

# Propuesta de inclusión de capacidades predictivas en un teclado virtual

## Proposal to include predictive capabilities in a virtual keyboard

Tomàs Pallejà<sup>1</sup>, MSc., Daniel Val<sup>1</sup>, MSc., Marcel Tresanchez<sup>1</sup>, MSc., Mercè Teixidó<sup>1</sup>, MSc., Alicia Fernández del Viso<sup>2</sup>, MSc., Carlos Rebate<sup>2</sup>, MSc. y Jordi Palacín<sup>1</sup>, PhD.

1. Universitat de Lleida, España

2. eInclusion Unit-Indra, Madrid, España

{tpalleja, robotica, mtresanchez, mteixido, palacin}@diei.udl.cat, {afernandezde, crebate}@indra.es

Recibido para revisión 10 de diciembre de 2009, aceptado 10 de febrero de 2010, versión final 5 de marzo de 2010

**Resumen**—En este trabajo se propone la implementación de capacidades predictivas en un teclado virtual. Estas capacidades han sido diseñadas pensando específicamente en personas con algún tipo de discapacidad motriz que les impida utilizar un teclado convencional. Se propone un sistema de predicción con capacidad de aprendizaje de nuevas palabras y del estilo de escritura del usuario. Se propone realizar la predicción de la palabra actual a partir de las teclas pulsadas y de la palabra siguiente una vez completada la palabra actual. Todo ello con el objetivo de minimizar el número de pulsaciones de teclas necesario para escribir un texto mediante un teclado virtual. Los resultados obtenidos muestran que un 21% de las palabras se pueden escribir con una única pulsación y que dos pulsaciones son suficientes para escribir otro 37%; lo que permite ahorrar hasta un 42% de pulsaciones al escribir un texto en estilo literario.

**Palabras Clave**—Teclado Virtual, Predicción de Palabras.

**Abstract**—This paper proposes the implementation of predictive capabilities in a virtual keyboard. These capabilities have been designed specifically for people with motor disabilities that can not use a conventional keyboard. The system learns new words and the writing style of the user in real-time while typing. The system can predict the current word from the keys pressed and propose the next word according the writing style of the user. The main objective is to minimize the number of keystrokes needed to write a text using a virtual keyboard. The results show that 21% of the words can be written using a single keystroke whereas two keystrokes are enough to write another 37%, saving up to 42% of the keystrokes needed to type a text in literary style.

**Keywords**—Virtual Keyboard, Word Prediction.

### I. INTRODUCCIÓN

Un teclado virtual es un dispositivo no físico, normalmente representado en una pantalla tipo LCD, cuya función es emular el funcionamiento de un teclado convencional. En un primer momento, la función del teclado virtual se limitó a la representación de un conjunto de caracteres distintos a los disponibles en el teclado físico [1] aunque su desarrollo se acentuó con la aparición en el mercado de dispositivos móviles dotados de pantallas táctiles [2] y de otros equipos que no pueden disponer de un teclado convencional como los cajeros automáticos [3] o los menús de videoconsolas y DVD grabadores. Alternativamente, existen otras versiones de teclados virtuales que no utilizan ninguna representación en pantalla, por ejemplo, en [4] se utiliza un haz láser para generar una imagen del teclado sobre cualquier superficie plana.

Las funciones más interesantes de los teclados virtuales consisten en su capacidad de mejora de accesibilidad a los dispositivos y en su capacidad para permitir que una persona con algún tipo de discapacidad que la impida utilizar un teclado convencional pueda acceder a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Normalmente el proceso de escritura en un teclado virtual se realiza mediante la pulsación simulada de teclas mediante un dispositivo apuntador. En el caso de personas discapacitadas se intenta convertir cualquier tipo de movimiento voluntario del usuario en un desplazamiento del dispositivo apuntador. Aparte del ratón informático estándar se puede utilizar un ratón informático adaptado [5], un ratón virtual controlado con los movimientos de la cabeza [6, 7, 8] o incluso con los movimientos de la lengua [9]. El hecho de usar un teclado virtual implica una disminución notable de la velocidad de

