

Mejora de la Accesibilidad Web mediante el Uso de Agentes Inteligentes

Una Revisión del Estado del Arte

María G. Miranda, Adriana E. Martin, Gabriela Gaetan
{gmiranda/ggaetan}@uaco.unpa.edu.ar // adrianaelba.martin@gmail.com

Unidad Académica Caleta Olivia. Universidad Nacional de la Patagonia Austral.
Ruta 3. Acceso Norte. Caleta Olivia. Santa Cruz. Argentina
Febrero 2013

RESUMEN

La Web 2.0 propone nuevos desafíos para asegurar la “Accesibilidad Universal.” Los diferentes tipos de usuarios Web se enfrentan con numerosas barreras de accesibilidad cuando interactúan con los diferentes tipos de sitios y aplicaciones que coexisten hoy en la Web 2.0, desde los denominados *Simple Web Presence* hasta las *Rich Internet Applications* o las *Mobile Web Applications*. En este escenario, la Accesibilidad Web es un atributo de calidad clave para propiciar el acceso a la información y a los servicios Web y proveer beneficios en el desarrollo de productos para la Web tales como la optimización de motores de búsqueda y la escalabilidad de aplicaciones multi-dispositivo. Los enfoques que asisten a la evaluación de la Accesibilidad de productos Web existentes, son semi-automáticos y requieren de la intervención humana en la detección de “falsos positivos”/“falsos negativos” y en la corrección de errores comprobados automática y manualmente. Para simplificar el proceso de toma de decisiones y reducir la intervención humana, las herramientas de evaluación, reparación, transformación y filtrado incorporan técnicas de automatización basadas en conceptos de inteligencia artificial. En este trabajo, se presentan y describen los enfoques y/o herramientas basados en agentes inteligentes y luego se propone una comparativa para analizar las contribuciones que estos hacen a la mejora de la accesibilidad, ya sea aplicando técnicas propias o las *Web Content Accessibility Guidelines* propuestas por el consorcio W3C.

Palabras Claves: Accesibilidad Web, agentes inteligentes, WCAG.

INTRODUCCIÓN

La Web se ha convertido en la plataforma universal para el despliegue de sitios y aplicaciones y crece constantemente en tamaño y complejidad en todos los ámbitos de nuestra vida, resultando ahora progresivamente indispensable para la mayoría de las actividades cotidianas (educación, gobierno, comercio y entretenimiento). A raíz de esto, la Web está siendo utilizada por personas con distintos perfiles, características y necesidades diferentes. Como consecuencia de esta diversidad de audiencia, los sitios/aplicaciones Web deben ser diseñados de manera de asegurar que la información pueda ser percibida por todas las personas independientemente de sus capacidades diferentes y/o especiales.

En el área de la accesibilidad Web se han realizado numerosos estudios en diferentes países sobre el estado de la accesibilidad de sus sitios [12] [22] [23] [24] donde se puede apreciar que casi la totalidad de los sitios analizados no cumplían con el nivel de conformidad mínimo de las guías WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) 1.0 y 2.0. En un estudio realizado en el Reino Unido [23], se dictaminó que un desarrollador Web debe satisfacer no solo los puntos de verificación de Prioridad 1 de la WCAG 1.0, sino que también los de Prioridad 2. Por otra parte, sobre 50 sitios analizados en Estados Unidos [24], se evaluó además la guía *Section 508*¹ y como resultado de esta evaluación también se aportó que las actuales herramientas de evaluación, requieren de una alta intervención humana, para la verificación de errores reportados como dudosos denominados “falsos positivos” como para la reparación de errores concretos, resultando estas herramientas de evaluación en algunos casos, ineficientes e inconsistentes, ya que insumen un tiempo considerable en la verificación de los errores.

El *World Wide Web Consortium* (W3C) [17] es el principal exponente en Accesibilidad Web y ha enfrentado el problema de la accesibilidad del contenido Web mediante la creación de la *Web Accessibility Initiative* (WAI)². La WAI tiene la misión de definir principios y reglas para diseñar y desarrollar sitios Web que sean accesibles a todos, en especial a las poblaciones con discapacidad [8] [9] [10] [55].

Por otra parte y dentro del amplio campo de estudio de la inteligencia artificial, el desarrollo y aplicación de agentes inteligentes a la Web [14] [39] [61], ha traído aparejado entre sus beneficios, mejoras en la interacción hombre – computadora, permitiéndole de esta manera compartir objetivos con áreas de investigación tales como la Usabilidad y la Accesibilidad. En el marco del proyecto PI 29/B144, durante el año el 2012 hemos estado trabajando sobre varias propuestas referidas a la mejora de la accesibilidad en forma temprana, muy especialmente desde el punto de vista del diseño de aplicaciones [31] [32] [33] [34]. A partir de este estudio previo y del vasto conocimiento adquirido sobre los requerimientos de Accesibilidad, hemos emprendido el siguiente trabajo para revisar la existencia de propuestas referidas a mejorar la accesibilidad desde la perspectiva del uso de agentes inteligentes ya sea del lado del usuario como del lado del desarrollador.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar primero una revisión de la literatura para determinar el estado del arte en enfoques y/o herramientas que apliquen agentes inteligentes para mejorar la Accesibilidad Web de los usuarios de sitios/ aplicaciones Web y luego, realizar una comparación entre las distintas propuestas relevadas. A partir de las

¹ www.section508.gov

² <http://www.w3.org/WAI/>

características particulares presentes en los enfoques y/o herramientas analizados, se intenta descubrir falencias o áreas no exploradas que nos permitan mejorar y/o proponer nuevos enfoques/ herramientas que propicien la accesibilidad implícita o explícitamente de los diferentes tipos de sitios/aplicaciones que coexisten hoy en la Web 2.0 posibilitando de esta manera que la accesibilidad deje de ser una preocupación exclusiva del desarrollador y se convierta en un puente hacia la inclusión de todos los ciudadanos a la WWW.

El documento se organiza como sigue: En la Sección 1 se describe el concepto de accesibilidad Web, sus componentes principales, las directrices vinculadas con la accesibilidad Web definidas por la W3C/WAI y las principales barreras de accesibilidad, tanto físicas como tecnológicas. La Sección 2 desarrolla el concepto de agente inteligente, presentando las taxonomías más relevantes a esta investigación y exponiendo algunos enfoques de aplicación de agentes inteligentes como forma de asistencia al usuario en su interacción con la computadora. En la Sección 3 se presentan los enfoques encontrados que han aplicado el uso de agentes inteligentes en la mejora de la accesibilidad Web. En la Sección 4 se muestra un análisis comparativo de los enfoques presentados en la sección anterior. En la Sección 5 se presenta una Discusión donde se plantean y responden interrogantes relacionados a cómo el uso de los agentes inteligentes ha mejorado la Accesibilidad Web y qué cuestiones quedan aún por explorar/ resolver. Por último, en la Sección 6 se presentan las principales conclusiones a las que se arribó.

1. ACCESIBILIDAD WEB

Cada vez más, la Web está proporcionando un acceso sin precedentes a la información, comunicación y servicios, que la convierten en una valiosa fuente de interacción para la sociedad y en particular para las personas con discapacidad. Los desafíos en esta área son diseñar elementos en los sitios Web que posibiliten a cualquier usuario percibir, entender e interactuar con su contenido [30] [52].

La Web hoy forma parte de la vida de las personas y día a día crece el número de usuarios con participación activa en la definición de su contenido. Cada vez son más el software de diseño Web y las páginas personales (*blogs*). Esta facilidad de publicación, junto con el aumento de la cobertura de los medios, se ha convertido en una revolución en la forma en que la Web se está utilizando. Por lo tanto, alcanzar el atributo de calidad de la Accesibilidad Web ya no es solo un desafío de las organizaciones que desarrollan estándares y guías de accesibilidad, y de los desarrolladores de aplicaciones Web, sino que ha tomado tal dimensión que para poder garantizar la misma, es necesario que una serie de componentes existan y cooperen [7] entre sí para poder disminuir la brecha entre los mismos. A continuación se presentan dichos componentes y se analiza su vinculación con las directrices propuestas por la WAI.

1.1. COMPONENTES DE LA ACCESIBILIDAD WEB

En [7] se analizan los componentes necesarios y que intervienen al momento de garantizar que un sitio o aplicación Web sean accesibles. Los componentes de la accesibilidad Web pertenecen a los siguientes grupos:

i. COMPONENTE TÉCNICO

Las “especificaciones técnicas” describen las características de los lenguajes que se utilizan para crear y entregar contenido Web. Las especificaciones del W3C están destinadas a ser "compatibles entre sí y permitir que cualquier hardware y software que se utilice para acceder a la Web puedan trabajar juntos" [20]. Las especificaciones técnicas deben ser diseñadas pensando en la accesibilidad, en caso contrario, la tecnología podría no ser compatible con las características necesarias de accesibilidad.

El “contenido” es la información que constituye sitios Web y aplicaciones Web: el código y el marcado que definen la estructura, presentación e interacción, así como el texto, las imágenes y los sonidos que transmiten información al usuario final.

Las “aplicaciones de usuario” son herramientas utilizadas por los usuarios finales para ver e interactuar con el contenido, incluyendo los navegadores Web, reproductores multimedia y tecnologías de apoyo.

Las “tecnologías de asistencia” incluyen hardware y software que puede ser utilizado además de un navegador o un reproductor de medios de comunicación tales como los lectores de pantalla, teclados alternativos, conmutadores y software de escaneo.

Las “herramientas de autor” incluyen a cualquier software o servicio que los desarrolladores utilizan para crear o modificar contenido Web. Esto incluye herramientas WYSIWYG (lo-que-ve-es-lo-que-hay) específicamente diseñadas para producir contenido Web, herramientas del procesador de textos que transforman documentos a formatos Web y sistemas de gestión de contenidos que generan contenidos Web.

Las “herramientas de evaluación” se utilizan para comprobar en el contenido Web errores de validación y accesibilidad. Las herramientas de evaluación pueden identificar errores de sintaxis y hacer que el proceso de evaluación sea más eficiente, sin embargo, el juicio humano es necesario para determinar si el contenido es accesible.

ii. COMPONENTE HUMANO

Los “usuarios finales” son las personas que utilizan el contenido Web y las aplicaciones de usuario. Los usuarios finales tienen diferentes experiencias y habilidades; algunos configuran sus herramientas y en otros casos las configuraciones cambian con el uso de dispositivos diferentes en situaciones diferentes. En algunos casos, se utilizan estrategias de adaptación para interactuar con el contenido. Por ejemplo, alguien que visualmente no puede leer a través del contenido para obtener un resumen de una página Web puede utilizar sus herramientas para leer enlaces, encabezados, elementos de lista, u otros elementos estructurales de contenido Web.

