYUDAS A PROYECTOS	243.500,00 €	- €	116.160,00 €	- €	300.000,00 €
PROYECTOS U.E.	- €	- €	- €	- €	- €
PROYECTOS PETRI	- €	- €	- €	91.459,00 €	- €
PROYECTOS PROFIT	- €	- €	- €	14.890,00 €	- €
PROYECTOS INDUSTR. REGIONALES	- €	- €	- €	57.684,69 €	- €
PROYECTOS P4	- €	- €	- €	- €	- €
CONTRATOS	- €	19.546,00 €	215.731,00 €	142.680,00 €	- €
CONVENIOS	- €	- €	- €	- €	- €
GRUPO E096-02					
AYUDAS A PROYECTOS	108.435,00 €	415.078,00 €	1.220.670,00 €	579.693,67 €	300.000,00 €
PROYECTOS U.E.	318.000,00 €	45.570,00 €	1.827.795,00 €	- €	281.880,00 €
PROYECTOS PETRI	- €	- €	- €	91.459,00 €	- €
PROYECTOS PROFIT	101.325,00 €	1.320.864,70 €	113.530,00 €	487.088,00 €	- €
PROYECTOS INDUSTR. REGIONALES	32.329,00 €	- €	- €	135.315,05 €	47.260,53 €
PROYECTOS P4	- €	- €	- €	- €	- €
CONTRATOS	81.273,95 €	40.089,60 €	230.418,12 €	3.893.424,80 €	178.840,65 €
CONVENIOS	- €	- €	- €	- €	- €
GRUPO E026-06					
AYUDAS A PROYECTOS	- €	- €	264.500,00 €	- €	- €
PROYECTOS U.E.	- €	- €	- €	- €	- €
PROYECTOS PETRI	- €	- €	- €	- €	- €
PROYECTOS PROFIT	- €	- €	- €	- €	- €
PROYECTOS INDUSTR. REGIONALES	- €	- €	- €	- €	147.180,00 €
PROYECTOS P4	- €	- €	- €	- €	- €
CONTRATOS	- €	- €	- €	- €	- €
CONVENIOS	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL	884.862,95 €	1.841.148,30 €	3.988.804,12 €	5.493.694,21 €	1.255.161,18 €

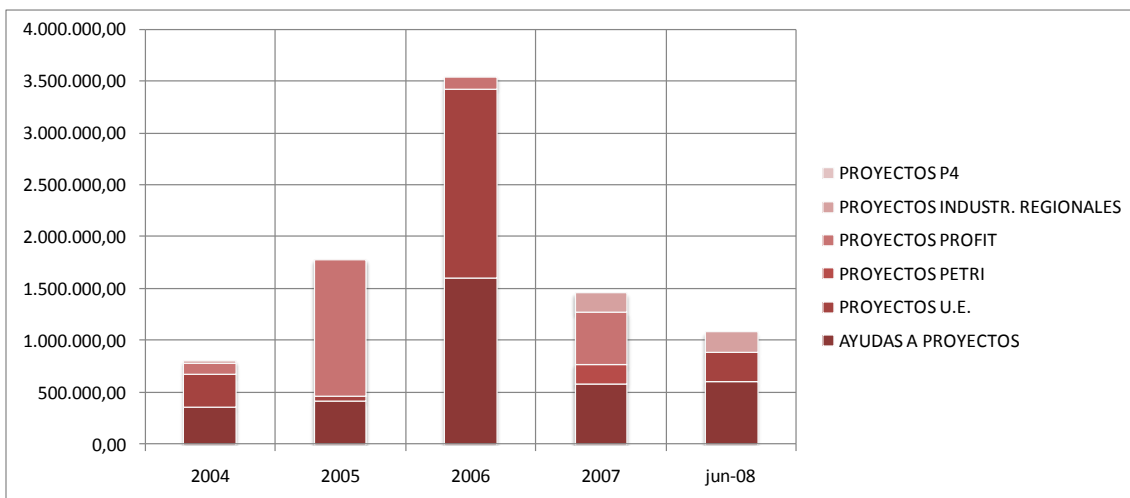
El acumulado de los tres grupos en los últimos años nos permite ver la composición los fondos obtenidos:

	2004	2005	2006	2007	2008
TOTAL	884.862,95 €	1.841.148,30 €	3.988.804,12 €	5.493.694,21 €	1.255.161,18 €



Mientras que únicamente por proyectos tenemos las siguientes cifras:

	2004	2005	2006	2007	2008
TOTAL	884.862,95 €	1.841.148,30 €	3.988.804,12 €	1.989.612,21 €	1.255.161,18 €



Ingresos por proyectos los últimos cuatro años y lo que se lleva de 2008

Dichos ingresos corresponden a proyectos financiados por proyectos así como por contratos con empresas. Por tanto entendemos que la capacidad de generar recursos de los grupos está plenamente consolidada y la creación del instituto redundaría en una consolidación de los mismos así como la apertura de nuevas vías de financiación fruto de la multidisciplinaridad y complementariedad. Entendemos que como resultado del mismo cabría esperarse un incremento medio de los resultados de investigación y contratos del orden del 10% al final de dos primeros años y del 15% los dos siguientes. Si consideramos que en 2008 terminamos con una financiación de al menos el doble de la que teníamos en Junio, la financiación media por

proyectos hasta el año 2008 fue de 2.242.950 €, por lo que los resultados esperados serían como sigue:

	2008	2009	2010	2011	2012
TOTAL	2.242.949,99 €	2.467.244,99 €	2.713.969,49 €	3.121.064,91 €	3.589.224,64 €

Para conseguir la suficiencia presupuestaria, se proponen una serie de objetivos económicos dentro del instituto:

- Proveerse de un porcentaje de hasta el 5% de los costes indirectos de los proyectos que se generen por los grupos del instituto.
- Crear cursos de formación especializados que podrían integrarse en masters propios o programa de postgrado, en especial dada la participación de los grupos del instituto en master de postgrado con mención de calidad.
- Establecer unidades de asesoramiento para la administración y las empresas privadas en áreas de excelencia del instituto.
- Establecer convenios con entidades públicas y privadas para desarrollo de normativas, asistencia y, en general, despliegue de servicios de las TICs.
- Participación en iniciativas de tipo CONSOLIDER-INGENIO 2010, que doten el instituto de financiación no vinculada a proyectos concretos, sino a producción científica y resultados.

Entendemos que la puesta en marcha de estas iniciativas podrían redundar en una financiación anual cercana a los **130.000** euros.

Si bien parece claro que el Instituto va a gestionar de entrada recursos propios de una significativa cuantía que le permitirán desarrollar la programación indicada en la memoria científica. Sin embargo, como estructura administrativa, el Instituto deberá contar con recursos específicos asignados a su funcionamiento. Dichos recursos deberán ser gestionados desde el propio Instituto, siendo los más significativos:

1. Un lugar físico donde se centralicen las actividades burocráticas del Instituto.
2. Un lugar físico para poder realizar las experiencias y los desarrollos específicos relacionados con la investigación del mismo. Para esto el nuevo edificio Pleiades para el sitio más adecuado
3. Una dotación administrativa básica. Consistente en:
 - a. Dotación económica para personal encargado de la gestión cotidiana de los proyectos adscritos al Instituto y de apoyo a la propia dirección del Instituto.
 - b. Dotación económica para personal de la preparación de proyectos, apoyo a las labores de gestión y difusión de los resultados.
 - c. Gasto ordinario en material fungible e inventariable.

Entendemos por tanto la necesidad de una cofinanciación por parte de la UMU de una cuantía de 70.000 euros.

El detalle del presupuesto anual necesario para la gestión del Instituto sería el siguiente:

INGRESOS	Presupuesto Anual
Proyectos y Colaboraciones	130.000,00 €
Aportación de la UMU	70.000,00 €
GASTOS	
Personal propio del Instituto	90.000,00 €
Gastos de funcionamiento	30.000,00 €
Programa de recursos humanos	60.000,00 €
Difusión y diseminación	20.000,00 €