escritura debido a la gran distancia que separa las teclas del teclado estándar QWERTY y a que se pasa de una utilización teórica de 10 dedos (o dispositivos apuntadores) a un único dispositivo apuntador [10]. A modo de ejemplo, la tabla 1 compara las pulsaciones por minuto obtenidas por 4 estudiantes universitarios familiarizados con el uso de ordenadores al escribir un texto de 100 palabras mediante un teclado estándar y el teclado virtual incorporado por el sistema operativo Windows®. La velocidad de escritura se reduce en un 66% al utilizar el teclado virtual mientras que el tiempo necesario para escribir el texto se incrementa en un 200%. Existen dos alternativas que permitirían aumentar la velocidad de escritura: mejorar la distribución de las teclas [11] y dotar el teclado con algún sistema de predicción [12] ya sea completando la palabra actualmente escrita por el usuario o prediciendo la palabra siguiente a partir de la última palabra escrita en el teclado. En [13] se llegó a la conclusión de que funciones de predicción estadísticas permitirían obtener una reducción del número de pulsaciones del 54% aunque aplicado a una escritura no formal que acostumbra a utilizar un juego muy limitado de palabras y con estructuras muy repetidas. Se ha realizado una búsqueda de teclados virtuales que declaran incorporar funciones de predicción aunque no se han encontrado datos o ensayos de evaluación de su capacidad de ahorro en pulsaciones necesarias para escribir un texto determinado. Esto es así debido a la dificultad del proceso experimental de evaluación de la ganancia de tiempo y de número de pulsaciones realizadas [14] combinada con la gran variedad de algoritmos de predicción disponibles que dificultan la comparación de sistemas [15].

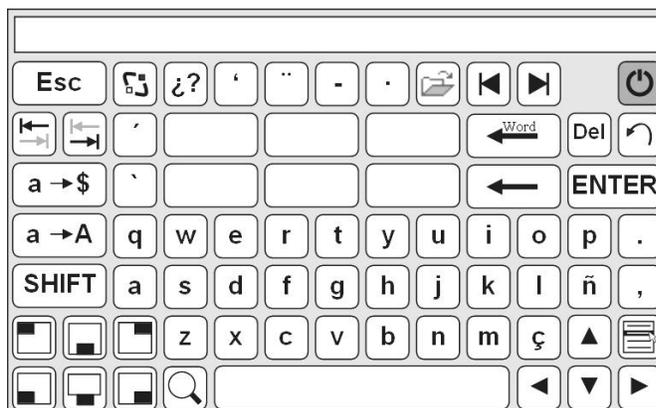
**Tabla 1.** Pulsaciones por segundo obtenidas en un teclado QWERTY

Usuario	Teclado físico	Teclado Virtual
1	5.81	1.66
2	3.90	1.95
3	5.95	1.47
4	4.46	1.66
Media	5.03	1.68

En este trabajo se propone la incorporación de funciones de predicción de palabra actual y palabra siguiente en un teclado virtual con la distribución QWERTY del teclado estándar (Figura 1). Seguidamente se realiza una evaluación de sus capacidades predictivas utilizando un estilo de escritura literario con una riqueza lingüística muy elevada ya que es el peor caso al que puede aplicarse un sistema de predicción. El teclado virtual utilizado incorpora 6 botones especiales donde se ofrecen las palabras propuestas por los algoritmos de predicción, dichos botones se denominan en este trabajo como botones de predicción (Figura. 1).

La estructura del trabajo es la siguiente: en la Sección 2 se describen los algoritmos de predicción propuestos. En la Sección 3 se muestra la validación del sistema para la lengua castellana

y un estilo de escritura literario. Finalmente, en la Sección 4 se presentan las conclusiones obtenidas.



**Figura 1.** Imagen del teclado virtual. Los botones de predicción y su orden se han indicado mediante los números 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

## II. ALGORITMOS DE PREDICCIÓN

La aceleración del proceso de escritura en un teclado virtual requiere de algoritmos con capacidad de completar la palabra actual a partir de la secuencia de teclas pulsadas por el usuario y, una vez terminada la escritura de una palabra, de proponer una serie de palabras siguientes antes de que el usuario pulse ninguna tecla.