Los “productores de contenidos” son las personas que diseñan, codifican, editan y en otras palabras crean contenido Web.

Los “desarrolladores de herramientas” diseñan, codifican y prueban las aplicaciones de usuario, herramientas de autor, tecnologías de apoyo y herramientas de evaluación utilizadas por los productores de contenidos y usuarios finales para crear, editar, evaluar e interactuar con el contenido Web.

Una persona puede representar varios roles. La gente debería ser capaz de aportar contenidos Web (como "productores de contenidos"), como así también de poder acceder al contenido Web (como "usuarios finales").

1.2. DIRECTRICES WAI

Los miembros de la comunidad de expertos W3C/WAI han desarrollado una serie de guías para los desarrolladores Web para hacer frente a diversos elementos de la Web con el fin de propiciar su acceso a todas las personas con capacidades especiales. Dichos elementos son: i) los contenidos, ii) los navegadores Web iii) tecnologías de asistencia; iv) Software de Desarrollo Web (*Authoring Tools*) y v) software de evaluación de accesibilidad (*Assessment Tools*).

La W3C/WAI se centra en:

- **Guías de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG):** estas guías explican cómo hacer el contenido Web accesible a personas con discapacidad. Mientras las WCAG están indicadas principalmente para los diseñadores de contenido, estas también son utilizadas por desarrolladores de herramientas de autor quienes las utilizan para crear herramientas que generen contenido accesible; también los desarrolladores de agentes de usuario las utilizan para crear herramientas para personas con discapacidades visuales y por desarrolladores de herramientas de evaluación para crear herramientas que descubran errores de accesibilidad en el contenido.

Las Guías de Accesibilidad del Contenido Web 1.0 (WCAG 1.0) fueron publicadas en mayo de 1999 [10]. Finalmente en diciembre de 2008, la WAI publica una nueva versión de dichas guías, las Guías de Accesibilidad del Contenido Web 2.0 (WCAG 2.0).

- **Guías de Accesibilidad para Herramientas de Autor (ATAG):** Están dirigidas a los desarrolladores de herramientas de autor; se enfocan en las herramientas de autor (ambiente de desarrollo) para que estas produzcan un contenido accesible mediante una interface de autor accesible. A través de alertas, plantillas y otras funcionalidades, las herramientas de autor pueden permitir alertar, solucionar y asistir a los diseñadores de contenido en la creación de contenido web accesible.

Las Guías de Accesibilidad para Herramienta de Autor 1.0 (ATAG 1.0) [8] fueron publicadas por la W3C en febrero de 2000. Las guías ATAG 2.0 aún están siendo desarrolladas para ser compatibles con las WCAG 2.0. En abril de 2012 se presentó el último borrador de las mismas.

- **Guías de Accesibilidad para Agentes de Usuario (UAAG):** esta guía se ocupa de cuestiones de interoperabilidad entre las tecnologías de asistencia y las páginas Web. Esta guía explica cómo hacer agentes de usuario accesibles a personas con discapacidad, particularmente incrementando la accesibilidad del contenido Web. Las UAAG están principalmente dirigidas a los desarrolladores de navegadores Web, reproductores multimedia, tecnologías de asistencia, y a otros agentes de usuario. Las Guías de Accesibilidad de Agente de Usuario 1.0 (UAAG 1.0) [9] fueron publicadas en Diciembre de 2002. En Octubre de 2012 se presentó el último borrador de la UAAG 2.0.

1.3. BARRERAS DE ACCESIBILIDAD

Partiendo de la premisa de que una barrera de accesibilidad Web es cualquier condición que hace difícil a las personas alcanzar un objetivo al utilizar un sitio Web en un contexto específico, como parte de este estudio se considera oportuno realizar, en forma previa, un análisis de las barreras de accesibilidad que deben de alguna manera traspasarse para poder acercar el contenido de la Web a todas las personas, independientemente de las discapacidades o contextos de uso que puedan interferir en el uso de la Web. A continuación se presentan dichas barreras analizadas desde dos perspectivas, las barreras físicas que corresponden a algún tipo de discapacidad como también las barreras tecnológicas que en la actualidad pueden presentarse además a personas que no necesariamente experimenten una discapacidad en particular.

1.3.1 FISICAS

i. Disminución Visual

En [6] se analizan las barreras de accesibilidad específicas de la discapacidad visual, presentando las manifestaciones más comunes de la pérdida visual. Sin embargo, en muy pocas investigaciones se ha tratado de vincular el perfil específico de la discapacidad visual con el rendimiento de una tarea informática específica.

En los últimos años, ha surgido una serie de nuevas "tecnologías de asistencia" que facilitan la accesibilidad a la computadora y a Internet dirigida a pacientes con discapacidad visual o ciegos. A raíz de que la implementación de tecnologías de asistencia y otras herramientas no son suficientes para garantizar la accesibilidad Web, la W3C aparte de haber creado las guías para garantizar la accesibilidad del contenido Web, también se encuentra desarrollando una serie de guías normalizadas para la prestación de voz en documentos Web [35]. Esto permitirá a los diseñadores Web especificar parámetros como el volumen, la inflexión, y la velocidad del habla, de manera que la información auditiva se pueda transportar de forma óptima a los pacientes con discapacidad visual que utilizan lectores de pantalla. El uso de estas directrices es probable que también beneficie a una población mucho mayor de usuarios, como los usuarios que tienen menor velocidad de conexión a Internet o que no utilicen alguno de los navegadores Web tradicionales (por ejemplo, dispositivos móviles) [46] [53].

ii. Discapacidad Auditiva

La pérdida de audición se refiere al problema experimentado por los usuarios con discapacidad auditiva o de edad avanzada cuya audición se reduce y tienen dificultades para acceder a contenidos de audio en una computadora. En particular, la pérdida auditiva se asocia con el deterioro de la capacidad de detectar los tonos en todas las frecuencias, especialmente los sonidos agudos altos, y también con la disminución de la capacidad para localizar el sonido [15]. En general, una discapacidad auditiva se considera despreciable si la pérdida está entre 20 y 30 dB, leve 30 a 45 dB, moderada 60 a 75 dB, profunda 75 a 90 dB, y extrema 90 a 110 dB [19].

iii. Disminución de la Psicomotricidad

Hay muchos tipos de discapacidades físicas, pero los que influyen fuertemente en el acceso a las tecnologías de la información son los trastornos musculo-esqueléticos, lesiones, parálisis cerebral, enfermedades neuromusculares, y los trastornos convulsivos [50]. En resumen, un impedimento físico afecta la capacidad de una persona para moverse, y las deficiencias de destreza son las que afectan el uso de las manos y los brazos [45]. Existen dos tipos de deficiencias que afectan la destreza: (a) trastornos musculo-esqueléticos que surgen de pérdida, lesión o enfermedad en el músculo o sistema esquelético tales como perder toda o parte de una mano o brazo, y (b) los trastornos del movimiento que surgen de un daño en el

sistema nervioso o el sistema neuromuscular tales como la enfermedad de Parkinson, que causa lentitud de movimiento [51]. Las personas con problemas de destreza utilizan una variedad de soluciones creativas para la tecnología de control que incluyen teclados alternativos y dispositivos de señalamiento, entrada de voz, métodos de señalamiento basados en el teclado y métodos de escritura basados en señalamiento, por ejemplo Seguimiento ocular (*eye-tracking*) [29].

iv. Deterioro Cognitivo y Neurológico

Como se destaca en [56], el deterioro cognitivo es muy amplio, y no siempre bien definido. Del mismo modo, Lewis [26] indica que las barreras cognitivas son diversas, lo que refleja la complejidad de las facultades cognitivas humanas. Sin embargo, los problemas cognitivos pueden ser descritos como dificultades en el procesamiento de información, incluyendo las tareas mentales tales como la atención, pensamiento y la memoria. Por lo general ocurren cuando hay una dificultad en el manejo cognitivo de los recursos y el manejo de tareas en paralelo. La capacidad cognitiva consiste en la velocidad de procesamiento, atención, habilidades visuo-espaciales, la abstracción, el proceso del lenguaje, memoria de trabajo y el almacenamiento a largo plazo. Jacko y Vitense [19] indican que "la capacidad de un individuo para realizar el procesamiento cognitivo, aprender y comunicarse son reducidos como resultado de un deterioro mental". La alteración mental causa muchos tipos de desequilibrios cognitivos y orgánicos y disfunciones tales como problemas de aprendizaje, autismo, síndrome de Down, trastornos mentales orgánicos, como la enfermedad de Alzheimer.

v. Dificultad en el Habla

Las Discapacidades del habla incluyen dificultad para producir un discurso que sea reconocible por los demás o por el software de reconocimiento de voz. Por ejemplo, la intensidad o claridad de la voz de una persona puede ser difícil de entender.

Las personas con discapacidades del habla encuentran barreras con los servicios basados en voz, tales como líneas directas automatizadas basadas en la Web y aplicaciones Web que funcionan mediante comandos de voz. Para utilizar los servicios que dependen de la voz, las personas con discapacidades del habla necesitan formas alternativas de interacción, como un chat basado en texto para interactuar con los representantes de línea directa o comandos de teclado para manejar las aplicaciones Web. Además, los sitios Web que proporcionan números de teléfono como el único medio de comunicación de una organización constituyen barreras para las personas con impedimentos del habla. Los medios alternativos de comunicación como el correo electrónico y formularios de comentarios deben estar siempre presentes.

vi. Personas Mayores

Proyecciones de la población a nivel mundial muestran un aumento significativo en la proporción de personas mayores en la mayoría de los países durante los próximos años. La edad avanzada suele ir acompañada de crecientes deficiencias y discapacidades y gran parte de esas discapacidades coinciden con las barreras de accesibilidad antes mencionadas. Como se sabe, las herramientas de asistencia a usuario se han desarrollado para minimizar las mismas y acercar al usuario a la computadora y a la Web; sin embargo, en [47] se plantean algunos problemas relacionados con la curva de aprendizaje que se enfrenta a los nuevos usuarios de tecnología de asistencia. La complejidad de las tecnologías tales como lectores de pantalla, con múltiples modos de operación y los atajos de teclado, pueden significar a los usuarios dificultades para utilizar la tecnología de asistencia en todo su potencial. Esto puede

causar problemas particulares para las personas mayores, donde la tecnología de asistencia puede convertirse en una barrera en sí misma.

