

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Universidad Nacional de La Matanza
Departamento:
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas UNLaM
Título del proyecto:
Comandos de Voz y Reconocimiento Facial para Aplicaciones de Realidad Aumentada
Programa de Investigación¹:
PROINCE
Programa de investigación del
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Código del Proyecto:
C-231
PIDC: ☐
Elija un elemento.
PII: ☐
Elija un elemento.

Director:
Dr. Ierache Jorge

Codirector:
Ing. Igarza Aldo Santiago

Integrantes:
MsC. Mangiarua Nahuel Adiel, Ing. Becerra Martín Ezequiel, Ing. Sanz Diego Rubén
Investigador Externo, Asesor- Especialista, Graduado UNLaM:

Alumnos de grado: (Aclarar si tiene Beca UNLaM/CIN)
Maurice Hernán
Alumnos de posgrado:

Resolución Rectoral de acreditación: N° 262/20

Fecha de inicio:
01/01/2020
Fecha de finalización:
31/12/2021

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15 sobre **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional de La Matanza**. Consultar en el departamento académico correspondiente la inscripción del proyecto en un Programa acreditado.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



A. Desarrollo del proyecto

A.1. Grado de ejecución de los objetivos inicialmente planteados, modificaciones o ampliaciones u obstáculos encontrados para su realización.

Durante el primer año del presente proyecto se avanzó en las tareas detalladas en la presentación del mismo. En particular se trabajó conjuntamente con el proyecto de tesis de doctorado de Nahuel Mangiarua en el estudio del estado del arte, pruebas y prototipado de uso de bibliotecas de reconocimiento facial. En este orden, se priorizó la búsqueda de aquellos algoritmos o bibliotecas de acceso público cuyas características intrínsecas resultaran idóneas para su aplicación en el contexto de tiempo real de la realidad aumentada. Cabe destacar que la tarea de reconocimiento de rostros humanos puede dividirse en múltiples subtareas: detectar la presencia y posición de un rostro, analizar el rostro y determinar la identidad.

En particular, la detección de rostros en tiempo real en un flujo de vídeo resulta posible y aplicable desde hace casi dos décadas. Desde entonces, las técnicas utilizadas han evolucionado, pero manteniendo un fuerte foco en la utilización del aprendizaje de máquina. Aunque se pretende mantener la flexibilidad en la elección del algoritmo de detección de rostros mediante la incorporación de una interfaz abstracta, en particular se considera el detector por red neuronal provisto por la famosa biblioteca OpenCV. El mismo, basado en el framework Caffe otorga un nivel de robustez elevado mientras que su tiempo de ejecución se mantiene entre los límites aceptables para el contexto de la RA.

Para el paso de análisis de los rostros, se priorizó el análisis de aquellos algoritmos que pudieran trabajar con solo algunas muestras de cada individuo (fotos del rostro) y que a la vez facilitaran la escalabilidad de la subtaska siguiente. Estas restricciones resultan deseables para el desarrollo de un sistema que pudiera ser en el futuro aplicado en el campo con una simpleza y escala adecuadas.

Según lo investigado en cuanto a las técnicas y algoritmos para el reconocimiento o identificación de rostros, ninguna alternativa que pueda trabajar eficazmente partiendo de una sola instancia o imagen por individuo y que sea de uso general, es decir que no deba ser reentrenada o ajustada para un set de rostros específicos, logra una velocidad de procesamiento adecuada para la ejecución en tiempo real.

Con esta limitación en mente, se consideran especialmente apropiadas las redes neuronales convolucionales entrenadas con el término de error de tripletas introducido por Schroff, Kalenichenko, y Philbin. Esta técnica de entrenamiento plantea describir el rostro de un individuo mediante un vector multidimensional continuo donde se busca minimizar la distancia intraclase (mismo individuo) mientras maximiza la distancia interclase (distintos individuos). Dentro de esta familia de redes, los descriptores resultado de procesar distintas imágenes del rostro de un mismo individuo sólo pueden estar a una distancia euclidiana máxima menor a 1.2 unidades, es decir el vector resultado se distribuye en una hiperesfera de radio 0.6 unidades. Adicionalmente los vectores que generan constan de 128 números flotantes revistiendo una similitud de tamaño y variabilidad con los descriptores para imágenes SIFT. Se consideró especialmente el modelo provisto por la biblioteca dlib.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



En este marco se realizó una publicación en congreso internacional presentando un diseño de arquitectura de motor de RA que permite entre otras cosas integrar el reconocimiento de imágenes y de rostros de forma escalable. En base a los resultados obtenidos, se procede a refinar y acondicionar el código C++ de la arquitectura prototipo experimental para su utilización como agregado en el motor gráfico Unity3d al cual nos referiremos desde aquí como el “plugin”.

Durante la ejecución de este grupo de tareas, se remueven dependencias a bibliotecas de reconocimiento, descripción y búsqueda de puntos de interés en imágenes; limitándose a la considerada mejora de acuerdo a los resultados previamente citados. Esto contribuye a disminuir tanto el tamaño del plugin como también su superficie de exposición al momento de generar un archivo dll que permita su incorporación al motor gráfico. A su vez, se redefinen los métodos de acción para la búsqueda e identificación eficiente de rostros y se genera un formato simple de serialización en archivos json para la persistencia de las identidades a reconocer que sean cargadas al plugin. A continuación se definen los puntos de interoperabilidad entre el plugin y el motor. Esto permite la utilización transparente de las funcionalidades definidas como métodos del plugin directamente desde código C# en el motor.

Como parte de los puntos de interoperabilidad, resulta de vital importancia la transmisión de las imágenes capturadas por la cámara del dispositivo de explotación del sistema (un teléfono, una pc con cámara web, etc) desde el motor hasta el plugin. Cabe destacar que, al tratarse de imágenes, el volumen de datos que deben ser comunicados entre las partes es considerable y que se trabaja bajo la restricción de procesamiento en tiempo real necesaria para la RA. Dadas las condiciones mencionadas, se exploran múltiples estrategias para la transmisión de los datos. Se establece que la forma directa donde se copia la información desde el motor al plugin a través de la RAM es viable pero su impacto de performance la vuelve poco deseable. Alternativamente se explora un mecanismo de copia donde el motor envía al plugin un puntero de GPU, lugar donde originalmente se encuentra la información proveniente de la cámara (textura). A partir de este puntero el plugin entonces puede descargar la textura a la RAM en un formato usable por el plugin de forma directa. Si bien este mecanismo presenta una mejora muy significativa en la performance, la misma sólo puede ser utilizada por el thread lógico de ejecución que controla el proceso de renderizado y por lo tanto es dueño de los bindings de OpenGL. Si bien el motor ofrece un mecanismo para la llamada a plugins desde dicho thread de ejecución, el mismo requiere la adición de librerías de C++ al código del plugin y configuraciones especiales para su compilación a dll.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



En cuanto a la integración de comandos de voz, se realizó una exploración de las diferentes bibliotecas speech to text existentes en el mercado. En la siguiente tabla se pueden observar las características a tener en cuenta para seleccionar la adecuada para la implementación de comandos de voz en el proyecto:

Herramienta	CMUSphinx	Keen Research	Google Cloud Speech to Text
Procesamiento en dispositivo	Si	Si	No
Procesamiento en tiempo real	Si	Si	Si
Open Source	Si	No	No
Ignora voces de fondo	No	No	Si
Idiomas soportados	Inglés Chino Francés Español Alemán Ruso Extensible a más idiomas por el desarrollador.	Inglés y Español	Inglés Chino Francés Español Alemán Ruso Más idiomas en: tinyurl.com/4lyad838

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Costo	Gratuito	Precio anual acordado con la empresa según tipo de producto	Precio mensual: 0 a 60 min - gratuito. más de 60 mins u\$s 0.006 / 15 seconds
-------	----------	---	--

Se probó una demo utilizando la biblioteca de CMUSphinx para comprobar el reconocimiento de voz. En esta se reconocieron correctamente las palabras solicitadas por la aplicación. Se encontró que es susceptible a ruido ambiental por lo que se investigó que se puede utilizar un filtro de ruido ambiental y de voces de fondo para reducir el impacto de ruidos indeseados. Sin embargo, se determinó cambiar las tareas de implementación de comandos de voz debido al inconveniente presentado anteriormente por la incorporación de visualización y creación de procedimientos de tareas en aplicaciones de realidad aumentada. Uno de los casos de aplicación que se puede aplicar es la aumentación de una tarjeta médica de un paciente para poder visualizar instrucciones personalizadas de cuidado especial de acuerdo con sus datos específicos de salud de la persona.

Creación y visualización de procedimientos aumentados

El framework propuesto[1] tiene como finalidad asistir a usuarios en sus tareas diarias mediante la creación y explotación de procedimientos reutilizables por otras aplicaciones de RA. La arquitectura general está compuesta por tres partes (Figura 1) un middleware semántico[2], que representa a un conjunto de servicios encargados de mantener la ontología Semantic AR Procedure Ontology, recibir peticiones http de los diferentes partes del sistema y administrar el triplestore para almacenar los procedimientos publicados. El editor de procedimientos permite a un usuario de contenidos, crear y editar procedimientos compuestos de una secuencia de pasos a ser completados en el entorno físico y para consumir los contenidos creados se utiliza un navegador de realidad aumentada.

Se diseñaron dos flujos en el framework propuesto. El usuario creador de contenidos realiza el flujo de creación (CF) utilizando el Semantic Procedure editor para crear un procedimiento, agregar los pasos a realizar en su entorno físico. A cada uno de estos pasos puede asociarse información relevante al momento de ser realizados. Una vez terminada esta edición, se procede a subirlo a través de una http request (Operación CF 1 Fig. 1) hacia el Gateway web service que será el encargado de publicar el procedimiento (Operación CF 2 Fig. 1) en Public Semantic AR Procedure RDF Triple store para que estén listos para ser consumidos por otras aplicaciones a través de un SPARQL endpoint. Los usuarios del navegador de realidad aumentada del framework propuesto, realizan el flujo de explotación de contenidos (EF), comenzando por una búsqueda de procedimientos creados anteriormente (Operación EF 1 Fig. 1) con la finalidad de seleccionar y descargar aquel que se quiere consumir (Operación EF 2 Fig. 1), una vez obtenidos sus datos, realizan el paso a paso guiado por el navegador de realidad aumentada.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

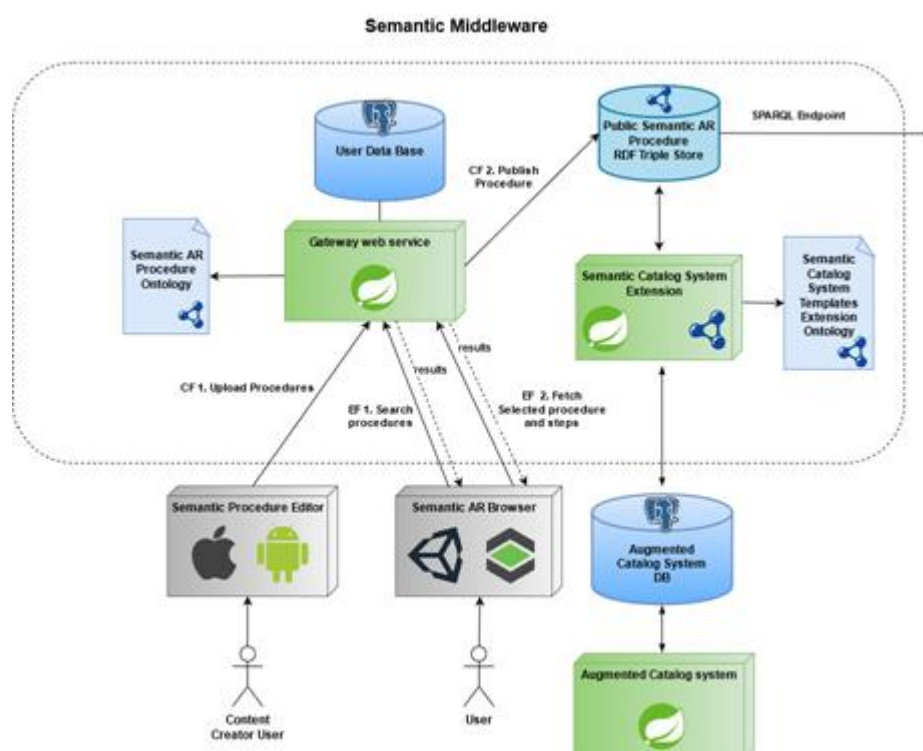


Fig. 1. Arquitectura general del framework

2 Middleware semántico

El middleware semántico está conformado por un servicio web principal llamado Gateway web service que tiene como responsabilidades principales mantener la ontología Semantic Augmented Reality Procedures y ser el punto de entrada de requests para la creación de procedimientos realizados y búsqueda de procedimientos a consumir por parte de los navegadores de realidad aumentada. Además, dispone de un RDF triplestore que actúa como Public Semantic AR Procedures data que se encarga de almacenar los procedimientos creados y de ofrecer un endpoint SPARQL para que otras aplicaciones puedan consumir los datos generados por el sistema. Por último, el servicio Semantic Augmented Catalog System extensión que como se mencionó anteriormente actúa de capa semántica del sistema de catálogo aumentados.

3.1 Creación de procedimientos

En el momento de la creación de procedimientos, el servicio actúa de mediador entre el editor y el RDF triplestore (Public Semantic AR Procedures data service) para almacenar los procedimientos creados. En la figura 2 se puede observar en un diagrama de secuencia que al momento de recibir el procedimiento creado el Gateway web service aplica la ontología resultado de nuestra investigación y redirige estos datos estructurados al triplestore para su correspondiente almacenamiento para su posterior búsqueda y consumo por parte de los navegadores de realidad aumentada.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

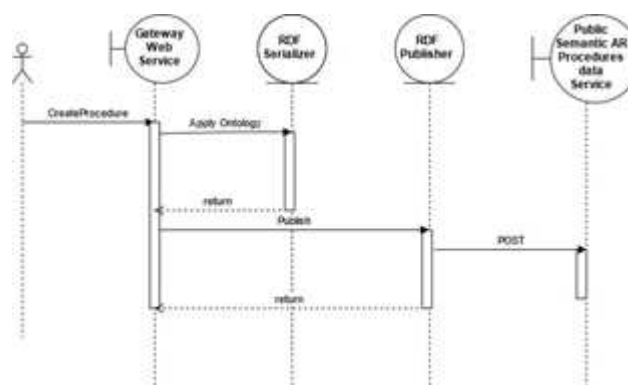


Fig. 2. Diagrama de secuencia para la creación de procedimientos

2.1 Implementación del servicio Semantic Middleware

El Semantic middleware es un conjunto de servicios web encargados de proveer diferentes capacidades, recibir peticiones de datos del navegador de RA y el semantic procedure editor; estructurar procedimientos con la ontología Semantic AR Procedure Ontology y coordinar su publicación mediante su componente Gateway service. Este está compuesto por diferentes capas (Figura 3), una capa de base de datos Postgres[3] que almacena los usuarios registrados en la plataforma para que de esta manera puedan ser autenticados para utilizar tanto el editor como en el navegador. Esta capa de base de datos se conecta a través de Hibernate[4] que actúa como un framework para mapear un modelo orientado a objetos a una base de datos relacional. Estas capas se utilizan solo para administrar usuarios que acceden al sistema. El servicio Gateway web service está programado en Java[5] estructurado mediante Spring framework[6] para que funcione dentro de una instancia Tomcat[7] encargada de administrar el ciclo de vida de todo el sistema. El sistema dispone de Objetos de acceso a datos (DAO) para acceder a las entidades de la base de datos. User Session se encarga de tener los datos del usuario de la sesión en el momento de atender las http request que recibe el servicio. Procedure provider service utiliza los DAO para obtener las consultas SPARQL necesarias para enviarlas al Triple Store Access service para su ejecución. Este utiliza la biblioteca RDF4j[8] para serializar datos a enviar con su subcomponente Rio Writer cuando se publica un procedure y sus steps. En el momento de buscar procedimientos se utiliza esta misma biblioteca para parsear la respuesta del triplestore Anzograph[9] a RDF JSON para que luego sea transmitido hacia el navegador de realidad aumentada.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

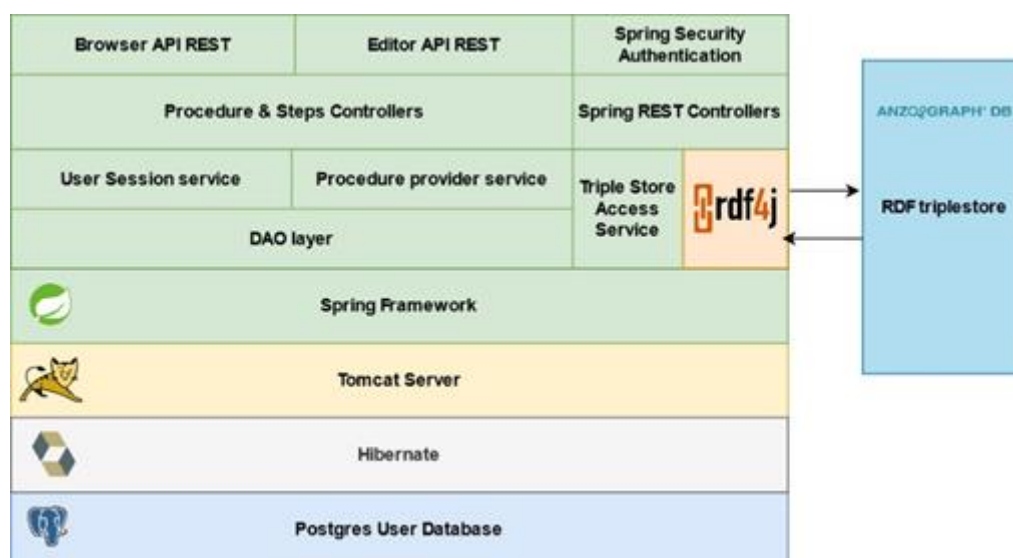


Fig. 3. Estructura de Servicio Semantic Middleware.

En este orden, se presentará la ontología clave para la interoperabilidad de navegadores aumentados web.

4 Ontología

En este contexto la ontología “Procedimientos semánticos para realidad aumentada (en inglés Semantic Augmented Reality Procedures Ontology) se caracteriza por estructurar los procedimientos creados por el editor para ser publicados en el RDF triple store para ser consumidas por el navegador de RA. En la figura 4, podemos observar la entidad principal procedimiento que tiene las propiedades título y descripción para explicar en qué consiste la secuencia de pasos a realizar y en qué tipos de dispositivo (Device) está disponible (ARGlasses o Smartphone) mediante el uso de la propiedad availableInDevice. Por último, tiene una propiedad llamada availableAugmentationType que puede adoptar los valores MarkerAumentation para indicar que un procedimiento es disparado y posicionado virtualmente sobre un marcador físico, NaturalAugmentation que indica que se relaciona a un objeto del entorno físico o UIAugmentation que es explotado anclado sobre el visor del dispositivo. La secuencia de pasos de un procedimiento es expresada como una lista doblemente enlazada mediante el uso de las propiedades nextStep y previousStep. Ese schema elegido permite una fácil creación y edición de cada uno de los pasos para ser explorados con facilidad utilizando property paths de SPARQL. En cada paso puede haber entidades externas conectadas mediante la propiedad relatedEntity que puede representar descripciones de objetos reales o entidades virtuales involucradas en los pasos, obtenidas de fuentes externas como DBPedia.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

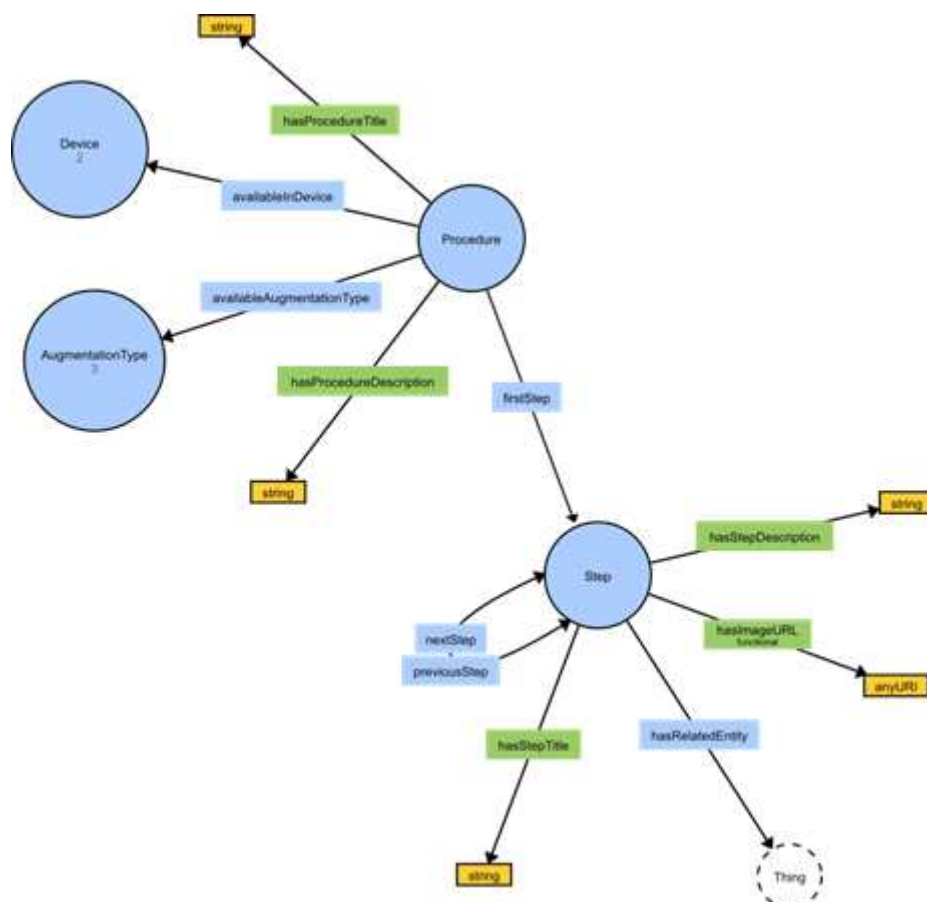


Fig. 4. Ontología de procedimientos para navegadores de RA.

