



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Máster Universitario
en Tecnologías, Sistemas y
Redes de Comunicaciones

Pasarela de interconexión entre sistemas C4ISR y mundos virtuales aplicando el estándar MPEG-V

Autora: Laura Inés Ardila Sierra

Director: Dr. D. Manuel Esteve Domingo

Fecha de comienzo: 03/09/2011

Lugar de trabajo: Grupo de Sistemas de Tiempo Real y Distribuidos

Objetivos —

- Resumir las principales características del estándar MPEG-V, de los sistemas C4ISR y del estado del arte en cuanto a utilización de mundos virtuales para entrenamiento en gestión de emergencias.
- Extender el trabajo de investigación titulado “Diseño de una pasarela de interconexión entre sistemas C4ISR y mundos virtuales con MPEG-V”, realizado durante el año 2012.
- Definir el modelo y mapeo de datos y el mecanismo de comunicación de la pasarela.
- Desarrollar una pasarela de interconexión que permita conectar mundos virtuales con sistemas de mando y control para gestión de emergencias.
- Mostrar la arquitectura y principales características del Entrenador Táctico Virtual en el que, en primera instancia, se implementará la pasarela.

Metodología —

- Revisión bibliográfica de conceptos y análisis de requerimientos.
- Diseño e implementación de la arquitectura del sistema, definición del modelo de datos y del mecanismo de comunicación.
- Análisis de resultados. Revisiones, correcciones y ajustes.
- Realización de pruebas y documentación.

Desarrollos teóricos realizados —

- Sistemas de mando y control: prestaciones, requerimientos, tareas críticas, datos de entrada y salida.
- Estándar MPEG-V: revisión bibliográfica, adaptación de la normativa al caso particular. Definición de un modelo de datos equivalente ajustado a las necesidades del sistema particular.
- Mundos virtuales: contribución al estado del arte al desarrollar una solución que interconecta con mundos reales para implementar un entrenador táctico para gestión de emergencias.

Desarrollo de prototipos y trabajo de laboratorio —

- Generador de mundos virtuales: familiarización con la plataforma, instalación y puesta a punto, pruebas.
- Diseño de la arquitectura de la pasarela de interconexión, infraestructura de comunicaciones y definición del formato de datos, así como del mapeo equivalente entre entidades.
- Implementación usando web services .NET.

Resultados —

Se tiene una buena base del conocimiento acerca de los sistemas de mando y control y su aplicación en la gestión de emergencias, además de conocer el estado actual de desarrollo de soluciones basadas en mundos virtuales aplicadas al campo de estudio. Por otra parte, el estudio extensivo del estándar MPEG-V (ISO/IEC 23005) ha permitido validar la pertinencia del proyecto de investigación, a la vez que se ha definido una arquitectura para la pasarela de interconexión entre sistemas C4ISR y mundos virtuales.

Adicionalmente, se ha propuesto el modelo de datos (en formato MPEG-V) del sistema y se definió el mecanismo de comunicación e intercambio de datos. La implementación de la arquitectura propuesta tiene el fin de crear módulos distribuidos e independientes pero compatibles y colaborativos entre sí, buscando ser

capaces de interconectar múltiples sistemas de mando y control con mundos virtuales manejando adecuadamente el formato de datos nativo para adaptarlo a MPEG-V y garantizar interoperabilidad. Se ha desarrollado usando web services en .NET y trabajando en paralelo con otro proyecto del grupo de investigación en el que se ha desarrollado un Entrenador Táctico Virtual, aplicación que se utilizará durante el desarrollo de la tesis doctoral para validar la pasarela de interconexión.

Líneas futuras —

- Análisis de prestaciones de la pasarela.
- Validación de los esquemas de definición de datos contra la normativa MPEG-V.
- Desarrollo de la tesis doctoral. Se pretende integrar el sistema C4ISR dentro de un sistema de simulación en red (el Entrenador Táctico Virtual previamente mencionado) para entrenamiento en gestión de emergencias bajo la normativa del estándar MPEG-V.

Publicaciones —

- “*LVC Training Environment for Strategic and Tactical Emergency Operations*”. 10th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM). Baden-Baden, Alemania. 2013.
- “*LVC Training Environment for Tactical Operations*”. Computer Standards & Interfaces, vol 36, 2013. En proceso de aceptación.

Abstract —

Este trabajo se enmarca dentro de la línea del grupo de investigación en “*Sistemas de información para mando y control (C4ISR) para la gestión de emergencias*”, en particular dentro del proyecto de investigación financiado con fondos del Plan Nacional de I+D titulado “*Sistema de entrenamiento C4ISR multimedia para gestión de emergencias, basado en la interconexión del mundo real y mundos virtuales*”. Extiende el trabajo de investigación “*Diseño de una pasarela de interconexión entre sistemas C4ISR y mundos virtuales con MPEG-V*”, presentado en el curso 2011/2012.

Se define una arquitectura cliente/servidor modular para interconectar sistemas C4ISR con mundos virtuales aplicando el estándar MPEG-V e implementar un sistema de entrenamiento en gestión de emergencias. La solución es escalable, flexible, robusta e innovadora, pues se ha construido con una base estandarizada de la cual carecen otras soluciones existentes. El modelo ha sido implementado y será aplicado en un sistema entrenador en gestión de emergencias para validarlo y analizar sus prestaciones. A partir de los resultados obtenidos, se realizará la tesis doctoral.

Autor: Ardila Sierra Laura Inés, email: lauarsi1@upvnet.upv.es

Director: Dr. D. Esteve Domingo Manuel, email: mesteve@dcom.upv.es

Fecha de entrega: 12-07-13

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	7
I.1. INTRODUCCIÓN.....	7
I.2. OBJETIVOS	9
II. ESTADO DEL ARTE.....	11
II.1. LOS SISTEMAS C4ISR.	11
II.2. EL ESTÁNDAR MPEG-V.....	14
II.2.1. Términos, definiciones y abreviaturas [6]	14
II.2.2. Partes del estándar	16
III. ARQUITECTURA DE LA PASARELA DE INTERCONEXIÓN.....	22
III.1. CONSIDERACIONES BASE.	22
III.2. LA PLATAFORMA DE MUNDOS VIRTUALES “OLIVE”	24
III.3. EL ENTRENADOR TÁCTICO	25
III.4. ARQUITECTURA DE LA PASARELA DE INTERCONEXIÓN.....	29
IV. IMPLEMENTACIÓN DE LA PASARELA DE INTERCONEXIÓN	31
IV.1. MODELO DE DATOS MPEG-V GENÉRICO.	31
IV.2. MODELO DE DATOS MPEG-V PARA SIMACOP.....	32
IV.3. MODELO DE DATOS MPEG-V PARA OLIVE.....	32
IV.4. MECANISMO DE COMUNICACIÓN	34
V. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	36
V.1. CONCLUSIONES	36
V.2. DESARROLLOS FUTUROS.....	36
AGRADECIMIENTOS	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Sistema de entrenamiento C4ISR multimedia para gestión de emergencias	9
Fig. 2. Modelo de un sistema de mando y control.....	11
Fig. 3. Arquitectura del sistema C4ISR SIMACOP con integración de sensores.	14
Fig. 4. Arquitectura MPEG-V.	16
Fig. 5. Sistema de coordenadas de referencia.....	18
Fig. 6. Mapeos a alto nivel	23
Fig. 7. Entrenamiento de <i>first responders</i> en OLIVE.	24
Fig. 8. Arquitectura ET.....	25
Fig. 9. CET. Pantalla principal.	27
Fig. 10. Arquitectura de vídeo.....	27
Fig. 11. SVV. Pantalla principal con 4 displays.....	28
Fig. 12. Esquema conceptual de la pasarela de interconexión.	29
Fig. 13. Arquitectura de la pasarela de interconexión.	29
Fig. 14. Esquema modular de la pasarela de interconexión.	30
Fig. 15. Infraestructura de comunicaciones de la pasarela de interconexión.	34

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

I.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de las TIC en la gestión de grandes emergencias es actualmente uno de los temas de investigación más relevantes en el ámbito europeo y mundial. Particularmente, el desarrollo de Sistemas de Información para Mando y Control (C2IS), específicamente aplicables a la gestión de situaciones de emergencia, así como la interoperabilidad horizontal entre sistemas de mando y control de distintos organismos involucrados, y vertical en los niveles tácticos, operacional y estratégico, es un aspecto de investigación y desarrollo especialmente relevante.