1.3.2 TECNOLOGICAS

Los dispositivos móviles presentan varios desafíos de usabilidad para los fabricantes, diseñadores Web e investigadores debido a las limitaciones de dichos dispositivos tales como la pantalla y el tamaño de los teclados.

Investigaciones existentes [5], [45], [51], [57] sugieren que las personas sin discapacidad que acceden a Internet desde algún dispositivo móvil experimentan similares barreras de acceso a Internet que las personas con discapacidad que lo realizan desde computadoras de escritorio. En [59] se presentan los resultados de pruebas realizadas utilizando el método BW (*Barrier Walkthrough*) donde se concluyó que la evaluación de las barreras de accesibilidad de personas con discapacidad visual y motora se aproximan a las barreras de accesibilidad que se presentan a personas sin discapacidad al momento de utilizar Internet desde algún dispositivo móvil; por lo tanto se puede suponer que será beneficioso transferir soluciones disponibles entre los dominios de estos usuarios y abordar así problemas comunes entre los mismos.

A partir de la variada gama de dispositivos móviles que existen en la actualidad en el mercado y mencionadas algunas de las barreras de accesibilidad presentes en algunos dispositivos, desde la W3C, el *Best Practices Working Group* (BPWG) [2] que forma parte de la *Mobile Web Initiative*, definió una línea base técnica de configuración la cual se denomina DDC (*Default Delivery Context* – Contexto de envío por defecto), que debe considerarse como el ambiente mínimo en el cual la Web puede ser experimentada.

2. AGENTES INTELIGENTES

Con el crecimiento exponencial de la Web y de la información contenida en la misma, la búsqueda de información relevante resulta cada vez más difícil. Ante esta dificultad el uso de aplicaciones inteligentes puede beneficiar al usuario mediante la asistencia durante la navegación con el uso de agentes inteligentes. Un “agente” [27] es un concepto que proviene originalmente del área de la inteligencia artificial y generalmente hace referencia a un sistema computacional, el cual: (i) “tiene” objetivos, sensores y efectos; (ii) “decide” autónomamente que acciones llevar adelante en situaciones en tiempo real para maximizar el progreso hacia sus objetivos y, (iii) “aprende” y se “adapta” para mejorar su efectividad. Los agentes de software son comúnmente empleados para: (i) recuperar información, recolectar y filtrar información; (ii) presentar/ representar la información de una manera comprensible; y (iii) navegar con inteligencia y seleccionar información relevante.

Para clarificar aún más la definición de un agente inteligente, existen otras soluciones similares basadas en tareas de computación que a menudo se confunden con agentes siendo las mismas: servicios Web, objetos distribuidos, componentes de software, etc. Los agentes difieren de los métodos de software tales como objetos distribuidos y servicios Web en que los mismos no reaccionan simplemente cuando obtienen una entrada. Si un servicio Web es invocado o el método de un objeto llamado, el servicio o método es ejecutado. A diferencia de esto, los agentes “deciden” ante quien ellos reaccionan, y su reacción no necesariamente será consistente o determinística.

A continuación se presentan algunas taxonomías de agentes de software propuestas para revisar luego que tipos de agentes existentes han sido aplicados a la mejora de la accesibilidad y determinar si, desde el punto de vista de la accesibilidad, existen aún áreas por explorar/ desarrollar no cubiertas por las propuestas actuales basadas en agentes.

2.1. TAXONOMIAS DE AGENTES

Dentro de la literatura acerca de agentes inteligentes podemos encontrar diferentes clasificaciones realizadas por los autores utilizando variados criterios. La definición de las taxonomías de agentes, les proporciona a los diseñadores el conocimiento necesario de las bondades de cada tipo de agente para facilitar de alguna manera la elección de qué tipo de agente utilizar al momento de desarrollar un sistema con algún grado de inteligencia. Las taxonomías existentes que se consideraron más relevantes a esta investigación son:

- Maes [27] clasifica a los agentes de software en **Agentes de Usuario** y **Agentes de Tarea**. El primero corresponde al agente que asiste al usuario, conoce los intereses/ preferencias/ hábitos, y podría actuar en nombre del mismo. Por otra parte, los agentes de tarea ejecutan tareas más generales para asistir a algunos usuarios; este tipo de agentes está más orientado a una tarea específica que a una persona [28].
- Tomas & Fischer [49] proponen una taxonomía que incluye entre otras a las clasificaciones anteriores y propone 3 sub-clases de agentes de software: **Agentes de Interfaz** (que conocen cómo comunicarse con el usuario), **Agentes de Tarea** (que conocen cómo ejecutar la tarea) y los **Agente de Red** (que conocen cómo comunicarse a través de la red). Los **Agentes de Interfaz** son mediadores entre el usuario y los agentes de tarea o de red, comunicándose a través de los métodos preferidos por el usuario, por ejemplo vía email si el usuario está ausente o mediante un icono si el usuario está presente. Si un agente de tarea o de red desea contactarse con el usuario, este requiere de un agente de interfaz. El comportamiento del agente de interfaz se traduce a permitir, transferir o denegar contacto y está definido y determinado mediante el perfil de uso. Una sub-clase del agente de interfaz corresponde a los **Agentes de Vista**, los cuales son responsables de activar la vista al usuario y construir una representación por defecto de la vista activa mediante la obtención de la descripción de la vista a partir del perfil de uso. Por su parte, los **Agentes de Tarea** soportan filtros adaptativos, la creación de vistas activas y la localización y acceso a información relevante.
- En el marco de los sistemas multiagentes, se presenta otra taxonomía de agentes que corresponde a la definida por Wong & Sycara [58]. En un sistema multiagentes se utilizan dos tipos de agentes: *end-agents* y *middle-agents* (MAs). Los *end-agents* actúan como proveedores cuando ofrecen un servicio; y como solicitantes cuando necesitan un servicio. Los MAs existen para permitir la interacción entre los *end-agents*. En diferentes sistemas se definen los MAs de manera distinta, para unificar de alguna manera la heterogeneidad de definiciones para este tipo de agente. La taxonomía propuesta se analizó a partir del grado de intermediación entre los *end-agents*. Parte de la taxonomía presentada corresponde a:
 - **Matchmaker**: agente que no auspicia de intermediario exclusivo.
 - **Facilitator**: agente que actúa como único intermediador entre los *end-agents*.

Finalmente dentro de un sistema multiagente, el uso de diferentes tipos de MAs permite que los sistemas sean interoperables, y dentro de este estudio se resalta que esta taxonomía aún no está estandarizada, y que nuevos tipos de agentes pueden incluirse a partir del análisis de otros parámetros tales como privacidad, robustez y balance de carga.

- Moya & Tolk [37] presentan otra propuesta de taxonomía para agentes de sistemas multiagentes pero basándose en otros parámetros tales como ambiente del agente (mecanismo de razonamiento, cooperación), población del agente, y características del agente en la población. La premisa en la que se basa esta clasificación corresponde a que un agente se ubica dentro de un ambiente. El ambiente proporciona al agente la información del mundo que este luego empleará para brindar una respuesta.
- Huang et al. [18] por su parte propone la siguiente taxonomía para agentes Web:
 - **3D-Server-Multiple-Agent:** Los agentes son partes de los servidores de realidad virtual, los mismos interactúan con múltiples usuarios y agentes. Este tipo de agentes Web tienen una gran cantidad de potenciales aplicaciones, por ejemplo, guías encarnadas por avatar que ayudan a los visitantes en las tareas de recuperación de información y navegación en entornos virtuales.
 - **3D-Server-Single-Agent:** Este tipo de agentes puede servir como el *front-end* de los servidores. Los usuarios no se comunican directamente con los servidores, lo hacen por intermedio del agente Web inteligente que se encuentra del lado del servidor.
 - **3D-Client-Multiple-Agent.** Los agentes se encuentran del lado del cliente, y normalmente auspician como asistentes de información personal de los usuarios. Este tipo de agentes Web es particularmente útil en el ámbito de chat 3D, en el que los agentes pueden servir como asistente personal inteligente para ayudar a los usuarios en la recopilación de información, y la interfaz con otros agentes Web inteligentes.
 - **2D-Server-Multiple-Agent:** Este tipo de agente puede ofrecer a los usuarios una interfaz basada en texto o en imágenes para la navegación. Una de las aplicaciones de este tipo de agente es asistir en aplicaciones de comercio electrónico con el fin de mejorar la usabilidad por medio de una asistencia personalizada. Este tipo de agentes Web puede mostrar un comportamiento inteligente en juegos de internet basados en texto (por ejemplo: MUD *games* [21]).
 - **3D-Client-Single-Agent:** Este tipo de agentes Web normalmente sirve como asistente de información personal en entornos virtuales.
 - **2D-Server-Single-Agent:** Este tipo de agente normalmente se localiza en la parte frontal de un servidor HTTP para ofrecer a los usuarios mensajes más personalizados. Pueden servir de manera más eficiente e inteligente si están apoyados por potentes motores de búsqueda.
 - **2D-Client-Multiple-Agent:** Una aplicación útil de este tipo de agente es actuar como un agente de chat de Internet. Ellos ayudan a los usuarios a grabar y analizar los mensajes de chat, para recopilar información e interactuar con otros usuarios o agentes cuando se les solicite.
 - **2D-Client-Single-Agent:** Corresponde a un único agente y tiene una manifestación 2D. A pesar de que se encuentra entre la forma más simple de agentes Web, ya que carece de las facilidades para interactuar con otros agentes Web, todavía puede cumplir muchas tareas interesantes y útiles, como la recopilación de información bajo petición.