### A. Predicción de Palabra Actual

El sistema de predicción de palabra actual (PA) se basa en proponer un conjunto de palabras que comiencen con la misma secuencia de letras tecleadas por el usuario pero con un número de letras superior. El conjunto de palabras propuestas se obtiene mediante la consulta de una tabla de PA (TPA) formada por binomios  $\langle p, f \rangle$ , donde  $p$  es una palabra y  $f$  su frecuencia de repetición, entendiendo como tal el número de veces que se ha escrito dicha palabra usando el teclado virtual.

**Tabla 2.** Ejemplo de binomios incluidos en la TPA.

Palabra	Fr. Repetición
de	65545
la	41148
que	30688
por	29953
.	.
.	.
líquido	89

La consulta permite obtener las palabras que comienzan con la secuencia de letras actual ordenadas a partir de su frecuencia de repetición. Tras cada nueva palabra escrita  $P_i$  se realiza una nueva consulta a la tabla; si la palabra no existe, se realiza una inserción con el binomio  $\langle P_i, I \rangle$ ; si la palabra existe se incrementa su frecuencia de repetición. La tabla 2 muestra un ejemplo de TPA. El diseño del teclado virtual permite utilizar una TPA vacía, por lo que las capacidades de predicción pueden aplicarse teóricamente a cualquier idioma.

### B. Predicción de Palabra Siguiete

El sistema de predicción de palabra siguiente (PS) se basa en proponer un conjunto de palabras que históricamente se han teclado con posterioridad a la última palabra escrita. El conjunto de palabras propuestas se obtiene mediante la consulta de una tabla de PS (TPS) formada por tripletas  $\langle p, ps, \hat{f} \rangle$ , donde  $p$  es la palabra actual,  $ps$  la palabra siguiente y  $\hat{f}$  su frecuencia de repetición, entendiendo como tal el número de veces que se ha escrito  $p$  tras  $p$  en el teclado virtual. La consulta permite obtener una lista de palabras candidatas ordenadas a partir de su frecuencia de repetición. Tras cada nueva palabra escrita  $P_i$  se realiza una nueva consulta a la tabla buscando el binomio  $\langle P_i, P_i \rangle$ ; si el binomio no existe, se realiza una inserción con la tripleta  $\langle P_i, P_i, I \rangle$ ; si el binomio existe se incrementa su frecuencia de repetición.

La tabla 3 muestra un ejemplo de TPS. La TPS está vinculada a una TPA; en un principio está vacía y se va rellenando aprendiendo del estilo de escritura del usuario, por lo que la capacidad de predicción de PS también puede aplicarse teóricamente a cualquier idioma que no esté inicialmente disponible. Tanto la TPA como la TPS se almacenan en un mismo fichero por lo que, cambiando de fichero, se consigue que el teclado aprenda estilos de escritura diferentes en una misma lengua, como el literario o el coloquial. Hay bastantes casos especiales que se deben tratar individualmente como, por ejemplo, el inicio de una frase, que se trata como si tuviese entidad de palabra escrita para poder aprender y proponer las palabras más utilizadas al inicio de las frases. Finalmente, la TPS no contiene realmente las palabras sino índices a las palabras existentes en la TPA para así acelerar las búsquedas y reducir el tamaño de los ficheros utilizados.

### C. Lista de Palabras más Usadas

Existen algunos casos especiales como, por ejemplo, cuando se escribe una palabra no existente en la TPA en los que los métodos de predicción PA y PS no son capaces de sugerir un suficiente número de palabras para rellenar los botones de predicción disponibles. En este caso, la lista de palabras sugeridas en los botones se completa con las palabras más utilizadas (PMU) por el usuario que acostumbran a ser artículos y conjunciones.

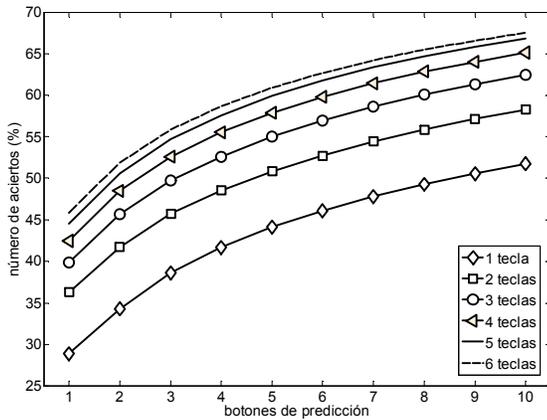
**Tabla 3.** Ejemplo de tripletas incluidas en la TPS.