Un aspecto fundamental en la gestión de emergencias es el entrenamiento de operativos a todos los niveles, desde la intervención al mando y control operacional, pasando por el mando y control táctico. Igualmente, la interoperabilidad y la armonización de procedimientos entre los distintos organismos o agencias que participan en la mitigación de una emergencia es un aspecto fundamental, sólo posible mediante ejercicios de entrenamiento conjunto.

Un mundo virtual es un entorno de simulación basado en ordenadores en red diseñado para interactuar con las personas a través de avatares y agentes inteligentes. Estos avatares son representados normalmente como una representación gráfica tanto en 2D como en 3D [1]. El entorno simulado se basará en entornos reales y en él se aplicarán las normas del mundo real [2][3].

Los mundos virtuales han sido ampliamente utilizados para el entrenamiento y aprendizaje en diversas disciplinas del conocimiento y también han sido utilizados en gran medida en el entrenamiento de unidades militares y en la planificación de sus operaciones. La aproximación tradicional se basa en costosos equipos especializados en simulación y de aplicación específica. Las capacidades de simulación en red actuales, utilizando equipos de proceso comerciales (COTS) no ha sido explotada aún en el entrenamiento en gestión de emergencias, siendo éste otro de los objetivos fundamentales del proyecto.

Los principales objetivos que se persiguen con el entrenamiento utilizando mundos virtuales incluyen el entrenamiento para operar con modernos equipos informáticos, la respuesta rápida ante eventos imprevistos en situaciones de estrés o la realización de ejercicios conjuntos que de otra manera serían irrealizables debido a su elevado coste en transporte de personal y uso de equipos.

La planificación de la gestión de crisis es un elemento básico para ofrecer una rápida respuesta frente a una emergencia. Es muy importante formalizar y clarificar roles y responsabilidades dentro de la gestión de la crisis así como preparar bien los procedimientos y los procesos que serán lanzados como respuesta a una crisis. Con un continuo entrenamiento en un entorno virtual como el propuesto, el personal que interviene en la resolución de crisis reales estará familiarizado con la planificación de cada tipo de crisis así como con los procedimientos, roles y responsabilidades que les corresponden; reduciendo así el tiempo de respuesta a una emergencia y mejorando la eficacia de las unidades desplegadas al poner en práctica los planes previamente entrenados.

El grupo de trabajo MPEG ha considerado la relevancia de estandarizar formatos intermedios y protocolos para el intercambio de información entre el mundo real y el virtual, y publicó en 2011 el estándar ISO/IEC 23005 (MPEG-V – Information Technology – Media context and control). Éste, junto con Metaverse son elementos fundamentales en el estado del arte de la interconexión de mundos virtuales y el mundo real.

MPEG-V propone una arquitectura para trabajar en el desarrollo de interfaces de intercambio de información entre mundos virtuales y entre mundos virtuales y el mundo físico [4]. Las interfaces entre mundos virtuales permitirán el intercambio de características entre ellos teniendo en cuenta formatos nativos y posibles problemas de escalabilidad. Y por su parte, las interfaces entre mundos virtuales y el mundo físico permitirán la interacción de sensores, actuadores, ordenadores y programas reales con el mundo virtual teniendo en cuenta formatos nativos.

La interacción entre mundos virtuales y el mundo real es actualmente una novedosa área de investigación y el uso de MPEG-V conlleva hoy en día ir más allá del actual estado del arte. Por esto, la aplicación del estándar MPEG-V para la interconexión de programas, ordenadores y sensores reales y virtuales, para su uso en el entrenamiento de gestión de crisis permitiendo a los usuarios el trabajar con las mismas herramientas que se van a encontrar en caso de crisis real, será una de las principales aportaciones de investigación del proyecto.

La presente tesina se desarrolla con base en la primera (y única hasta ahora) edición del estándar, y contribuyendo sin duda a la implantación y extensión del mismo en el campo de aplicación de las TIC a la gestión de emergencias, particularmente en el campo del entrenamiento, la interoperabilidad y la armonización de procedimientos. Representa además el punto de partida para el desarrollo de la tesis doctoral. Dicha tesis se enmarca dentro de la línea del grupo de investigación en “Sistemas de información para mando y control (C4ISR) para la gestión de emergencias”, en particular dentro del proyecto de investigación del grupo financiado con fondos del Plan Nacional de I+D, titulado “Sistema de entrenamiento C4ISR multimedia para gestión de emergencias, basado en la interconexión del mundo real y mundos virtuales” y con código TIN2010-18372 (Ver Fig. 1).

El objetivo principal de la tesis, a la que contribuye la presente tesina, es la integración del sistema C2IS en el campo de operaciones real dentro de un sistema de simulación en red para entrenamiento basado en la creación de un mundo virtual. Particularmente, en la implementación de la **Pasarela MR-MV** que interconectará aplicaciones del mundo real y de mundo virtual a través de un formato intermedio e implementando capas de adaptación y traducción, siempre siguiendo el estándar MPEG-V.

Las tres hipótesis de partida para desarrollar un sistema de estas características son:

- Los sistemas tradicionales de entrenamiento basados en simulación son muy caros y poco flexibles.

- El entrenamiento real en el ámbito de la gestión de emergencias es muy caro y complicado en cuanto a armonización de procedimientos entre agencias.
- Un sistema que integre realidad y simulación en red, será por una parte relativamente barato y por otra facilitará la interoperabilidad y la armonización de procedimientos entre agencias.

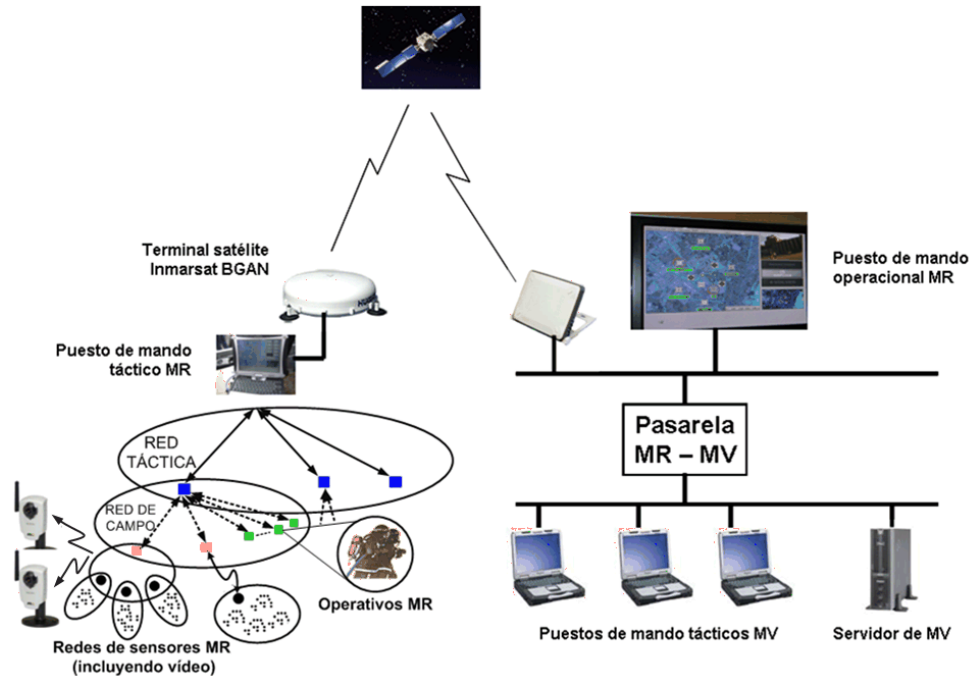


Fig. 1. Sistema de entrenamiento C4ISR multimedia para gestión de emergencias

Hay que destacar que la tesis doctoral se aproxima a la generación de mundos virtuales como usuario. No se plantea una investigación en el campo de desarrollo de la realidad virtual, sino en el campo de la interconexión de sistemas C2IS y redes de sensores con sistemas de simulación basados en mundos virtuales orientados al entrenamiento en la gestión de emergencias.