2.2. ASISTENCIA A USUARIOS MEDIANTE AGENTES INTELIGENTES

En esta sección se presentan diferentes trabajos sobre agentes inteligentes que asisten al usuario en la realización de alguna tarea a través de la computadora. La presente revisión tiene por objetivo determinar algún patrón para mejorar y/o desarrollar futuros enfoques que aporten a la accesibilidad de las diferentes categorías de usuarios Web con capacidades diferentes y/o a usuarios sin discapacidad pero que accedan desde algún dispositivo móvil.

i. AGENTES PARA PERSONALIZACIÓN

La mayoría de los agentes de interfaz han logrado personalizarse mediante el aprendizaje de las preferencias del usuario en un dominio de aplicación dado y asistido al mismo de acuerdo a dichas preferencias. Schiaffino & Amandi [44] presentan un enfoque de personalización, donde se indica cómo personalizar la interacción entre los agentes de interfaz y los usuarios en un contexto de interacción con iniciativa mixta. Algunas cuestiones que involucra la personalización son: descubrir el tipo de asistente que el usuario desea, aprender cuando (y si es necesario) interrumpir al usuario, descubrir cómo el usuario desea ser asistido en diferentes contextos. Se han definido los componentes de un perfil de interacción con el usuario, los modelos de interacción de un usuario y las preferencias de asistencia. El perfil de interacción permitirá a los agentes de interfaz poder mejorar y personalizar su interacción con los usuarios mediante el descubrimiento de cómo proporcionar la asistencia a cada usuario de manera adecuada y en el momento adecuado.

La personalización implica un proceso de recopilación de la información del usuario durante la interacción con el mismo, que luego se utilizará para proporcionar la asistencia apropiada, a medida que el usuario lo requiera. En [44] se detectó que diferentes usuarios tienen diferentes preferencias en relación con los tres recursos de asistencia que son: advertencias, sugerencias y acciones en nombre del usuario y que en el caso que un usuario quiera diferentes acciones para hacer frente a un problema determinado será en función del contexto. Por lo tanto, la personalización es necesaria con el fin de ayudar a cada usuario apropiadamente.

ii. AGENTES PARA RECUPERACIÓN, FILTRADO Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Godoy et al. [14] presentan un enfoque de personalización de agentes de interfaz orientado a la asistencia a usuarios en la recuperación, filtrado y organización de información (documentos, artículos periodísticos). El objetivo de este enfoque consiste en crear incrementalmente una jerarquía de temas relevantes de los usuarios (perfil de usuario) y adaptar la misma en la medida en la que los agentes interactúen con los usuarios a través del tiempo. Se propone la utilización de dos agentes de interfaz:

- **PersonalSearcher:** es un agente que asiste a los usuarios que buscan información relevante en la Web mediante el filtrado de un conjunto de documentos recuperados a partir de varios motores de búsqueda de acuerdo a los intereses del usuario.
- **NewsAgent:** es un agente que se encarga de generar un periódico digital personalizado a partir de la selección de aquellos artículos que son relevantes a un usuario a partir de varios periódicos en línea.

Para la construcción y adaptación de este tipo de jerarquía de temas, se desarrolló la técnica de Razonamiento Basado en Casos Textuales (TCBR), un tipo de especialización del Razonamiento Basado en Casos (CBR) para documentos textuales.

iii. AGENTES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

Zhou et al. [61] presentan un modelo de agente PIM móvil (*Personal Information Management*) para contrarrestar las limitaciones físicas de las herramientas PIM móviles tales como tamaño de la pantalla y limitaciones de los métodos de entrada, como también organización de la información personal provista por la herramienta, que dificulta la búsqueda y recuperación para su posterior uso. Para ello dicho modelo propone la incorporación de procesamiento de lenguaje natural y la integración con la aplicación.

iv. AGENTES PARA MEJORAR LA USABILIDAD Y UTILIDAD DE LA WEB

Thomas & Fischer [49] estudian la incorporación de agentes del lado del cliente con el objetivo de mejorar la facilidad de uso y la utilidad de la Web para los usuarios finales. Los agentes filtran información, inician la comunicación, monitorean eventos y ejecutan tareas. Como parte de este enfoque se utiliza la herramienta BASAR (*Building Agents Supporting Adaptive Retrieval*), que incorpora agentes de software como asistentes personales en la Web para mejorar la usabilidad y funcionalidad. Estos agentes ofrecen soporte mediante (a) la adaptación de búsqueda y filtrado, y (b) la reducción y reestructuración del espacio de acceso a las vistas activas como espacios de información personal dependientes de la tarea.

BASAR incorpora las siguientes características:

- Provee a los usuarios con un entorno para la creación y el uso de agentes que los apoye activamente en la localización, reubicación y filtrado de la información que desee. Esta herramienta se basa en la idea general de acceso inteligente a grandes volúmenes de información mediante la conversión de información estática (o conocimiento) en un agente de información activo. BASAR viene con un conjunto de agentes predefinidos, permitiendo que el usuario elija uno de estos agentes de un menú o permitiendo la creación de nuevos agentes mediante el uso de un editor de agentes. Los agentes activos se muestran en una ventana que informa al usuario sobre sus tareas en curso.
- Construye un modelo del usuario (preferencias, intereses y tareas) utilizando técnicas de modelado tanto explícita (preguntando al usuario) como implícita (mediante la observación del usuario). Esto se realiza para adaptar la asistencia en forma específica a cada usuario.
- Proporciona a los usuarios de la Web un concepto independiente para la creación de espacios de información personal a través de un significado semántico. Los agentes son responsables de mantener una visión activa manejable mediante la adición, actualización y eliminación de enlaces de información.

Como modelo fundamental de interacción se adoptó el modelo de gestión indirecta (*indirect management*), este modelo conduce a un marco conceptual para la integración de los agentes de software en una aplicación existente.

3. APLICACIÓN DE AGENTES EN EL SOPORTE A LA ACCESIBILIDAD WEB

El problema que resulta de proveer un efectivo acceso multi-modal a complejos sitios o aplicaciones Web se ha convertido rápidamente en uno de los desafíos centrales dentro del campo de la “Accesibilidad Universal”. Partiendo de la premisa de que la accesibilidad universal a Internet es la presencia de “modalidades de acceso alternativas”, para ajustarse a

las necesidades de los usuarios con diferentes contextos, estilos de aprendizaje, habilidades y discapacidades, han sido varias las propuestas desarrolladas para resolver esta problemática.

Con la finalidad de asistir al usuario final en el uso de sitios/ aplicaciones Web, han surgido las herramientas de transformación y filtrado, las cuales por medio de la incorporación de alguna tecnología de asistencia, orientan al usuario para minimizar y/o superar las barreras de accesibilidad que se presentan durante la navegación e interacción con la Web, ofreciendo desde la misma aplicación mecanismos para poder acceder a la información de manera transparente. Por ejemplo, con este objetivo en mente, propuestas tales como [60] se han enfocado en usuarios con dificultades visuales (uno de los grupos de usuarios más afectados por estar las páginas Web principalmente diseñadas para la interacción con componentes visuales complejos [38]), para proveer apoyo a la movilidad de dichos usuarios Web, aplicando técnicas de refactorización de páginas con ontologías.

A continuación se presentan los enfoques y/o herramientas presentes en la literatura que incorporan el uso de agentes inteligentes para mejorar la accesibilidad de sitios y/o aplicaciones Web. Cabe señalar, que se han seleccionado enfoques/herramientas que no tengan una antigüedad mayor a los 4(cuatro) años.

3.1. HERRAMIENTA PARA EVALUACIÓN DE ACCESIBILIDAD EN RIA

Doush et. al [1] presentan un framework conceptual para la evaluación automática de la accesibilidad de RIA (*Rich Internet Application*). El framework incluye un robot web, un controlador de eventos RIA, especificaciones de accesibilidad WAI-ARIA, un evaluador y un controlador de resultados.

Los navegadores web permiten a los individuos realizar la navegación por teclado, y apoyan el uso de tecnologías de asistencia cuando las personas con discapacidad navegan por los contenidos de la Web. Las tecnologías de asistencia necesitan tener información semántica unida a los componentes que se crean dinámicamente con la interacción del usuario.

El framework propuesto se compone de los siguientes componentes:

- Controlador de eventos RIA: Inspecciona las secuencias de comandos en la página web para determinar los elementos que puedan responder a los eventos de entrada del sistema (por ejemplo, pulsar la tecla) y hacer una lista de estos elementos y sus eventos correspondientes. La herramienta no supone que las páginas web están marcadas, ya que investiga los elementos y las secuencias de comandos en la página web para eventos RIA y *widgets* Web.
- Robot Web: Este generará los eventos de entrada del sistema nativo (es decir, simular eventos del navegador) de acuerdo con la lista de eventos especificados por el controlador de eventos RIA.
- Especificaciones WAI-ARIA: El conjunto de directrices WAI-ARIA automáticas a ser probadas se puede codificar utilizando XML. La codificación estará en la forma de reglas, elementos y atributos HTML que se asocian con dichas normas. Esto facilita la separación entre las directrices de evaluación y el motor de evaluación.
- Evaluador: Consta de cuatro componentes diferentes: *DOM parser*, clasificador de elementos, especificaciones de pruebas ARIA, y la ontología ARIA.

- Controlador de Resultados: Tras el análisis de la página web en el evaluador, la herramienta generará un informe de síntesis de los elementos RIA que presentan problemas de accesibilidad para ser inspeccionados por un experto.

3.2. HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE ACCESIBILIDAD

Mosqueira Rey et al. [36] desarrollaron el framework GAEL, el cual aplica las recomendaciones WCAG 2.0. La herramienta funciona en formatos HTML y CSS y el alcance de la evaluación se desarrolla a partir de una URL de la página inicial y se dispara a través de los enlaces de una página de destino. La herramienta está disponible en línea para ser utilizada por los desarrolladores y usuarios finales. La característica más importante de la herramienta GAEL es la capacidad de aprendizaje ejecutada por dos tipos de agentes inteligentes: (i) los agentes de usuario, que son capaces de llegar a una URL de destino a partir de una dirección URL de origen y, (ii) los agentes analizadores de código HTML, que son capaces de inspeccionar el código de las páginas Web y extraer los datos que son útiles para el análisis.

3.3. SISTEMA DE FILTRADO DE INFORMACIÓN NO VISUAL

Puzis [41] presenta un sistema de automatización Web denominado “Asistente Automatizado” que corresponde a un agente de interfaz diseñado como un sistema de filtrado de información no visual. El asistente presenta al usuario sugerencias de contenido que puede ser "consumido" por el usuario, y las acciones que se pueden automatizar en nombre del usuario. El agente de interfaz (asistente) puede pedir al usuario que confirme una acción (acciones) antes de la ejecución, o que valide una acción (acciones) que se ha ejecutado, o puede actuar de forma totalmente autónoma. El enfoque desarrollado por Puzis es potencialmente útil tanto para personas con discapacidad visual como para usuarios videntes.