Palabra	Palabra Siguiete	Fr. Repetición
casa	grande	30
perro	lobo	46
la	mujer	94
casa	roja	12
buenos	días	120
la	pared	24
el	espejo	6
.	.	.
.	.	.
.	.	.
hombre	lobo	1
saludos	cordiales	101
perro	flaco	62

### D. Estudio Previo

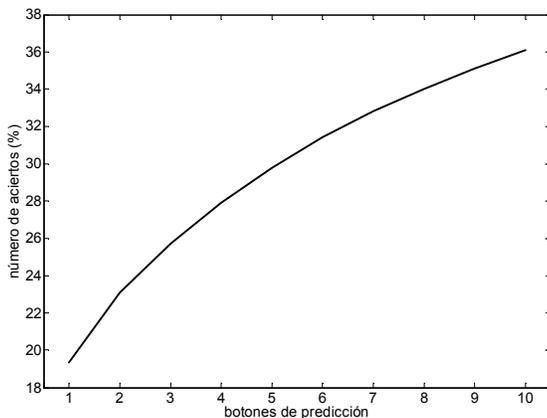
Se ha realizado un estudio previo para evaluar la influencia del número de botones de predicción utilizados en la capacidad de predicción del sistema. Para ello, se ha simulado el proceso de escritura y el de predicción PA y PS aplicado a un texto literario de 10.000 palabras. Al aumentar el número de botones de predicción amentará la probabilidad de que una de las palabras propuestas sea la deseada por el usuario, pero también será mayor el esfuerzo visual y cognitivo necesario para analizar todas las palabras propuestas, lo que podría afectar negativamente al proceso de escritura. Los resultados presentados en este apartado deben ser considerados como una simple referencia ya que no sufren de ningún tipo de limitación de implementación ni de ejecución.

La Figura 2 muestra el porcentaje promedio de aciertos obtenidos exclusivamente al aplicar la predicción PA en función del número de teclas pulsadas y del número botones de predicción considerados. El mayor incremento en la capacidad de predicción se obtiene en el rango de 1 a 5 botones. En el caso de utilizar 6 botones de predicción se obtiene un acierto cercano al 45% en las palabras propuestas tras pulsar una única tecla; con tres teclas pulsadas el acierto es del 55% lo que demuestra la capacidad de predicción del sistema de PA propuesto.



**Figura 2.** Porcentaje de aciertos en la predicción PA en función del número de botones de predicción utilizados y la cantidad de teclas pulsadas.

La Figura 3 muestra el porcentaje promedio de aciertos obtenidos exclusivamente al aplicar la predicción PS sin ninguna tecla pulsada en función del número de botones de predicción disponibles. Se observa que con seis botones de predicción el acierto es del 31% mientras que con 10 botones el acierto alcanza el 36%.



**Figura 3.** Porcentaje de aciertos en la predicción PS en función del número de botones de predicción utilizados

### E. Implementación del Sistema de Predicción

La implementación unificada de los algoritmos de predicción PA, PS y PMU tiene un número muy elevado de casos especiales por lo que resulta extraordinariamente más compleja de lo que podría esperarse de un sistema basado en la creación de tablas mediante análisis estadístico. El objetivo final es que la acción combinada de los distintos algoritmos de predicción incremente

la capacidad de acierto del sistema cuyas reglas básicas de implementación son las siguientes:

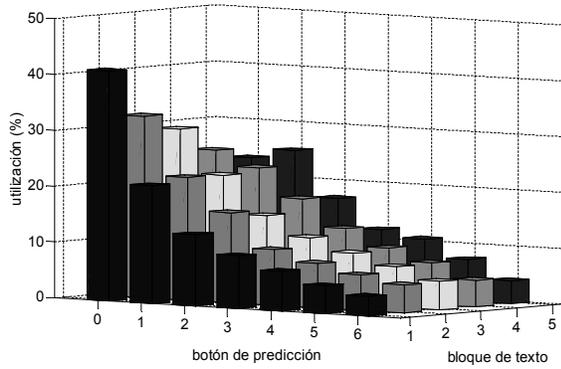
- Se aplica predicción PS siempre y cuando no se disponga de ninguna letra de la nueva palabra que se desea escribir.
- Una vez se disponga de alguna letra de la palabra que se desea escribir se busca en la TPS las palabras que comiencen con dichas letras. En caso de no disponer de suficientes palabras se busca en la TPA las palabras que comiencen con dichas letras.
- En caso de no disponer de suficientes palabras se completa la lista de palabras de los botones de predicción con las PMU.
- En cada etapa de predicción se descartan todas aquellas palabras que ya han sido propuestas con anterioridad.

