

Inteligencia Ambiental, Sistemas Ubícuos y Visión por Computador en Telefonía Móvil. Estado del Arte

Ramón Moreno Jiménez, ramon.moreno.jimenez@gmail.com
Grupo de Inteligencia Computacional
Universidad del País Vasco

18 de octubre de 2007

Resumen

Los dispositivos de telefonía móvil de última generación se caracterizan especialmente porque son capaces de actuar simultáneamente en diferentes redes y varios protocolos. La llamada 3G y 4G soportan UMTS y GPRS. Lo que actualmente se traduce en acceso a Televisión, a Internet y videoconferencia. Además de estas virtudes que proporcionan el acceso a redes WLAN, también se utiliza acceso a redes de corto alcance, como son Bluetooth y Wi-Fi. Estas características hacen que los móviles se presenten tecnológicamente como punta de lanza en lo que se entiende como Sistemas Ubicuos e Inteligencia Ambiental. Además de estas características proporcionadas por la calidad de la conexión a distintas redes, la mayor parte de los nuevos móviles ya vienen equipados con cámara digital. La rápida evolución tecnológica en el sector, hace que se abran multitud de nuevas posibilidades comerciales. En este trabajo, se hace un repaso de los proyectos europeos que se han llevado en esta materia. Así mismo, mostramos algunos elementos de Robot Vision que se están portando a la telefonía móvil.

1. Introducción

La telefonía móvil, es uno de los sectores tecnológicos de más rápida evolución. En lo que a posibilidades comerciales se refiere, las estimaciones de futuro son inmejorables. Países como India o China se presentan como auténticas factorías de consumidores. En estos países las cotas de mercado crecen a una velocidad del 30% anual. Están surgiendo multitud de nuevas empresas como proveedoras de servicios en esta materia, y en otros casos, empresas no propias de las telecomunicaciones están haciendo grandes esfuerzos por buscar aquí su cuota de mercado, como es el caso de Google.

En lo que se refiere a Dónde está el mercado, las perspectivas son que el negocio va a estar más en los contenidos que se ofrecen, que en el tráfico de datos. Justo al revés de lo que ocurre a día de hoy.

Respecto a tecnología. Las investigaciones más futuristas nos hablan de Inteligencia Ambiental, cuyo principio básico es que nuestra idea de ordenador como contenedor de información al que podemos acceder para visualizar o manipular la misma desaparece. En este caso, dejamos de saber donde está la información. La primera aproximación en este caso la podemos ver en los servidores de correo electrónico, pues cuando accedemos a esta información, en realidad no sabemos donde se encuentra físicamente.

En segundo lugar, la Inteligencia Ambiental se basa en multitud de diferentes dispositivos capaces de conectarse entre sí, y de intercambiar información. Es por ello que podemos decir que la Inteligencia Ambiental es una capa superior apoyada en otra capa formada por Sistemas Ubicuos. Desde el punto de vista de la domótica, se cuenta con multitud de dispositivos y sensores que pueden compartir información, solo que a día de hoy estos, en su caso general están controlados por un sistema de información centralizado (cuando se quiere compartir la información entre todos los elementos del sistema). En contextos domóticos tenemos un claro ejemplo en Fagor, que ya fabrica sus productos con Bluetooth. El objetivo, es que los productos de esta marca se pueden conectar entre sí, y así poder conseguir un consumo equilibrado de recursos como agua o electricidad.

Sin embargo, el sistema más innovador y con mayores posibilidades de mercado es el teléfono móvil, o mini-PC del futuro (estimaciones tecnológicas). Los teléfonos móviles de última generación son capaces de comunicarse con multitud de dispositivos, de acceder a multitud de redes (WLAN, GPRS, EGPRS, PRMA, UMTS, GERAN) es por ello, que los podemos ver como la punta de lanza de los Sistemas Ubicuos y al mismo tiempo, como lo que será el primer caso palpable de Inteligencia Ambiental. A día de hoy podemos acceder a zonas 3G y podemos hacer videoconferencia, podemos acceder a redes Wi-Fi y consultar el correo, subir al coche y conectarnos al mismo vía bluetooth.