En la figura 5 se puede observar que un procedimiento puede ser creado por un autor. Este es un usuario que tiene un username e imagen de perfil para identificar a quién pertenece el procedimiento al consumirlo.

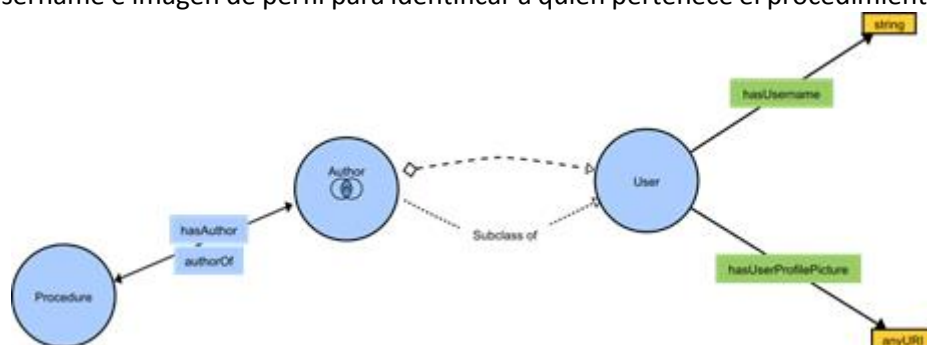


Fig. 5. Entidades de la ontología que indican la autoría de un procedimiento.

5 Navegador de realidad aumentada

El Navegador de Realidad Aumentada permite al usuario realizar la búsqueda de procedimientos y su explotación mediante tecnologías de realidad aumentada. Este prototipo se implementó utilizando Unity3D[10] y como SDK de Realidad Aumentada Vuforia[11] para presentar contenidos virtuales sobre

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



marcadores físicos. Para el diseño del sistema se utilizó la arquitectura MVC para definir los diferentes componentes del navegador de realidad aumentada. Los componentes Browser Controller y Search Controller realizan operaciones utilizando Tasks clases. Estas clases encapsulan los detalles de implementación para que los controllers solamente se encarguen de su invocación y la configuración de componentes de la vista. En las próximas subsecciones se explicará las funcionalidades que aportan fuertemente a lograr una interacción dinámica con contenidos de RA y de esta manera integrarlos en sus tareas diarias. En este orden, se describirán Búsqueda de procedimiento por texto, selección de procedimientos a cargar y avance de pasos del procedimiento cargado con las clases involucradas en cada uno de estos casos.

Búsqueda de procedimientos por texto

En este escenario de Búsqueda de procedimientos, intervienen las clases del diagrama mostrado en la figura 6, Search View representa la barra de búsqueda que se encarga de recibir los eventos de escritura y de disparar la acción de búsqueda de procedimientos en el momento que el usuario realice alguna de estas acciones. Search Controller dispone de la lógica para recibir las diferentes acciones y ejecutar la tarea Search Procedure Task para realizar la request http para solicitar procedimientos a Gateway service del Semantic middleware (Figura 1) mediante la utilización de la Network Layer.

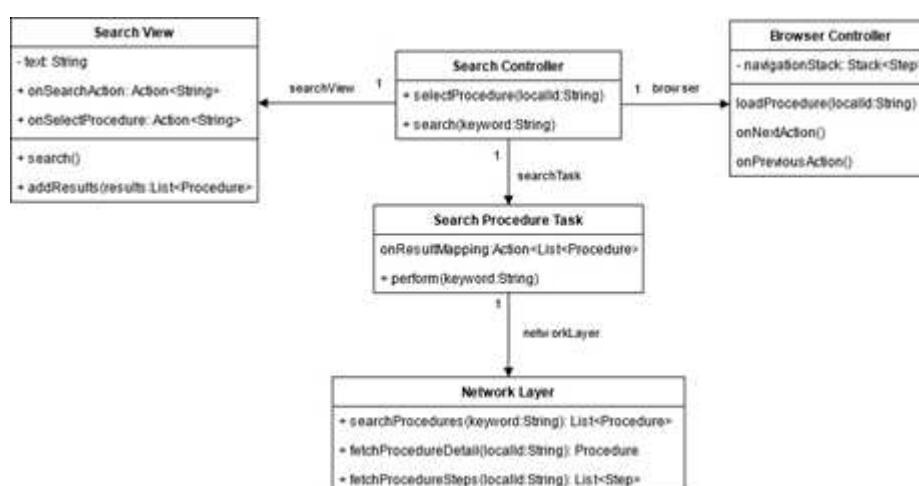


Fig. 6. Diagrama de clases involucradas en la búsqueda y selección de procedimientos a realizar.

En este orden, se describe la secuencia de eventos presentada en la figura 7, una vez que el usuario escribe en el textfield de búsqueda, presiona el botón search para desencadenar el evento inicial search que es recibido por la search view. Una vez recibido se ejecutará el envío del mensaje onSearchAction para que el search controller ejecute la tarea Search Procedure Task para comunicarse con el Gateway service (Figura 1) con el objetivo de encontrar procedimientos cuyos títulos coinciden con las keywords enviadas mediante la Network Layer. El servicio web recibe esta solicitud y le proporciona al navegador los procedimientos solicitados para que este lo cargue en la vista de resultados en Search View.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

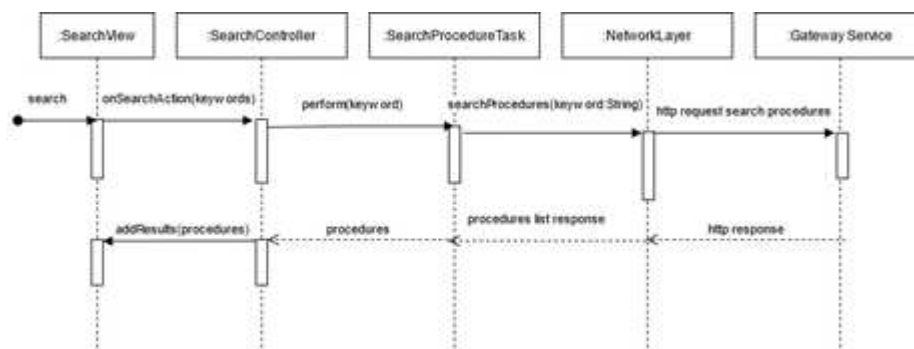


Fig. 7. Diagrama de secuencia sobre la búsqueda de procedimientos.

En la siguiente sección se detalla la interacción en el momento de seleccionar un procedimiento a realizar.

Selección de Procedimiento a realizar

En este escenario de selección de procedimientos se pueden visualizar las clases que intervienen en la figura 8, la clase Search View se encarga de recibir el evento de selección de procedimientos, Search Controller se encarga de direccionar la acción de selección a Browser Controller. Este realiza las tareas de búsqueda de detalle de procedimiento y de búsqueda de los pasos cargados en el procedimiento, mediante las tareas representadas en las clases Fetch Procedure Detail Task y Fetch Steps Task que utilizan la Network Layer para comunicarse con el Gateway service (Figura 1) del Semantic middleware.

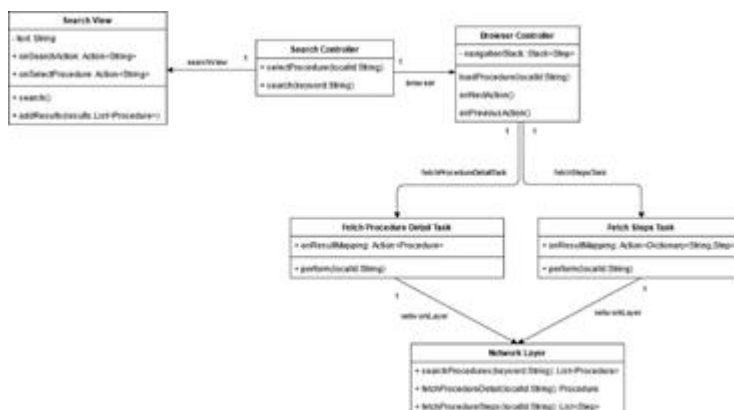


Fig. 8. Diagrama de clases involucradas en selección de procedimientos.

En este orden, se describirá la secuencia de eventos presentada en la figura 9, en la que se pueden visualizar los pasos desencadenados al recibir el evento inicial “select result”. Este escenario transcurre en el momento que el usuario selecciona un procedimiento resultado de la búsqueda realizada anteriormente. Una vez disparado el evento inicial, es recibido por la Search View que disparará la ejecución de la acción onSelectResult. Esta acción hará que el Search controller le transmita el id del procedimiento a cargar al Browser controller. Una vez recibido el identificador del procedimiento, se ejecuta las tareas FetchProcedureDetailTask y FetchStepsTask para solicitar el detalle y los pasos asociados al procedimiento a Gateway Service del Semantic middleware (Figura 1) mediante la utilización de la NetworkLayer. En el momento de recibir la respuesta del servicio web, se procederá su carga en la pantalla del navegador.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

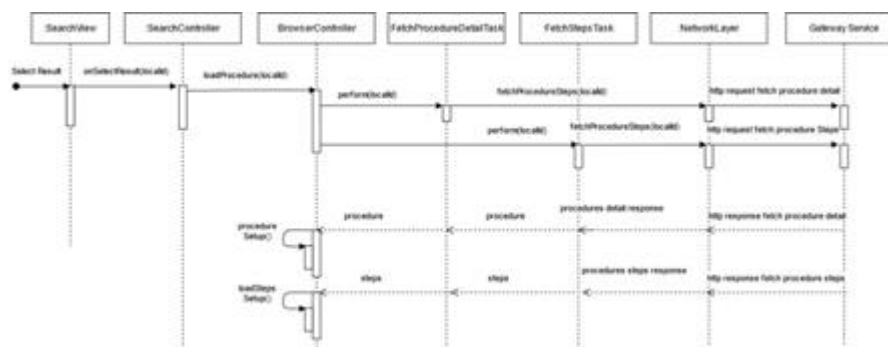


Fig. 9. Diagrama de secuencia de Selección de procedimientos

Avance de pasos del procedimiento elegido

En este escenario en el que el usuario avanza pasos del procedimiento, disponemos de las clases visualizadas en la figura 10. La clase ProcedureListView permite visualizar el progreso y tiene los botones de avance y retroceso. El Browser Controller se encarga de coordinar el funcionamiento general de la navegación de steps mediante la utilización de una stack para mantener el estado de los steps navegados, siendo el tope de pila el paso actual en el que se encuentra el usuario.

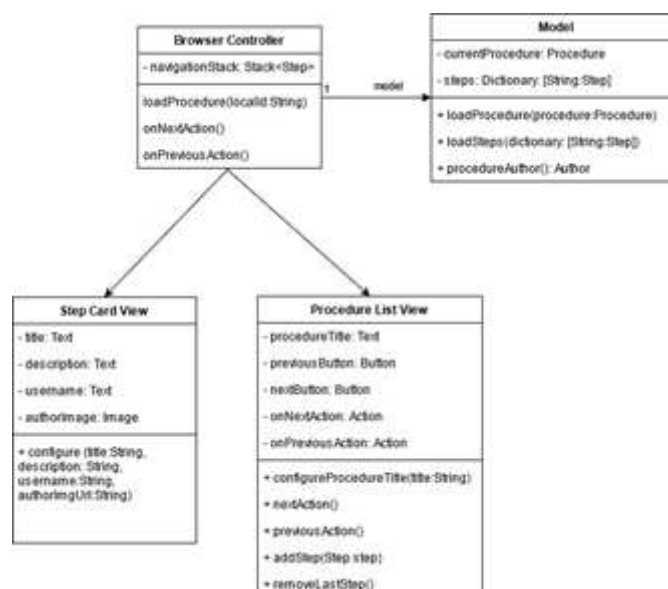


Fig. 10. Diagrama de clases involucrados en la visualización de procedimientos.

En este orden, se describe la interacción visualizada en el diagrama de secuencia de la figura 11, que es iniciada al momento que el usuario al presionar el botón para avanzar un paso del procedimiento cargado. Una vez que la ProcedureListView recibe el evento inicial de avance, procede a realizar acción onNextAction para que el Browser Controller busque el local ID del próximo paso indicado en el step actual del tope de pila. El Browser controller le indica a ProcedureListView que haga un check del paso actual como terminado y con el id del próximo lo utiliza como key para obtener el objeto que lo representa del diccionario de steps. Al obtenerlo, el Browser Controller procede a hacer un push en la stack para mantener el estado de la navegación actual. Una vez realizado esto, procede a cargar el step en ProcedureListView y en la tarjeta StepCardListView que mostrará el nombre y descripción del paso.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

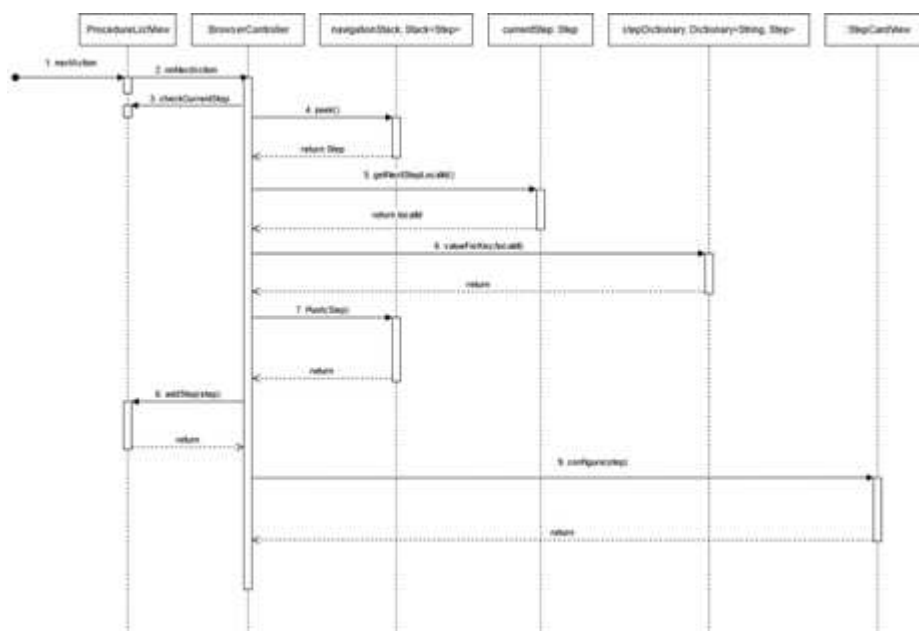
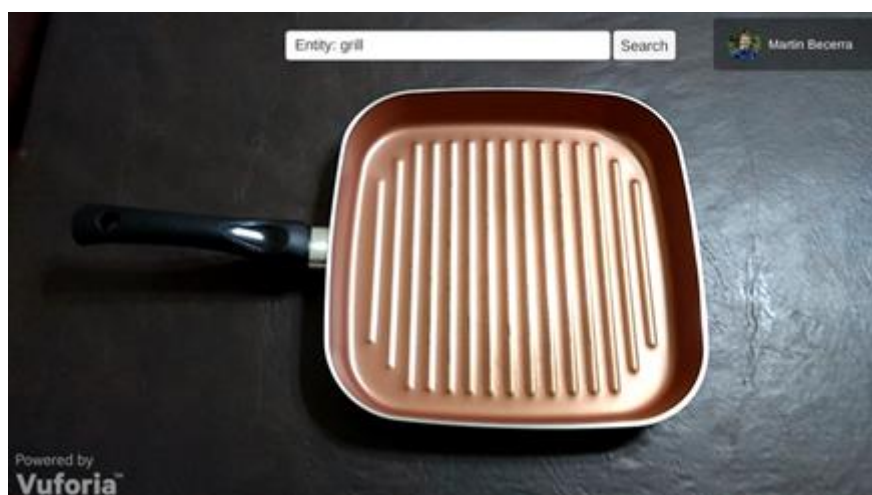


Fig. 11. Diagrama de secuencia al avanzar los pasos de un procedimiento elegido.

7 Caso de Estudio

En el contexto de la industria 4.0 un área que en particular se potenció a partir de la pandemia COVID19 fue la gastronomía en el hogar. En este orden, los contenidos de recetas aumentaron como así también la preparación por parte de usuarios finales con poca experiencia. Estos recurrieron a diversos contenidos y aplicaciones que le facilitara la preparación de simples comidas a otras más complejas. En el presente caso de estudio el usuario busca una receta de cocina asociada a una entidad que representa un elemento de cocina (plancha). el funcionamiento de la búsqueda de procedimientos creados con el semantic procedure editor desencadenado por la detección de objetos. En la figura 12 se simula la búsqueda de recetas de cocina mediante la detección de uno de los instrumentos, ejemplo una parrilla que se puede encontrar en una cocina.



Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Fig. 12. Instrumento de cocina a detectar para iniciar la búsqueda de procedimientos

Una vez que el instrumento es detectado, se quiere buscar procedimientos que dispongan en alguno de sus pasos de la entidad buscada. Las tecnologías de la web semántica permiten buscar entidades relacionadas con facilidad ya que la representación de conocimiento es un grafo dirigido (Conjunto de nodos interconectado por aristas dirigidas) por lo que se realizará una búsqueda del object de la propiedad relatedEntity del Step del Procedimiento (Ver ontología sección 4). En la figura 13 se pueden visualizar los procedimientos encontrados para que el usuario seleccione el que desee hacer.



Fig. 13. Procedimientos que tienen el elemento de cocina asociado en alguno de sus pasos.

Una vez que el usuario selecciona uno de los resultados obtenidos (Spicy Grilled chicken breasts), se procede a obtener el identificador del mismo, en este caso es el resource id que identifica a la receta, con el objetivo de obtener su información básica que se observará en primer lugar al aumentar la realidad física.

Obtención de la información básica de la receta

Una vez obtenido el identificador de la receta, tal como se explicó en la subsección anterior se procede a construir un subgrafo con los datos asociados al procedimiento <PROCEDURE_LOCAL_ID> encontrado, con su título y descripción, autor y el primer paso a precargar.