La dificultad de implementación de estas reglas radica principalmente en las particularidades idiomáticas, por ejemplo, en el caso del castellano existen palabras que comparten las mismas vocales y consonantes pero difieren en los acentos; en el caso del catalán existen los apostrofes que enlazan artículos y palabras y los guiones que enlazan verbos con pronombres y que deben de considerarse todos ellos de forma independiente. Finalmente, a partir de los datos obtenidos en el apartado anterior se ha optado por utilizar una estructura de teclado virtual que ofrece espacio para 6 botones de predicción por considerar que es un tamaño que permite la lectura simultánea de todos los botones sin requerir un esfuerzo visual adicional (ver Figura. 1).

### III. VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE PREDICCIÓN

Para realizar la validación del sistema se ha dotado al teclado virtual de un agente con capacidad de simular la pulsación secuencial de las letras existentes en un fichero de texto y con capacidad de evaluación del acierto de los botones de predicción durante la escritura de una palabra, diferenciando además el algoritmo responsable de dicho acierto. Todo este esfuerzo se ha realizado para validar el teclado con un conjunto de palabras lo suficientemente extenso como para poder obtener resultados con validez estadística.

La validación del sistema se ha realizado simulando la escritura de un texto literario de 20.000 palabras por tratarse del peor caso posible (tabla 4) debido a su gran riqueza de vocabulario, lo que previsiblemente va a dificultar la tarea de predicción por su alta probabilidad de utilizar palabras desconocidas para el sistema. Además, se han eludido los diccionarios de frecuencias; el proceso de escritura se ha iniciado como si de un idioma desconocido se tratase, es decir, se ha partido de un archivo de diccionario con la TPA y la TPS sin ninguna palabra ni aprendizaje previo para poner a prueba también la capacidad de aprendizaje.

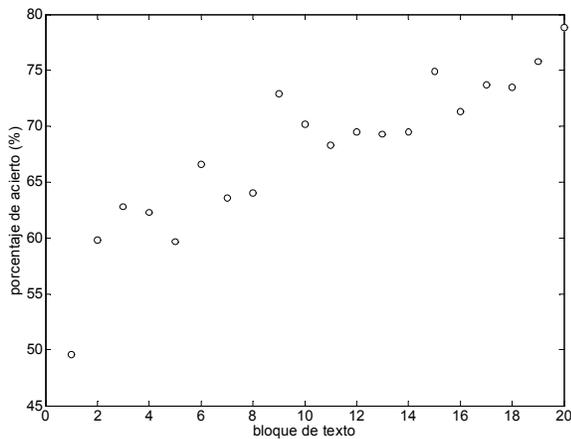


**Figura 4.** Frecuencia de utilización de los botones de predicción en función del número de palabras escritas.

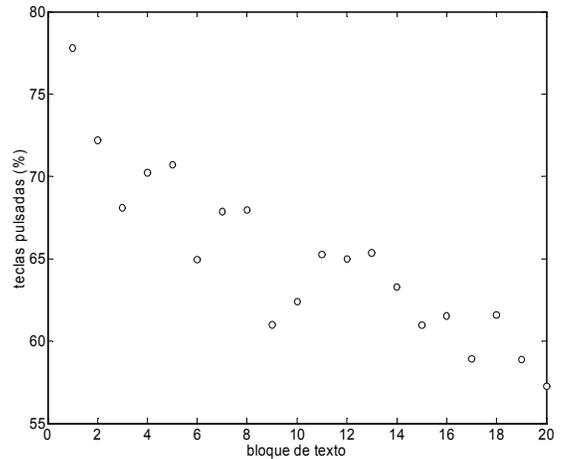
La Figura 5 muestra la evolución del acierto en el sistema de predicción evaluada en bloques de 1.000 palabras. Se observa una tendencia incremental en el acierto a pesar de que el estilo de escritura literario no se basa en la repetición de estructuras gramaticales.