En lo que concierne a redes, existen multitud de investigaciones para sistemas de localización [3, 4, 5, 13, 15, 25, 27]. El objeto de estas es solucionar el problema de los sistemas GPS, que no son válidos en contextos interiores. Por medio de la detección de las IP de los routers y por la detección de la fuerza de la señal, ya hay sistemas que nos permiten localizarnos dentro de los edificios. A este respecto, comentaremos el estado del arte, o al menos comentaremos algunas de las últimas investigaciones en esta materia. También hemos de decir que ya hay empresas que han fabricado sistemas de navegación en exteriores basándose solo en la detección MAC de los routers. Este caso es viable en ciudades que están invadidas por routers Wi-Fi, como es el caso de San Francisco. En estos casos se provee de un servicio, a dispositivos que no tengan GPS. Lo que comentaremos en el segundo apartado.

Sin embargo, a pesar de todo el soporte tecnológico del que goza la telefonía móvil existen multitud de casos en los que no es suficiente tener una buena conexión para obtener una adecuada información. Pongamos algunos casos. En

un museo, un usuario quiere saber, frente a qué obra se encuentra. En este caso los sistemas de localización Wi-Fi son insuficientes, pues en una sala puede haber multitud de obras. O por ejemplo un turista pasa frente a un escudo y quiere obtener información al respecto. En este caso, puede que ni tan siquiera exista una red Wi-Fi. Es en estos casos donde entra la Visión por Computador. Existen multitud de investigaciones a este respecto [6, 11, 19, 21, 22]. En especial por parte de los italianos que han visto aquí, una forma de explotar su patrimonio histórico. España, a pesar de poseer un patrimonio histórico superior al de Italia, o ha iniciado aun ningún proyecto en esta materia.

Además de contextos turísticos, existen otros contextos donde es imprescindible el uso de la visión por computador para ofrecer una información adecuada. Es el caso de sistemas de ayuda a invidentes [12] o guías de la naturaleza con búsquedas indexadas por imágenes [29].

Es de especial relevancia, el uso de algoritmos basados en la búsqueda de puntos de interés. Sistemas invariantes a rotación [16, 17, 18, 23, 24, 31, 2]. Estos algoritmos fueron introducidos por Harris y actualmente existen diversas variantes, entre los que cabe destacar SIFT. Las técnicas de visión por computador aplicada a sistemas móviles es lo que está denominando Mobile Vision. En esta nueva área de investigación no se está inventando nada nuevo, sino que se está adaptando parte de lo que ya existe en Robot Vision. En síntesis, se están optimizando los algoritmos para que sean computables en los procesadores de los actuales dispositivos móviles. En algunos casos también se plantea la implementación hardware. Lo que comentaremos en el tercer apartado.

Como cuarto apartado resumimos los proyectos más interesantes del ámbito europeo realizados hasta 2006.

2. Redes

El desarrollo de las redes inalámbricas ha sido espectacular en los últimos años. Han surgido nuevos estándares capaces de trabajar a mayor velocidad. Wi-max, Wi-Fi, UMTS. El ancho de banda ha crecido enormemente, ahora cualquier router proporciona acceso a 54Mbps, pero en breve se llegará al Gbps. Su rápida evolución es gracias a que su instalación es de un coste muy barato, en contraposición con la fibra óptica. Esto ha hecho que las redes inalámbricas estén implantándose con suma rapidez, en especial en el continente asiático.

En relación con los dispositivos móviles, estos se están adaptando también a esta tecnología, tanto para poder acceder a internet, como para poder instalar programas de acceso telefónico (VoIP) que compiten con unas tarifas mucho más baratas que los proveedores tradicionales (0.01 euros min.). Además de estas ventajas se están llevando a cabo multitud de investigaciones en materia de redes inalámbricas, en las que son de especial interés los que proporcionan sistemas de localización.

La mayor parte de los sistemas de localización se basan en la detección de las direcciones MAC de los routers más cercanos, así como la detección de la intensidad de la señal recibida. El objeto de estas investigaciones es poder

localizar a un usuario en un contexto, y poder facilitar la información adecuada. El modelo bayesiano de jerarquía de sensores [15, 27] está siendo usado con éxito para sistemas de localización tanto en exteriores como en interiores. En otros casos se siguen diferentes perspectivas, en las que el usuario va navegando por un espacio, y en función de donde se encuentre, puede acceder a uno u otro tipo de información [4], donde se utilizan varias tecnologías (Wi-Fi, GPS, Bluetooth..). En general es suficiente con llegar a proximaciones, en las que podemos determinar con un margen de error de pocos metros donde se encuentra el sujeto. Desde este punto de vista se son interesantes las aproximaciones semánticas en el diseño de ambientes para acceso a servicios [3].