La aplicación del estándar MPEG-V es un aspecto de investigación muy innovador en la interconexión del mundo real con mundos virtuales, particularmente en la integración de sensores y más particularmente de vídeo, siendo ésta otra de las aportaciones de la tesis.

1.2. OBJETIVOS

- Estudiar y analizar el estándar ISO/IEC 23005 (MPEG-V) para determinar la sintaxis, semántica y cualquier aspecto relevante que deban considerarse con el fin de lograr una solución consistente y que cumpla a cabalidad la normativa.
- Extender el trabajo de investigación titulado “Diseño de una pasarela de interconexión entre sistemas C4ISR y mundos virtuales con MPEG-V”, realizado durante el año 2012.
- Crear un modelo de datos genérico MPEG-V que implemente las partes del estándar aplicables al proyecto a desarrollar, así como los modelos equivalentes para las herramientas utilizadas

para diseño y pruebas (SIMACOP, OLIVE). Definir también como se hará el mapeo de datos y el mecanismo de comunicación de la pasarela

- Diseñar e implementar una arquitectura (pasarela de interconexión) para interconectar sistemas C4ISR y mundos virtuales aplicando el estándar MPEG-V. Dicha arquitectura debe ser multiagente, multiusuario y coherente para una simulación distribuida en un entorno colaborativo. Será evaluada y validada durante el desarrollo de la tesis doctoral.
- Mostrar la arquitectura y principales características del Entrenador Táctico Virtual que se utilizará para validar la pasarela en futuras etapas del doctorado.

II. ESTADO DEL ARTE

II.1. LOS SISTEMAS C4ISR.

El concepto de **mando y control** tiene origen en el ámbito militar y, según el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, se define como “el ejercicio de la autoridad y de la dirección del comandante apropiado sobre las fuerzas que tiene asignadas para el cumplimiento de una misión”. A partir de esto, se puede definir un sistema de información de mando y control (C2IS, *Command and Control Information System*) como aquel en que existe una entidad que es responsable de gestionar los medios disponibles para cumplir un objetivo. Se pueden modelar como en la Fig. 2:

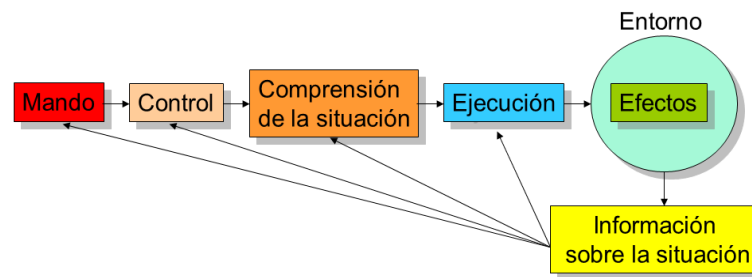


Fig. 2. Modelo de un sistema de mando y control.

- **Mando** es la definición de la situación inicial y de la previsión de lo que podría ocurrir a futuro; se definen las intenciones de mando a partir de la información que se tiene.
- **Control** engloba la interpretación de las decisiones de mando, el seguimiento de la evolución de la situación, y la realización de los ajustes necesarios para mantener el sistema dentro de los márgenes definidos.
- **Comprensión de la situación** es la percepción compartida de la situación, su proyección a futuro y a partir de ello la toma de decisiones y definición de planes de acción.
- **Ejecución** son las acciones que se ejecutan y el tiempo en que se llevan a cabo.
- **Efectos**: modificación del entorno como resultado de la ejecución de la intención de mando.
- **Información sobre la situación**, a partir de la monitorización del entorno físico o cognitivo y de los efectos de la ejecución.

El mando y control ha ido evolucionando a la par con los avances técnicos, de forma que dichos avances condicionan nuevas maneras de enfocar el mando y control y los procedimientos asociados. A su vez, las necesidades de mando y control generan nuevas soluciones técnicas en los ámbitos tecnológicos relacionados [5].

Los sistemas C4ISR (*Command Control, Computers and Communications Information Surveillance and Reconnaissance*) engloban un amplio número de arquitecturas y sistemas informáticos y de comunicaciones. Su principal finalidad, tanto en aplicaciones civiles como

militares, es la obtener información sobre el estado del teatro de operaciones para entregársela, convenientemente formateada, a las personas al mando de una operación de forma que se construyan una adecuada visión del mismo que les permita tomar las decisiones correctas. Por otra parte, deben servir de plataforma de comunicaciones para transmitir dichas órdenes y cualquier otra información que se estime oportuna en tiempo real o, mejor dicho, en tiempo útil respecto a la escala temporal de los eventos que se están produciendo [5].

A nivel técnico [5] se pueden esquematizar los sistemas C4ISR como un conjunto de N sensores de distinta naturaleza, ubicación espacial y requerimientos de procesamiento de sus señales generadas, M actuadores, en principio humanos aunque en muchas arquitecturas se pueden encontrar servosistemas y sistemas robotizados y O puestos de mando y control, jerárquicamente organizados(hay que señalar que las nuevas tendencias en mando y control apuntan en una línea de mando distribuido) que procesan la información del entorno y toman decisiones en consecuencia. Interconectándolos a todos, y como elemento fundamental, se encuentra una arquitectura de red.

Podemos señalar múltiples aplicaciones y arquitecturas de mando y control, tanto en el ámbito civil como militar, destacando áreas como operaciones militares, gestión de tráfico aéreo, gestión de operaciones espaciales, sistemas de detección y actuación ante catástrofes naturales, operaciones ante emergencias como incendios, accidentes de tráfico, inundaciones, e incluso en el mundo de la empresa y la estructura de organizaciones.

Un concepto fundamental en el que se basa la teoría de los sistemas de mando y control, independientemente del ámbito en que se apliquen, es el “*situational awareness*”, o “percepción de la situación”. Se refiere a la comprensión compartida de la situación e implica el análisis y retroalimentación de lo que está sucediendo; es indispensable para la adecuada toma de decisiones.

Los denominados “*first responders*” – que son quienes primero asisten en una situación de emergencia – tienen el primer contacto con la situación y toda la información recogida por ellos mediante medios personales, de sensorización, aéreos o de redes de sensores, será gestionada por el sistema de mando y control para determinar el curso de acción según la referencia (hacia dónde se quiere ir) que se tenga. Por esta razón, un punto clave de los sistemas de mando y comunicaciones es la ubicación de los medios[5], con el fin de mejorar el *situational awareness*.

Se hace evidente la importancia de filtrar adecuadamente la información existente para determinar una visión particular entre las múltiples que podían tomarse en consideración y que se puedan tomar decisiones oportunas. Sin embargo, es de señalar que lo que se quiere ver o se quiere resaltar puede ser algo que no se sepa inicialmente o puede que sea un elemento que vaya cambiando con el tiempo según evolucione el teatro de operaciones. Relacionado con este punto está el hecho de que los usuarios con mayor experiencia podrán formarse modelos con mayor rapidez y filtrar la información del entorno hacia modelos más adecuados a sus metas pero, como contrapartida, con una mayor predisposición a que las ideas preconcebidas y la falta de flexibilidad

debido a la confianza en la experiencia conduzcan a *situational awareness* erróneas, esto es, no adecuadas a lo que la misión demanda respecto a sus objetivos [5].