Una vez obtenida la información básica se procede a mostrar el procedimiento como se observa en la figura 14. El usuario observa a la izquierda el procedimiento cargado y su progreso. En ese instante está en el primer paso en donde para avanzar tiene que seguir las instrucciones que se muestran en el recuadro de la esquina inferior derecha. Una vez realizado esto, el usuario selecciona el botón next para avanzar a los siguientes pasos. En cada avance, se hace un check verde para señalar que se cumplió con el paso.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

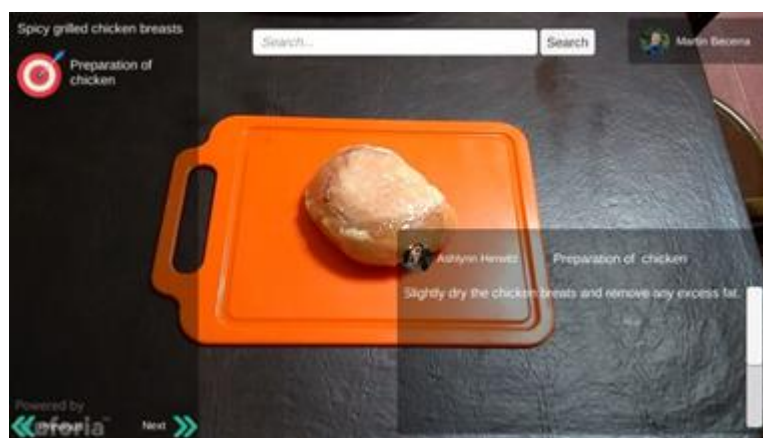


Fig. 14. Primer paso del procedimiento

Búsqueda de pasos a seguir de la receta de cocina

Una vez buscada la información básica, tal como se explicó en la subsección anterior, se procede a buscarlos pasos restantes del procedimiento. Para ello, se utilizó la funcionalidad que ofrece SPARQL 1.1 property path para recorrer el camino declarado por las propiedades nextStep.

En la siguiente consulta se puede observar el uso de property paths mediante el operador + (1 o más ocurrencias) en la propiedad nextStep quedando expresado como +nextStep para recorrer la porción de grafo recuperada y crear un subgrafo. Se recorre cada paso, se recupera el nextStep y de esta manera se retorna el segundo step hasta el último. En caso de que se quiera incluir el primer paso solamente se debe colocar el operador * (0 o más ocurrencias).

El navegador de RA guía al usuario a completar cada paso obtenido anteriormente y a medida que avanza, marca cada paso realizado con un tic verde en el panel izquierdo de la pantalla hasta llegar al paso final como indica la figura 15.

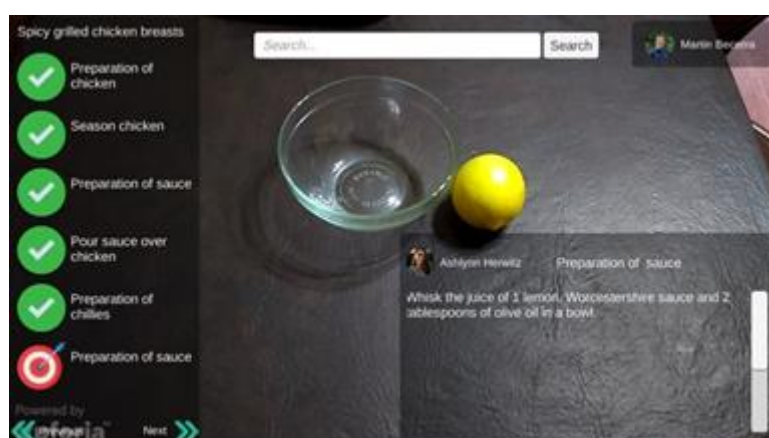


Fig. 15. Visualización del procedimiento obtenido

El procedimiento utilizado en este caso de estudio puede ser accedido desde el juego de prueba que dispone de la ontología utilizada y el dataset de datos que permite observar cómo se estructuró el procedimiento que representa la receta a seguir.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



B. Principales resultados de la investigación

B.1. Publicaciones en revistas.

No aplica

B.2. Libros

No aplica

B.3. Capítulos de libros

No aplica

B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

Autores	<i>Mangiarua, Ierache, Abasolo</i>
Título	<i>Scalable Integration of image and face-based augmented reality</i>
Año	<i>2020</i>
Events	SALENTO AVR
Lugar de realización	<i>Otranto, Lecce - Italia</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>Septiembre 2020</i>
Entidad que organiza	<i>Universidad de Salento</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58465-8_18

Autores	<i>Becerra, Ierache, Abasolo.</i>
Título	<i>Towards Ubiquitous and Actionable Augmented Reality Browsers by using Semantic Web Technologies</i>
Año	<i>2021</i>
Events	<i>IX Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics</i>
Lugar de realización	<i>Virtual</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>Junio 2021</i>
Entidad que organiza	<i>Universidad de la Plata</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/125166

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	
---	--

Autores	<i>Becerra, Ierache, Abasolo.</i>
Título	<i>Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers.</i>
Año	2021
Events	SALENTO AVR
Lugar de realización	Virtual
Fecha de presentación de la ponencia	Septiembre 2021
Entidad que organiza	Universidad de Salento
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15

Autores	<i>Becerra, Ierache, Abasolo.</i>
Título	<i>Towards Augmented Reality Interactions are driven by Universal Dynamic Procedural Browser actions in the 4.0 Contexts</i>
Año	2022
Events	Intelligent Systems Conference (IntelliSys) 2022
Lugar de realización	Virtual
Fecha de presentación de la ponencia	Septiembre 2022
Entidad que organiza	Universidad de Salento
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>En Prensa</i>

B.5. Otras publicaciones

Autores	Mangiarua, Ierache, Abasolo
Año	2020
Título	Avances en Línea de Investigación Doctoral: Integración Escalable de Realidad Aumentada Basada en Imágenes y Rostros
Medio de Publicación	Digital - WICC2020

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Autores	Becerra, Ierache, Abasolo, Mangiarúa
Año	2021
Título	Framework para la generación de Procedimientos Semánticos aplicados a Navegadores de Realidad Aumentada.
Medio de Publicación	Digital - WICC2021

C. Otros resultados. Indicar aquellos resultados pasibles de ser protegidos a través de instrumentos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor, derechos de obtentor, etc. y desarrollos que no pueden ser protegidos por instrumentos de propiedad intelectual, como las tecnologías organizacionales y otros. Complete un cuadro por cada uno de estos dos tipos de productos.

C.1. Títulos de propiedad intelectual. Indicar: Tipo (marcas, patentes, modelos y diseños, la transferencia tecnológica) de desarrollo o producto, Titular, Fecha de solicitud, Fecha de otorgamiento

No aplica

C.2. Otros desarrollos no pasibles de ser protegidos por títulos de propiedad intelectual. Indicar: Producto y Descripción.

No aplica

D. Formación de recursos humanos. Trabajos finales de graduación, tesis de grado y posgrado. Completar un cuadro por cada uno de los trabajos generados en el marco del proyecto.

D.1. Tesis de Grado

Director (apellido y nombre)	Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

D.2 Trabajo Final de Especialización

Director (apellido y nombre)	Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del Trabajo Final

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



D.2. Tesis de posgrado: Maestría

Director (apellido y nombre)	Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

D.3. Tesis de posgrado: Doctorado

Director (apellido y nombre)	Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis
Ierache Jorge	Becerra Martín	UNLP – UNLaM	---	En Curso	Supervisión de plantas industriales con el empleo de Realidad Aumentada y Sistemas Basados en Conocimiento.
Ierache Jorge	Mangiarúa Nahuel	UNLP – UNLaM	10	Diciembre 2020	Integración escalable de Realidad Aumentada basada en imágenes y rostros

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



D.4. Trabajos de Posdoctorado

Director (apellido y nombre)	Posdoctorando (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del trabajo	Publicación

E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)

Apellido y nombre del Recurso Humano	Tipo	Institución	Período (desde/hasta)	Actividad asignada ²
Maurice Hernán	Alumno ad honorem (Sin Beca)	DIIT UNLaM	desde el 1/01/20 al 31/12/20	Investigador alumno

D.

E. **F. Vinculación³:** Indicar conformación de redes, intercambio científico, etc. con otros grupos de investigación; con el ámbito productivo o con entidades públicas. Desarrolle en no más de dos (2) páginas.

No aplica

Conclusiones.

Los trabajos experimentales realizados para creación y visualización de procedimientos aumentados en el contexto de la RA y su integración de ontologías basales permiten definir procedimientos interoperables a fin de brindar al usuario la capacidad de interactuar dinámicamente con contenidos virtuales con un propósito específico en el contexto físico que se desenvuelve.

Las futuras líneas de trabajo para la creación y visualización de procedimientos semánticos se orientan a extender las pruebas con múltiples actores simultáneos, en este orden se centrarán los esfuerzos en extensiones de la ontología propuesta para:

- Ampliar la arquitectura del framework con la Ontología Catálogo virtual aumentado y templates (Semantic Catalog System Templates Ontology) que permitirá al editor de procedimientos llamado Semantic Procedure Editor asociar catálogos virtuales gracias al servicio Semantic Augmented Catalog template System que aplica dicha ontología.
- Ser consumida por un juego educativo de realidad aumentada empleando el Framework de RA para el desarrollo de juegos de educación[12].

Esto permitirá que el sistema de catálogos virtuales aumentado con templates [13][14] pueda ser una fuente de datos interoperable con el framework. La utilización de tecnologías semánticas permitirá integrar

² Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)

³ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



procedimientos y descubrir catálogos virtuales aumentados para su integración y explotación bajo sus propios objetivos en aplicaciones de realidad aumentada.

En cuanto al reconocimiento facial para aplicaciones de realidad aumentada se considera el avance realizado para futuras líneas de trabajo del grupo de investigación y buscará la correcta adecuación del plugin a este modo de ejecución en thread de renderizado del motor que habilite entonces el uso del método rápido de transmisión de imágenes en un ambiente productivo y no solo de pruebas. A su vez, también se planifica como futura línea de trabajo la generación de interfaces gráficas de usuario en el motor para la correcta explotación de las capacidades de detección y reconocimiento faciales incorporadas con el prototipo experimental de plugin desarrollado.

References

1. Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12980. Springer, Cham. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15. Accedido en Marzo 2022.
2. Becerra M., Ierache J., Abásolo M. J. (2021) Towards Ubiquitous and Actionable Augmented Reality Browsers by using Semantic Web Technologies. 9th Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. Disponible en <https://doi.org/10.35537/10915/121564>. Accedido en Marzo 2022.
3. Postgres. <https://tinyurl.com/35z2euyz>. Accedido en Marzo 2022.
4. Hibernate. <https://tinyurl.com/94wy58n4>. Accedido en Marzo 2022.
5. Java. <https://tinyurl.com/f8kp2b4w>. Accedido en Marzo 2022.
6. Spring Framework. <https://spring.io/>. Accedido en Marzo 2022.
7. Tomcat. <https://tomcat.apache.org/>. Accedido en Marzo 2022.
8. RDF4j. <https://rdf4j.org/>. Accedido en Marzo 2022.
9. AnzoGraph. <https://tinyurl.com/t9asru6f>. Accedido en Marzo 2022.
10. Unity3D. <https://unity.com/>. Accedido en Marzo 2022.
11. Vuforia. <https://www.ptc.com/en/products/vuforia>. Accedido en Marzo 2022.
12. Ierache J., Mangiarua N., Becerra M., Igarza S. (2018) Framework for the Development of Augmented Reality Applications Applied to Education Games. De Paolis L., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10850. Springer, Cham. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3_28. Accedido en Agosto 2021.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



13. Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. (2015). "Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications". World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 97, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control, and Information Engineering, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892.

14. Mangiarua, N., Ierache, J., Becerra, M., Maurice, H., Igarza, S., & Sposito, O. (2018). Templates Framework for the Augmented Catalog System. CACIC 2018 Red UNCI ISBN 978-3-030-20786-1.

Dr . Jorge Ierache
Lugar y fecha :San Justo 22/03/2022

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



ANEXO I

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Artículos Científicos

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Avances en Línea de Investigación Doctoral: Integración Escalable de Realidad Aumentada Basada en Images y Rostros

Nahuel Mangiarua¹[0000-0003-2674-7324], Jorge Ierache¹[0000-0002-1772-9186], Martin Becerra¹, Maria Jose Abasolo²[0000-0003-4441-3264]

¹ Universidad Nacional de La Matanza, La Matanza, Buenos Aires, Argentina
nmangiarua@unlam.edu.ar

² Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina

Resumen

El presente trabajo resume una de las líneas de investigación doctoral en curso radicada en el Grupo de Realidad Aumentada Aplicada la cual se orienta al desarrollo de una arquitectura y prototipo demostrador que integre de forma escalable la realidad aumentada basada en imágenes y la aumentación de rostros humanos.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Reconocimiento de Rostros

Contexto

La investigación es desarrollada en el grupo de investigación de Realidad Aumentada Aplicada del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, en el marco de un proyecto de tesis doctoral.

Introducción

La realidad aumentada mediante teléfonos móviles es una de las subáreas de investigación de realidad aumentada que más está creciendo en la actualidad. Se define a un sistema de Realidad Aumentada (RA) como un sistema que permite a usuarios interactuar en tiempo real con contenidos virtuales asociados a objetos del entorno real [1],[2]. Podemos ampliar esta definición como un sistema que aumenta los sentidos de la persona (Visión, audio y tacto) para permitir la interacción con contenidos virtuales del mundo digital que son invisibles en el entorno real [3]. El grupo de realidad aumentada aplicada realizó diversos trabajos en el campo de realidad aumentada que permite a usuarios sin mayores conocimientos técnicos de RA poder crear catálogos virtuales aumentados agrupando contenidos virtuales asociados a marcadores de RA

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



como imágenes impresas[4],[5]. En el área de educación el grupo de investigación ha realizado diversas aplicaciones experimentales [6],[7] orientadas a juegos, como así también aplicaciones experimentales destinadas a la explotación de materiales didácticos para el área educativa [8],[9].

Se presenta en las secciones siguientes la línea de investigación de tesis doctoral, Integración Escalable de Realidad Aumentada Basada en Imágenes y Rostros.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Integración de RA escalable

La línea de investigación doctoral se orienta al desarrollo de una arquitectura y prototipo demostrador que integre de forma escalable la realidad aumentada basada en imágenes y la aumentación de rostros humanos.

En cuanto a la arquitectura, se define un pipeline basal para la aumentación de imágenes y otro para la aumentación de rostros humanos como se muestra en las figuras 1 y 2.



Figura 1: Pipeline para AR basada en imágenes

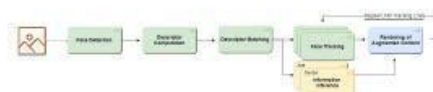


Figura 2: Pipeline para reconocimiento y aumentación de rostros

Para la aumentación de imágenes, primero se debe, en forma offline, buscar puntos de interés (POI) y computar descriptores robustos sobre los mismos para cada imagen que se quiera aumentar con contenido virtual. Luego, durante la explotación, se buscan los mismos POI sobre las imágenes que van siendo capturadas desde un flujo de video y se computan los mismos descriptores robustos para los cuales se busca correspondencias contra los cálculos previamente offline para las imágenes a aumentar. Si tenemos coincidencias suficientes, podemos efectivamente detectar la presencia en el video de una de las imágenes a aumentar y luego calcular su posición y rotación relativas a la cámara.

En el caso de la aumentación de rostros, análogamente se computan offline descriptores robustos para cada persona cuyo rostro quiera ser reconocido mediante el uso de una red neuronal convolucional (CNN) [10],[11],[12]. Luego se utiliza una otra CNN entrenada para detectar la posición de rostros humanos sobre imágenes que vengan de un flujo de video y para cada detección, se computa un descriptor con la primera CNN. Los descriptores encontrados en las

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



imágenes provenientes del flujo de video deben entonces ser buscados por coincidencias entre los calculados previamente de forma offline y así identificar al individuo.

Se observa que ambos pipelines comparten un paso en común, la búsqueda de correspondencias entre descriptores robustos. A su vez, si analizamos la complejidad computacional de ambos pipelines, encontramos que mientras la mayoría de los pasos dependen del tamaño de las imágenes a procesar el cual puede ser fijado a un nivel adecuado en cada implementación concreta. Sin embargo, el paso de búsqueda de coincidencias depende del número de imágenes o rostros a aumentar, volviéndose el cuello de botella al momento de escalar el sistema.

Resultados y Objetivos

Bajo estas consideraciones se propone entonces la utilización de algoritmos de búsqueda de coincidencias aproximadas (approximate nearest neighbour, ANN) que ofrezcan una complejidad computacional sub lineal y estabilidad ante el incremento en el volumen de datos a procesar. Existen en la literatura infinidad de algoritmos de ANN y es actualmente un campo de investigación activo.

Se toma como objetivo analizar una muestra significativa de dichos algoritmos para elegir el idóneo para esta tarea particular en el contexto de la RA. A su vez resulta necesario definir y

adaptar conjuntos de datos de prueba representativos del contexto de la RA, seleccionando o creando las métricas específicas necesarias.

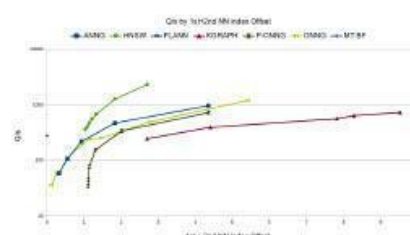


Figura 3: Análisis de la curva precisión sobre velocidad utilizando métricas y juegos de datos propuestos.

Como resultado preliminar observamos en la figura 3 el trade off entre la precisión y la velocidad de distintos algoritmos de ANN. Las mediciones son generadas utilizando una adaptación del set de datos SIFT1M[13] para adecuarlo a las necesidades de la RA mientras que la precisión se mide como el error promedio que comete cada algoritmo al encontrar la primera y la segunda mejor coincidencias para cada elemento.

Referencias

1. Papagiannakis G., Gurminder S. y Nadia M. T., "A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems." Comput. Animat. Virtual Worlds, vol. 19, no. 1, pp. 3-22, 2008.
2. Azuma R. T., The Most Important Challenge Facing Augmented Reality, Presence Teleoperators Virtual Environ., vol. 25, n.o 3, pp. 234-238, dic. 2016.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



3. Specht M., Ternier S. y Greller W., "Dimensions of mobile augmented reality for learning: a first inventory," *Journal of the Research for Educational Technology (RCET)*, vol. 7, no. 1, pp. 117-127, 2011
4. Ierache J., Mangiarua N., Verdicchio N., Becerra M., Duarte N., Igarza S. "Sistema de Catálogo para la Asistencia a la Creación, Publicación, Gestión y Explotación de Contenidos Multimedia y Aplicaciones de Realidad Aumentada". CACIC 2014 Red UNCI ISBN 978-987-3806-05. 2014
5. Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. "Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications". *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 97, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892. 2015
6. Becerra M., Sanz D., Igarza I., Mangiarua N., Ierache J. "Sistema de Catálogo Virtual Aumentado. Integración de Framework Especializado orientado a Material Didáctico" *TEYET*, pp 350-356, ISBN 978-950-656-154-3. 2015
7. Mangiarua N., Ierache J., Bevacqua S., Becerra M., Verdicchio N., Duarte N., Sanz D., Igarza S. "Herramienta de Realidad Aumentada para la explotación de material didáctico tradicional". *TE&ET. E-Book*. ISBN 978-987-24611-1. 2014
8. Verdicchio N., Sanz D., Igarza S., Mangiarua N., Montalvo C., Ierache J. "Sistema de Catálogo Virtual Aumentado Integración de Framework Especializado Orientado a Juegos Didácticos". *TE&ET*, pp 597-604, ISBN 978-987-3977-30-5. 2016
9. Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Becerra M., Verdicchio N., Duarte N., Sanz D., Igarza S. "Herramienta de Realidad Aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TICs". *Revista Latinoamericana de Ing de Software*, 1(1): -3, ISSN 2314-2642. 2014
10. Parkhi, O.M., Vedaldi, A., Zisserman, A.: Deep face recognition. In: *BMVC* (2015)
11. Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J.: Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. *CoRR* abs/1503.03832 (2015), <http://arxiv.org/abs/1503.03832>
12. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., Wolf, L.: Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In: *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2014, Columbus, OH, USA, June 23-28, 2014*. pp. 1701-1708. *IEEE Computer Society* (2014). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.220>, <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.220>
13. Jégou, H., Douze, M., Schmid, C.: Product quantization for nearest neighbor search (2011)

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Scalable integration of image and face based augmented reality

Nahuel A. Mangiarua¹[0000-0003-2674-7324], Jorge S. Ierache¹[0000-0002-1772-9186], and María J. Abásolo^{2,3}[0000-0003-4441-3264]

¹ National University of La Matanza, San Justo, Buenos Aires, Argentina
{nmangiarua, ierache}@unlam.edu.ar

² National University of La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina

³ CICPBA Scientific Research Commission of the Buenos Aires Province, Buenos Aires, Argentina
mjabasologuerrero@gmail.com

Abstract. In this paper we present a scalable architecture that integrates image based augmented reality (AR) with face recognition and augmentation over a single camera video stream. To achieve the real time performance required and ensure a proper level of scalability, the proposed solution makes use of two different approaches. First, we identify that the main bottleneck of the integrated process is the feature descriptor matching step. Taking into account the particularities of this task in the context of AR, we perform a comparison of different well known Approximate Nearest Neighbour algorithms. After the empirical evaluation of several performance metrics we conclude that HNSW is the best candidate. The second approach consist on delegating other demanding tasks such as face descriptor computation as asynchronous processes, taking advantage of multi-core processors.