Además del estándar 802.11 existen multitud de tecnologías de comunicación que pueden ser usadas para la localización (GPS, Active Badges, Active Bats, MotionStart, VHF Omnidirectional Ranging, MSR Radar, E911,...) Jeffrey Hightower y Gaetano Borriello [13] hacen un buen repaso de las técnicas y tecnologías de localización.

Desde el punto de Sistemas de Información, están apareciendo nuevas perspectivas de la gestión de la información, ya que hoy en día se puede acceder a la misma información desde diferentes dispositivos y desde diferentes lugares. Incluso la información se ha de filtrar en función del tipo de usuario. Task-Technology Fit (TTF) para sistemas de información móviles [14] es una primera aproximación a estos nuevos y complejos sistemas. La movilidad y la forma de acceder a la información está cambiando tanto, que resulta difícil preveer como será la iteración Persona Computador en el futuro [10].

Rajeev Shorey y A. Ananda[28] hacen un fenomenal repaso del estado del arte de las redes inalámbricas, de su estado actual y previsiones de futuro. Alex Brand y Hamid Aghvami [1] hacen una descripción de los protocolos desde 1G hasta 4G, GPRS y UMTS.

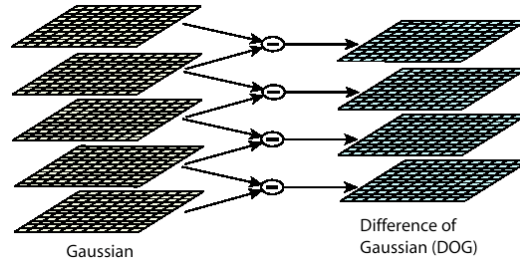
3. Mobile Vision

Además de los conocidos sistemas de localización para dispositivos móviles, en muchas ocasiones es necesario el uso de la Visión por Computador. La explotación de estas técnicas en celulares o PDAs abre nuevas posibilidades para nuevas herramientas. La mayor limitación actual en esta materia es el excesivo coste computacional de estas técnicas. Aunque se prevé que en breve serán resueltas.

3.1. Algoritmos Relevantes

La mayor parte de las investigaciones en esta materia se basan en la localización de puntos de interés que sean invariantes a la rotación. Estas técnicas han sido heredadas de Robot Visión, donde se obtienen grandes resultados con visión trinocular[2]. No obstante, en Mobile Visión solo contamos con una cámara por lo que podemos utilizar técnicas de visión monocular.

Figura 1: Diferencia de gaussianas



El estudio de los puntos de interés de una imagen fue aplicado por primera vez por Moravec (1981) en visión estereo buscando esquinas. Después fue mejorado por Harris y Stephens (1988) que buscaban una mejora respecto al anterior por la poca repetibilidad en función a la iluminación. Los descriptores de Harris han sido ampliamente usados, pero son muy sensibles a pequeños cambios en el tamaño de la imagen.

3.1.1. SIFT

Este algoritmo busca los puntos de interés de una imagen y mejora a los descriptores de Harris en que son invariantes al tamaño además de a la rotación. Scale Invariant Feature Transform desarrollado por David Lowe [20] es invariante a la translación, escala, rotación y parcialmente a la iluminación. El algoritmo SIFT se divide fundamentalmente en cuatro fases.