El Asistente utiliza un modelo predictivo para proporcionar sugerencias relevantes y minimizar la carga cognitiva del usuario. El usuario puede verificar la automatización paso a paso. La característica principal del Asistente es la perfecta integración de la navegación regular con la capacidad de filtrar la enorme cantidad de información presente en páginas Web y enfocar a los usuarios en lo que es más importante.

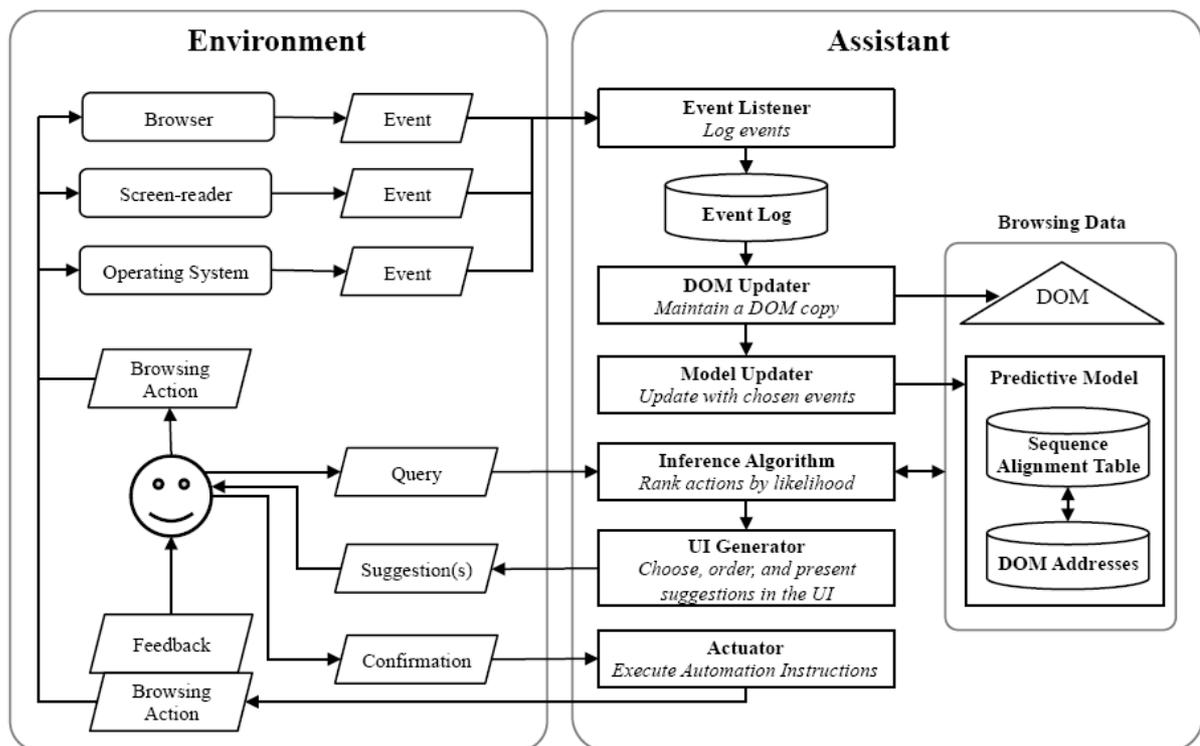


Figura 1. Arquitectura de alto nivel de un sistema de asistencia automatizado [41]

Respecto a la implementación de este enfoque se puede mencionar que el asistente está integrado en la implementación del sistema del *screen-reader* estándar (similar a JAWS). Como puede observarse en la Figura 1, el asistente es un agente de interfaz que consiste en un *Event Listener*, un subsistema de filtrado de información y el actuador. El *Event Listener* registra los eventos a partir del navegador, sistema operativo y del *screen-reader* en un log de eventos. El filtro de información analiza los acontecimientos y ofrece al usuario la sugerencia correspondiente. El actuador ejecuta la sugerencia elegida al recibir la confirmación del usuario, y proporciona información acerca de la acción ejecutada. Los eventos registrados desde el entorno son automáticos, o en función de las acciones de navegación del usuario. El filtro de información utiliza el modelo *DOM Updater* para mantener una copia local, actualizada a la fecha del DOM (Documento Modelo del Objeto) [11], para poder reconstruirlo a partir de los eventos del navegador. El modelo *Updater* actualiza el modelo predictivo con los eventos elegibles y sus correspondientes direcciones DOM (si corresponde). Los eventos clasificados por el componente de actualización del modelo como ruido se descartan. Cuando el usuario envía una consulta para solicitar sugerencias, el algoritmo de inferencia genera una lista clasificada de predicciones para la próxima acción de navegación del usuario. Por otra parte, el generador de la Interfaz de Usuario decide qué predicciones presentar como sugerencias para el usuario y cómo presentarlas en función del contexto actual de navegación y de las preferencias del usuario.

Respecto al diseño de la interfaz del sistema, la misma trata de ser minimalista e intuitiva presentando aquellos componentes (botones, texto, etc.) que sean relevantes a las sugerencias que vaya a ofrecer el agente. El usuario nunca abandona la página para consultar las sugerencias, y además cada sugerencia ofrecida por el agente presenta una alta probabilidad de ser la próxima acción a seguir por el usuario. Finalmente confirmando una de las sugerencias o interactuando con la interfaz de usuario de algún modo, las sugerencias disponibles pueden actualizarse automáticamente.

3.4. AGENTES PARA ASISTENCIA DE DISCAPACITADOS VISUALES

Mientras que el uso de la navegación Web basado en la voz ha ido mejorando, la navegación Web todavía no es tan fácil para los usuarios con discapacidad visual como lo es para los usuarios con visión normal. Una de las razones es que la representación de voz secuencial sólo puede transmitir una cantidad limitada de información a la vez. Otro desafío que se presenta corresponde a que los navegadores de voz actuales omiten varias señales visuales, tales como estilos de texto y estructuras de páginas, y carecen de información significativa sobre el foco actual. Por otra parte, Lazar et al. ha reportado que los usuarios de lectores de pantalla se sienten frustrados por muchas razones, incluyendo las dificultades técnicas de la navegación, y esto afecta negativamente a sus sentimientos y su desempeño [25].

Zhu et al [62] presenta el desarrollo de un agente basado en voz denominado *Sasayaki* que incrementa la salida de voz principal de un navegador por un segundo canal (voz secundaria) proporcionando información contextualmente relevante según corresponda o en respuesta a solicitudes del usuario. El agente *Sasayaki* intenta actuar en un papel de apoyo para asistir a los usuarios con discapacidad visual como una persona con visión normal. El agente realiza un seguimiento tanto de la situación de la navegación mediante la voz y del comportamiento del usuario. A partir de esto, *Sasayaki* puede determinar la asistencia más adecuada al contexto o a la tarea más relevante.

Con el fin de proporcionar asistencia contextual, *Sasayaki* recupera los datos de las páginas Web basándose en roles predefinidos obtenidos de un servidor común sobre accesibilidad. Los roles típicos de contenido incluyen *main*, *header*, *advertisement*, y muchos más. El plug-in *Sasayaki* también monitorea la posición del cursor virtual en el navegador de voz y utiliza los eventos claves para rastrear la actividad del usuario. El *plug-in* puede recuperar la información más adecuada para ayudar al usuario.

Otro problema para los usuarios de navegadores de voz implica la comprensión de los comentarios en las páginas Web de compras en línea. Para este caso, *Sasayaki* puede invocar un sistema de minería de texto [2] para analizar y resumir las opiniones en un gran número de comentarios. *Sasayaki* luego envía los resúmenes estadísticos de las percepciones de los comentarios por un segundo canal de voz. Esto ayuda al usuario a ahorrar tiempo y evitar el trabajo de tener que escuchar una gran cantidad de texto y luego crear un resumen mental.

Zhu et.al implemento un prototipo de *Sasayaki* como un plug-in para un navegador de voz denominado *aiBrowser*. Respecto a los resultados de un estudio piloto realizado con dicho prototipo demuestran que el agente *Sasayaki* es capaz de mejorar los tiempos de respuesta en la tarea de búsqueda de información y aumentar el nivel de confianza general del usuario. Una mejora que se propone realizar a futuro en el agente *Sasayaki* corresponde a incorporar las preferencias del usuario como parte de la configuración del agente para controlar los tiempos del mismo y mejorar la experiencia del usuario.

3.5. AGENTES PARA ASISTENCIA A ADULTOS MAYORES

Los agentes virtuales de comercio electrónico y sitios Web cada vez cumplen con más frecuencia una función de apoyo de búsqueda de productos y servicios basados en criterios especificados por el usuario. Pero solo unos pocos agentes virtuales tienen una función de soporte de decisiones de base cuando se comparan alternativas para ayudar al comprador con una decisión de elección [48]. En una encuesta realizada en 2007 [16] sobre el uso de Internet en personas mayores reveló que las actitudes hacia las compras en línea difieren con la edad y

que los consumidores mayores de 50 años de edad perciben el proceso de compra en línea como un proceso complicado, lento y menos conveniente que los menores de 50 años, y esto puede representar un importante impedimento para la adopción de las compras en línea

Chattaraman et al. [3] presentan un estudio realizado donde se demuestra de qué manera un agente virtual puede asistir a un usuario de la tercera edad en la utilización de sitios de comercio electrónico y disminuir de alguna manera las barreras de accesibilidad de los adultos mayores presentadas en la sección 1.3.1.vi. El agente virtual fue creado usando la aplicación SitePal con el fin de dar soporte tanto a la búsqueda y navegación, como en el procedimiento para la compra en línea. El texto se programó y envió al agente virtual utilizando el motor de SitePal y el agente pronunció el discurso correspondiente al usuario a través de *text-to-speech* (TTS) que se oye en auriculares. Además, el texto aparece en una ventana de chat debajo del agente virtual y los participantes interactúan con el agente virtual, ingresando la respuesta en el cuadro del chat.

Los agentes virtuales han tenido éxito en la simulación de brindar asistencia social al adulto de la tercera y cuarta edad, ayudándolos a buscar los productos que cumplen sus criterios de búsqueda (función) y además guiándolos a través del proceso de compra online. Como parte de los resultados presentados se sugiere que los agentes virtuales además de beneficiar a los usuarios mayores, podrían llegar a aplicarse a otros ámbitos del comercio electrónico, como así también a otras áreas como *e-salud* y *e-learning*.