Keywords: Augmented Reality · Face Recognition · Approximate Nearest Neighbor Search · Scalability

1 Introduction

Augmented Reality (AR) is a technology that enables us to enhance the real world as it combines virtual content and information with physical elements in real time. We can find many examples and applications on very diverse fields such as arts, education, medicine or engineering, among others. From augmentation based on the geographical location to 3D environment mapping and object registration, the potential of AR to adapt and add value to almost every aspect of our lives is extensive. Image based AR augments the reality by searching the world, over a live stream of video, for exact correspondences of pre configured images. Once such an image is found, any kind of digital element is rendered over the original video to make it appear as if it was part of the physical reality. This particular kind of augmentation has certain limitations in relation to the limited scalability of existing frameworks. Despite this it still provides significant value in the right application contexts.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Nahuel A. Mangiarua et al.

Real time face detection has been possible since the methods introduced by Viola and Jones back in 2001. In recent years, face recognition techniques have evolved with the use of deep convolutional neural networks. Such networks, as demonstrated by [26] [27] [24], can be trained to compute a single multi dimensional descriptor (also called embedding) for a given face with relative robustness to orientation and lightning changes. The integrating face recognition in the context of image based augmented reality for final users without relying on an online service is still a challenging problem, scarcely addressed by the most recent and popular AR libraries like ARCore [2], ARKit [3] or Vuforia [9].

Museum's guided tours, book augmentation or unauthorized person detection are a few concrete examples where a highly scalable image and face based AR framework is needed. The ability to work with thousands of targets in a straightforward and offline architecture enables for simpler and more extensive applications in collaborative augmented environments or even law and public health enforcement systems where network connectivity, latency or costs are a problem. On the other hand, applications like [14] would greatly benefit from the integration of both types of augmentation, allowing them to recognize a wide array of personal identification cards and also an individual's face given a limited context.

The rest of the paper is organized as follows: Section 2 presents the proposal of an integrated architecture of image and face based AR. Section 3 presents the parallelization of the tasks presented in the AR pipeline. Section 4 presents the comparison of different Approximate Nearest Neighbor algorithms necessary to achieve a proper level of scalability. Then Finally section 5 presents the conclusion and future work

2 Architectural proposal

2.1 Image Based AR pipeline

Image based AR usually relies on architectures that pair pipelines such as [20] and illustrated in figure 1 with some authoring tool like Aurasma [6], Aumentaty [5], Augment [4], Zappar [10] or our Virtual Catalogs System [13] among others. A user loads and configures a set of planar images in the authoring tool, associating digital elements that will be inserted as augmentations relative to each. The authoring tool then analyzes each image looking for points of interests (POI) that satisfy certain conditions that will make it able to be easily found again and correctly identified. For each such point the tool computes and stores at least one pseudo invariant descriptor using algorithms such as the popular SIFT [18] as well as ORB [25] or SURF [11].

To produce the effect of augmentation, a usually separate piece of software running on a mobile device captures a frame of a live video stream and searches for points of interest using the exact same algorithm as the authoring tool. The points generated are then described by the same algorithm and the resulting descriptors are matched against all the descriptors previously generated from

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

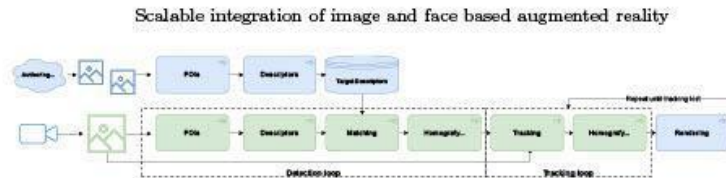


Fig. 1. Conceptual diagram of the image based AR pipeline. The rendering step lies outside of the scope of AR but is included for clarity.

the loaded images. After further refining a certain number of correct matches, they are used to compute a 3D transformation matrix needed to correctly overlay information over the live video. In order to create a credible and satisfying augmentation, this entire process needs to run on real time, while leaving enough headroom to actually process and render the digital content. Since the amount of descriptors increases with the number of loaded images, this task quickly becomes a bottleneck. The use of fast matching algorithms becomes a requirement to increase the scalability of such systems.

2.2 Face detection AR pipeline

New approaches to human face recognition make extensive use of deep convolutional neural networks which can process images with little to no preprocessing in less than a second. In particular, we find as appropriate candidates for an integration, networks trained with the triplet loss term [26]. These networks are trained to maximize the inter-class distance while, at the same time, minimize the intra-class distance to produce a multi dimensional descriptor for each individual that is robust to lightning conditions and small variations. They also ensure a minimum distance at which two or more descriptors belong to the same individual.

Using these techniques, face recognition can be achieved by finding the nearest neighbor of a descriptor in a pool of pre-computed ones generated with the help of the authoring tool. Our proposed pipeline in figure 2, also includes the ability to run biometric inference without hindering performance. These inference steps run asynchronously and in parallel to the main thread, implemented with a easily extensible pattern. But as expected, increasing the size of the pool of people able to be recognized by a system, increases the time required to find a single match.

Since the descriptors computed from points of interest used are not perfectly invariant and face descriptors for an individual lie within a given radius, a certain degree of change will always be present and thus exact matching algorithms are not an option. It is here where Approximate Nearest Neighbor (ANN) algorithms become an important choke point for achieving a satisfactory user experience while maintaining scalability.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Nahuel A. Mangiarua et al.

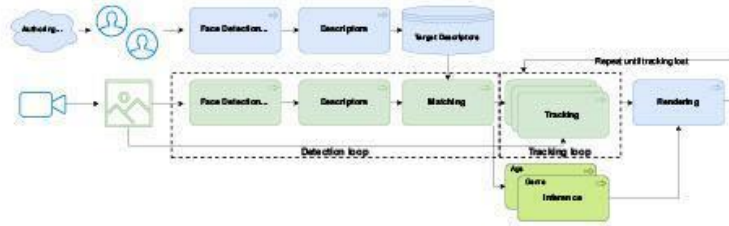


Fig. 2. Conceptual diagram of the face based AR pipeline. The information to infer is not limited to the examples present in the figure. Once again, the rendering step lies outside of the scope of AR but is included for clarity.

2.3 Image based and Face detection AR integration

When face recognition is approached using a pipeline as the one presented above, its similitude to an image based AR pipeline become clear. Such pipelines can be trivially integrated as shown in figure 3.

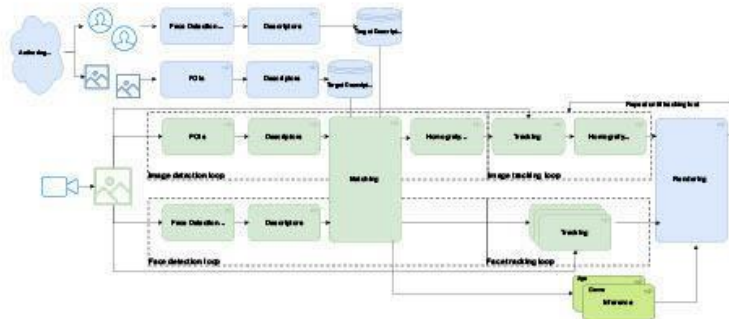


Fig. 3. Both image and face based pipelines integrated by the use of the same descriptor matcher algorithms.

By treating image descriptors and face descriptors the same, both pipelines can be joined at the matching step. Naturally, there's no reason to actually mix both kinds of descriptors in the same pool but algorithms and other data structures can be perfectly shared. With a satisfactory user experience in mind and given a frame of a live video stream, such a system needs to comply with an almost real time processing requirement, but several parts can be actually run in parallel on an async fashion.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Scalable integration of image and face based augmented reality

On the image processing side, the speed of the algorithms that find and describe the POIs mainly depend on the size of the input image. While working with higher resolution images can increase the precision, it is possible to find a reasonable level of compromise to keep their processing times fixed. Next, we find the already discussed matching step where processing time depends on the amount of descriptors with an upper bound of $N \times M$ where N is the number of points computed from the current frame and M is the total amount of points pre-computed from the images we want to augment. Further into the pipeline, the matched points have to be filtered and a transformation matrix is computed. These final steps depend solely on N , the amount of points computed from the current frame. Since this number can be fixed and very simple filtering techniques apply, their processing time is not a concern.

On the other side, the face augmentation pipeline has to first detect faces present in the current frame. Again, the processing time of these algorithms are usually dependent on the resolution of the image but since neural networks are trained with a fixed input size, we can consider them as constants. Likewise, the neural network used to describe a face runs in a constant time per face but we might have several faces to work with. Once in the matching step, complexity is again upper bounded by $N \times M$ where now N is the number of faces found in the current frame and M is the number of pre processed faces in the application. Finally, both pipelines rely on tracking algorithms to avoid recomputing every step when the point of view in the video stream remains mostly unchanged or changes but really slowly.

3 Parallelization of tasks over CPU cores

It would be tempting to run the image and the face pipelines in parallel using different threads, but actually, some feature detection and descriptor algorithms have multi-threaded implementations and most neural networks forward pass are optimized for multi-threaded execution. Furthermore, most ANN algorithms used for matching can be efficiently run using all CPU threads available like illustrated in figures 4 and 5. Since memory bandwidth is the usual bottleneck in workloads involving rather simple computations over big sets of data such as this, running several processes that use different data simultaneously will likely result in poorer performance than running them sequentially one after the other.

That being said, the main goal of an AR system is to provide a successful experience by achieving a credible augmentation of the physical reality. But the added running time of both pipelines would in itself be too long. An obvious alternative is to take advantage of the fact that humans don't usually move their heads very fast. This means we can expect very little change from frame to frame of the live video stream most of the time, with some eventual fast changes where the user's eyes won't be able to perceive the details anyway. Since the accuracy of tracking and detection would drop only very slightly if we skip a few of the similar frames, we can perform an interleaving of the pipelines loops, running only one or the other every frame. Even considering the interleaving of

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Nahuel A. Mangiarua et al.

the pipelines, we find crucial to relegate some tasks to run asynchronously in the background. Otherwise, their relatively long execution time would cause a noticeable reduction of the augmentation frames per second (FPS). As a widely known fact, less than 30 fps will result in a poor experience. In particular, even the state of the art face descriptor neural networks will take at least a couple hundred milliseconds to run on a desktop computer. Even worse, we can't control the amount of faces present in a video frame, rendering the execution time unpredictable and possibly hindering the user experience. By making the face recognition task run in the background, we can maintain a stable amount of FPS and offer the user feedback about the faces being detected while we wait for the recognition to complete.



Fig. 4. Conceptual diagram illustrating the relative time each step consumes for the image based loops and if they are sequential, multi-threaded or asynchronous process. The highlighted lane represents the main thread of the application.

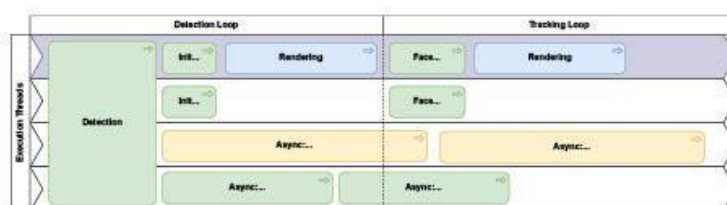


Fig. 5. Conceptual diagram illustrating the relative time each step consumes for the face based loops and if they are sequential, multi-threaded or asynchronous process. The highlighted lane represents the main thread of the application.

The figures 4 and 5 illustrate the ideal distribution of tasks over CPU cores. It is worth noting how each pipeline switches from a detection loop to a shorter, faster tracking loop after successfully detecting an augmentation target. On each case the highlighted lane represents the main thread of the application while multi-threaded tasks such as descriptor matching spread across lanes. Informa-

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Scalable integration of image and face based augmented reality

tion inference tasks, on the other hand, will keep running asynchronously in different threads, crossing the boundary between detection and tracking loops.

4 Comparative Analysis of Approximate Nearest Neighbour Algorithms

As already highlighted, the main bottleneck for both pipelines and thus, for the integrated architecture, lies in the descriptor matching step. Since they depend on the number of images to augment and the number of individuals to recognize, the selection of an ANN algorithm with highly sub linear complexity that maintains its accuracy becomes mandatory to achieve good scalability.

To augment an image, we need to match descriptors pre-computed from it against slightly distorted ones due to perspective and lightning changes present in a video frame. Our empirical tests for filtered matches using brute force showed around a 2% of distortion for SIFT features using euclidean distance and around 15% of distortion for ORB features using Hamming distance. In the same fashion, the descriptor of an individual generated by a recognition network trained with the triplet loss will lie within a circle of 0.6 radius, representing less than 1% of distortion from the average. As noted by [23] and [21] among others, it isn't unusual for ANN algorithms to perform better when queries have a true match, an extremely close element in the data set.

We select ANN algorithms with relative good performance on more general benchmarks and a freely available C++ implementation. In the following section we present a comparative analysis of: ANNG [15], ONNG [16], FLANN [22], HNSW [19] as implemented in [12], ANNOY [1] and KGRAPH [7].

4.1 Comparison Tests

In order to compare some of the best state of the art algorithms taking this particularities in consideration, we prepare a series of test queries based on the popular SIFT1M [17] data set. For the euclidean distance as used by SIFT and the face descriptors, we take a sample of 10000 elements from the SIFT1M train file and apply a 5% distortion by adding or subtracting a small random amount from each dimension, simulating the distortion naturally observed by these descriptor when subject to perspective and lightning changes in the image. In a similar matter, we apply a 15% of random bit flips to a sample of 10000 elements from the SIFT1M train file to use as queries with the Hamming distance.

In all cases the algorithms were wrapped under the DescriptorMatcher interface provided by OpenCV [8]. Time was measured directly over the call to the algorithms, bypassing any possible overhead introduced by the wrapping so test could be replicated without the need to any specific code. Tests were run single threaded in an Ubuntu Linux 19.10 PC equipped with an AMD Ryzen 5 1600X CPU (12Mb L3 cache) and 16Gb of RAM running at 2667Mhz with an approximate memory bandwidth of 20Gbps.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Nahuel A. Mangiarua et al.

4.2 Results and Metrics

Empirical complexity In figure 6 we can see the evolution of the execution time per test query when the data set increases its size. The trend observed when the data set grows is more important than the absolute execution time of each algorithm. An algorithm with good scalability must have a sub linear complexity. Stability and predictability are also desirable traits. For all tests, the parameters of the algorithms were auto-tuned when available or empirically selected as to offer the best speed over recall ratio, but avoiding going over 0.2 milliseconds per query whenever possible.

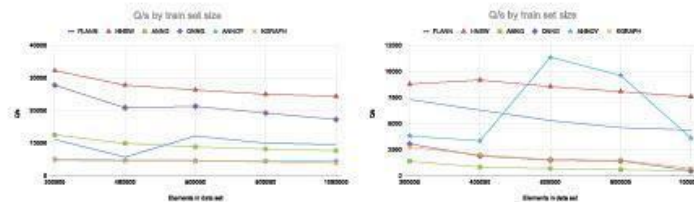


Fig. 6. Queries per second of each algorithm by the amount of elements in the train set for euclidean distance (left) and Hamming distance (right).

Algorithms with auto-tune functionalities and few explicit parameters exhibit a more erratic behavior, especially ANNOY and FLANN. It is important to note these fluctuations in execution time do not always reflect an equivalent increase or decrease in recall. While ANNG results in the more stable algorithm, it is beaten by others when also taking into account the achieved recall as we will discuss in the next paragraphs.

Stability of recall Another important aspect we need from a scalable algorithm is stability in its recall (proportion of correct matches) as the data set grows. In figure 7 we can appreciate the evolution of the recall for the first and the second nearest neighbors respectively. In general only the first two nearest neighbors (the two most similar pre-computed elements to the query element) are useful for image based AR applications.

Most algorithms achieve a certain degree of stability in their recall when the euclidean distance is used. We attribute this in part to the nature of the test queries created to represent AR workloads. On the other hand, when the Hamming distance is used, only ANNG, HSNW and ONNG remain stable. It is worth mentioning the unexpectedly low 2nd nearest neighbor recall obtained by FLANN and ANNOY. In the case of FLANN, we cross checked results between the latest official release available in Github against the implementation included with the latest OpenCV and the numbers were similar. As for the ANNOY

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Scalable integration of image and face based augmented reality

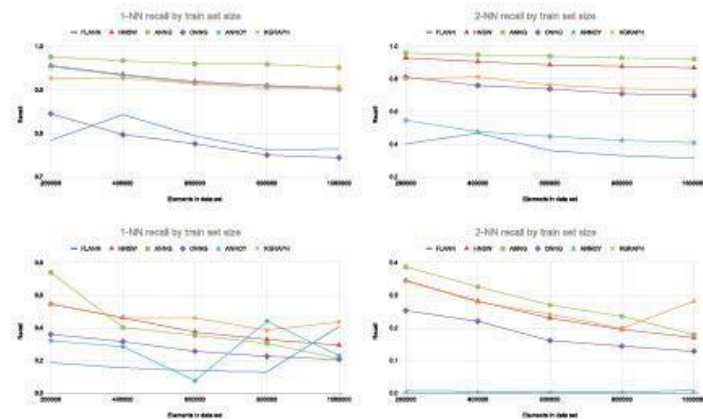


Fig. 7. Recall of the 1st (left) and 2nd (right) nearest neighbors for each algorithm by the size of the train set for the euclidean distance (top) and Hamming distance (bottom).

algorithm, we attribute this behavior to the fact the algorithm only performs axis aligned projections for this distance.

Performance and trade offs The natural trade off for any ANN algorithm is speed against recall and so all the algorithms tested offer at least one way to alter it. By changing the parameters we build a classic curve characterizing the trade off between speed and recall. For this test the whole SIFT1M data set was used as train set. Recall of the first and second nearest neighbors is measured together as the average rank distance between the nearest neighbors returned by each algorithm and the true ones.

In figure 8 we compare the queries per second by the average first and second nearest neighbor index offset of each algorithm. When using the euclidean distance metric HNSW offers considerable better performance at all reasonable offset levels. On the other hand when using the Hamming distance metric, HNSW achieves better performance than ONNG at an average offset of one but ONNG is capable of achieving significantly lower offsets, albeit at a severe decrease in speed. While several of the algorithms tested display good properties for these AR tuned test sets, we consider HNSW to offer the best balance between recall, stability and raw speed.

The entirety of the algorithms tested need to build some sort of index before being able to process queries. The actual data structure and the amount of processing required for the indices varies with each algorithm. In particular, the

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Nahuel A. Mangiarua et al.

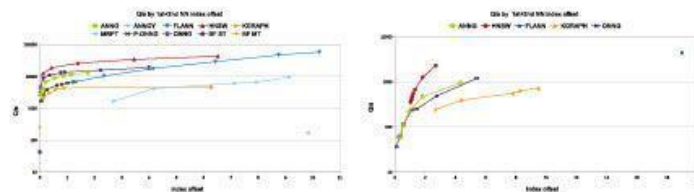


Fig. 8. Amount of queries per second by the index offset for the 1st and 2nd nearest neighbors. Left is euclidean distance while right is Hamming distance.

best performant algorithms such as HNSW require a long computation time to achieve the best speed versus recall ratios. Since this processing has to be done only once and is usually multi-threaded, we can offload the task to an authoring tool to take advantage of the powerful hardware available in the cloud.