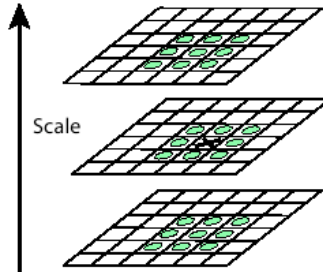
1. Detección de puntos extremos: se buscan puntos de interés, basándose en la diferencia de gaussianas (DoG).

$$\begin{aligned}
 a) \quad L(x, y, \sigma) &= G(x, y, \sigma) * I(x, y) \\
 b) \quad D(x, y, \sigma) &= (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) \quad \text{Donde } k = \sqrt{2} \text{ y } \sigma = 1,6 \\
 &= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \\
 c) \quad &\text{Se hallan unas nuevas imágenes aplicando un filtro gaussiano de parámetro } \sigma \text{ y a una distancia } k \text{ entre las mismas. Tal y como se muestra en la Figura 1}
 \end{aligned}$$

2. Localización de puntos clave: se recorre una capa intermedia de las DoF y se compara cada pixel con sus 8 vecinos de la misma capa y con los 9 de la capa superior y los 9 de la inferior. Si es mayor o menor que todos, es un punto de interés. Véase la Figura 2 . Uno de los problemas que se presenta en esta fase es que se detectan demasiados puntos de interés. Para descartar los de poca relevancia se aplica la siguiente función.

$$D(x) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial D^T}{\partial x} \hat{x}$$

Figura 2: Búsqueda de puntos de interés



donde

$$\hat{x} = \frac{\partial^2 D^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial D}{\partial x}$$

Si $D(x) \leq 0.03$ el punto es descartado. Por estabilidad no es suficiente eliminar los keypoints de bajo contraste. La DoG tiene un gran efecto en los bordes, por ello usamos la matriz Hessiana para hacer un nuevo filtrado.

$$H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} Tr &= D_{xx} + D_{yy} \\ Dt(H) &= D_{xx}D_{yy} - 2D_{xy} \end{aligned}$$

Aplicamos el siguiente chequeo con $r = 10$

$$\frac{Tr(H)}{Dt(H)} < \frac{(r+1)^2}{r}$$

3. Asignación de orientación: a los puntos seleccionados se les asigna una magnitud gradiente $m(x,y)$ y una orientación $\theta(x,y)$

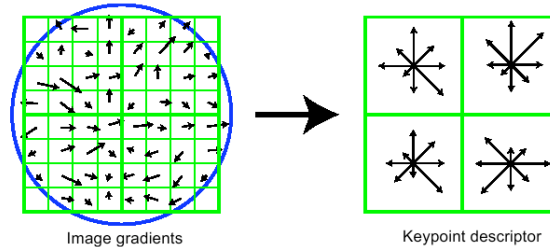
$$m(x,y) = \sqrt{(L(x+1) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2}$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{L(x,y+1) - L(x,y-1)}{L(x+1,y) - L(x-1,y)} \right)$$

El histograma de orientación se forma con la orientación de los gradientes de los puntos que rodean al punto de interés, 36 y 360°

4. Descriptor del punto clave: se asigna un vector descriptor a cada keypoint. Para ello se suman los cuadrantes obteniendo un vector de características de $2 \times 2 \times 8$ que posteriormente es normalizado para obtener invarianza a la iluminación. Véase Figura 3

Figura 3: Descriptor de punto clave



3.1.2. Otros

N-SIFT es la aplicación de SIFT a imágenes 3D. Ha sido aplicado en medicina [31].

SIFT sigue siendo caro computacionalmente, a pesar de que se aplique en Mobile Vision. EMD (Earth Mover's Distance) [16] se presenta como un detector de características invariantes que minimiza el coste computacional. Este se basa en la distribución discreta de las características locales invariantes, sin necesidad de descriptores de clustering.

Hashem Tamimi[30] mejora el algoritmo de Lowe haciendo una búsqueda aleatoria. En SIFT se hallan los puntos de interés en primer lugar, hallando los máximos y los mínimos. Para ello, se estudiaban las diferencias entre gaussianas. Es decir para un punto (x,y) se le compara con sus vecinos de la capa superior y de la capa inferior. Si es mayor que todos, o menor que todos, el punto (x,y) es un punto de interés. Esta es la parte que optimiza Tamimi haciendo una comparación no exhaustiva y suficiente.

Charles Bibby y Ian Reid [6] han desarrollado GPU (Graphics Processing Unit) que está especialmente indicado para su implantación en dispositivos móviles ya que es sencillo y rápido. Para su desarrollo hacen uso de PDAF (Probabilistic Data Association Filter). Unos de los problemas de SIFT, es que detecta gran cantidad de puntos de interés y después los tiene que filtrar para decidir cuales son los adecuados. GPU usa como detector de puntos de interés FRBD (Fast Radial Blob Detector) que está diseñado para no detectar pobres descriptores y para no fijarse en los bordes. FRBD está inspirado en la Laplaciana, cuya aproximación la hacen comparando un punto con sus 8 vecinos radiales a una distancia r , tal y como se puede ver en la Figura 4.