La Figura 6 muestra la evolución del porcentaje de teclas pulsadas al escribir el texto en estilo literario en el teclado virtual sin entrenamiento previo. Se observa que el primer bloque de 1.000 palabras el porcentaje de teclas pulsadas es del 77% y que dicho porcentaje va disminuyendo conforme el sistema de predicción aprende del estilo de escritura del usuario hasta llegar a un 58% para un texto de 20.000 palabras; lo que implica una notable reducción en el número de pulsaciones requeridas.

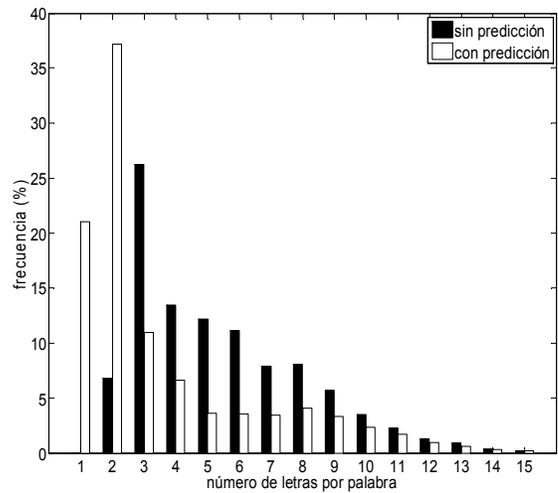
Finalmente, la Figura 7 muestra la distribución del número de teclas pulsadas por palabra escrita (incluyendo los botones de predicción). Se observa que un sistema sin predicción requiere un mínimo de dos pulsaciones para definir una palabra (letra, por ejemplo “a”, seguida de espacio) mientras que al utilizar los botones de predicción el espacio se añade automáticamente al final de la palabra con lo que una única pulsación es realmente suficiente para escribir una palabra de longitud variable. La Figura 7 muestra que un 21% de las palabras se escriben con una única pulsación y que dos pulsaciones bastan en 37% de las palabras restantes.



**Figura 5.** Porcentaje de acierto en función del número de palabras escritas.



**Figura 6.** Porcentaje de teclas pulsadas en función del número de palabras escritas.



**Figura 7.** Número de letras a pulsar por palabra escrita.

#### IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se propone la implementación de capacidades predictivas en un teclado virtual diseñado específicamente para ser utilizado por personas con algún tipo de discapacidad motriz que les impida utilizar un teclado convencional. El sistema se basa en dos tipos de predicción: palabra actualmente escrita y palabra siguiente a la actual. El sistema propuesto dispone de capacidad de aprendizaje de nuevas palabras y del estilo de escritura del usuario con el objetivo de aumentar el grado de éxito de las predicciones y minimizar el número de pulsaciones de teclas necesario para escribir un texto mediante un teclado virtual. Los resultados obtenidos muestran que un 21% de las palabras se pueden escribir con una única pulsación y que dos pulsaciones bastan para escribir el 37%, lo que permite ahorrar hasta un 42% de las pulsaciones necesarias para escribir un texto en estilo literario usando un sistema predictivo sin entreno

previo. Los resultados obtenidos indican que la implementación de capacidades predictivas en un teclado virtual facilita la labor de escritura y que el sistema propuesto está suficientemente evolucionado como para evaluarse con usuarios finales.