3.6. AGENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE WIDGETS

Muy pocas investigaciones se han realizado para identificar los *widgets* Web desde el código fuente de la página Web, y ninguna ha tratado de evaluar la accesibilidad de los contenidos manipulados por los mismos. Chen et al. [4] proponen identificar los *widgets* a partir del código fuente mediante ingeniería inversa y evaluar la accesibilidad del contenido manipulado por el *widget*. La técnica que se emplea para identificar los tipos de *widgets* presentes en una página Web, analiza la combinación de atributos *tell-signs* del *widget*. Esta técnica se basa en un método (“agente”) que automáticamente identifica contenido dinámico o “*widgets*” presente dentro de una página Web. A raíz de que los *widgets* comparten muchos elementos comunes, y los desarrolladores pueden utilizar indistintamente los nombres de *widgets*, este enfoque además propone el uso de una ontología que fue desarrollada para actuar como un sistema de clasificación para la definición de *widgets*. La clasificación del *widget* está basada en la funcionalidad formal y en partes del componente del *widget*, en lugar de basarse en las percepciones de los desarrolladores de los *widgets*.

La identificación de los *widgets* que están presentes en la página se podría aplicar al soporte de usuarios adultos mayores y a los usuarios con discapacidad visual con problemas relacionados a la visualización de contenido Web dinámico. La identificación de *widgets* puede resultar útil también para asistir al desarrollador en la fase de diseño: el agente podría sugerir el *mark – up* adecuado que se debe agregar a la página con el fin de mejorar la accesibilidad.

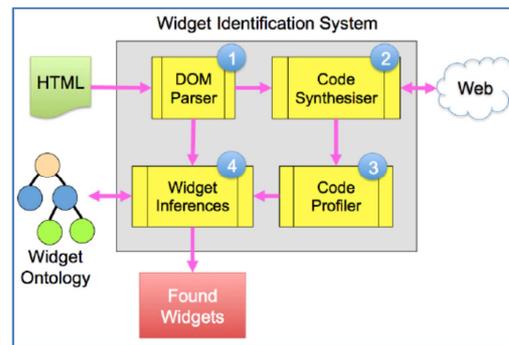


Figura 2. Arquitectura de sistema para la identificación de *widgets* [4]

Respecto a la arquitectura empleada para la identificación de los *widgets*, como se puede apreciar en la Figura 2, la etapa inicial, indicada como 1, procesa el *Document Object Model* (DOM) de la página Web, con el fin de identificar la ubicación de cualquier HTML, JavaScript y hojas de estilo (CSS) que puedan existir dentro del documento. Una vez que los archivos individuales de código fuente se han identificado, los mismos son enviados al Sintetizador de Código, indicado como 2. En esta etapa se reúne a todos los recursos de código separados de la página en un solo archivo fuente para permitir que el código genere un perfil. Los sitios Web pueden invocar a archivos externos para permitir la reutilización de código. Respecto al generador de perfiles, indicado como 3, este crea un archivo que puede ser pensado como que está siendo ejecutado, y en tiempo de ejecución, las construcciones de código se registran. La etapa final del proceso, indicado como 4 implica sistemáticamente el procesamiento de la combinación de HTML, JavaScript perfilada, y el código CSS de la página Web para identificar los *widgets* que pueden existir dentro de ella. Esta etapa se basó en las definiciones de *widget* que se formularon en la Ontología de identificación *Widget*. Para cada *widget*, el código fue analizado para identificar el o los *tells-signs* que se utilizaron para componer ese *widget* y determinar la presencia o ausencia del *widget* en la página.

3.7. HERRAMIENTA DE REFACTORIZACIÓN PARA MEJORAR ACCESIBILIDAD Y USABILIDAD

El *Refactoring* fue concebido originalmente como una técnica para mejorar las cualidades internas de software, como la comprensibilidad y facilidad de mantenimiento, mientras que preserva la semántica. Garrido et al. [13] proponen adaptar el enfoque de refactorización para mejorar los atributos externos de una aplicación Web como la usabilidad y accesibilidad. El objetivo de este enfoque es permitir a los usuarios mejorar la accesibilidad Web en los navegadores de sus clientes a través de una interfaz de refactorizaciones, considerando muchos puntos de vista personalizados y accesibles de una misma aplicación.

El enfoque propuesto para mejorar la accesibilidad se denomina *Client-Side Web Refactoring* (CSWR), el mismo permite crear automáticamente diferentes vistas personalizadas de la misma aplicación que mejoran aspectos perceptibles de las aplicaciones Web, como la interacción del usuario y la presentación de los contenidos, preservando al mismo tiempo la funcionalidad de la aplicación.

Las refactorizaciones que propone el enfoque CSWR son compatibles con las directrices de la W3C. El enfoque CSWR se probó con los usuarios finales, especialmente con discapacidad visual, aunque una solución similar podría aplicarse a otras discapacidades. La refactorización

Web cambia la estructura de navegación o el *look and feel* de la aplicación Web, preservando el contenido y las operaciones mientras se remueven los *bad smells* de usabilidad y/o accesibilidad.

El enfoque CSWR se aplica después de la implementación y durante el uso de la aplicación Web, alterando la interfaz en el propio navegador. Los beneficios principales de este enfoque son:

- Simplificación del mantenimiento: los desarrolladores mantienen una aplicación de un solo núcleo aplicando refactorizaciones usabilidad Web que se ocupan de la audiencia general, mientras que las diferentes versiones refactorizadas pueden ser creados por y para los diferentes usuarios.
- Independencia de la Arquitectura: el desarrollo de un CSWR requiere poco conocimiento de la arquitectura subyacente de la aplicación para transformar.

Es importante mencionar, que el beneficio principal del enfoque CSWR proviene no sólo de la posibilidad de elegir una refactorización específica, sino también de la capacidad para componer de diferentes maneras. La composición CSWR se realiza en tiempo de creación de instancias, y requiere un tratamiento especial, considerando cómo las refactorizaciones pueden interferir unas con otras.

El enfoque propuesto pretende asistir a los usuarios intermedios en la composición correcta de CSWRs con una herramienta de refactorización, para que puedan crear y distribuir una versión completa de una aplicación accesible como una composición de instancias CSWR. Cuando un usuario intermediario selecciona varias refactorizaciones para componer, el agente, por intermedio de una herramienta, crea y sugiere una posible secuencia, colocando primero refactorizaciones estructurales, segundo refactorizaciones que se adaptan a determinados elementos DOM, y por último refactorizaciones de DOM independientes (por ejemplo, sustituir las imágenes por su texto alternativo). A continuación, se crea una instancia CSWRs, y el usuario puede especificar ciertos *non-interference* CSWRs para ser independientes. Con esta información, la herramienta crea un menú de CSWRs opcionales, de modo que cuando los usuarios finales instalan un conjunto de CSWRs compuestos, estos aún pueden optar por activar / desactivar los CSWRs independientes de manera individual.

3.8. HERRAMIENTA PARA REPORTAR PROBLEMAS DE ACCESIBILIDAD

La Accesibilidad en uso es la perspectiva que abarca los problemas de accesibilidad que surgen durante la interacción con los sitios web y estos problemas no pueden ser cubiertos por las directrices, tal como se muestra en un estudio reciente [40] donde se sugiere que la línea guía WCAG 2.0 cubre un 53 % de los problemas de accesibilidad experimentados. En orden de superar las limitaciones de las pruebas de conformidad y capturar los problemas que surgen durante la interacción del usuario, Vigo & Harper [54] proponen el desarrollo de un método dirigido por la Interacción con el Usuario y el desarrollo de una herramienta denominada *WebTactics* que detecta y reporta problemas de accesibilidad a partir de la identificación de tácticas.

Este método evalúa automáticamente la accesibilidad mediante la observación del uso del sitio Web por medio de: (1) recopilación de evidencias sobre situaciones problemáticas que

los usuarios con discapacidad visual experimentan mediante la identificación de las tácticas empleadas en estas situaciones; (2) las tácticas son marcadores de comportamiento de los procesos cognitivos que indican situaciones problemáticas, el diseño de algoritmos que detecten automáticamente estos comportamientos permitirá identificar los problemas de accesibilidad; (3) uso de los algoritmos y recolección de los problemas de accesibilidad reportados.

La herramienta *WebTactics* se desarrolló como una extensión del navegador Mozilla Firefox y fue implementada mediante el uso de agentes inteligentes, trabajando de la siguiente manera: (1) *WebTactics* mantiene un repositorio de tácticas codificadas como agentes JavaScript autónomos que son inyectados cuando la página Web es cargada en el navegador; (2) cuando la exhibición de una táctica particular es detectada, el agente responsable de esa táctica activa una notificación; (3) esta notificación se envía a una base de datos remota de una forma totalmente discreta: los usuarios no se dan cuenta de que se ha producido ninguna transacción entre su navegador y una máquina remota, por lo que la interacción del usuario no se interrumpe; (4) una vez que la información llega a los equipos remotos, ésta se almacena en una base de datos, accesible para los investigadores.

Finalmente, los autores sostienen que el método propuesto puede ser utilizado conjuntamente con los métodos de evaluación de accesibilidad que aplican las recomendaciones de accesibilidad más difundidas.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO

4.1 CRITERIOS DE COMPARACIÓN

En esta sección se presentan algunos criterios para facilitar el estudio comparativo de los enfoques analizados para mejorar la accesibilidad Web mediante la utilización de agentes inteligentes:

- **Nivel de abstracción:** Los enfoques pueden aplicarse a nivel teórico o de modelado o bien a nivel aplicado (codificación) generando entornos de desarrollo, herramientas o prototipos que pueden ser reutilizados.
- **Tipo de agente empleado:** De acuerdo a la taxonomía de agentes inteligentes desarrollada en la Sección 2.1, se determinará el o los tipo/s de agente/s utilizado/s.
- **Barrera física:** Se identificará el tipo de discapacidad a la que se aplica el enfoque analizado, pudiendo corresponder la misma a alguna de las barreras físicas desarrolladas en la Sección 1.3.1.
- **Barrera tecnológica:** Se determinará si el enfoque analizado puede llegar a ofrecer algún tipo de mejora en la accesibilidad respecto a las barreras tecnológicas, tales como dispositivos móviles o componentes complejos que pueden estar presentes en un sitio o aplicación Web.
- **Dirigido a:** Los enfoques, metodologías o herramientas pueden asistir a la accesibilidad Web desde algunas de las siguientes perspectivas, del lado del usuario final o del lado del desarrollador.
- **Marco teórico:** Este criterio de análisis se refiere a otros enfoques, metodologías, modelos y notaciones científicas de renombre aplicados.