SURF es un algoritmo elaborado por Herbert Bay [11] implementado en un tablet PC con webcam. Los resultados son similares a SIFT, solo que va más rápido. Las fundamentales diferencias en este caso, es que los puntos de interés, no se hallan aplicando la diferencia de gaussianas, sino que se aplican las máscaras de la Figura 5 por convolución. Después para obtener la dirección de los puntos de interés se aplica la wavelet de Haar, que es bastante rápida.

Figura 4: Fast Radial Blob Detector

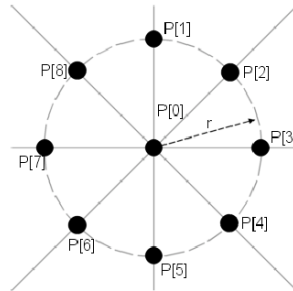
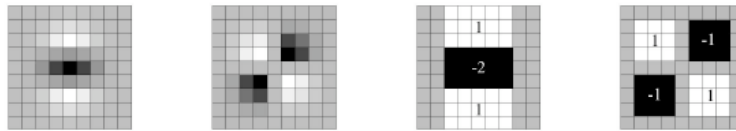


Figura 5: Las dos primeras son las segundas gaussianas, primero en la dirección Y y después en la dirección XY. Las dos matrices de la derecha, son las utilizadas en SURF como aproximación a la laplaciana.



También hay estudios que persiguen el mismo objetivo (reconocer la escena) pero con diferentes técnicas. Es el caso de Norbert [25], que precisa de un modelado 3D del entorno para posteriormente ser capaz de identificar un escenario extrayendo su contorno 3D. En este caso los experimentos se realizan para el reconocimiento exterior de edificios.

Son numerosos los trabajos de Lucas Paletta [26, 9, 19], basándose en SIFT como extractor de características de una escena, pero apoyándose en otras tecnologías para acotar las búsquedas. El procesamiento no se lleva a cabo en el dispositivo móvil, sino que se precisa de GPRS o UMTS para la conexión a un proveedor de servicios.

3.2. Aplicaciones Relevantes

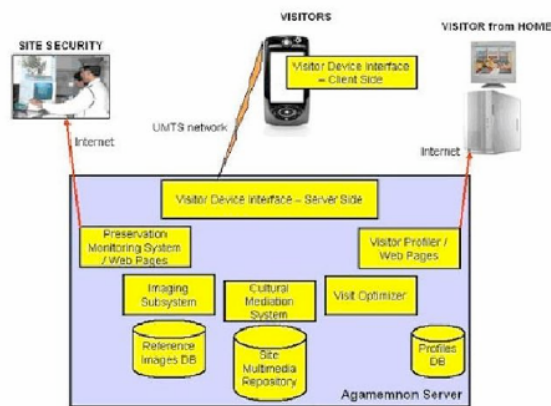
LOCUS [8] es un proyecto europeo que se basa en GPS, pero que recurre a la visión por computador para reconocer la orientación del usuario en un mapa. Se caracteriza porque quieren aplicar Realidad Aumentada en sistemas de guía, vease la Figura 6.

AGAMEMNON[22], es un sistema de ayuda en centros turísticos. El sistema no se computa en el dispositivo móvil, si no que se trata de una aplicación cliente

Figura 6: Ejemplo de las pretensiones de LOCUS



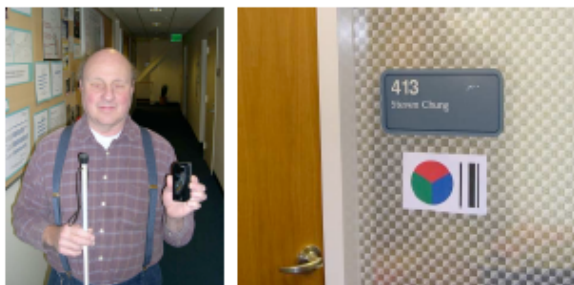
Figura 7: Estructura del sistema AGAMEMNON



- servidor. La Figura 7 muestra la arquitectura del sistema. En principio, son varias sus virtudes; hace un histórico de las imágenes recibidas por los usuarios con el que poder hacer un buen seguimiento del estado de las obras. Es capaz de programar una ruta en función de donde haya pelotones, y evitarlos.