Se consideran como dos factores principales [5] la atención y la memoria de trabajo, y que cuando se exceden sus límites y se produce una sobrecarga en los mismos es cuando decrece la calidad de la decisión y mayor es la probabilidad de error. Otros factores como la comunicación deficiente, la fatiga, el stress, sobrecarga e infracarga de trabajo, así como expectativas erróneas conducen a los mismos efectos indeseados.

Cuando se ha recogido la información necesaria para determinar el estado de la situación, se procede a ejecutar las acciones. Las unidades – dentro de lo posible – deben ser capaces de autosincronizarse y tomar decisiones sin recurrir al nivel superior. Es vital entonces, que permanentemente el sistema se retroalimente en tiempo real para incluir cualquier nueva información que pueda surgir. Se deben además considerar aspectos sociológicos y legales que también influyen en la gestión de una emergencia (medios, prensa, protección de datos, etc.).

Los sistemas de mando y control para gestión de emergencias están basados en comunicaciones inalámbricas (se suelen usar ZigBee, WiFi, Mesh, multi-hopping, WiMAX y terminales satelitales) por lo que se suele disponer de poco ancho de banda y las tasas de errores pueden ser altas. Según el nivel de control (red de campo, red táctica, red estratégica y red estratégica de coordinación) se utilizan más unas tecnologías u otras.

Gracias a los sistemas de mando y control para emergencias actualmente se puede estar mejor preparados para responder ante situaciones no predecibles, como catástrofes naturales o atentados, permitiendo salvar vidas y disminuyendo los daños. En el caso de sistemas C4ISR aplicados a las organizaciones las pérdidas se cifrarían en cantidades económicas y puestos de trabajo [5].

Uno de los sistemas que implementan C4ISR para gestión de emergencias es **SIMACOP** (Sistema de MAndo y COntrol de Pequeñas unidades). Este sistema es el resultado de dos proyectos anteriores del Plan Nacional de I+D desarrollados por el grupo (TIN 2004-03588 “Sistema C4ISR multimedia para gestión de emergencias” y TIN 2007-67410 “Integración de redes de sensores en un sistema C4ISR multimedia para gestión de emergencias”) y constituye un sistema de mando y control de nivel táctico y operacional, especialmente adecuado para la gestión de emergencias, haciendo hincapié, en la parte operativa, en garantizar la seguridad de las personas involucradas en un primera intervención; y en la parte técnica, en la integración de sensores de todo tipo incluyendo vídeo, así como en la integración de redes de datos inalámbricas (ZigBee, WiFi, MESH y WiMAX) como soporte de comunicaciones para el sistema de mando y control. La arquitectura de SIMACOP se muestra en la Fig. 3.

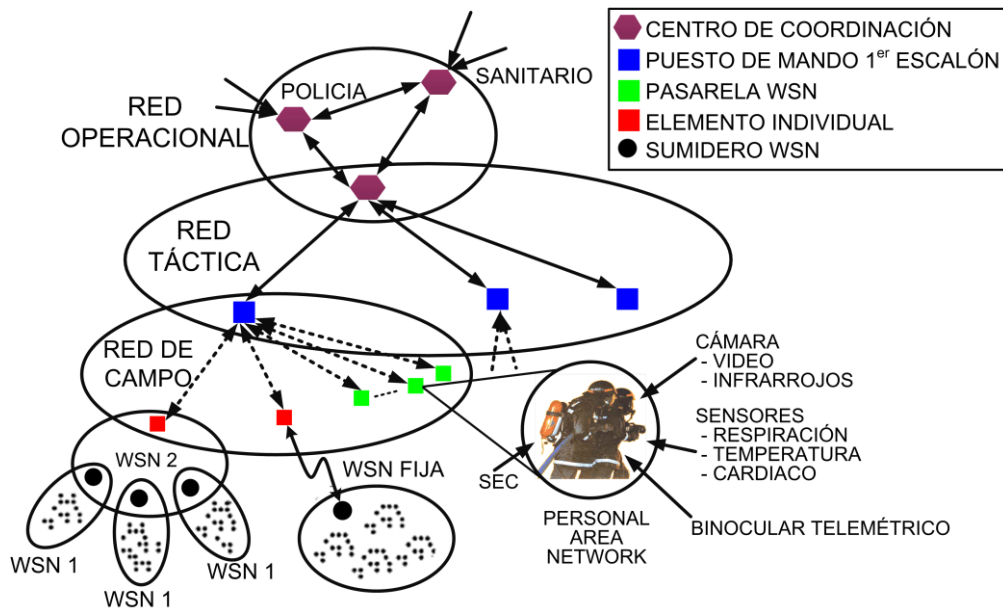


Fig. 3. Arquitectura del sistema C4ISR SIMACOP con integración de sensores.

Se ha utilizado SIMACOP como punto de partida para el diseño de la pasarela (en cuanto a consideraciones respecto a los sistemas C4ISR) ya que es el primer sistema con el que se llevarán a cabo la implementación, pruebas y validaciones.

II.2. EL ESTÁNDAR MPEG-V.

El estándar ISO/IEC 23005 (MPEG-V o “Media context and control”) [6] es un esfuerzo de estandarización iniciado en 2007 y publicado en 2011 cuyo objetivo es ofrecer una base técnica sólida para aplicaciones y servicios multimedia inmersivos y multi-dimensionales[7].

Se utiliza lenguaje XML y define un esquema base que contiene un elemento raíz, del cual se desprenderá el conjunto de elementos necesarios para representar todas las entidades, junto con sus correspondientes atributos y valores posibles. [6]. Este esquema permite gran facilidad de desarrollo y adaptabilidad. A partir de la normativa de sintaxis y semántica recogidas en el estándar se ha creado una definición genérica de datos que será utilizada en la implementación de la pasarela de interconexión (Sección IV). Se utilizarán referencias a los esquemas de definición de datos propios del estándar para los elementos que aplique.

II.2.1. Términos, definiciones y abreviaturas [6]

En esta subsección se recogen los términos, definiciones y abreviaturas definidos el estándar, que con mayor relación y relevancia para el proyecto:

- **Adaptación RV (real a virtual):** Adaptación de los metadatos, capacidades y preferencias para generar comandos y/o información medida basada en los mismos. Se toman como entrada las

capacidades del sensor y la información captada de los sensores y se adapta la información medida a las capacidades del sensor.

- **Adaptación VR (virtual a real):** Procesamiento de la información sensorial a utilizar dentro del contexto del mundo real.
- **Adaptación VV (virtual a virtual):** Adaptación de la representación nativa de la información relacionada con el mundo virtual (que se intercambiará con otro mundo virtual) al formato de representación estandarizado MPEG-V.
- **Área de estandarización A (Información de Control):** representación de la información de control desde y hacia dispositivos en el mundo físico y dentro y hacia el mundo virtual.
- **Área de estandarización B (Información Sensorial):** comprende la representación de la información (bidireccional) de la información intercambiada entre el mundo físico y el virtual, así como el intercambio de información entre mundos virtuales.
- **Comandos de dispositivo:** adaptación de la representación nativa de información relacionada con el mundo real (a intercambiar con el mundo virtual) al formato de representación estandarizado de MPEG-V en ambas direcciones (de nativa a estandarizada y viceversa).
- **Dispositivo consumidor (consumer devices):** receptor de comandos sensoriales y fuente de capacidad sensorial del sensor (SDC).
- **Dispositivo sensorial (sensory device, SD):** cualquier dispositivo consumidor para el cual se puede crear el correspondiente efecto sensorial (p. ej. luces, ventiladores...).
- **Dispositivo de interacción:** aquel que recibe entradas de usuarios y/o da salidas a usuarios.
- **Dispositivo de mundo real S:** un dispositivo del mundo real que contiene un sensor (de posición, de temperatura, de intensidad de luz...).
- **Dispositivo de mundo real A:** dispositivo del mundo real que contiene un actuador (monitor, altavoz, robot...) o puede contener también una combinación de sensores y actuadores. En nuestro caso, un mensaje con órdenes también puede verse como un actuador ya que esas órdenes causarán algún efecto en el sistema.
- **Información medida:** información adquirida por un sensor; p.ej. posición de una unidad.
- **Motor de adaptación:** donde se hace la adaptación RV y/o VR.
- **Representación de datos del mundo real:** representación nativa de la información relacionada con el mundo real que se pretende intercambiar con el mundo real (sea importada o exportada).
- **Representación de datos del mundo virtual R:** representación nativa de la información relacionada con un mundo virtual que se quiere intercambiar (ya sea importada o exportada) con el mundo real.
- **Representación de datos del mundo virtual V:** representación nativa de la información de un mundo virtual a intercambiar con otro mundo virtual (bien sea importada o exportada).
- **Sensor:** dispositivo consumidor del que se puede recoger información del medio o entradas (p. ej. sensor de temperatura, de distancia, etc.).