5 Conclusion and Future Work

In this work we presented an architecture that integrates image and face based Augmented Reality over a single camera video stream in real time. By interleaving the face and image pipeline's detection and tracking loops while delegating other more demanding tasks as asynchronous processes the architecture is able to maintain a steady amount of frames per second. To achieve scalability over thousands of augmentation targets, we identify the descriptor matcher step shared by both pipelines as the bottleneck and study several state of the art approximate nearest neighbor algorithms to find the most appropriate ones to solve the problem. By integrating a high performant ANN algorithm such as HNSW, the proposed architecture is able to scale to more than double the augmentation targets than the allowed by other state of the art image based AR systems while also integrating face recognition and augmentation support.

Since the prototype implementation of this integration is currently targeting the x86 architecture, in the following months we will be working to make the necessary adjustments for a cross compilation to the ARM architecture that most mobile devices use. Additionally, an integration of the proposed architecture with [14] is already planned. Such integration will allow the resulting system to recognize a bystander by its face or id card in a limited environment while offering a hands free experience through the use of voice commands.

References

1. Annoy. <https://github.com/spotify/annoy> (Last accessed 2020)
2. Arcore. <https://developers.google.com/ar/> (Last accessed 2020)
3. Arkit. <https://developer.apple.com/augmented-reality/> (Last accessed 2020)

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Scalable integration of image and face based augmented reality

4. Augment. <https://www.augment.com> (Last accessed 2020)
5. Aumentaty. <http://www.aumentaty.com> (Last accessed 2020)
6. Aurasma. <https://www.aurasma.com> (Last accessed 2020)
7. Kgraph. <https://github.com/aaalgo/kgraph> (Last accessed 2020)
8. OpenCV. <https://opencv.org> (Last accessed 2020), <https://opencv.org/>
9. Vuforia. <https://developer.vuforia.com/> (Last accessed 2020)
10. Zappar. <https://www.zappar.com> (Last accessed 2020)
11. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Gool, L.V.: Speeded-up robust features (surf). *Computer Vision and Image Understanding* **110**(3), 346–359 (2008)
12. Boytsov, L., Naidan, B.: Engineering efficient and effective non-metric space library. In: *Similarity Search and Applications - 6th International Conference, SISAP 2013, A Coruña, Spain, October 2-4, 2013, Proceedings*. pp. 280–293 (2013). https://doi.org/10.1007/978-3-642-41062-8_28, https://doi.org/10.1007/978-3-642-41062-8_28
13. Ierache, J., Mangiarua, N., Bevacqua, S., Verdicchio, N., Becerra, M., Sanz, D., Sena, M., Ortiz, F., Duarte, N., Igarza, S.: Development of a catalogs system for augmented reality applications. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index* **9**(1), 1–7 (2015)
14. Ierache, J., Mangiarua, N., Verdicchio, N., Sanz, D., Montalvo, C., Petrolo, F., Igarza, S.: Augmented card system based on knowledge for medical emergency assistance. In: *2016 IEEE Congreso Argentino de Ciencias de La Informática y Desarrollos de Investigación*, pp. 1–3 (2016). <https://doi.org/10.1109/CACIDI.2016.7785979>
15. Iwasaki, M.: Proximity search in metric spaces using approximate k nearest neighbor graph (in japanese). *IPSP Trans. on Database* **3**(1), 18–28 (2010)
16. Iwasaki, M., Miyazaki, D.: Optimization of indexing based on k-nearest neighbor graph for proximity (2018)
17. Jégou, H., Douze, M., Schmid, C.: Product quantization for nearest neighbor search (2011)
18. Lowe, D.: Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision* **60**, 91– (11 2004). <https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>
19. Malkov, Y.A., Yashunin, D.A.: Efficient and robust approximate nearest neighbor search using hierarchical navigable small world graphs. *CoRR abs/1603.09320* (2016), <http://arxiv.org/abs/1603.09320>
20. Mangiarua, N., Ierache, J., Abasolo, M.J.: Implementation of an open source based augmented reality engine for cloud authoring frameworks. *Journal of Computer Science and Technology* **19**(2), e16 (Oct 2019). <https://doi.org/10.24215/16666038.19.e16>, <http://journal.info.unlp.edu.ar/JCST/article/view/1263>
21. Mikolajczyk, K., Matas, J.: Improving descriptors for fast tree matching by optimal linear projection. pp. 1–8 (11 2007). <https://doi.org/10.1109/ICCV.2007.4408871>
22. Muja, M., Lowe, D.G.: Fast approximate nearest neighbors with automatic algorithm configuration. In: *VISSAPP'09 (ed.) International Conference on Computer Vision Theory and Application*. pp. 331–340. INSTICC Press (2009)
23. Muja, M., Lowe, D.G.: Scalable nearest neighbor algorithms for high dimensional data. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* **36**(11), 2227–2240 (Nov 2014). <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2321376>
24. Parkhi, O.M., Vedaldi, A., Zisserman, A.: Deep face recognition. In: *BMVC* (2015)

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Nahuel A. Mangiarua et al.

25. Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., Bradski, G.: Orb: An efficient alternative to sift or surf. In: Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision. pp. 2564–2571. Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision, Washington, DC, USA (2011)
26. Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J.: Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. CoRR abs/1503.03832 (2015), <http://arxiv.org/abs/1503.03832>
27. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., Wolf, L.: Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In: 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2014, Columbus, OH, USA, June 23–28, 2014. pp. 1701–1708. IEEE Computer Society (2014). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.220>, <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.220>

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Framework para la generación de Procedimientos Semánticos aplicados a Navegadores de Realidad Aumentada

Martin Becerra ¹, Jorge Ierache ¹, Nahuel Mangiarua ¹, María José Abasolo ^{2,3},

¹Universidad Nacional de La Matanza, DIIT, Grupo de Realidad Aumentada Aplicada

Florencio Varela 1903, La Matanza, Buenos Aires, Argentina

{mabecerra, jierache, nmangiarua}@unlam.edu.ar

²Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática, III-LIDI

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As. CICPBA

mjabella@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

En este trabajo se enuncian la línea de investigación aplicada al desarrollo de un framework que permitirá a usuarios sin conocimientos específicos de programación, tener la capacidad de crear procedimientos o series de pasos a realizar en entornos físicos mediante el uso de navegadores de Realidad Aumentada. Se utilizarán tecnologías de la web semántica para enriquecer los procedimientos con información de la web y lograr una interoperabilidad semántica con otras aplicaciones mediante el uso de ontologías.

Palabras clave: Realidad Aumentada ubicua, Catálogo Virtual Aumentado, Ontologías, Web Semántica

Contexto

La investigación presentada es desarrollada por el grupo de investigación de Realidad Aumentada Aplicada del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, como trabajo de tesis doctoral que expande el marco del proyecto PROINCE C-231 2019-2020 Comandos de Voz y Reconocimiento Facial para Aplicaciones de Realidad Aumentada.

Introducción

La Realidad Aumentada (RA) permite la fusión de datos virtuales sobre el mundo físico, enriqueciendo con información virtual la

percepción de la realidad [1]. En los últimos años, la RA se ha expandido a diferentes campos de aplicación tales como educación, salud, industria, turismo, marketing y entretenimiento. Nuestro equipo de investigación desarrolló diferentes aplicaciones, como juegos de tablero [2],[3], herramientas para la generación de materiales didácticos para el área educativa [4] y juegos didácticos [5], o sistemas de aumentación de información de salud mediante una tarjeta aumentada basadas en conocimiento para la asistencia médica en emergencias [6],[7]. El proyecto de investigación aplicada se encuadra en el contexto de la aplicación de tecnologías de RA en la vida cotidiana de las personas que contribuye a la participación en el ámbito tecnológico generando así un impacto significativo en la sociedad.

En la actualidad existen diferentes navegadores de Realidad Aumentada (En inglés AR Browsers) populares en el mercado como LayAR[8], wiktitude[9] para proveer experiencias de Realidad Aumentada. Estas son limitadas ya que le permiten a un usuario consumir pasivamente un conjunto delimitado de funciones. Existen diferentes alternativas como ARCAMA3D [10], T. Matuszka et. al. [11] y SmartReality[12] que ofrecen una experiencia ubicua mediante la integración de tecnologías de web semántica para integrar información de la nube de datos interconectados (En inglés *Linked data Cloud*) para enriquecer las descripciones de puntos de interés cercanos a la posición de un usuario. Estas aplicaciones permiten crear contenidos, pero son consumidos

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



estáticamente. En otras palabras, solamente pueden ver descripciones sin poder realizar ninguna acción sobre las mismas. Resulta de utilidad que el usuario pueda definir un procedimiento como conjunto de acciones a realizar en un entorno enriquecido por la Realidad Aumentada.

En la próxima sección se describen las líneas de investigación de “Navegadores de Realidad Aumentada Semántico” y “Sistema de catálogos virtuales aumentados semánticos y templates” que tienen como finalidad crear procedimientos y marcadores de Realidad Aumentada que puedan ser reutilizadas por otras aplicaciones de RA. El objetivo es permitir la creación de fuentes de datos accionables e interoperables mediante el uso de tecnologías de web semántica para dirigirnos hacia una Realidad Ubicua en donde los datos son consumidos independientemente de la aplicación que los genere.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

La línea de investigación y desarrollo presentadas tienen por objetivo desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada en dirección a:

- Navegador de Realidad Aumentada Semántico.
- Sistema de Catálogos aumentados semánticos y templates.

Navegador de Realidad Aumentada Semántico

El objetivo de esta línea de investigación aplicada se centra en el desarrollo de herramientas que asistan a las personas en la realización de tareas en sus entornos físicos mediante el empleo de tecnologías de Realidad Aumentada como interfaz.

Nuestra contribución consiste en que los contenidos de Realidad Aumentada sean accionables mediante la asistencia paso a paso a

la persona mediante procedimientos enriquecidos con información de la web. Esta línea de investigación se puede aplicar en varios contextos que aplican tecnologías de Realidad Aumentada en especial en la industria 4.0 en la asistencia de tareas de trabajadores inteligentes.

El objetivo de esta línea de investigación aplicada se centra en el desarrollo de un framework que permitirá a usuarios sin conocimientos específicos de programación, tener la capacidad de crear procedimientos o series de pasos a realizar en entornos físicos para su explotación con navegadores de Realidad Aumentada. Se utilizarán tecnologías de la web semántica para enriquecer dichos procedimientos con información de la web y lograr que sean interoperables semánticamente. Esto permitirá la integración de datos de nuestro sistema a otras aplicaciones de Realidad Aumentada mediante el uso de la ontología resultado de nuestra investigación. Se espera que el framework disponga de un editor que le permita armar procedimientos a un usuario creador de contenidos para articular tareas en un entorno real como por ejemplo la creación de tareas que debe realizar un operador inteligente en su puesto de trabajo en el contexto de la industria 4.0.

Para la explotación de contenidos el prototipo dispondrá de un navegador de Realidad Aumentada semántico que permita al usuario buscar y utilizar dichos procedimientos. En una instancia preliminar el prototipo se implementará para teléfonos móviles. Se contemplará el desarrollo de una expansión del framework para que pueda ejecutarse con gafas (Epson Moveiro) y comandos de voz para agilizar su interacción.

Sistema de catálogos aumentados semánticos y templates

Se desarrolló el Sistema de Catálogos Virtuales Aumentados [13], [14] el cual permite

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



la generación, distribución y explotación de contenidos de Realidad Aumentada. Dichos catálogos están compuestos por un conjunto de marcadores que son aumentados con información provista por los usuarios al momento de su creación, la cual es visualizada utilizando una aplicación para teléfono inteligente conectada a internet. El sistema de catálogos virtuales permite predefinir la cantidad y tipos de contenidos asociados a cada marcador junto con sus transformaciones geométricas (posición, rotación, escala) y su orden de aparición en el editor.

En [15] se simplificó el flujo trabajo del usuario para construir y generar contenido aumentado sin la necesidad de tener que contar con conocimientos específicos del dominio de la RA mediante el uso de templates. En la línea presentada se busca extender el sistema de catálogo para estructurar el acceso a datos mediante el uso de ontologías que permita que el sistema sea interoperable semánticamente funcionando como un repositorio de datos universal para aquellas aplicaciones de Realidad Aumentada que puedan interpretar el modelo ontológico proporcionado.

Resultados y Objetivos

En relación con la línea de Navegador de Realidad Aumentada Semántico se está trabajando en el editor y en navegador de Realidad Aumentada semántico. Se espera que el usuario utilice diferentes métodos de entrada en el navegador que dispare la búsqueda de procedimientos a ser visualizados y completados en los diferentes visores semánticos aumentados:

- Realizar una búsqueda de texto para seleccionar manualmente procedimientos que se necesite utilizar.
- Consumir un catálogo virtual aumentado para descubrir procedimientos que se pueden realizar a partir de las entidades virtuales de ese catálogo.

- Buscar procedimientos por voz en particular en resulta útil con el empleo de gafas y cascos de Realidad Aumentada (ya que suele ser engorroso la operación con estas interfaces a partir de mecanismos de interacción convencionales).

- Detección el objeto a aumentar para poder obtener procedimientos e información (por ejemplo: el rostro o la foto de la tarjeta médica para asistir a una persona en situaciones de emergencia).

Para realizar la búsqueda de procedimientos el usuario utilizará alguno de los diferentes métodos de entrada ya mencionados. En la figura 1 se observa que una vez que se dispara alguno de ellos se procederá a buscar procedimientos comunicándose con un middleware semántico. Este middleware tiene las responsabilidades de almacenar los procedimientos creados, exponerlos públicamente mediante un endpoint SPARQL [16] para ser consumidos por otras aplicaciones.

Cada procedimiento almacenado está compuesto por pasos que puede involucrar entidades existentes de DBpedia [17] para enriquecer su descripción. Una vez que el middleware encuentra resultados en su base de datos, se procede a enviarlos hacia el visor de Realidad Aumentada correspondiente para su explotación por parte de los usuarios.

Además, el middleware a desarrollar proveerá una ontología que permitirá que nuestro sistema de catálogos virtuales aumentados [14], [15] pueda ser interoperable semánticamente con otros sistemas de Realidad Aumentada. El objetivo de esta ontología es brindar un modelo semántico para el acceso a datos unificado para aplicaciones de Realidad Aumentada. Ambas ontologías se conectarán para asociar procedimientos a catálogos virtuales aumentados.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

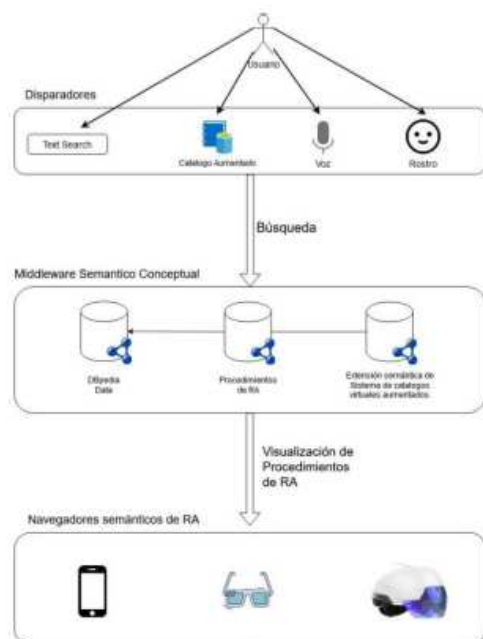


Figura 1 Esquema conceptual de la búsqueda de un procedimiento

En cuanto a la línea de Sistema de Catálogos aumentados semánticos y templates se trabajará en la ontología y el servicio web correspondiente para que el sistema sea una fuente de datos interoperable y accesible para otras aplicaciones de Realidad Aumentada.

Formación de Recursos Humanos

El grupo de investigación se encuentra conformado por tres investigadores formados y dos investigadores en formación, trabajando en el área de RA. Uno de los investigadores en formación se encuentra realizando el Doctorado en Ciencias Informáticas en la UNLP, particularmente en el área específica del presente trabajo. Durante el año 2020 se defendió la tesis de doctorado titulada “Integración escalable de Realidad Aumentada basada en imágenes y rostros” (Mangiarua Nahuel, 2020), [18] [19], que conforma una de las líneas de investigación

y desarrollo del Grupo de Realidad Aumentada.

Referencias

- [1] Yee C., Abásolo M. J., Más Sansó R. y Vénere M. (2011). “Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Interfaces avanzadas.” ISBN 978-950-34-0765-3.
- [2] Ierache J., Mangiarua N., Verdicchio N., Sanz D., Montalvo C., Petrolo F., Igarza S. (2015). “Sistema de Catálogo Virtual Aumentado. Integración de Framework Especializado orientado a juegos didácticos” TEYET, pp 350-356, ISBN 978-950-656-154-3.
- [3] Verdicchio N., Sanz D., Igarza S., Mangiarua N., Montalvo C., Ierache J. (2016) “Sistema de Catálogo Virtual Aumentado Integración de Framework Especializado Orientado a Juegos Didácticos”. TE&ET, pp 597-604, ISBN 978-987-3977-30-5.
- [4] Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Becerra M., Verdicchio N., Duarte N., Sanz D., Igarza S. (2014). “Herramienta de Realidad Aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TICs”. Revista Latinoamericana de Ing de Software,1(1): -3, ISSN 2314-2642.
- [5] Ierache J., Mangiarua N., Becerra M., Igarza S. Sposito O. Framework for the Development of Augmented Reality Applications Applied to Education Games. In: De Paolis L., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10850. Springer, Cham. p. 340-350.
- [6] Ierache N., Mangiarua N., Verdicchio D., Sanz D., Montalvo C., Petrolo F. and Igarza S., “Augmented. Card System Based on Knowledge for Medical Emergency Assistance”. IEEE Xplore ISBN 978-1-5090-2938-9 2016.
- [7] Ierache J., Verdicchio N., Duarte N.,

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Montalvo C., Petrolo F., Sanz D., Mangiarua N., Igarza S., "Augmented Reality Card System for Emergency Medical Services", IWBBIO 2016 Proceedings Extended abstracts 20 - 22 abril 2016 Granada (SPAIN), pp 487-494, ISBN 978-84-16478-75-0.

[8] LayAR. Disponible en <https://www.layar.com/>. Accedido febrero 2021.

[9] Wikitude. Disponible en <https://www.wikitude.com/>. Accedido febrero 2021.

[10] Aydin B., Gensel J., Genoud P. Extending Augmented Reality Mobile Application with Structured Knowledge from the LOD Cloud. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/278241470_Extending_Augmented_Reality_Mobile_Application_with_Structured_Knowledge_from_the_LOD_Cloud. Accedido febrero 2021.

[11] T. Matuszka et. al. The Design and Implementation of Semantic Web-Based Architecture for Augmented Reality Browser. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/280068074_The_Design_and_Implementation_of_Semantic_Web-Based_Architecture_for_Augmented_Reality_Browser. Accedido febrero 2021

[12] Nixon L., Grubert J. Reitmayr G. SmartReality: Integrating the Web into Augmented Reality. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/257207430_SmartReality_Integrating_the_Web_into_Augmented_Reality. Accedido en febrero 2021.

[13] Ierache J., Mangiarua N., Verdicchio N., Becerra M., Duarte N., Igarza S. (2014). "Sistema de Catálogo para la Asistencia a la Creación, Publicación, Gestión y Explotación de Contenidos Multimedia y Aplicaciones de Realidad Aumentada". CACIC 2014 Red UNCI ISBN 978-987-3806-05.

[14] Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. (2015). "Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications". World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 97, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892.

[15] Mangiarua, N., Ierache, J.S., Becerra, M.E., Maurice, H., Igarza, S., & Sposito, O. (2018). Templates Framework for the Augmented Catalog System. CACIC 2018 Red UNCI ISBN 978-3-030-20786-1.