#### REFERENCIAS

- [1] O. Berg, 1985. Keyboard replica image for a computer display screen, Time/System International ApS. Patent number: D299142, Denmark.
  - [2] I. Poupyrev and S. Maruyama, 2003. Tactile interfaces for small touch screens, In proceedings of ACM UIST 2003, pp. 217-220, Vancouver.
  - [3] B. Shneiderman, 1991. Touch screens now offer compelling uses, Software, IEEE, vol.8, no.2, pp.93-94.
  - [4] VKB Ltd. <http://www.lumio.com/>
  - [5] C. Sjostrom, 2001. Designing haptic computer interfaces for blind people, Signal Processing and its Applications, Sixth International, Symposium on, vol.1, pp.68-71.
  - [6] D.G. Evans, R. Drew and P. Blenkorn, 2000. Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick, Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, vol.8, no.1, pp.107-117.
  - [7] M. Betke, J. Gips and P. Fleming, 2002. The Camera Mouse: Visual Tracking of Body Features to Provide Computer Access for People With Severe Disabilities. In: IEEE Trans. On Neuronal Systems and Rehabilitation Engineering, vol 10, no. 1, pp. 1-10.
  - [8] T. Pallejà, E. Rubion, M. Teixido, M. Tresanchez, A. Fernandez del Viso, C. Rebate, and J. Palacin, 2009. Using the Optical Flow to Implement a Relative Virtual Mouse Controlled by Head Movements, Journal of Universal Computer Science, vol. 14, no. 19, pp. 3127-3141.
  - [9] H. Xueliang, W. Jia and G. Maysam, 2007. A Wireless Tongue-Computer Interface Using Stereo Differential Magnetic Field Measurement, Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS. Lyon (France), August 23-26.
  - [10] J.R. Lewis, 1999. Input rates and user preference for three small-screen input methods: Standard keyboard, predictive keyboard, and handwriting, proceeding of the human factors and ergonomics society 43rd annual meeting.
  - [11] S. Mackenzie, S.X. Zhang and R. William, 1999. Text entry using soft keyboards, Behaviour & information technology, vol. 18, no. 4, pp. 235-244.
  - [12] E. Pete, 1998. Virtual keyboard with scanning and augmented by prediction, Proc. 2nd Euro. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech., Skövde, Sweden.
  - [13] C. Berard, and D. Niemeijer, 2004. Evaluating effort reduction through different word prediction systems, Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on, vol.3, no., pp. 2658-2663 vol.3, pp. 10-1.
  - [14] K. Trnka and K.F. McCoy, s.f. Evaluating Word Prediction: Framing Keystroke Savings, Proceedings of ACL-08: HLT, Short Papers (Companion Volume), pp. 261-264, Columbus.
  - [15] N. Garay-Vitoria and J. Abascal, 2006. Text Prediction Systems: A survey, Universal Access in the Information Society (UAIS), vol. 4, No. 3. pp. 188-203.
- Tomàs Pallejà** es ingeniero informático por la Universitat de Lleida (UdL). En la actualidad es estudiante de doctorado en el laboratorio de robótica de la UdL y sus intereses de investigación incluyen la agricultura de precisión, los robots móviles, la interacción persona ordenador y la robótica educativa.
- Daniel Val** es ingeniero técnico en informática de sistemas por la Universitat de Lleida (UdL). Durante la realización de éste trabajo fue colaborador del laboratorio de robótica de la UdL y en la actualidad es profesor de módulo de grado superior de informática
- Marcel Tresanchez** es ingeniero informático por la Universitat de Lleida (UdL). En la actualidad es estudiante de doctorado en el laboratorio de robótica de la UdL y sus intereses de investigación incluyen los robots móviles, la agricultura de precisión y nuevas aplicaciones de sensores ópticos.
- Mercè Teixidó** es ingeniera informática por la Universitat de Lleida (UdL). En la actualidad es estudiante de doctorado en el laboratorio de robótica de la UdL y sus intereses de investigación incluyen la interacción persona ordenador, el modelo avatar y sensores láser.
- Alicia Fernández del Viso** es ingeniera en la Sociedad de la Información y las Telecomunicaciones. Actualmente es la Directora de Accesibilidad en Indra Sw Labs y miembro del Comité Directivo de las Cátedras Indra en Tecnología Accesible. Ha liderado como experta un número significativo de proyectos internacionales con el fin de mejorar la accesibilidad para personas discapacitadas.
- Carlos Rebate** es ingeniero en Inteligencia Artificial Avanzada tiene un Master en Filosofía sobre los pensamientos en la India y recibió formación ejecutiva en IESE Business School y en IE Business School. Actualmente es Director y asesor en Indra Sw Labs y Presidente las Cátedras de Tecnología Accesible de Indra.
- Jordi Palacin** es Doctor Ingeniero Electrónico por la Universitat de Barcelona. Actualmente es profesor en el Departamento Informática e Ingeniería Industrial de la Universitat de Lleida (UdL) liderando el grupo de investigación en robótica. Sus intereses de investigación incluyen modelado compacto térmico, fusión de datos y aplicaciones de procesamiento de señales en la robótica.