4.2 ANÁLISIS DE ENFOQUES PRESENTADOS

Tomando como base los criterios introducidos en la sección anterior, compararemos los diferentes enfoques que emplean agentes inteligentes a la mejora de la accesibilidad Web presentados en la Sección 3. A continuación, en la Tabla 1 se resumen los trabajos más recientes que aplicaron algún tipo de agente inteligente en la mejora de la accesibilidad Web y en la Tabla 2 se presenta el resultado de la aplicación de los criterios analizados.

Tabla 1. Resumen de los Enfoques para la mejora de la accesibilidad Web con agentes inteligentes

Enfoque	Referencia	Descripción del Enfoque	Sección
Herramienta para Evaluación de Accesibilidad en RIA.	(Doush et al., 2012)	Propone un framework conceptual para la evaluación automática de la accesibilidad de RIA (<i>Rich Internet Application</i>). El framework incluye un robot web, un controlador de eventos RIA, especificaciones de accesibilidad WAI-ARIA, un evaluador y un controlador de resultados.	3.1
Herramienta para evaluación de Accesibilidad.	(Mosqueira Rey et al., 2009)	GAEL es una herramienta para evaluar la accesibilidad Web en base a las directrices de la WCAG 2.0.	3.2
Sistema de Filtrado de Información no Visual	(Puzis, 2012)	Presenta un enfoque para permitir la automatización de la navegación Web de manera accesible y utilizable por medio del uso de un agente de interfaz diseñado como un sistema de filtrado de información.	3.3
Agentes para Asistencia de Discapacitados Visuales	(Zhu et al., 2010)	Presenta un agente basado en voz denominado <i>Sasayaki</i> que aumenta la salida de voz principal de un navegador con una voz secundaria que proporciona información contextualmente relevante según corresponda o en respuesta a solicitudes del usuario.	3.4
Agentes para Asistencia a Adultos Mayores	(Chattaraman et al., 2012)	Se evalúa mediante un experimento controlado de qué manera el uso de agentes virtuales contribuye en la mejora de la accesibilidad de los adultos mayores respecto al uso de sitios de comercio electrónico.	3.5
Agentes para la Identificación de <i>Widgets</i> .	(Chen et al, 2012)	Se propone el uso de un agente para identificar widgets (contenido dinámico) a través del análisis de atributos <i>tells-signs</i> para mejorar accesibilidad a personas mayores y a personas con discapacidad visual.	3.6
Herramienta de Refactorización para Mejorar la Accesibilidad y Usabilidad	(Garrido et al. 2012)	Se propone permitir a los usuarios mejorar la accesibilidad Web en los navegadores de sus clientes a través de una interfaz de refactorizaciones, donde un agente asistirá al usuario en la composición de componentes.	3.7
Herramienta para Reportar Problemas de Accesibilidad	(Vigo & Harper, 2013)	Propone un método y el desarrollo de la herramienta <i>WebTactics</i> que detecta y reporta automáticamente mediante el uso de agentes los problemas de accesibilidad a partir de la identificación de tácticas.	3.8

Tabla 2. Comparación de enfoques basados en agentes para la mejora de la accesibilidad Web

Enfoque/ Herramienta	Tipo de Agente	Barrera Física	Barreras Tecnológica	Dirigido a:	Marco Teórico	Nivel de Abstracción
Herramienta para Evaluación de Accesibilidad en RIA.	<i>End-Agents y Middle-Agents</i>	Personas Mayores y Disminución Visual	Estructura compleja del sitio/ aplicación Web.	Desarrollador	- Utiliza las directrices de la WAI-ARIA para evaluar las aplicaciones/ sitios Web.	Aplicado
Herramienta para evaluación de Accesibilidad.	<i>End-Agents y Middle-Agents</i>	N/E (No específica).	Contenido dinámico dentro de sitios/ aplicaciones Web.	Desarrollador	- Aplica las recomendaciones WCAG 2.0 para evaluar las aplicaciones/ sitios Web.	Aplicado
Sistema de Filtrado de Información no Visual	Agente de Interfaz	Disminución Visual	- Sobrecarga de información en el sitio/ aplicación Web. - Estructura compleja del sitio/ aplicación Web.	Usuario Final	- Se utiliza el modelo DOM para actualizar el modelo Predictivo y para detectar y eliminar el ruido. - El algoritmo de predicción utiliza dos métodos: (a) análisis de eventos (acciones pasadas de navegación), y (b) un análisis heurístico del árbol DOM.	Aplicado
Agentes para Asistencia de Discapacitados Visuales	Agente de Interfaz	Disminución Visual	- Sobrecarga de información en el sitio/ aplicación Web. - Estructura compleja del sitio/ aplicación Web.	Usuario Final	- Utiliza técnicas de minería de texto para resumir grandes volúmenes de texto y adquirir una comprensión general del mismo.	Aplicado
Agentes para Asistencia a Adultos Mayores	Agente de Interfaz	Adultos Mayores	- Dificultad en la búsqueda de productos y en el procedimiento de	Usuario Final	- N/E (No específica)	Aplicado

Enfoque/ Herramienta	Tipo de Agente	Barrera Física	Barreras Tecnológica	Dirigido a:	Marco Teórico	Nivel de Abstracción
Agentes para la Identificación de <i>Widgets</i> .	Agente de interfaz (de vista)	Personas Mayores Disminución Visual	- Dificultad en la identificación de <i>widgets</i> (contenido dinámico)	Usuario Final y Desarrollador	- Uso de ontologías para la clasificación de <i>widgets</i> .	Aplicado
Herramienta de Refactorización para Mejorar la Accesibilidad y Usabilidad	Agente de interfaz	Disminución Visual	- Dificultad en la búsqueda dentro de listas de email extensas. Dificultad en el acceso a menú de operaciones distribuidos y desorganizados.	Usuario final	- La refactorización se basa en la guía WCAG y en la MWBP (<i>Mobile Web Best Practices</i>).	Aplicado
Herramienta para Reportar Problemas de Accesibilidad	<i>End-Agents</i> y <i>Middle-Agents</i>	Disminución Visual	- Dificultad en el uso de tecnologías asistivas.	Desarrollador	- N/E (No especifica)	Aplicado

5. DISCUSIÓN

Existen muchos tipos de agentes inteligentes que se han propuesto en los últimos años [27], [49], [58], [37], [18], que van desde el dominio de aplicación del agente, como agentes de comercio electrónico, agentes de recolección de información, a agentes clasificados por su función, como ser agentes de negociación, agentes de cooperación, etc. Además, como parte de la literatura se menciona la existencia de agentes que pertenecen a comunidades virtuales [3]. En el ámbito de la accesibilidad Web, como se observa en la Tabla 2, los enfoques orientados a mejorar la accesibilidad Web han utilizado “Agentes de Interfaz” para minimizar las barreras de accesibilidad, orientándose la totalidad de los enfoques presentados a asistir a los usuarios con discapacidad visual, pudiéndose hacer extensivo a los usuarios sin discapacidad que accedan desde algún dispositivo móvil [59].

Por otro lado, el tipo principal de barrera física que se aborda en los enfoques analizados es la disminución visual, que corresponde al tipo de usuario que se ve más afectado por tratarse las aplicaciones y sitios Web de interfaces netamente visuales. Respecto a las barreras tecnológicas que se intentan derribar y que afectan al usuario final con discapacidad visual, las mismas corresponden a la identificación de contenido dinámico como los *widgets* [4].

En los trabajos analizados también se puede observar que, a excepción de las propuestas de Garrido et al. [13], Doush et al y Mosqueira Rey et al, que se orientan puntualmente a la evaluación de sitios web, la mayoría de los enfoques no especifican en forma explícita el uso de alguna línea definida por la W3C/WAI. Otro resultado importante que se resalta del análisis es que gran parte de los enfoques encontrados están enfocados en el lado del usuario, por tal motivo el tipo de agente empleado corresponde a “agentes de interfaz”, donde se puede apreciar que los agentes interactúan con los usuarios de la siguiente manera: a) asistiendo al usuario en la realización de alguna tarea como ser navegación y búsqueda de información, tal cual lo presenta Puzis [41]; b) asistiendo en el uso de correo electrónico propuesto por Garrido et al.[13]; c) asistiendo en la navegación de aplicaciones con estructuras complejas y contenido dinámico como se muestra en la propuesta desarrollada por Chen et al. [4].

Respecto al nivel de abstracción empleado para el desarrollo de los enfoques propuestos por los autores, se puede apreciar que en la totalidad de los mismos se llegó a la instancia de implementación, siendo en algunos casos un prototipo de herramienta como los presentados por Chattaraman et al.[3], Mosqueira Rey et al [36], Puzi[41], Zhue et al. [62] y en otros correspondiendo a la mejora de algún navegador Web mediante la incorporación de un *plug-in* como los trabajos propuestos por Chen et al.[4], Garrido et al.[13] y por Vigo & Harper [54].

Las características particulares de los agentes inteligentes tales como autonomía, la habilidad de aprender las preferencias y hábitos de los usuarios, se estima que puede llegar a contribuir en la evaluación de aplicaciones y sitios Web, donde la intervención humana para la detección de falsos positivos es aún hoy en día causa de sobrecarga y demora en la

corrección de errores que impiden a un sitio/ aplicación ser accesible. Las técnicas empleadas en el desarrollo de agentes inteligentes hasta el momento provenientes del área de *Machine Learning* para construir los perfiles de usuario, tales como algoritmos genéticos, árboles de decisión, redes de Bayes [42], reglas de asociación [43], razonamiento basado en casos [14], entre otras podrían llegar a emplearse en futuros enfoques para el desarrollo y evolución de las aplicaciones/sitios Web.

6. CONCLUSIONES

Las personas interactúan con las aplicaciones Web de diferentes maneras, dependiendo de sus capacidades y discapacidades, lo que hace que sea muy difícil alcanzar el acceso universal. La W3C/WAI viene trabajando incansablemente en la definición de guías y recomendaciones técnicas que contribuyan al desarrollo de aplicaciones y sitios Web accesibles, pero el estado actual de los mismos está lejos de dar conformidad aún a los niveles mínimos propuestos por estas guías en muchos países del mundo.

Como parte de este trabajo hemos desarrollado una revisión de la literatura de los principales enfoques/herramientas basados en algún tipo de “agente inteligente” para la mejora de la accesibilidad de sitios y aplicaciones Web. Cada uno de ellos ha sido presentado indicando sus principales aportes y finalmente se ha realizado una comparación de lo que éstos proponen. A partir de este estudio se puede concluir que aún falta mucha investigación en este ámbito, como por ejemplo enfoques aplicados a otros tipo de discapacidades o enfoques que brinden asistencia del lado del desarrollador, donde se brinde asistencia tanto en la evaluación de sitios y/o aplicaciones Web como también en su desarrollo.