II.2.2. Partes del estándar

El estándar MPEG-V se subdivide en 7 partes: *Arquitectura*, *Información de control*, *Información sensorial*, *Características de objetos de mundo virtual*, *Formato de datos para dispositivos de interacción*, *Tipos y herramientas comunes*, y *Software de referencia y conformidad*. Cada parte especifica consideraciones a tener en cuenta con respecto a tipo de datos, formato, etc., y va acompañadas de los esquemas XML correspondientes. Serán brevemente explicadas a continuación. Se sugiere consultar el estándar para ampliar la información.

Parte 1: Arquitectura

La Fig. 4 [6] muestra la arquitectura de MPEG-V para el control de objetos e intercambio de información dentro del mundo real, entre mundos virtuales, o entre mundo real y virtual.

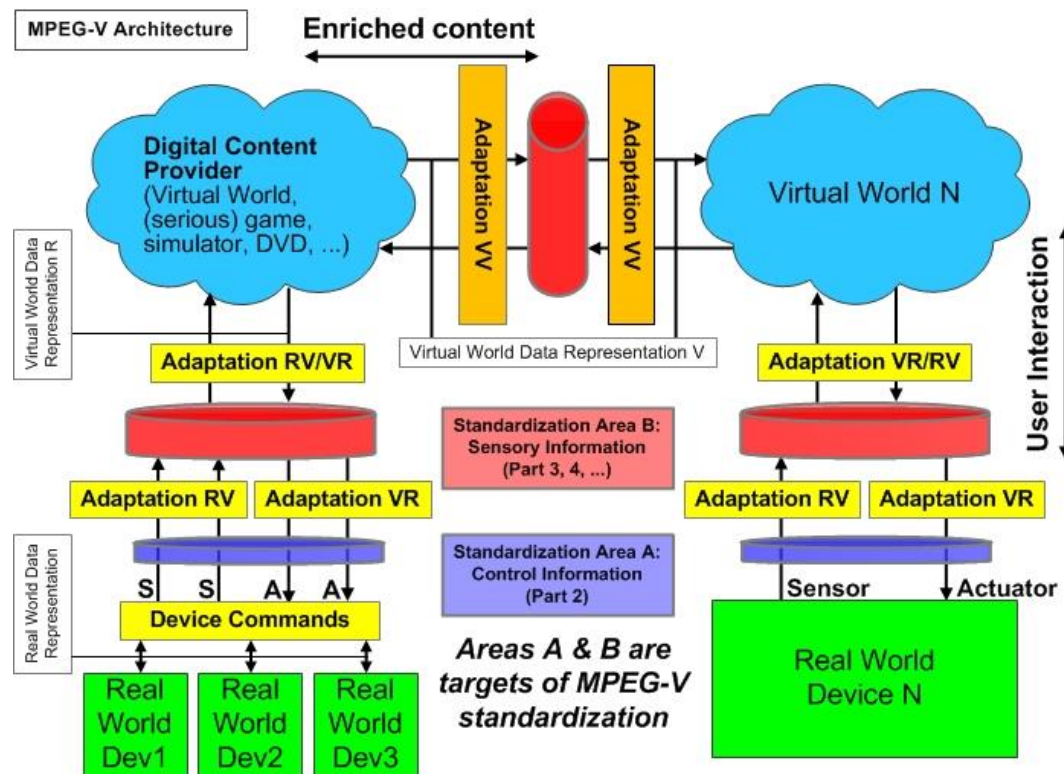


Fig. 4. Arquitectura MPEG-V.

Esta arquitectura permite reacciones simultáneas en ambos mundos a cambios en el medio ambiente y en el comportamiento humano, con lo que el estándar representa la solución para integrar contenido multisensorial en entornos de usuario garantizando interoperabilidad al ofrecer un amplio abanico de herramientas para representar dicho contenido.

El intercambio de datos puede ser entre mundo real y mundo virtual o entre mundos virtuales. Adicionalmente se contempla el control de avatares y objetos virtuales con señales del mundo real; y el control de objetos con señales del mundo virtual [6].

Se quiere tener la capacidad tanto de emular situaciones reales en el mundo virtual como de tomar decisiones en el mundo virtual y que produzcan algún efecto en el mundo real [8]. Por esta razón MPEG-V dentro de la arquitectura (Fig. 4) define capas de adaptación **virtual a real (VR)** y real a **virtual (RV)**.

Para el caso de adaptación real a virtual, se tomará la información de los dispositivos de mundo real y la traduciremos en comandos, que pasarán por la capa de adaptación RV [6]. Las salidas serán recibidas por el proveedor de contenidos que a su vez los transmitirá a una capa de adaptación virtual a virtual VV, que permite la interconexión e intercambio de datos entre múltiples mundos virtuales. Todo el proceso de adaptación, no estandarizado por MPEG-V, será función de la pasarela de interconexión a diseñar e implementar.

Siguiendo un esquema similar, la adaptación virtual a real parte de la información recibida del proveedor de contenidos, que pasará por capas de adaptación VR para enviar comandos a los actuadores y obtener el efecto deseado en los dispositivos del mundo real como en [9].

Si bien MPEG-V no estandariza el **motor de adaptación** (que constituye el núcleo de la pasarela) sea RV o VR, sí que propone un esquema que arroja como salida comandos a dispositivos sensoriales y posiblemente información para controlar el mundo virtual [10].

Intercambio entre mundos virtuales

MPEG-V clasifica las entidades de un mundo virtual como Objetos Virtuales y Avatares.

Un **avatar** es una representación gráfica de un usuario manejada por ordenador y mediante la cual existe e interactúa dentro del mundo virtual. En general suelen ser representaciones humanas pero en el modelo actual, y acorde a lo planteado en el estándar ISO/IEC 23005, los avatares pueden ser vehículos, soldados, persona al mando (PC), etc. Sobre esto se volverá más adelante.

La apariencia y características propias de un avatar [6] pueden ser definidas y compartidas entre todos los mundos virtuales en los que participa un usuario. Así, puede tener una identidad anónima pero común en cualquier mundo virtual que utilice.

Sin embargo, la capacidad de transferir información entre mundos virtuales depende del grado de similitud entre ellos, con lo que nuevamente se evidencia la importancia de la estandarización y de implementar un formato intermedio común para poder transferir información entre ellos.

n mundos virtuales pueden comunicarse entre si, pasando la información por una capa de adaptación que interprete y traduzca los datos manteniendo la consistencia e integridad. Como se ha mencionado, la capa de adaptación no está sujeta a estandarización..

En [11] se propone e implementa un protocolo para intercambio de información entre mundos virtuales basado en PHP con XML y conexión a base de datos usando SQL.

Esta capa intermedia ha sido considerada dentro en el diseño de la pasarela a implementar previendo tanto la comunicación entre mundos virtuales generados con OLIVE como los que

podieran crearse usando otras herramientas, con el fin de garantizar escalabilidad, adaptabilidad e interoperabilidad.