Es especialmente innovador el sistema de ayuda a invidentes [12]. Este sistema esta completamente implementado en el móvil, de tal manera que no necesita de ningún tipo de red, ni de cobertura para su funcionamiento. El sistema esta implementado sobre Symbian. Se caracteriza, porque busca etiquetas de color y códigos de barras, con las que poder ayudar a un invidente a encontrar elementos etiquetados (ascensor, servicios...). La aplicación se comunica con el usuario por medio de sonidos.

Figura 8: Wayfinding for the Visual Impaired



4. Proyectos Europeos

Un sólido trabajo en el que se recogen multitud de proyectos europeos respecto a aplicaciones móviles es el realizado por European Centre for Digital Communication [7]. En este se recogen las aplicaciones móviles para sistemas gubernamentales y para sistemas orientados al turismo.

El interés de hacer aplicaciones que comuniquen a la ciudadanía con la administración y viceversa, es que a día de hoy hay más gente con móvil que con acceso a internet. Es por ello que se estén financiando aplicaciones en este sentido. En segundo lugar la mayor parte de las investigaciones se enfocan sistemas de ayuda en guías y turismo. En este aspecto el enfoque comercial es claro, y el mercado amplio.

A continuación comentamos algunos de los trabajos más relevantes, bien por su aceptación por la población o por su caracter innovador.

4.1. Aplicaciones Orientadas al Turismo y Servicios

IM@GINE.IT Es un software instalable en móviles, PDA, o dispositivos de automoción. Es un sistema de ayuda en la navegación, que se caracteriza por su enfoque de Inteligencia Ambiental e Inteligencia de Usuario, ya que combina GPS y cell ID en sistemas de localización

ASK-IT Combina Inteligencia Ambiental y Web Semántica. El objetivo es crear una interfaz de acceso a internet, accesible para discapacitados físicos o mentales. Abarca materias como ayudas en turismo, negocios, pagos, transporte, domótica, ayuda en situaciones de emergencia, etc.

PHENIX_SSA Es un sistema de televisión orientada a dispositivos móviles. Su objeto es la retransmisión de los eventos de los Juegos Olímpicos 2008 en un formato adecuado. El proyecto se está materializando entre China y Europa.

MOBVIS Es un sistema de localización que utiliza Visión por Computador. Se basa en el reconocimiento de objetos y en la creación de mapas inteligentes

en función de las necesidades del usuario.

Crupet Es un sistema de ayuda al turismo. Sus principales características son: recomendación de servicios, mapas interactivos, información de atracciones turísticas y avisos cuando el usuario se acerca a un punto de interés.

Loveus Se caracteriza por utilizar una nueva generación de mapas en 3D.

PEPTRAN Es un sistema de ayuda al transporte público. Planifica rutas.

AGAMEMNON Personaliza visitas en museos y centros arqueológicos.

TellMaris Proyecto desarrollado por Nokia, cuyo objetivo es la creación de mapas 3D.

Lol@ Sistema de localización basado en GPRS/UMTS.

Storyteller Guía digital para rutas en bicicleta. Basado en GPS.

Hiking Basado en GPS, ofrece rutas forestales. Es un sistema de ayuda alquilable a bajo coste.

4.2. M-Government

M-Government es un subconjunto de las aplicaciones E-Government. Las primeras son aplicaciones instalables en dispositivos móviles y las segundas las accesibles desde internet. Estas aplicaciones son las que conectan a los ciudadanos con las administraciones.

USE-ME.GOV Plataforma aplicable en diferentes países y regiones. No tiene restricciones de edad ni de intereses. Su objetivo en algunos casos es eliminar barreras burocráticas en asuntos financieros. También facilita información pública.

SAFIR El objetivo es que los usuarios puedan acceder a los servicios en igualdad de oportunidades. Elimina la barrera del acceso a internet. La aplicación tiene varios subdominios: Ciudadanos, empleados municipales, bomberos y policía.