[16] SPARQL. Disponible en <https://www.w3.org/TR/sparql11-overview/>. Accedido en febrero 2021

[17] DBpedia. Disponible en <https://www.dbpedia.org/>. Accedido en febrero 2021

[18] Mangiarua, Nahuel, Jorge Ierache, and María José Abasolo. "Scalable Integration of Image and Face Based Augmented Reality." In Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, edited by Lucio Tommaso De Paolis and Patrick Bourdot. Cham: Springer International Publishing, https://doi.org/10.1007/978-3-030-58465-8_18

[19] Mangiarua, Nahuel, Jorge Ierache, and María José Abasolo. "Implementation of an Open Source Based Augmented Reality Engine for Cloud Authoring Frameworks." Journal of Computer Science and Technology 19, no. 2 (October 2019): <https://doi.org/10.24215/16666038.19.e16>.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Towards Ubiquitous and Actionable Augmented Reality Browsers by using Semantic Web Technologies

Martín Becerra ¹[0000-0002-8084-5091], Jorge Ierache ¹[0000-0002-1772-9186] and María José Abasolo ^{2,3}[0000-0003-4441-3264]

¹ National University of La Matanza, Engineering Department, Applied Augmented Reality Team, 1754, San Justo, Buenos Aires, Argentina.

² National University of La Plata, School of Computer Sciences, III-LIDI, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Commission for Scientific Research of Buenos Aires., 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

{mabecerra, jierache}@unlam.edu.ar
mjabasolo@lidi.info.unlp.edu.ar

Abstract. In this paper we describe the preliminary results in the context of PhD thesis work which expands the PROINCE C231 2020-2021 project Voice Commands and Face Recognition for Augmented Reality applications. Our work aims to develop a framework to assist users to do their daily tasks through the creation and exploitation of reusable procedures for AR apps using the ontology of our research. In the second instance we aim to contribute to actionable and interoperable data sources using semantic web technologies where apps consume data regardless of the application that generates them. This paper will explain the basis of the experimental framework and the preliminary design of a web service called Semantic middleware that performs all the semantic operations necessary to make procedures interoperable with other third-party applications using Semantic Web technologies

Keywords: Augmented Reality, Semantic Web, Linked Data, Linked Data Cloud.

1 Introduction

Augmented Reality (AR) adds virtual elements to the real environment, enriching the perception of reality with virtual information [1]. In recent years, AR has expanded to different application fields such as education, healthcare, industry, tourism, marketing and entertainment. Currently there are several popular augmented reality browsers (AR Browsers) on the market such as LayAR[2], wiktitude[3] to provide augmented reality experiences. These are limited because they allow users to passively consume a delimited set of functions. Different alternatives were researched like ARCAMA3D [4], T. Matuszka et. al. [5] y SmartReality [6] which offer a ubiquitous experience through integration of semantic web technologies to add information from the Linked Data Cloud [7] to enrich the description of point of interest near the user position. Although these applications allow the creation of contents, they are consumed statically. In other words, they can only be applied to view descriptions without being able to perform any

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



2

action on them. However, it is useful for users to have a dynamic interaction with the contents available through the definition of procedures composed of a set of actions to be performed in an environment enriched by augmented reality. In this order the presented framework is positioned in the interception of the areas of Augmented Reality browsers, users, and ontologies (Semantic web) (Figure 1), providing a dynamic interaction (DI), through interoperable procedures about augmented objects using AR applications and semantic web technologies. These capabilities will impact in several areas in Industry 4.0 contexts, such as the creation of a sequence of tasks to be performed by an intelligent operator in his workstation in a Smart factory, in the augmentation of tasks to be done with an IoT equipment of the plant or in augmented home devices integrations as well.

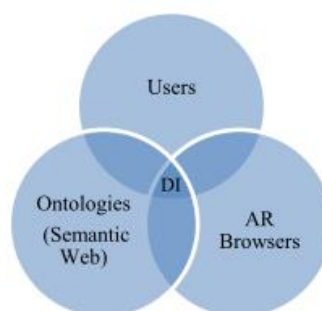


Fig. 1. Integration of knowledge areas

This paper will explain the basis of the experimental framework and the preliminary design of a web service called Semantic middleware that performs all the semantic operations necessary to make procedures interoperable with other third-party applications using Semantic Web technologies.

2 Framework

This work aims to develop a framework to assist users to do their daily tasks through the creation and exploitation of reusable procedures for AR apps, using the ontology of our research. Secondly, it is aimed to contribute to actionable and interoperable data sources using semantic web technologies where apps consume data regardless of the application that generates them [8]. The general architecture is divided in three parts: A Procedure editor, a semantic middleware, and an Augmented Reality Browser (Figure 2). The procedure editor will allow content creator users to create and edit procedures composed of a set of steps/actions to be performed in the physical environment, using augmented reality technologies. Each step can involve object manipulations, so the editor will allow to search and relate data about that objects from Liked data cloud if it is available. For this task data will be mainly fetched from DBpedia [9]. Semantic

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Procedure Editor will allow procedures to be associated to virtual catalogs thanks to the Semantic Augmented Catalog System service, through a semantic layer which will apply our ontology "Semantic Catalog System Extension Ontology". In Addition, the semantic editor of procedures will allow our augmented virtual catalog system [10] to be an interoperable data source with the framework proposed as a doctoral thesis work. The use of semantic technologies will allow other augmented reality applications to consume procedures and discover augmented virtual catalogs for integration and exploitation on their platform for their own purposes.

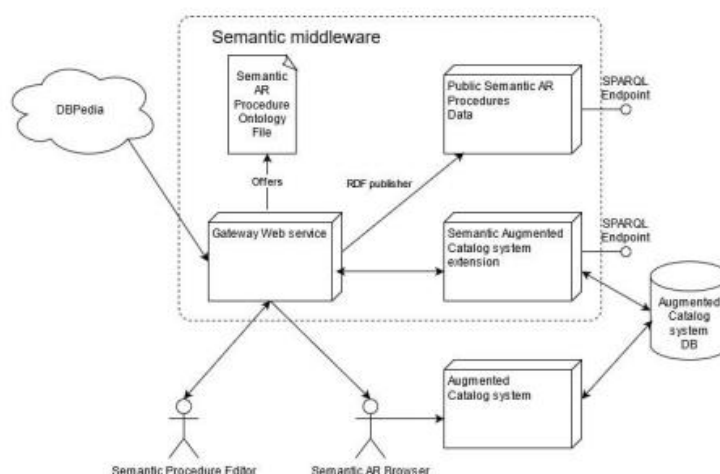


Fig. 2. Conceptual architecture of the framework

The semantic middleware is composed of a main web service called Gateway web service that has as main responsibilities to maintain the Semantic Augmented Reality Procedures ontology and to be the entry point of requests for the creation of procedures and search of procedures to be added by the augmented reality browsers. A RDF triplestore acts as a Public Semantic AR Procedures data service that is responsible for storing the procedures created and providing a SPARQL endpoint so that other applications can consume the data generated by the system. Finally, the Semantic Augmented Catalog System extension service that as mentioned above, works as the semantic layer of our augmented catalog system.

At the time of procedure creation, the gateway web service works as a mediator between the editor and the RDF triplestore (Public Semantic AR Procedures data service) to store the created procedures. In Figure 3 we can observe in a sequence diagram, when the Gateway web service receives the created procedure, applies the ontology from our research and redirects this structured data to the triplestore for its corresponding storage for later search and consumption by the augmented reality browsers.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



4

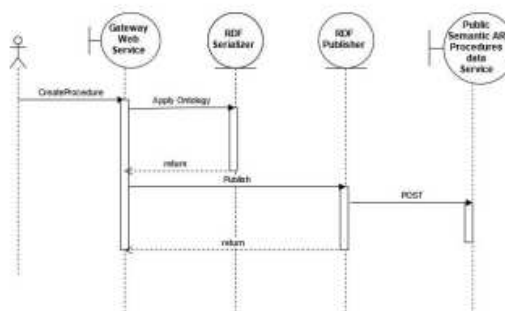


Fig. 3. Procedure creation sequence diagram

3 Conclusion

The present paper presents general architecture of the framework and the preliminary design of the semantic web service that will allow users to incorporate linked data in their daily actions through the use of augmented reality browsers in their real physical environment, allowing to generate specific procedures for the physical instruments to be augmented; this last capability concentrates the main contribution of this paper, allowing a new way to exploit the augmented content, where the user interacts dynamically through procedures that are interoperable with other augmented reality browsers using Semantic Web technologies.

References

1. Yee C., Abásolo M. J., Más Sansó R. y Vénere M. (2011). "Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas." ISBN 978-950-34-0765-3.
2. LayAR. <https://www.layar.com/>. Last accessed 2021/4/3.
3. Wikitude. <https://www.wikitude.com/>. Last accessed 2021/4/3.
4. Aydin B., Gensel J., Genoud P. Extending Augmented Reality Mobile Application with Structured Knowledge from the LOD Cloud. <https://tinyurl.com/3x87c6ss>. 2021/4/3.
5. Matuszka T. et. al. The Design and Implementation of Semantic Web-Based Architecture for Augmented Reality Browser. <https://tinyurl.com/nf5jxswx>. Last accessed 2021/4/3.
6. Nixon L., Grubert J., Reitmayr G. SmartReality: Integrating the Web into Augmented Reality. <https://tinyurl.com/46hzw8b9>. Last accessed 2021/4/3.
7. Linked Data Cloud. <https://lod-cloud.net/>. Last accessed 2021/4/3.
8. Vert S., Vasiu R. Integrating Linked Data in Mobile Augmented Reality Applications. <https://tinyurl.com/4uynbb95>. Last accessed 2021/4/3.
9. DBPedia. <https://www.dbpedia.org/>. Last accessed 2021/4/3.
10. Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. (2015). "Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications". Science Index 97, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Interoperable Dynamic Procedure interactions on Semantic Augmented Reality Browsers

Martín Becerra ¹[0000-0002-8084-5091], Jorge Ierache ¹[0000-0002-1772-9186] and María José Abasolo ^{2,3}[0000-0003-4441-3264]

¹ National University of La Matanza, Engineering Department, Applied Augmented Reality Team, 1754, San Justo, Buenos Aires, Argentina.

² National University of La Plata, School of Computer Sciences, III-LIDI, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Commission for Scientific Research of Buenos Aires., 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

{mabecerra, jierache}@unlam.edu.ar
mjabasolo@lidi.info.unlp.edu.ar

Abstract. This article presents a framework that aims to assist users in their daily tasks by creating and exploiting reusable procedures for semantic augmented reality browsers using the ontology of our research. The contribution aims to fill the gap in current semantic augmented reality browsers to allow users to interact dynamically with virtual content through the performance of procedures or sequence of steps in the real environment. These capabilities will have an impact in several areas, for example, in Industry 4.0 contexts, such as the creation of a sequence of tasks to be performed by an intelligent operator in a Smart factory or in the increase of tasks to be done with an IoT device/equipment in the plant, as well as its potential use in massive contexts such as the growth of IOT devices in augmented home contexts.

Keywords: Augmented Reality, AR Browsers, Semantic Web, Linked Data, Linked Data Cloud.

1 Introduction

Augmented reality (AR) allows to enrich the perception of reality with virtual information by merging virtual data with the physical environment [1]. In the last decade, AR has expanded to different fields of application such as tourism, entertainment, industry, health and marketing. Nowadays in the marketing application field, users have at their disposal augmented reality browsers such as LayAR[2] which grew in popularity under the premise of facilitating the creation of basic virtual content such as images, buttons to open web content to encourage product promotion by augmenting brochures, business cards and product packages. CamOnApp[3] is an application that allows the user with its AR browser to consume augmented reality content created by different advertising agencies using its Studio editor to augment different media, paper, objects.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Meanwhile, Wikitude[4] is considered a general purpose browser which has grown as a service to develop general purpose applications where the user passively consumes information provided by the creators of the applications.

Augmented reality browsers such as Layar and Wikitude have become a well-known way of delivering AR experiences. However, these can be seen as isolated silos of information, designed specifically for the application in which they have been generated.

Analyzing [5] the advantages of using semantic web technologies, the main one is the separation between models and applications, as well as others: the use of vocabulary to describe data, universal data access, thanks to the semantic interoperability achieved using a standardized base data model called RDF (Resource Description Framework) [6] and ontologies. An ontology is an explicit, formal specification of a shared conceptualization [7]. In this article, the term Semantic AR Browser is equivalent to Augmented Reality (AR) browsers that integrate linked data using semantic web technologies. In this line, different works can be mentioned for example, ARCAMA3D [8], T. Matuszka et. al. [9] and SmartReality [10], these are prototypes that particularly present virtual content about different points of interest (POI) geolocated in the real world, e.g., a user is near a POI uses this type of application that provides access to information of interest of this place, mainly extracted from the Linked Data Cloud [11]. However, the applications described above, although they allow the creation of contents, these are consumed in a passive and static way. The user only reads information of interest without being able to exploit it for any particular purpose. It is very useful for the user to be able to use these contents under a dynamic interaction, defined by a set of actions to be performed in an environment enriched by augmented reality technologies. In this order, a framework is presented as a result of the research that provides this dynamic interaction to users through semantic interoperable procedures applied to augmented objects through AR applications that use semantic web technologies. These capabilities will have an impact in several areas, for example, in Industry 4.0 contexts, such as the creation of a sequence of tasks to be performed by an intelligent operator in a Smart factory or in the increase of tasks to be done with an IoT device/equipment in the plant, as well as its potential use in mass contexts such as the growth of IOT devices in augmented home contexts.

This paper presents the architecture of the experimental framework, the overview of the ontology product of our research and the implementation of two of the three components, the augmented reality browser and the web service that we call Semantic middleware (section 2). This service performs all the semantic operations necessary for the procedures to be interoperable with other third-party applications that use semantic web technologies. In section 3, one of the application cases where the proposed framework could be used will be described. In section 4, a discussion is made comparing the contribution made so far by other proposals and emphasizing the features that distinguish our AR browser. In section 5 the conclusions and future lines of research are presented.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



2 Framework

2.1 Architecture

The proposed framework aims to assist users in their tasks by creating and exploiting procedures that can be reused by other AR applications which implements semantic web technologies. The general architecture is composed of three parts (Figure 1) a semantic middleware, which represents a set of services which maintains the Semantic AR Procedure Ontology, receives http requests from the different parts of the system and manages the RDF triplestore to store the published procedures. The procedures are created using an editor called Semantic Procedure Editor and an augmented reality browser is used to exploit the created contents.

Two flows were designed in the proposed framework. The content creator user performs the creation flow (CF) using the Semantic Procedure editor to create a procedure, adding the steps to be performed in its physical environment. Relevant information can be associated to each of these steps to be shown at the moment they are performed. Once this edition is finished, it is uploaded through an http request (Operation CF 1 Fig. 1) to the Gateway web which publishes the procedure (Operation CF 2 Fig. 1) in the Public Semantic AR Procedure RDF Triple store so that it is ready to be consumed by other applications through a SPARQL [12] endpoint. The user of the augmented reality browser of the proposed framework performs the content exploitation (EF) flow, starting with a search of previously created procedures (Operation EF 1 Fig. 1) to select and download the one they want to consume (Operation EF 2 Fig. 1), once their data is obtained, they perform the step-by-step as guided by the augmented reality browser.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



sent with its Rio Writer subcomponent when a procedure and its steps are published. When users search for procedures, this same library is used to parse the response from the Anzograph [19] triplestore to RDF JSON for transmission to the augmented reality browser.

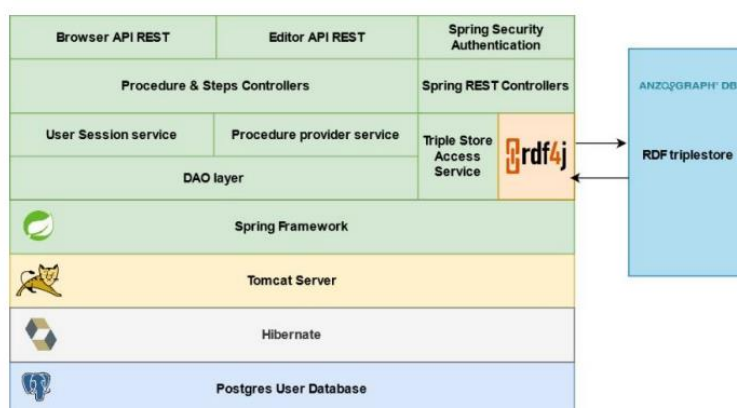


Fig. 2. Semantic Middleware layers.

In this order, the basic ontology will be presented, allowing the interoperability of augmented web browsers.

2.3 Semantic AR Procedure Ontology basic schema

The proposed framework uses a basic ontology called Semantic AR Procedure Ontology to be used by the Gateway service (Figure 1) to structure the procedures to be published in the RDF triple store for consumption. This ontology can be visualized in Figure 3, where users have a username and a profile image to have visibility as an author at the moment of consuming a procedure. The procedure has the properties title and description to indicate what it is about and the first step that will start the sequence. Each step has the properties title and description, which will have the corresponding instruction to follow when it is enabled. The sequence of steps of the procedure is expressed as a double linked list with the properties nextStep and previousStep in which each one indicates the previous and next step until the last one is reached. The chosen scheme allows an easy creation and edition of the chain of steps. Finally, external entities can be linked using the relatedEntity property. These entities can allude to real objects or instruments involved in the instruction described in the step or entities from other data sources, e.g. DBPedia[20].

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

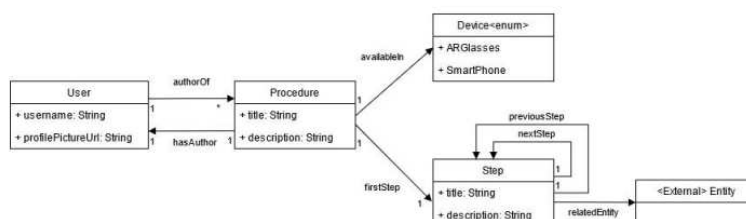


Fig. 3. Semantic AR Procedure Ontology basic schema.

2.4 Semantic Augmented Reality Browser Implementation

The Augmented Reality Browser allows users to search for procedures and their exploitation through augmented reality technologies. This prototype was implemented by using Unity3D [21] and Vuforia [22] as Augmented Reality SDK to present virtual contents on physical markers. For the design of the system, we chose the architecture MVC to define the different components of the augmented reality browser. The components the Browser Controller and Search Controller perform the fine-grained operations using tasks classes. They encapsulate the details of the operations, so the controllers are only responsible for their invocation and configuration of the view components. The next subsections will explain the functionalities that strongly contribute to achieve a dynamic interaction with AR contents to integrate them in their daily tasks. In this order, Procedure search by text, selection of procedures to perform, and the advance of steps of the selected procedure with the classes involved in each of these cases will be described.

Procedure search by text

This Procedure Search scenario involves objects instances from the classes in the diagram shown in Figure 4, Search View represents the search bar which receives the writing events and triggers the procedure search event when the user performs any of these actions. Search Controller has the logic to receive the different actions and execute the Search Procedure Task to make the http request to request procedures to the Gateway service of the Semantic middleware (Figure 1) using the Network Layer.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

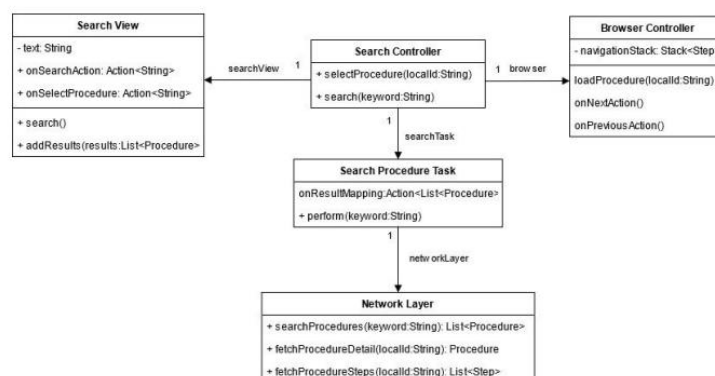


Fig. 4. Diagram of classes involved in the procedure search.

In this order, it will be described the sequence of events presented in Figure 5, once the user types in the search textfield, he presses the search button to trigger the initial search event that is received by the search view. Once received, the onSearchAction message is sent so that the search controller executes the Search Procedure Task to communicate with the Gateway service (Figure 1) to find procedures whose titles match the keywords sent through the Network Layer. The gateway service receives this request and provides the browser with the requested procedures to be loaded in the Search View results.