Otro concepto interesante es el de la **presencia social** dentro del mundo virtual [6]. Desde hace varios años, se viene trabajando en el diseño del *Metaverso*, que es aquel espacio (universo) compartido en el que se supera la distancia física entre dos entidades en distintos lugares al proporcionar intercambio de información entre ellos en tiempo real. La distribución de dicha información procesada en tiempo real crea una representación del usuario en varios lugares a la vez, permitiéndole utilizar aplicaciones, dispositivos y servicios ubicados en equipos remotos.

Por otra parte, la comunicación entre mundos virtuales ofrece la posibilidad de **toma de decisiones en grupo** en el contexto de planeación espacial [6]. Los mundos virtuales pueden servir como plataforma de comunicaciones a cualquier tipo de organización; por ejemplo, en la gestión de sistemas C4ISR para definir la ubicación de unidades militares en campo.

Finalmente, aunque no menos importante, se aplica el intercambio de información entre mundos virtuales para la **instanciación de objetos virtuales** [6]. Cuando se tiene información de un objeto virtual ésta puede ser utilizada en diferentes mundos virtuales para crear y usar los objetos correspondientes de forma rápida y sencilla, heredando las características y capacidades. La información de los objetos virtuales se define mediante metadatos. Tanto avatares como otros objetos virtuales podrán ser controlados con señales del mundo real.

De manera similar, la información del mundo virtual se traduce (a través de las capas de adaptación VR) en comandos que se transmiten a los dispositivos del mundo real.

Parte 2: Información de control.

Proporciona herramientas para describir las capacidades de los dispositivos sensoriales y proveer interoperabilidad en control de dispositivos, así como mundos virtuales. Incluye descripciones de capacidad de los actuadores (dispositivos sensoriales) y sensores en el mundo real así como las preferencias de usuario para generación de contenido y control de dispositivos. Ayuda a adaptar el control a cada caso de uso [6].

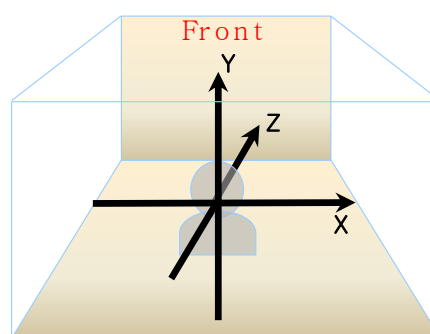


Fig. 5. Sistema de coordenadas de referencia.

En esta parte del estándar se define también el sistema de coordenadas de referencia X, Y, Z (Fig. 5) donde el origen es la posición del usuario; el eje X va hacia el lado derecho del usuario de frente al monitor, el eje Y va en dirección opuesta a la gravedad y Z va en la dirección del usuario mirando hacia el monitor.

Se definen también tipos base para caracterizar las capacidades de dispositivos sensoriales y de sensores (*SensoryDeviceCapabilityBaseType* y *SensorCapabilityBaseType*, respectivamente). Los tipos de sensores definidos en MPEG-V que resultan de interés son: de luz, de temperatura, de humedad, de longitud, de posición, de velocidad, de aceleración, de orientación, de movimiento, y cámara inteligente (pueden definirse nuevos tipos). La ubicación de los sensores se determinará según el mundo real del usuario y utilizando el sistema de coordenadas de la Fig. 5.

Por otra parte, el tipo *UserSensoryPreferenceBaseType* permite definir las preferencias de usuarios individuales con respecto a la experiencia sensorial.

Parte 3: Información sensorial.

Esta parte del estándar se enfoca en la representación de la información que actúa como entrada a la capa de adaptación VR (que, cabe recordar, no está sujeta a estandarización); especifica la sintaxis y semánticas para describir la información (y efectos) sensorial. Su objetivo es mejorar la experiencia del usuario, como en [12]. El lenguaje de descripción de efectos sensoriales (SEDL) proporciona los bloques básicos de construcción para la creación de metadatos de efecto sensorial. Su sintaxis y semántica y algunas reglas de validación adicionales se pueden consultar en [6].

Parte 4: Características de objetos de mundo virtual.

Los objetos de mundos virtuales (OMV) pueden ser clasificados en dos tipos: **avatares** y **genéricos**; y tienen dos objetivos: primero, caracterizar los objetos dentro del mundo virtual y segundo, proporcionar interacción con el mundo virtual [6].

Los **avatares** representan, como ya se ha comentado anteriormente, a una persona o entidad del mundo real en el mundo virtual y es mediante ellos que el usuario ejecuta una acción dentro del mundo virtual.

Según el planteamiento del proyecto, será posible que la persona al mando del puesto de control (PC) cree su propio avatar, además de una unidad por cada subordinado bajo su mando; este sería el caso para entrenamiento de unidades de nivel superior. Otra posibilidad es que tanto unidades de mismo nivel como de niveles inferiores sean creadas por una persona del mundo real y que tales avatares los controle bien sea el usuario correspondiente o su superior en la cadena de mando. Esto variará según el despliegue deseado para el entrenamiento. Por otra parte, los avatares propios del mundo virtual (por ejemplo, un civil que entra en pánico o una persona que resulta herida) también

deben instanciados; sobre esto se ha venido trabajando en el laboratorio, buscando extender las funcionalidades de OLIVE y creando funciones que permitan instanciar objetos de forma rápida y sencilla.

Los **objetos genéricos** permiten caracterizar objetos e interactuar con ellos [6]. Podría decirse que son aquellos que permiten la ejecución de una acción o son consecuencia de un evento. Ejemplos: coches, video, alarmas, mensajes, sensores...

Es necesario ser capaz de crear un objeto una vez e importarlo/usarlo en diferentes entornos virtuales. El estándar define el esquema XML para describir un objeto considerando tres requerimientos principales:

- Debe ser posible crear fácilmente importadores/exportadores desde varias implementaciones de entorno virtual.
- Controlar un objeto debe ser fácil.
- Debe ser posible modificar una plantilla propietaria (específica del mundo virtual) del objeto usando datos contenidos en el archivo de definición de datos.

Adicionalmente, debería ser posible controlar el objeto desde aplicaciones o recursos externos.

Parte 5: Formato de datos para dispositivos de interacción.

Contiene las herramientas para intercambiar información entre dispositivos de interacción; específicamente, define la normativa de formatos de comandos para control de dispositivos sensoriales y formatos de datos para recibir información de sensores [6]. Esta parte puede por sí misma proporcionar funcionalidad para capturar y controlar el mundo real. Define los tipos base para definir comandos de dispositivo (*DeviceCommandBaseType*) y describir la información detectada (*SensedInfoBaseType*)[6]. Las instancias de posterior información detectada pueden ser generadas como una salida de los sensores.

El tipo *TimeStampType* proporciona información del momento en que la información es adquirida. Como se define en el estándar, se pueden utilizar tres posibles esquemas temporales: absoluto (*AbsoluteTimeType*), ciclos de reloj (*ClockTickTimeType*) o delta de ciclos de reloj (*ClockTickTimeDeltaType*).

Parte 6: Tipos y herramientas comunes.

Se definen los tipos de datos y herramientas comunes a más de una herramienta definida en más de una parte del estándar [6]. Contiene la definición del esquema base en XML y normativa para declaración de variables.

Los tipos de datos básicos definidos en MPEG-V son:

- *unitType*: Descripción de una unidad como referencia al esquema de clasificación determinado por UnitTypeCS, definido en el Anexo A, sección A.2.1 de ISO/IEC 23005-6.
- *InclineAngleType*: Ángulo de inclinación (de -360° a 360°).
- *Float3DVectorType*: Vector con los valores para la posición x, y, z.
- X, Y, Z: Valor flotante (puede ser fuerza, torque, posición) para los ejes X, Y y Z respectivamente.

Parte 7: Software de referencia y conformidad

Esta parte del estándar ISO/IEC 23005 especifica el software de referencia y conformidad implementando las cláusulas normativas de todas las partes del estándar. Esto se puede aplicar para determinar los módulos de software de referencia disponibles para cada parte entendiendo y utilizando los módulos disponibles. Los módulos de referencia disponibles son especificados como Interfaces de programación de aplicaciones (APIs) de acuerdo a ISO/IEC 23006-1:2011 (MXM architecture and technologies).