Pandora Provee servicios digitales en áreas rurales. Acceso a la información. Su objetivo es ser implantado en Lombardy, Basilicata, Limerick, Central Macedonia y Rhodope.

M-Tartu Es un proyecto estonio. Las razones para su implantación son: hay más móviles que PC, los ciudadanos llevan siempre el móvil y la aceptación de la telefonía móvil por parte de los ciudadanos es mayor que el acceso a internet. Este proyecto se caracteriza por la multitud de servicios que ofrece. Pago en parking, pago del tiket de autobús, pagos en comercios. M-Teacher es un profesor de ayuda, M-library para la reserva de libros. El proyecto se aplica a contextos educativos, a contextos médicos y también

para notificaciones a los ciudadanos. M-democracy y M-elections han sido usadas para elecciones, como alternativa al voto por internet.

MoBüD Trata de crear las infraestructuras de servicios móviles para los ciudadanos. Se distinguen dos tipos de comunicaciones G2C Gobierno a Ciudadanos y C2G Ciudadano a Gobierno. Se distinguen cuatro aspectos diferentes:

- **mCommunication:** provee la comunicación entre ciudadanos y Gobiernos (G2C y C2G). Los ciudadanos pueden dar su opinión en algunos casos. Los ciudadanos se pueden suscribir a canales de información. El sistema basa sus comunicaciones fundamentalmente en SMS. Tanto para comunicarse con el Gobierno como en las comunicaciones del Gobierno con los Ciudadanos.
- **mServices: mTransactions y mPayments.** Son servicios basados en SMS con el envío de códigos.
- **mDemocracy: mVoting.** Los ciudadanos pueden votar y dar sus opiniones fácilmente. Los ciudadanos pueden ser informados de resultados de elecciones. Es un servicio que acerca a los ciudadanos a sus gobernantes. La identificación de usuario se hace mediante el registro de código PIN.
- **mAdministration:** Servicios internos y públicos de M-Government.

5. Expectativas y Conclusiones

La evolución que está viviendo la telefonía móvil proporciona un nuevo mundo de aplicaciones y servicios. Hace pocos años, los primeros teléfonos móviles eran unas cajas que necesitaban la batería de un coche y solo servían para comunicaciones telefónicas. Actualmente, de manera estandarizada incorporan agenda, calendario y alarma. Los nuevos protocolos y nuevos canales ofrecen a los dispositivos móviles lo que actualmente proporciona el ADSL en las líneas domésticas. No obstante, en telefonía móvil se cuentan con unos factores, que hacen que sea muy diferente. Ha entrado en juego la movilidad y la posibilidad de conexión a multitud de redes, lo que nos acerca imperativamente a la Inteligencia Ambiental y Computación Ubicua. Los Sistemas de Información ya no son exclusivamente cliente - servidor, sino que se empiezan a parecerse a Sistemas Distribuidos.

El hecho de que se esté estandarizando que todos los móviles tengan cámara, abre un nuevo mundo de posibilidades. A este respecto no se trata de descubrir nada nuevo, sino de adaptar lo que ya existe en Robot Vision. Aquí la principal limitación que se encuentra, es el elevado coste computacional de estas técnicas. No obstante, las previsiones indican que, en breve, los nuevos procesadores serán capaces de eliminar estas limitaciones.