El uso de agentes de interfaz ha proporcionado importantes mejoras en la accesibilidad del lado del cliente, quedando pendiente analizar en próximas investigaciones de qué manera otro tipo de agentes inteligentes pueden mejorar la accesibilidad desde el lado del desarrollador, como ser en la implementación de nuevas herramientas de autor o en el desarrollo en sí de futuras aplicaciones/ sitios Web de la mano de las guías desarrolladas por la W3C/WAI.

REFERENCIAS

1. Abu Doush, I., et al., *The design of RIA accessibility evaluation tool*. Advances in Engineering Software, 2013. **57**: p. 1-7.
2. BPWG, *Mobile Web Best Practices 1.0*. <http://www.w3.org/TR/mobile-bp/#d0e347>, 2008.
3. Chattaraman, V., W.S. Kwon, and J.E. Gilbert, *Virtual agents in retail web sites: Benefits of simulated social interaction for older users*. Computers in Human Behavior, 2012.
4. Chen, A.Q., et al., *Widget Identification: A High-Level Approach to Accessibility*. World Wide Web, 2012: p. 1-17.

5. Chen, T., Y. Yesilada, and S. Harper, *What input errors do you experience? Typing and pointing errors of mobile Web users*. International journal of human-computer studies, 2010. **68**(3): p. 138-157.
6. Chiang, M.F., et al., *Computer and world wide web accessibility by visually disabled patients: Problems and solutions*. Survey of ophthalmology, 2005. **50**(4): p. 394-405.
7. Chisholm, W.A. and S.L. Henry. *Interdependent components of web accessibility*. in *Proceedings of the 2005 International Cross-Disciplinary Workshop on Web Accessibility (W4A)*. 2005: ACM.
8. Consortium(W3C), W., *Authoring tool accessibility guidelines 1.0. Technical report*. 2000.
9. Consortium(W3C), W., *User agent accessibility guidelines 1.0. Technical Report*. 2002.
10. Consortium(W3C), W., *Web content accessibility guidelines (wcag) 1.0. Technical report*. 1999.
11. DOM, *W3C: Document Object Model (DOM)*. 2009: Available from: <http://www.w3.org/DOM/>.
12. Freire, A.P., T.J. Bittar, and R.P.M. Fortes. *An approach based on metrics for monitoring web accessibility in Brazilian municipalities web sites*. in *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing*. 2008: ACM.
13. Garrido, A., et al., *Personalized Web Accessibility Using Client-Side Refactoring*. 2012.
14. Godoy, D., S. Schiaffino, and A. Amandi, *Interface agents personalizing Web-based tasks*. Cognitive Systems Research, 2004. **5**(3): p. 207-222.
15. Hawthorn, D., *Possible implications of aging for interface designers*. Interacting with computers, 2000. **12**(5): p. 507-528.
16. Horrigan, J.A., *Online shopping*. Pew Internet & American Life Project Report, 2008. **36**.
17. <http://www.w3.org/>.
18. Huang, Z., et al. *A taxonomy of web agents*. in *Database and Expert Systems Applications, 2000. Proceedings. 11th International Workshop on*. 2000: IEEE.
19. Jacko, J.A. and H.S. Vitense, *A review and reappraisal of information technologies within a conceptual framework for individuals with disabilities*. Universal Access in the information Society, 2001. **1**(1): p. 56-76.
20. Jacobs, I., *About the world wide web consortium (W3C)*. <http://www.w3.org/Consortium/>, 2001.
21. Khoo, A. and R. Zubek, *Applying inexpensive AI techniques to computer games*. Intelligent Systems, IEEE, 2002. **17**(4): p. 48-53.
22. King, N. and D. McCormack. *Accessibility approach to adopting web technologies*. in *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility*. 2011: ACM.
23. Kuzma, J.M., *Accessibility design issues with UK e-government sites*. Government Information Quarterly, 2010. **27**(2): p. 141-146.
24. Lazar, J., et al., *Web accessibility in the Mid-Atlantic United States: a study of 50 homepages*. Universal Access in the Information Society, 2003. **2**(4): p. 331-341.
25. Lazar, J., J. Feng, and A. Allen. *Determining the impact of computer frustration on the mood of blind users browsing the web*. in *ACM SIGACCESS Conference on Assistive Technologies: Proceedings of the 8 th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. 2006: Citeseer.
26. Lewis, C., *Cognitive and learning impairments*. Web Accessibility, 2008: p. 15-23.
27. Maes, P., *Intelligent Software*. Scientijc American, 1995. **Vol. 273, No.3**: p. 84-86.
28. Maes, P. and A. Wexelblat. *Interface agents*. in *Conference companion on Human factors in computing systems: common ground*. 1996: ACM.

29. Majaranta, P. and K.J. Rääiä. *Twenty years of eye typing: systems and design issues*. in *Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research & applications*. 2002: ACM.
30. Martín, A., A. Cechich, and G. Rossi. *Accessibility at early stages: insights from the designer perspective*. in *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility*. 2011: ACM.
31. Martín, A., et al. *Diseño y Evaluación tempranos para priorizar la Accesibilidad en la WWW*. in *V Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. 2012.
32. Martín, A., et al., *Propiciando el Diseño y la Evaluación de Sitios para una WWW Accesible*. 21 Encuentro de Investigadores de la Patagonia Austral. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, 2012.
33. Martín, A., et al. *AO-WAD: a proposal for accessible design within web engineering approaches*. in *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. 2012.
34. Martín, A., et al. *AO-WAD: A Generalized Approach for Accessible Design within the Development of Web-based Systems*. in *ICSEA 2012, The Seventh International Conference on Software Engineering Advances*. 2012.
35. Module, C.S., <http://www.w3.org/TR/2012/CR-css3-speech-20120320/>. consultado el 3 / 01/2012, 2012.
36. Mosqueira-Rey, E., et al., *A multi-agent system based on evolutionary learning for the usability analysis of websites*, in *Intelligent Agents in the Evolution of Web and Applications*. 2009, Springer. p. 11-34.
37. Moya, L.J. and A. Tolk. *Towards a taxonomy of agents and multi-agent systems*. in *Proceedings of the 2007 spring simulation multiconference-Volume 2*. 2007: Society for Computer Simulation International.
38. Nielsen, J., *Inverted pyramids in cyberspace*. Alertbox. 1996.
39. Peredo, R., et al., *Intelligent Web-based education system for adaptive learning*. Expert Systems with Applications, 2011. **38**(12): p. 14690-14702.
40. Power, C., et al. *Guidelines are only half of the story: accessibility problems encountered by blind users on the web*. in *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*. 2012: ACM.
41. Puzis, Y. *An interface agent for non-visual, accessible web automation*. in *Adjunct proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*. 2012: ACM.
42. Schiaffino, S. and A. Amandi, *An interface agent approach to personalize users' interaction with databases*. Journal of Intelligent Information Systems, 2005. **25**(3): p. 251-273.
43. Schiaffino, S. and A. Amandi, *Polite personal agent*. Intelligent Systems, IEEE, 2006. **21**(1): p. 12-19.
44. Schiaffino, S. and A. Amandi, *User interface agent interaction: personalization issues*. International Journal of Human-Computer Studies, 2004. **60**(1): p. 129-148.
45. Sears, A. and M. Young. *Physical disabilities and computing technologies: an analysis of impairments*. in *The human-computer interaction handbook*. 2002: L. Erlbaum Associates Inc.
46. Sierkowski, B. *Achieving web accessibility*. in *Proceedings of the 30th annual ACM SIGUCCS conference on User services*. 2002: ACM.
47. Sloan, D., et al. *The potential of adaptive interfaces as an accessibility aid for older web users*. in *Proceedings of the 2010 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A)*. 2010: ACM.
48. Sproule, S. and N. Archer, *A buyer behaviour framework for the development and design of software agents in e-commerce*. Internet research, 2000. **10**(5): p. 396-405.

49. Thomas, C.G. and G. Fischer. *Using agents to improve the usability and usefulness of the World-Wide Web*. in *Fifth International Conference on User Modeling*. 1996.
50. Trewin, S., *Physical impairment*. In S. Harper and Y. Yesilada, editors, *Web Accessibility: A Foundation for Research*, Human-Computer Interaction Series, chapter 4, 2008: p. 37–46.
51. Trewin, S. *Physical usability and the mobile web*. in *Proceedings of the 2006 international cross-disciplinary workshop on Web accessibility (W4A): Building the mobile web: rediscovering accessibility?* 2006: ACM.
52. Trewin, S., et al. *Accessibility challenges and tool features: an IBM Web developer perspective*. in *Proceedings of the 2010 international cross disciplinary conference on web accessibility (W4A)*. 2010: ACM.
53. Vanderheiden, G. *Fundamental principles and priority setting for universal usability*. in *Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability*. 2000: ACM.
54. Vigo, M. and S. Harper. *Evaluating accessibility-in-use*. in *Proceedings of the 2013 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A), W4A*. 2013.
55. (W3C), W.C., *Web content accessibility guidelines (wcag) 2.0. Technical Report*. 2008.
56. WebAIM, *Cognitive disabilities*. p. <http://www.webaim.org/articles/cognitive>.
57. Wobbrock, J.O. *The future of mobile device research in HCI*. in *CHI 2006 Workshop Proceedings: What is the Next Generation of Human-Computer Interaction*. 2006.
58. Wong, H.C. and K. Sycara. *A taxonomy of middle-agents for the internet*. in *Proc. 4th Int'l Conf. Multiagent Systems*. 2000.
59. Yesilada, Y., G. Brajnik, and S. Harper, *Barriers common to mobile and disabled web users*. *Interacting with Computers*, 2011. **23**(5): p. 525-542.
60. Yesilada, Y., et al., *Evaluating DANTE: Semantic transcoding for visually disabled users*. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2007. **14**(3): p. 14.
61. Zhou, L., A.S. Mohammed, and D. Zhang, *Mobile personal information management agent: Supporting natural language interface and application integration*. *Information Processing & Management*, 2012. **48**(1): p. 23-31.
62. Zhu, S., et al. *Sasayaki: an augmented voice-based web browsing experience*. in *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. 2010: ACM.