Se consiguen tres propósitos [6]:

- Validación de las especificaciones definidas en cada parte del estándar.
- Clarificación de las especificaciones de todas las partes de MPEG-V.
- Pruebas de conformidad para comprobar la interoperabilidad de las distintas aplicaciones contra el software de referencia que pretende cumplir con ISO/IEC 23005.

Esta parte del estándar MPEG-V será muy importante en futuras etapas del desarrollo del proyecto, pues permite validar si las descripciones XML cumplen o no a las cláusulas normativas.

III. ARQUITECTURA DE LA PASARELA DE INTERCONEXIÓN

III.1. CONSIDERACIONES BASE.

Para el diseño, y posterior definición de modelo de datos, se tomaron como punto de partida los siguientes datos básicos de entrada y salida de un sistema de mando y control:

- Posición de una unidad (posición + nombre unidad).
- Amenaza (posición + tipo amenaza).
- Objeto (posición + texto).
- Alarma (posición de la unidad que la genera + tipo de alarma).
- Sensor (posición + tipo sensor + valor).
- Mensajes (nombre de la unidad + texto (50 caracteres))
- Video (nombre de la unidad + url). Como parte de los desarrollos futuros, se desea implementar la funcionalidad de *streaming* de video en tiempo real.

Por otra parte, se han considerado los siguientes elementos:

- **Identidad del usuario:** En el MR: ID, login y perfil. MV: ID, login, perfil, preferencias. Se puede implementar manejo de cuentas de usuario y alternancia de roles según los permisos (p. ej. un usuario al mando podría además introducir modificaciones sobre el sistema conforme avanza el desarrollo de la situación).
- **Usuario – Avatar:** a toda entidad del mundo real que puede ejecutar alguna acción debería corresponder un avatar en el mundo virtual. Puede ser que dicho avatar haya sido creado previamente por un usuario como una representación de sí mismo, o que sean creados por el administrador del sistema con un perfil genérico de acuerdo al despliegue que desee crear. Incluso, sería interesante implementar la posibilidad de que el propio sistema cree entidades de manera aleatoria (ej. víctimas de un ataque).
- **Objetos:** en el MR una cadena de caracteres que incluye el ID, descripción y valor. En el MV son lo que el estándar MPEG-V denomina objetos genéricos y en principio su estructura es muy simple: id, tipo, descripción, valor, acciones permitidas. Éste último campo indica la manera en que un usuario puede usar dicho objeto para interactuar con el sistema. Por ejemplo, un objeto vehículo permite que un usuario lo utilice como medio de transporte pero un objeto edificio existe en el sistema pero el usuario en realidad no interactúa con él.
- **Sensores:** en el MR van por separado, en el MV son uno de los muchos tipos de objetos genéricos que pueden crearse. Sin embargo, para mantener la coherencia con el despliegue de un sistema de mando y control real, se ha creado una entidad “sensor” dentro de la definición genérica de datos MPEG-V con atributos propios que será considerada de forma separada a otro tipo de objetos.

- **Mapas:** Actualmente en el MR los mapas se cargan a partir del fichero de misión (en SQL o XML dependiendo de la aplicación). OLIVE utiliza mapas en formato MPF por lo que será necesario hacer traducción de un formato al otro. Esto hace parte de los desarrollos futuros.

Con el fin de mantener la consistencia y que el sistema desarrollado tenga validez desde el punto de vista de las funcionalidades buscadas (entrenamiento táctico, etc.) se han definido dos tipos de mapeo: semántico y temporal.

El *mapeo semántico* determina cómo ajustar las entidades, su taxonomía, sus funcionalidades y sus interrelaciones de un mundo en las entidades del otro. En la Fig. 6, y a modo de ejemplo, se pueden ver los mapeos de entidades con una granularidad gruesa. Para cada uno hay que especificar funcionalidades, interrelaciones, etc.

Mundo Real		Mundo Virtual
Unidad	↔	Avatar (o grupo de avatares)
Amenaza	↔	Símbolo de amenaza
Objeto	↔	Marca espacial
Flujo de vídeo	↔	Sensor

Fig. 6. Mapeos a alto nivel

También se resolvió el *mapeo temporal*. En un mundo virtual la temporización y sincronización entre nodos es estricta, en cambio en el mundo real el acoplo temporal es más relajado puesto que los requisitos de tiempo real en entornos de comunicaciones adversos hacen inviable la sincronización estricta pero, a su vez, la elevada transitoriedad temporal de muchos datos permiten que la no sincronización estricta en momentos muy puntuales sea aceptable.

La funcionalidad base de la pasarela es la de interconectar dos sistemas, bien sea un sistema de mando y control con un mundo virtual o dos sistemas de mundos virtuales, y hacer una traducción entre ellos. Es decir que básicamente lo que se debe garantizar es que sea capaz de tomar la información del sistema fuente traducirla a formato MPEG-V y posteriormente representarla adecuadamente en el sistema destino. La comunicación es bidireccional.

Adicionalmente, y como posible línea de desarrollo futuro, podrían implementarse funcionalidades que ayuden a la gestión y configuración de sistemas de entrenamiento. Por ejemplo: registro de errores, definir/modificar condiciones meteorológicas, programar respuestas automáticas ante alertas del sistema, y/o sugerir alternativas de actuación ante amenazas.

III.2. LA PLATAFORMA DE MUNDOS VIRTUALES “OLIVE”.

OLIVE, On-Line Interactive Virtual Environment, es una plataforma de software propietaria de la empresa estadounidense SAIC (<http://www.saic.com/products/simulation/olive>) que proporciona capacidades de comunicación interactiva multimedia para colaboración, entrenamiento (ver Fig. 7), operaciones y educación¹. Se ha escogido como herramienta para generar mundos virtuales debido a sus prestaciones y porque tras 10 años en el mercado constituye uno de los entornos de mundos virtuales más avanzados del mercado, además de haberle sido otorgado en 2008 el “Virtual Worlds Innovation Award for the Enterprise”. Sin embargo, no ha sido diseñada bajo los lineamientos del estándar MPEG-V² por lo que es necesario incluir una etapa de adaptación dentro de la pasarela de interconexión para implementar el intercambio de información bidireccional entre el mundo real y el virtual.



Fig. 7. Entrenamiento de *first responders* en OLIVE.

OLIVE está diseñada para proporcionar una experiencia de usuario distribuida, colaborativa y enriquecida en un entorno virtual 3D similar al mundo real. Su arquitectura cliente/servidor permite escalar de aplicaciones monousuario a aplicaciones de gran escala con cientos de usuarios concurrentes. La plataforma es en sí misma un conjunto de aplicaciones, herramientas e interfaces que permiten crear contenidos y escenarios específicos, además de crear código propietario para extender las funcionalidades y desarrollar aplicaciones de mundo virtual a medida.

Una de las prestaciones más útiles que ofrece, y principal motivación para haberla escogido, es la posibilidad de conectarse con aplicaciones externas y crear soluciones a medida. Esto se hace a partir de la *OLIVE AI API*.

¹ En <http://www.saic.com/products/simulation/olive/customers.html> se pueden ver múltiples ejemplos de implementación.

² Hasta ahora no existe ningún producto en el mercado para generar mundos virtuales y que cumpla la normativa de ISO/IEC 23005.

OLIVE está basada en una arquitectura cliente/servidor con una infraestructura informática central conectada a uno o varios clientes remotos a través de una LAN, WAN, o Internet. Asimismo, separa las capacidades en módulos cliente y servidor. Así, es posible configurar tanto un servidor de mundos virtuales (con mayores capacidades en entornos Linux), como de clientes (usuarios finales) que posteriormente se pueden conectar bien sea al clúster público de la compañía, por ejemplo para solicitar soporte, o a algún mundo virtual que haya sido creado y configurado en un servidor propio.