6. Referencias

- [1] Hamid Aghvami Alex Brand, editor. *Multiple Access Protocols for Mobile Communications GPRS, UMTS and Beyond*. John Wiley and Sons, 2003.
- [2] Alaa E. Abdel-Hakim Aly A. Farag. Scale invariant features for camera-planning in a mobile trinocular active vision system. In *Proceedins of Acivs 2004*, 2004.
- [3] Fabio Pittarello Augusto Calentano. Desingn of amient dependent multi-modal services: a sematic approach.
- [4] Gaetano Borriello WilliamG. Grisworld David McDonald Edward Lazowska Anand Balachandran Jason Hong Vaughn Iverson Bill N. Schilit, Anthony LaMarca. Challenge: Ubiquitous location-aware computing and the "place lab"initiative. *WMASH'03*, 2003.
- [5] Shazia Sadiq Bo Yuan, Maria Orlowska. Finding the optimal path in 3d spaces using edas- the wireless sensor networks scenario. School of Information Technology and Electrical Engineering. University of Queensland., 2006.
- [6] Ian Reid Charles Bibby. Fast feature deection with a graphics processing unit implemantation. First International Conference on Mobile Vision, 2006.
- [7] MSc Clarie Huijnen, MTD. Mobile tourism and mobile government. an inventory of european proyects. European Centre for Digital Communication, 2006.
- [8] Vesna Brujic-Okretic Fotis Liarokapis, Jonathan Raper. Navigation withinn the urban envoronment using location and orientation-based services. In *European Navigation Conference 2006*, 2006.
- [9] Lucas Paletta Gerarld Fritz, Chistin Seifert. Urban objet recognition from infrmative local freatures.
- [10] Tapio Heikkinen Hannu Kallinen. Mobile information systems. University of Oulu, 2001.
- [11] Luc Van Gool Herbert Bay, Beat Fasel. Interactive museum guide: Fast and robust recognition of museum objects. First International Conference on Mobile Vision, 2006.
- [12] Huiying Shen James Coughlan, Roberto MAnduchi. Cell phone-based way-finding for the visual impaired. First International Conference on Mobile Vision, 2006.
- [13] Gaetano Borriello Jeffrey Hightower. Location systems for ubiquitous computing. *Computer*, 2001.

- [14] Michele L. Gribbins Judith Gebauer, Michael J. Shaw. Task- technology fit for mobile information systems. 2006. University of Illinois at Urbana-Champaign College of Business Department of Business Administration.
- [15] Anthony LaMarca Julia Letchner, Dieter Fox. Large-scale localization from wireless signal strength. *National Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, 2005.
- [16] Trevor Darell Kristen Grauman. Efficient image matching with distributions of local invariant features. In *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2005.
- [17] Cordelia Schmid Kristian Mikolajczyk. Scale & affine invariant interest point detectors. *International Journal of Computer Vision*, 60:63–86, 2004.
- [18] Cordelia Schmid Krystian Mikolajczyk. Indexing based on scale invariant interest point. INRIA, 2000.
- [19] Alexander Almer Christin Seifert Lucas Paletta Linde Vande Velde, Patrick Luley. Intelligent maps for vision enhanced mobile interfaces in urban scenarios.
- [20] David G. Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 2004.
- [21] Andrew Calway Mark Pupili. Particle filtering for robust single camera localisation. First International Conference on Mobile Vision, 2006.
- [22] Marco Casamassima Walter Cazzola Davide Conte Massimiliano Pittore Gianluca Quercini Naomi Scagliola Matteo Villa Massimo Ancona, Marco Capello. Mobile vision and cultural heritage: the agamemnon project. First International Conference on Mobile Vision, 2006.
- [23] David Lowe Matthew Brown. Invariant features from interest point groups.
- [24] K. Mikolajczyk and C. Schmid. A performance evaluation of local descriptors. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 27(10):1615–1630, Oct. 2005.
- [25] Jan BÅhm Norbert Haala. A multi-sensor system for positioning in urban environments. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58:31–42, 2003.
- [26] Christin Seifert Gerard Friz Lucas Paletta Patrick Luley, Alexander Almer. A multisensor system for mobile services with vision enhanced object and location awareness. In *Proceedings of the 2005 Second IEEE International Workshop on Mobile Commerce and Services (WMCS'05)*, 2005.
- [27] Ted Kremenek Richard Muntz Paul Castro, Patrick Chiu. A probabilistic room location service for wireless networked environments. *Proceedings of Ubicom'01*, 2001.

- [28] Mun Choon Chan Rajeev Shorey, A. Ananda and Wei Tsang Ooi, editors. *Mobile, Wireless, and sensor networks. Technology, Applications, and Future Directions*. IEEE, 2006.
- [29] Miguel A. Veganzones Ramon Moreno, Manuel Grana. A remote mycological assistant. In IEEE International Workshop on, editor, *Intelligent Data Acquisition and Advance Computing Systems: Techology and Applications*. IDAACS, 2007.
- [30] Hashem Tamimi and Andreas Zell. Global robot localization using iterative scatre invariant feature transform.
- [31] Ghassan Hamarneh Warren Cheung. N-sift: N-dimensional scale invariante feature ttrransform for matching medical images. In IEEE, editor, *ISBI*, pages 720–723, 2007.