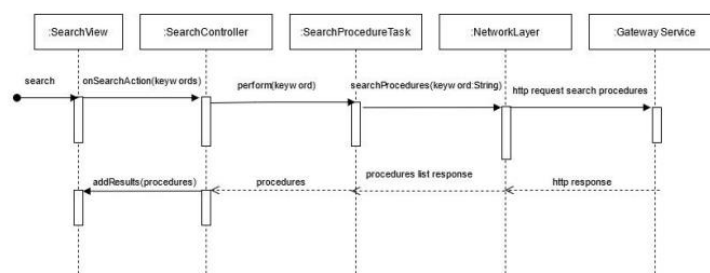


Fig. 5. Procedure search sequence diagram.

The next section will detail the interaction when selecting a procedure to perform.

Selection of procedure to perform

This Procedure Search scenario involves object instances from the classes in the diagram shown in figure 6. The Search View class receives the procedure selection event, Search Controller sends the selection action to the Browser Controller. This performs

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



the tasks of searching for procedure detail and steps to be loaded in the AR browser, by using the Fetch Procedure Detail Task and Fetch Steps Task classes. The Network Layer is used to communicate with the Gateway service (Figure 1) of the Semantic middleware.

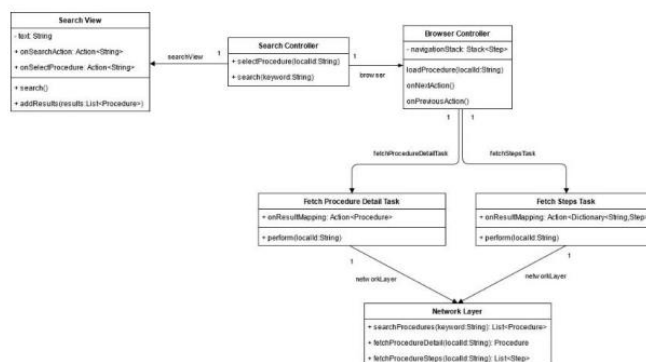


Fig. 6. Diagram of classes involved in the procedure selection.

In this order, the sequence of events presented in figure 7 will be described, where the steps are triggered by the initial event "select result". This scenario occurs when the user selects a procedure resulting from the search previously performed. Once the initial event is triggered, it is received by the Search View that will trigger the execution of the onSelectResult action. This action will allow the Search controller to send the id of the procedure to be loaded to the Browser controller. Once the procedure identifier is received, the FetchProcedureDetailTask and FetchStepsTask tasks are executed to request the detail and the steps associated with the procedure to the Gateway Service of the Semantic middleware (Figure 1) using the NetworkLayer. When the response from the web service is received, it will be loaded on the browser screen.

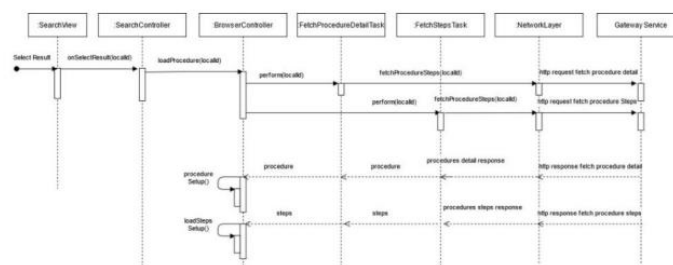


Fig. 7. Procedure selection sequence diagram

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Selected procedure step advance

In this scenario, the user advances steps in the procedure, so this interaction has the classes shown in Figure 8. The ProcedureListView class allows user to visualize the progress and has the forward and previous step buttons. The Browser Controller coordinates the general operation of the navigation of steps using a stack to maintain the state of the navigated steps. The top of the stack is the current step which the user is performing.

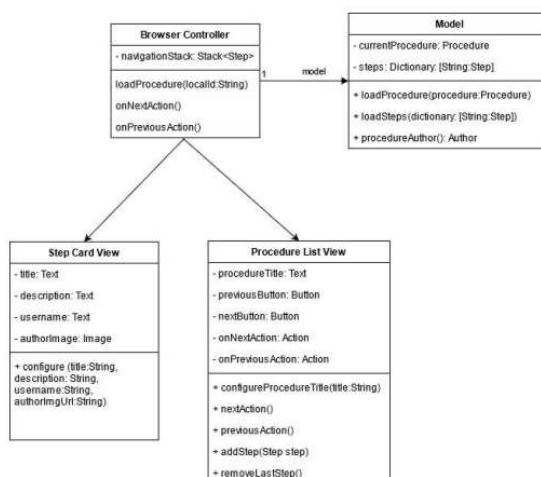


Fig. 8. Diagram of classes involved in the step advance of the selected procedure.

In this order, the interaction of the sequence diagram in Figure 9 will be described, which is initiated when the user presses the button to advance one step of the loaded procedure. Once the ProcedureListView receives the initial forward event, it proceeds to perform onNextAction, so the Browser Controller looks for the local ID of the next step indicated in the current top-of-stack step. The Browser controller tells ProcedureListView to check the current step as finished and with the id of the next step it uses it as a key to obtain the object that represents it from the step dictionary. Once obtained, the Browser Controller proceeds to push it on the stack to maintain the state of the current navigation. Once this is done, it proceeds to load the step in ProcedureListView and in the StepCardView to show the name and description of the step.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

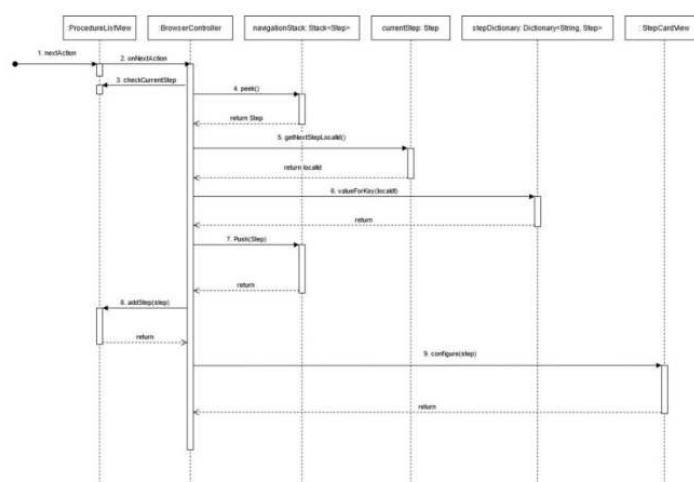


Fig. 9. Step advance of the selected procedure sequence diagram.

2.5 Augmented Catalog system integration

The proposed framework needs to incorporate augmented virtual contents appropriately organized for their consumption in the procedures generated by using the Semantic Procedure Editor. For this purpose, an authoring tool called Augmented Virtual Catalog System [23], [24] allows the generation and exploitation of Augmented Reality content. Some works are currently being performed to extend this catalog system (Figure 1) to structure the access to data by using ontologies that allow the system to be semantically interoperable so that it works as a universal data repository for the proposed framework. The catalogs created with this tool are composed of a set of markers that are augmented with information provided by users at the time of their creation, which is visualized using a smartphone application connected to the internet. The virtual catalog system allows the creation of virtual content such as text, images, audio and 3D models for each marker along with their geometric transformations (position, rotation, scale) and their order of appearance in the editor.

In [25], the user workflow was simplified to build and generate augmented content without the need for specific AR domain knowledge by using templates, which provides great flexibility to generate AR content for the proposed framework.

3 Application case

In this application case a user wants to follow a cooking recipe. This example wants to illustrate the framework Exploitation flow for procedures created with the semantic

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



procedure editor, triggered by object detection. Figure 10 simulates the search for recipes by detecting one of the instruments, e.g., a grill that can be found in a kitchen.



Fig. 10. Cooking instrument to be detected to start the search for procedures

Once the instrument is detected, the AR browser will trigger the search for procedures that have the searched entity in any of their steps. The Semantic web technologies make it easy to search for related entities, since the knowledge representation is a directed graph (a set of nodes interconnected by directed edges), so it explores the related Entity property of the Procedure Steps (see ontology section 2.3) to retrieve it. Figure 11 shows the procedures found so that the user can select the one he wants to do.



Fig. 11. Procedures that have the cooking element associated in one of their steps.

Once the user selects one of the results obtained (Spicy Grilled chicken breasts), the procedure is loaded as shown in figure 12. The user observes on the left the loaded procedure and its progress. At that moment he is in the first step where in order to advance he has to follow the instructions shown in the box in the lower right corner.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Once this is done, the user selects the next button to advance to the next steps. At each step, a green check is made to indicate that the step has been completed.

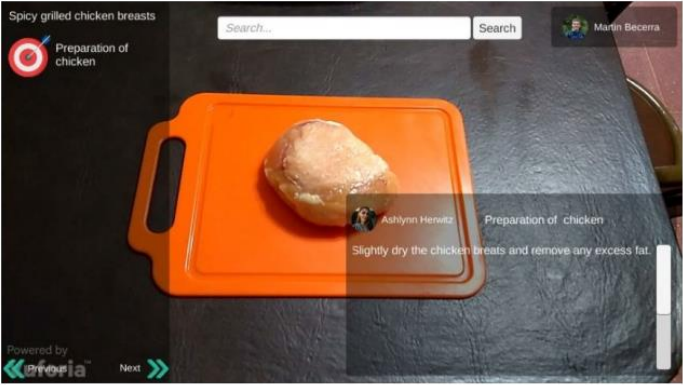


Fig. 12. First step of the cooking recipe

Once the user makes a progress through the steps, this one will be displayed in the left panel as shown in figure 13.

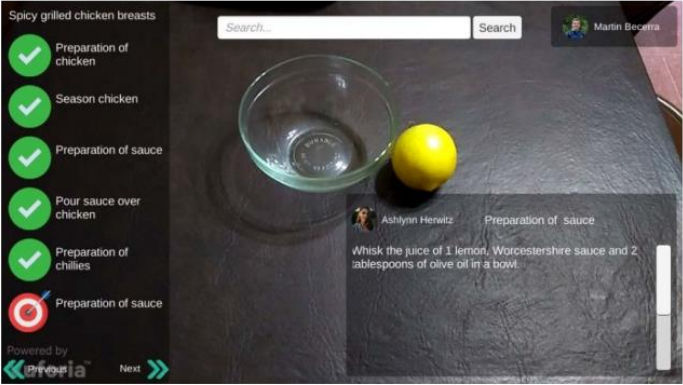


Fig. 13. Visualization of the Procedure progress.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



4 Discussion

This article cites Layar [2] and Wikitude[4] and CamOnApp[3] as augmented reality browsers which cannot integrate external information sources. Different augmented reality browser proposals emerged that integrate semantic web technologies to achieve the integration of different information sources to be used in their prototype, which are ARCAMA3D [8], T. Matuszka et. al. [9] and SmartReality [10]. Table 1 shows the features evaluated in each of them in terms of the capabilities that an augmented reality browser can offer. In this order, the evaluated aspects will be explained: (a) Knowledge (Kn) that a user needs to operate the prototype, this aspect can be general or specific, (b) Readable content indicates that they are applications that offer the user the possibility to visualize descriptions of entities, (c) Editable content refers to applications that allow users to create content, together with the reading feature indicates that the application allows to exploit and edit virtual contents (d) Interactive content refers to the ability that the user can perform actions with the content, in all proposals are basic actions such as sharing content, opening URLs in traditional browsers or playing videos within the application, e) Interoperable Content indicates that the applications apply semantic web technologies to share application models, integrate data from different sources and share the data generated. f) Dynamic Procedural Interactions, so far none of the applications mentioned above provide dynamic procedural interactions. Our architecture brings this capability to semantic augmented reality browsers, where the user integrates these virtual contents in the routines of their daily tasks.

Table 1. Summary of state of the art proposals and our particular contribution.

Projects	a) Kn.	b)Read.	c)Edit.	d)Interact.	e)Interop.	f)Proc.
Layar	General	X	-	X	-	-
Wikitude	General	X	-	X	-	-
CamOnApp	General	X	-	X	-	-
Arcama 3D	General	X	X	-	X	-
T. Matuszka et. al.	General	X	X	-	X	-
Smart Reality	General	X	-	-	X	-
Framework	General	X	X	X	X	X
Propuesto	General	X	X	X	X	X

Works are being performed on presenting metrics that are useful for measuring the viability of the architecture. This paper focuses on the current development of the architecture that allows the addition of dynamic interaction through procedures that seek to contribute to the direction of semantic augmented reality browsers. The results obtained are encouraging.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



5 Conclusions and future lines of research

This article presents the architecture of the proposed framework which allows user to interact dynamically with virtual content in real environments through a semantic augmented reality browser. The implementation of the key actors of the proposed framework are presented, the semantic middleware which receives data requests, structures procedures by using the ontology of our research and coordinates the publication of procedure in the RDF triplestore and the semantic augmented reality browser allows users to exploit virtual contents and procedures. Then, an application case is exemplified where it is useful to have procedures to perform tasks in the daily life of users. Finally, the capabilities offered by state of the art prototypes are evaluated and it is emphasized the main contribution of the proposed framework, the ability to allow users to interact dynamically with augmented reality content. The future lines of research are the integration of the virtual catalog system as a data repository for augmented reality applications by using a semantic layer to the current system and the proposed framework adaptation for augmented reality glasses.

6 Acknowledgements

This research was funded by PROINCE C231. We would like to thank the Engineering and Technological Research Department (DIIT - Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas) of UNLaM for supporting research.

References

1. Yee C., Abásolo M. J., Más Sansó R. y Vénere M. (2011). "Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas." ISBN 978-950-34-0765-3.
2. LayAR. <https://www.layar.com/>. Last accessed 2021/5/2.
3. CamOnApp. <https://camonapp.com/>. Last accessed 2021/5/2.
4. Wikitude. <https://www.wikitude.com/>. Last accessed 2021/5/2.
5. Vert, Silviu & Vaslu, Radu. (2014). Integrating Linked Data in Mobile Augmented Reality Applications. Accessible en <https://tinyurl.com/5ebe577s>, last accessed 2021/5/2.
6. Resource Description Framework (RDF). <https://tinyurl.com/2ch64tu7>, last accessed 2021/5/2.
7. Gruber T. "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition, 5(2): 199-220, 1993.
8. Aydin B., Gensel J., Genoud P. Extending Augmented Reality Mobile Application with Structured Knowledge from the LOD Cloud. <https://tinyurl.com/3x87c6ss>. Last accessed 2021/5/2.
9. Matuszka T. et. al. The Design and Implementation of Semantic Web-Based Architecture for Augmented Reality Browser. <https://tinyurl.com/nf5jxswx>. Last accessed 2021/5/2.
10. Nixon L., Grubert J. Reitmayr G. SmartReality: Integrating the Web into Augmented Reality. <https://tinyurl.com/46hzw8b9>. Last accessed 2021/5/2.
11. Linked Data Cloud. <https://lod-cloud.net/>. Last accessed 2021/5/2.
12. SPARQL. <https://tinyurl.com/2fstac94>. Last accessed 2021/5/2.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



13. Postgres. <https://tinyurl.com/35z2euyz>. Last accessed 2021/5/2.
14. Hibernate. <https://tinyurl.com/94wy58n4>. Last accessed 2021/5/2.
15. Java. <https://tinyurl.com/f8kp2b4w>. Last accessed 2021/5/2.
16. Spring Framework. <https://spring.io/>. Last accessed 2021/5/2.
17. Tomcat. <https://tomcat.apache.org/>. Last accessed 2021/5/2.
18. RDF4j. <https://rdf4j.org/>. Last accessed 2021/5/2.
19. AnzoGraph. <https://tinyurl.com/t9asru6f>. Last accessed 2021/5/2.
20. DBPedia. <https://www.dbpedia.org/>. Last accessed 2021/5/2.
21. Unity3D. <https://unity.com/>. Last accessed 2021/5/2.
22. Vuuforia. <https://www.ptc.com/en/products/vuforia>. Last accessed 2021/5/2.
23. Ierache J., Mangiarua N., Verdicchio N., Becerra M., Duarte N., Igarza S. (2014). "Sistema de Catálogo para la Asistencia a la Creación, Publicación, Gestión y Explotación de Contenidos Multimedia y Aplicaciones de Realidad Aumentada". CACIC 2014 Red UNCI ISBN 978-987-3806-05.
24. Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. (2015). "Development of a Catalogs System for Augmented Reality Applications". World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 97, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control, and Information Engineering, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892.
25. Mangiarua, N., Ierache, J.S., Becerra, M.E., Maurice, H., Igarza, S., & Spositto, O. (2018). Templates Framework for the Augmented Catalog System. CACIC 2018 Red UNCI ISBN 978-3-030-20786-1.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



H. **Certificados**

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Se certifica que **JORGE IERACHE (UNLAM)** ha participado en calidad de autor del artículo **AVANCES EN LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DOCTORAL: INTEGRACIÓN ESCALABLE DE REALIDAD AUMENTADA BASADA EN IMAGENES Y ROSTROS (12728 - CGIV)** aceptado en el XXII WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2020, organizado por la Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Junio 2020.



CERTIFICADO N° 908 /2020 /UNPA


Lic. Patricia Pesado
Coordinadora
RedUNCI


Ing. Hugo Santos, ROJAS
Rector
UNPA



Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Se certifica que **NAHUEL ADIEL MANGIARUA (UNLAM)** ha participado en calidad de autor del artículo **AVANCES EN LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DOCTORAL: INTEGRACIÓN ESCALABLE DE REALIDAD AUMENTADA BASADA EN IMAGENES Y ROSTROS (12728 - CGIV)** aceptado en el XXII WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2020, organizado por la Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Junio 2020.



CERTIFICADO N° 907 /2020 /UNPA


Lic. Patricia Pesado
Coordinadora
RedUNCI


Ing. Hugo Santos, ROJAS
Rector
UNPA



Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Scalable Integration of Image and Face Based Augmented Reality

International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics

AVR 2020: Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics pp 232-242 | Cite as

- Nahuel A. Mangiarua (1) Email author (nmangiarua@unlam.edu.ar) View author's OrcID profile (View OrcID profile)
- Jorge S. Ierache (1) View author's OrcID profile (View OrcID profile)
- María J. Abásolo (2) (3) View author's OrcID profile (View OrcID profile)

1. National University of La Matanza, , San Justo, Argentina

2. National University of La Plata, , La Plata, Argentina

3. CICPBA Scientific Research Commission of the Buenos Aires Province, , La Plata, Argentina

Conference paper

First Online: 31 August 2020

- 349 Downloads

Part of the [Lecture Notes in Computer Science](#) book series (LNCS, volume 12242)

Abstract

In this paper we present a scalable architecture that integrates image based augmented reality (AR) with face recognition and augmentation over a single camera video stream. To achieve the real time performance required and ensure a proper level of scalability, the proposed solution makes use of two different approaches. First, we identify that the main bottleneck of the integrated process is the feature descriptor matching step. Taking into account the particularities of this task in the context of AR, we perform a comparison of different well known Approximate Nearest Neighbour search algorithms. After the empirical evaluation of several performance metrics we conclude that HNSW is the best candidate. The second approach consists on delegating other demanding tasks such as face descriptor computation as asynchronous processes, taking advantage of multi-core processors.

Keywords

Augmented Reality Face recognition Approximate Nearest Neighbor Search Scalability

This is a preview of subscription content, [log in](#) to check access.

References

1. Annoy. <https://github.com/spotify/annoy> (<https://github.com/spotify/annoy>). Accessed 2020
2. Arcore. <https://developers.google.com/ar/> (<https://developers.google.com/ar/>). Accessed 2020
3. ARKit. <https://developer.apple.com/augmented-reality/> (<https://developer.apple.com/augmented-reality/>). Accessed 2020
4. Augment. <https://www.augment.com> (<https://www.augment.com>). Accessed 2020
5. Aumentaty. <http://www.aumentaty.com> (<http://www.aumentaty.com>). Accessed 2020
6. Aurasma. <https://www.aurasma.com> (<https://www.aurasma.com>). Accessed 2020

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



7. Kgraph. <https://github.com/aaalgo/kgraph> (<https://github.com/aaalgo/kgraph>). Accessed 2020
8. Opencv. <https://opencv.org> (<https://opencv.org>). Accessed 2020
9. Vuforia. <https://developer.vuforia.com/> (<https://developer.vuforia.com/>). Accessed 2020
10. Zappar. <https://www.zappar.com> (<https://www.zappar.com>). Accessed 2020
11. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Gool, L.V.: Speeded-up robust features (SURF). *Comput. Vis. Image Underst.* **110**(3), 346–359 (2008)
[CrossRef](https://doi.org/10.1016/j.cviu.2007.09.014) (<https://doi.org/10.1016/j.cviu.2007.09.014>)
[Google Scholar](http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Speeded-up%20robust%20features%20%28SURF%29&author=H.%20Bay&author=A.%20Ess&author=T.%20Tuytelaars&author=L.V.%20Gool&journal=Comput.%20Vis.%20Image%20Underst.&volume=110&issue=3&pages=346-359&publication_year=2008) (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Speeded-up%20robust%20features%20%28SURF%29&author=H.%20Bay&author=A.%20Ess&author=T.%20Tuytelaars&author=L.V.%20Gool&journal=Comput.%20Vis.%20Image%20Underst.&volume=110&issue=3&pages=346-359&publication_year=2008)
12. Boytsov, L., Naidan, B.: Engineering efficient and effective non-metric space library. In: Brisaboa, N., Pedreira, O., Zezula, P. (eds.) *SISAP 2013. LNCS*, vol. 8199, pp. 280–293. Springer, Heidelberg (2013). https://doi.org/10.1007/978-3-642-41062-8_28
[CrossRef](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41062-8_28) (https://doi.org/10.1007/978-3-642-41062-8_28)
[Google Scholar](http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Engineering%20efficient%20and%20effective%20non-metric%20space%20library&author=L.%20Boytsov&author=B.%20Naidan&pages=280-293&publication_year=2013) (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Engineering%20efficient%20and%20effective%20non-metric%20space%20library&author=L.%20Boytsov&author=B.%20Naidan&pages=280-293&publication_year=2013)
13. Ierache, J., et al.: Development of a catalogs system for augmented reality applications. *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. Sci. Index* **9**(1), 1–7 (2015)
[Google Scholar](http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Development%20of%20a%20catalogs%20system%20for%20augmented%20reality%20applications&author=J.%20Ierache&journal=World%20Acad.%20Sci.%20Eng.%20Technol.%20Int.%20Sci.%20Index&volume=9&issue=1&pages=1-7&publication_year=2015) (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Development%20of%20a%20catalogs%20system%20for%20augmented%20reality%20applications&author=J.%20Ierache&journal=World%20Acad.%20Sci.%20Eng.%20Technol.%20Int.%20Sci.%20Index&volume=9&issue=1&pages=1-7&publication_year=2015)
14. Ierache, J., et al.: Augmented card system based on knowledge for medical emergency assistance. In: 2016 IEEE Congreso Argentino de Ciencias de La Informática y Desarrollos de Investigación, pp. 1–3 (2016). <https://doi.org/10.1109/CACIDI.2016.7785979>
<https://doi.org/10.1109/CACIDI.2016.7785979>
15. Iwasaki, M.: Proximity search in metric spaces using approximate k nearest neighbor graph. *IPSJ Trans. Database* **3**(1), 18–28 (2010). (in Japanese)
[Google Scholar](http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Proximity%20search%20in%20metric%20spaces%20using%20approximate%20k%20nearest%20neighbor%20graph&author=M.%20Iwasaki&journal=IPSJ%20Trans.%20Database&volume=3&issue=1&pages=18-28&publication_year=2010) (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Proximity%20search%20in%20metric%20spaces%20using%20approximate%20k%20nearest%20neighbor%20graph&author=M.%20Iwasaki&journal=IPSJ%20Trans.%20Database&volume=3&issue=1&pages=18-28&publication_year=2010)
16. Iwasaki, M., Miyazaki, D.: Optimization of indexing based on k-nearest neighbor graph for proximity (2018)
[Google Scholar](https://scholar.google.com/scholar?q=Iwasaki%2C%20M.%2C%20Miyazaki%2C%20D.%3A%20Optimization%20of%20indexing%20based%20on%20k-nearest%20neighbor%20graph%20for%20proximity%20%282018%29) (<https://scholar.google.com/scholar?q=Iwasaki%2C%20M.%2C%20Miyazaki%2C%20D.%3A%20Optimization%20of%20indexing%20based%20on%20k-nearest%20neighbor%20graph%20for%20proximity%20%282018%29>)
17. Jégou, H., Douze, M., Schmid, C.: Product quantization for nearest neighbor search (2011)
[Google Scholar](https://scholar.google.com/scholar?q=J%C3%A9gou%2C%20H.%2C%20Douze%2C%20M.%2C%20Schmid%2C%20C.%3A%20Product%20quantization%20for%20nearest%20neighbor%20search%20%282011%29) (<https://scholar.google.com/scholar?q=J%C3%A9gou%2C%20H.%2C%20Douze%2C%20M.%2C%20Schmid%2C%20C.%3A%20Product%20quantization%20for%20nearest%20neighbor%20search%20%282011%29>)
18. Lowe, D.: Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *Int. J. Comput. Vis.* **60**, 91–110 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>
<https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>
[CrossRef](https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94) (<https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>)
[Google Scholar](http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Distinctive%20image%20features%20from%20scale-invariant%20keypoints&author=D.%20Lowe&journal=Int.%20J.%20Comput.%20Vis.&volume=60&pages=91-110&publication_year=2004&doi=10.1023%2FB%3AVISI.0000029664.99615.94) (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Distinctive%20image%20features%20from%20scale-invariant%20keypoints&author=D.%20Lowe&journal=Int.%20J.%20Comput.%20Vis.&volume=60&pages=91-110&publication_year=2004&doi=10.1023%2FB%3AVISI.0000029664.99615.94)

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



19. Malkov, Y.A., Yashunin, D.A.: Efficient and robust approximate nearest neighbor search using hierarchical navigable small world graphs. CoRR abs/1603.09320 (2016). <http://arxiv.org/abs/1603.09320> (<http://arxiv.org/abs/1603.09320>)
20. Mangiarua, N., Ierache, J., Abasolo, M.J.: Implementation of an open source based augmented reality engine for cloud authoring frameworks. J. Comput. Sci. Technol. **19**(2), e16 (2019). <https://doi.org/10.24215/16666038.19.e16> (<https://doi.org/10.24215/16666038.19.e16>). <http://journal.info.unlp.edu.ar/JCST/article/view/1263> (<http://journal.info.unlp.edu.ar/JCST/article/view/1263>) CrossRef (<https://doi.org/10.24215/16666038.19.e16>) Google Scholar (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Implementation%20of%20an%20open%20source%20based%20augmented%20reality%20engine%20for%20cloud%20authoring%20frameworks&author=N.%20Mangiarua&author=J.%20Ierache&author=MJ.%20Abasolo&journal=J.%20Comput.%20Sci.%20Technol.&volume=19&issue=2&pages=e16&publication_year=2019&doi=10.24215%2F16666038.19.e16)
21. Mikolajczyk, K., Matas, J.: Improving descriptors for fast tree matching by optimal linear projection, pp. 1–8 (2007). <https://doi.org/10.1109/ICCV.2007.4408871> (<https://doi.org/10.1109/ICCV.2007.4408871>)
22. Muja, M., Lowe, D.G.: Fast approximate nearest neighbors with automatic algorithm configuration. In: VISSAPP 2009, International Conference on Computer Vision Theory and Application, pp. 331–340. INSTICC Press (2009) Google Scholar (<https://scholar.google.com/scholar?q=Muja%2C%20M.%2C%20Lowe%2C%20D.G.%3A%20Fast%20approximate%20nearest%20neighbors%20with%20automatic%20algorithm%20configuration.%20In%3A%20VISSAPP%202009%2C%20International%20Conference%20on%20Computer%20Vision%20Theory%20and%20Application%2C%20pp.%20331%E2%80%93340.%20INSTICC%20Press%20%282009%29>)
23. Muja, M., Lowe, D.G.: Scalable nearest neighbor algorithms for high dimensional data. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. **36**(11), 2227–2240 (2014). <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2321376> (<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2321376>) CrossRef (<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2321376>) Google Scholar (http://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Scalable%20nearest%20neighbor%20algorithms%20for%20high%20dimensional%20data&author=M.%20Muja&author=DG.%20Lowe&journal=IEEE%20Trans.%20Pattern%20Anal.%20Mach.%20Intell.&volume=36&issue=11&pages=2227-2240&publication_year=2014&doi=10.1109%2FTPAMI.2014.2321376)
24. Parkhi, O.M., Vedaldi, A., Zisserman, A.: Deep face recognition. In: BMVC (2015) Google Scholar (<https://scholar.google.com/scholar?q=Parkhi%2C%20O.M.%2C%20Vedaldi%2C%20A.%2C%20Zisserman%2C%20A.%3A%20Deep%20face%20recognition.%20In%3A%20BMVC%20%282015%29>)
25. Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., Bradski, G.: ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF. In: Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision, Washington, DC, USA, pp. 2564–2571 (2011) Google Scholar (<https://scholar.google.com/scholar?q=Rublee%2C%20E.%2C%20Rabaud%2C%20V.%2C%20Konolige%2C%20K.%2C%20Bradski%2C%20G.%3A%20ORB%3A%20an%20efficient%20alternative%20to%20SIFT%20or%20SURF.%20In%3A%20Proceedings%20of%20the%202011%20International%20Conference%20on%20Computer%20Vision%2C%20Washington%2C%20DC%2C%20USA%2C%20pp.%202564%E2%80%932571%20%282011%29>)
26. Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J.: FaceNet: a unified embedding for face recognition and clustering. CoRR abs/1503.03832 (2015). <http://arxiv.org/abs/1503.03832> (<http://arxiv.org/abs/1503.03832>)
27. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., Wolf, L.: DeepFace: closing the gap to human-level performance in face verification. In: 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2014), Columbus, OH, USA, 23–28 June 2014, pp. 1701–1708. IEEE

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019







Por medio del presente se certifica que:

BECERRA, Martín Ezequiel

ha participado en calidad de Autor del artículo Nro. 13593 "Framework para la generación de Procedimientos Semánticos aplicados a Navegadores de Realidad Aumentada" aceptado en el XXIII WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2021, organizado en modalidad virtual por la Universidad Nacional de Chilecito los días 15 y 16 de abril de 2021.

Chilecito, La Rioja, Argentina.



Lic. Patricia Pesado
Coordinadora
Red UNCI



Ing. Norberto Raúl Caminoa
Rector
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILECITO





Por medio del presente se certifica que:

IERACHE, Jorge

ha participado en calidad de Autor del artículo Nro. 13593 "Framework para la generación de Procedimientos Semánticos aplicados a Navegadores de Realidad Aumentada" aceptado en el XXIII WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2021, organizado en modalidad virtual por la Universidad Nacional de Chilecito los días 15 y 16 de abril de 2021.

Chilecito, La Rioja, Argentina.



Lic. Patricia Pesado
Coordinadora
Red UNCI



Ing. Norberto Raúl Caminoa
Rector
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILECITO

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



		
Por medio del presente se certifica que: MANGIARUA, Nahuel Adiel ha participado en calidad de Autor del artículo Nro. 13593 “Framework para la generación de Procedimientos Semánticos aplicados a Navegadores de Realidad Aumentada” aceptado en el XXIII WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2021, organizado en modalidad virtual por la Universidad Nacional de Chilecito los días 15 y 16 de abril de 2021. <i>Chilecito, La Rioja, Argentina.</i>		
 Lic. Patricia Pesado Coordinadora Red UNCI	 Ing. Norberto Raúl Caminoa Rector UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILECITO	

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Towards Ubiquitous and Actionable Augmented Reality Browsers by using Semantic Web Technologies

Abásolo Guerrero, María José

Belongs to book: Short papers of the 9th Conference on Cloud Computing Conference, Big Data & Emerging Topics

Abstract

In this paper we describe the preliminary results in the context of PhD thesis work which expands the PROINCE C231 2020-2021 project Voice Commands and Face Recognition for Augmented Reality applications. Our work aims to develop a framework to assist users to do their daily tasks through the creation and exploitation of reusable procedures for AR apps using the ontology of our research. In the second instance we aim to contribute to actionable and interoperable data sources using semantic web technologies where apps consume data regardless of the application that generates them. This paper will explain the basis of the experimental framework and the preliminary design of a web service called Semantic middleware that performs all the semantic operations necessary to make procedures interoperable with other third-party applications using Semantic Web technologies.

General information

Exposure date: 2021

Document language: English

Event: IX Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (Modalidad virtual, 22 al 25 de junio de 2021)

Origin: Facultad de Informática

ISBN: 978-950-34-2016-4

Pages: 80-83

Download Files



Created: 20 de septiembre de 2021

Available since: 20 de septiembre de 2021

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers

International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics

AVR 2021: Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics pp 195-208 | Cite as

Conference paper

First Online: 16 September 2021

696

Downloads

Part of the [Lecture Notes in Computer Science](#) book series (LNCS, volume 12980)

Abstract

This article presents a framework that aims to assist users in their daily tasks by creating and exploiting reusable procedures for semantic augmented reality browsers using the ontology of our research. The contribution aims to fill the gap in current semantic augmented reality browsers to allow users to interact dynamically with virtual content through the performance of procedures or sequence of steps in the real environment. These capabilities will have an impact in several areas, for example, in Industry 4.0 contexts, such as the creation of a sequence of tasks to be performed by an intelligent operator in a Smart factory or in the increase of tasks to be done with an IoT device/equipment in the plant, as well as its potential use in massive contexts such as the growth of IOT devices in augmented home contexts.

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



CrossRef (<https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>)

Google Scholar (<http://scholar.google.com>

[/scholar_lookup?title=A%20translation%20approach%20to%20portable%20ontology%20specifications&author=T.%20Gruber&journal=Knowl.%20Acquisition&volume=5&issue=2&pages=199-220&publication_year=1993](http://scholar_lookup?title=A%20translation%20approach%20to%20portable%20ontology%20specifications&author=T.%20Gruber&journal=Knowl.%20Acquisition&volume=5&issue=2&pages=199-220&publication_year=1993))

8. Aydin, B., Gensel, J., Genoud, P.: Extending augmented reality mobile application with structured knowledge from the LOD cloud. <https://tinyurl.com/3x87c6ss> (<https://tinyurl.com/3x87c6ss>). Accessed 2 May 2021
9. Matuszka, T., et al.: The design and implementation of semantic web-based architecture for augmented reality browser. <https://tinyurl.com/nf5jxswx> (<https://tinyurl.com/nf5jxswx>). Accessed 2 May 2021
10. Nixon, L., Grubert, J., Reitmayr, G.: SmartReality: integrating the web into augmented reality. <https://tinyurl.com/46hzw8b9> (<https://tinyurl.com/46hzw8b9>). Accessed 2 May 2021
11. Linked Data Cloud. <https://lod-cloud.net/> (<https://lod-cloud.net/>). Accessed 2 May 2021
12. SPARQL. <https://tinyurl.com/2fstac94> (<https://tinyurl.com/2fstac94>). Accessed 2 May 2021
13. Postgres. <https://tinyurl.com/35z2euyz> (<https://tinyurl.com/35z2euyz>). Accessed 2 May 2021
14. Hibernate. <https://tinyurl.com/94wy58n4> (<https://tinyurl.com/94wy58n4>). Accessed 2 May 2021
15. Java. <https://tinyurl.com/f8kp2b4w> (<https://tinyurl.com/f8kp2b4w>). Accessed 2 May 2021
16. Spring Framework. <https://spring.io/> (<https://spring.io/>). Accessed 2 May 2021
17. Tomcat. <https://tomcat.apache.org/> (<https://tomcat.apache.org/>). Accessed 2 May 2021
18. RDF4j. <https://rdf4j.org/> (<https://rdf4j.org/>). Accessed 2 May 2021
19. AnzoGraph. <https://tinyurl.com/t9asru6f> (<https://tinyurl.com/t9asru6f>). Accessed 2 May 2021
20. DBPedia. <https://www.dbpedia.org/> (<https://www.dbpedia.org/>). Accessed 2 May 2021
21. Unity3D. <https://unity.com/> (<https://unity.com/>). Accessed 2 May 2021
22. Vuforia. <https://www.ptc.com/en/products/vuforia> (<https://www.ptc.com/en/products/vuforia>). Accessed 2 May 2021
23. Ierache, J., Mangiarua, N., Verdicchio, N., Becerra, M., Duarte, N., Igarza, S.: Sistema de Catálogo para la Asistencia a la Creación, Publicación, Gestión y Explotación de Contenidos Multimedia y Aplicaciones de Realidad Aumentada. CACIC 2014 Red UNCI (2014). ISBN 978-987-3806-05
Google Scholar (<https://scholar.google.com/scholar?q=Ierache>)

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



[%2C%20J.%2C%20Mangiarua%2C%20N.%2C%20Verdicchio%2C%20N.%2C%20Becerra%2C%20M.%2C%20Duarte%2C%20N.%2C%20Igarza%2C%20S.%3A%20Sistema%20de%20Cat%3A%20A1logo%20para%20la%20Asistencia%20a%20la%20Creaci%C3%B3n%2C%20Publicaci%C3%B3n%2C%20Gesti%C3%B3n%20y%20Explotaci%C3%B3n%20de%20Contenidos%20Multimedia%20y%20Aplicaciones%20de%20Realidad%20Aumentada.%20CACIC%202014%20Red%20UNCI%20%282014%29.%20ISBN%20978-987-3806-05\)](#)

24. Ierache J., et al.: Development of a catalogs system for augmented reality applications. Int. J. Comp. Electr. Autom. Control Inf. Eng. **9**(1), 1–7 (2015). ISSN 1307:6892. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 97 [Google Scholar](https://scholar.google.com/scholar?q=Ierache%20J.%2C%20et%20al.%3A%20Development%20of%20a%20catalogs%20system%20for%20augmented%20reality%20applications.%20Int.%20J.%20Comp.%20Electr.%20Autom.%20Control%20Inf.%20Eng.%209%281%29%2C%201%E2%80%937%20%282015%29.%20ISSN%201307%3A6892.%20World%20Academy%20of%20Science%2C%20Engineering%20and%20Technology%2C%20International%20Science%20Index%2097) (<https://scholar.google.com/scholar?q=Ierache%20J.%2C%20et%20al.%3A%20Development%20of%20a%20catalogs%20system%20for%20augmented%20reality%20applications.%20Int.%20J.%20Comp.%20Electr.%20Autom.%20Control%20Inf.%20Eng.%209%281%29%2C%201%E2%80%937%20%282015%29.%20ISSN%201307%3A6892.%20World%20Academy%20of%20Science%2C%20Engineering%20and%20Technology%2C%20International%20Science%20Index%2097>)
25. Mangiarua, N., Ierache, J.S., Becerra, M.E., Maurice, H., Igarza, S., Sposito, O.: Templates Framework for the Augmented Catalog System. CACIC 2018 Red UNCI (2018). ISBN 978-3-030-20786-1 [Google Scholar](https://scholar.google.com/scholar?q=Mangiarua%2C%20N.%2C%20Ierache%2C%20J.S.%2C%20Becerra%2C%20M.E.%2C%20Maurice%2C%20H.%2C%20Igarza%2C%20S.%2C%20Sposito%2C%20O.%3A%20Templates%20Framework%20for%20the%20Augmented%20Catalog%20System.%20CACIC%202018%20Red%20UNCI%20%282018%29.%20ISBN%20978-3-030-20786-1) (<https://scholar.google.com/scholar?q=Mangiarua%2C%20N.%2C%20Ierache%2C%20J.S.%2C%20Becerra%2C%20M.E.%2C%20Maurice%2C%20H.%2C%20Igarza%2C%20S.%2C%20Sposito%2C%20O.%3A%20Templates%20Framework%20for%20the%20Augmented%20Catalog%20System.%20CACIC%202018%20Red%20UNCI%20%282018%29.%20ISBN%20978-3-030-20786-1>)

Copyright information

© Springer Nature Switzerland
AG 2021

About this paper

Cite this paper as:

Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual

Código	FPI-0011
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Reality, and Computer Graphics. AVR 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12980. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15

First Online

16 September 2021

DOI

https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15

Publisher Name

Springer, Cham

Print ISBN

978-3-030-87594-7

Online ISBN

978-3-030-87595-4

eBook Packages

[Computer Science](#)

[Computer Science \(R0\)](#)

[Reprints and Permissions](#)

SPRINGER NATURE

© 2020 Springer Nature Switzerland AG. Part of [Springer Nature](#).
 Not logged in · Not affiliated · 181.47.70.140