Actualmente se cuenta con múltiples instancias de clientes OLIVE sobre Microsoft Windows[®] XP y Microsoft Windows[®] 7, así como de dos servidores con diferentes sistemas operativos: el primero Windows Server 2008 R2 y el segundo CentOS 5.0.

III.3. EL ENTRENADOR TÁCTICO

En el laboratorio de investigación se ha venido desarrollando de manera paralela el Entrenador Táctico (en inglés LVCTE, “Live, Virtual and Constructive Training Environment”). La principal característica y caso de uso del Entrenador Táctico (en adelante ET) es proporcionar una aplicación que permite integrar dentro del C2IS “SIMACOP” tanto elementos del mundo real como elementos del mundo virtual. En el contexto de la tesina y de la posterior tesis, se utilizará para validar la pasarela MPEG-V. El ET utiliza OLIVE como generador de mundos virtuales.

Se propone una arquitectura basada en el uso extensivo de MPEG-V y la consideración básica de que los sistemas de mando y control tienen una arquitectura que intenta reflejar dos dimensiones principales: la estructura organizativa u orgánica y la estructura de red. Por consiguiente, la arquitectura propuesta (Fig. 8) tiene tres componentes principales: *Servidor Entrenador Táctico (SEV)*, *Cliente Entrenador Táctico (CET)* y *Servidor de Vídeo Virtual (SVV)*.

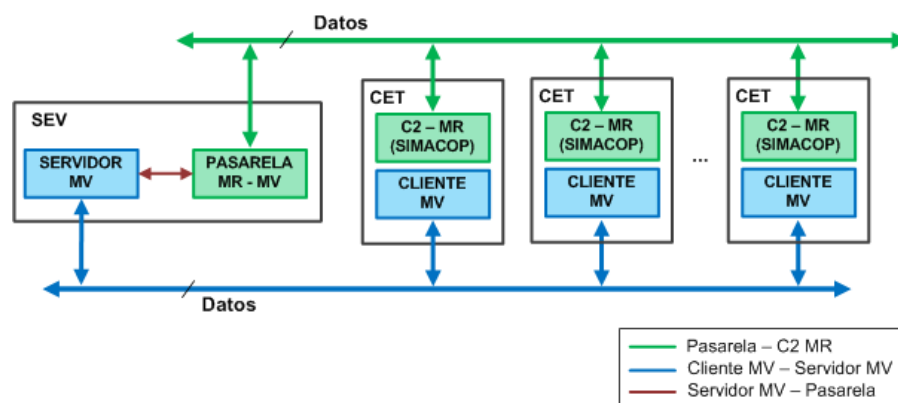


Fig. 8. Arquitectura ET.

En una implementación típica se tendrá un equipo servidor que incluirá al servidor de mundos virtuales (SMV) y al sistema SEV, un conjunto indeterminado de nodos con clientes CET (cada uno de los cuales incluye un sistema de mando y control del MR y un cliente de MV) y un SVV

para la gestión de vídeo. El sistema es escalable, admitiendo cientos de usuarios y objetos reales y/o virtuales que pueden interactuar entre sí, pero ahorrando los costes asociados que implicaría llevar a cabo el mismo ejercicio en un escenario real.

A continuación se explica con mayor detalle cada componente.

Servidor Entrenador Táctico (SEV)

Permite la configuración global del sistema ET y es donde se ejecuta la pasarela de interconexión. Reside en una única máquina e incluye el Servidor de Mundos Virtuales (SMV).

El sistema necesita de una estructura organizativa de las unidades implicadas en una misión (bomberos, policías, militares, etc.), así como la estructura de red de las distintas mallas de comunicaciones implicadas. Para ello, en SIMACOP y otros sistemas de mando y control similares, se utilizan los denominados ficheros de misión (FDM) que reflejan toda esa información. Se ha decidido mantener dicha aproximación de FDM para ser completamente compatibles a nivel de configuración, ampliando la estructura para reflejar los nuevos elementos configurables de la interconexión con MV.

El elemento fundamental del SEV es un proceso que está continuamente a la escucha de novedades y que, al recibirlas, mapea en consecuencia de un mundo a otro. Otra función fundamental es la de asociar entidades del MR a entidades del MV y garantizar que la información asociada sea correcta.

El sistema ET implementa actualmente técnicas básicas de gestión de la coherencia y la consistencia pero la incorporación de técnicas avanzadas se prevé como línea futura de trabajo a corto-medio plazo.

Cliente Entrenador Táctico (CET)

Es el subsistema cliente que utilizan los nodos de entrenamiento y que incluye un sistema de mando y control del mundo real y un cliente de mundos virtuales.

En la interfaz de usuario (Fig. 9) se visualizan y manejan unidades del mundo virtual, e igualmente se visualizan los avatares de las unidades que existen (y se mueven, etc.) en el mundo real. Se tienen de dos componentes: una pantalla del C4ISR (izquierda) con toda la información pertinente: mensajería, unidades geolocalizadas, alertas, objetos, etc; y la representación de la información en el mundo virtual (derecha). Hay una conexión directa entre la posición geográfica, basada en GPS, y la representación en el mundo virtual, de manera que cuando cualquier entidad ejecuta alguna acción, se transmite la información usando el formato intermedio MPEG-V. Adicionalmente, se puede configurar la estructura de mando y el escenario de entrenamiento.

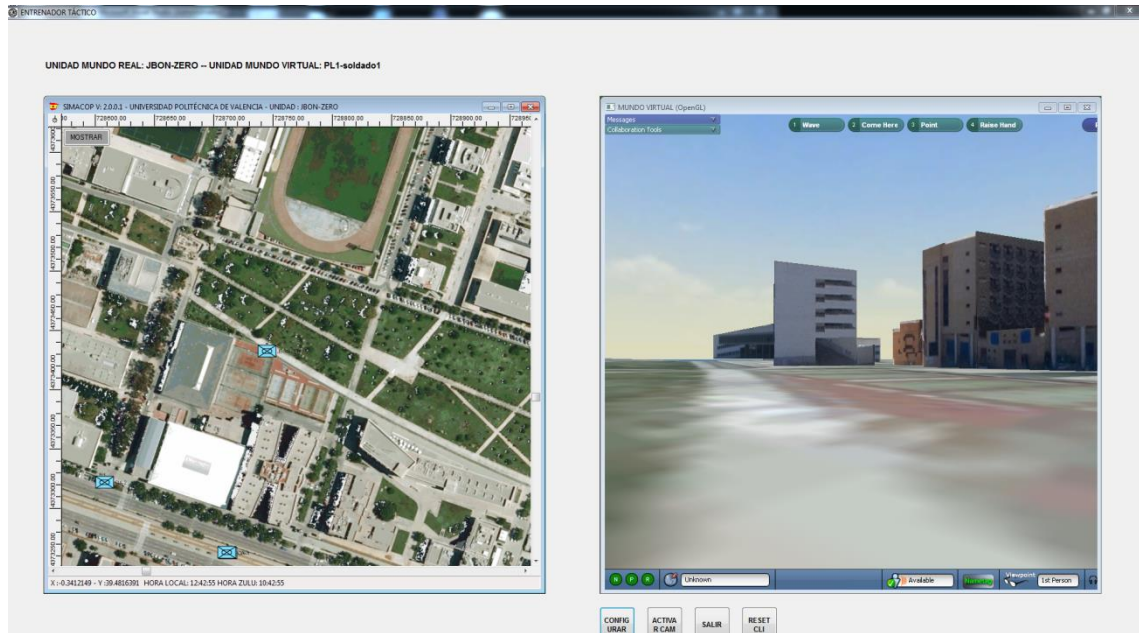


Fig. 9. CET. Pantalla principal.

Servidor de Vídeo Virtual (SVV)

Sistema de gestión, distribución y reproducción de vídeo generado por los sensores implicados en las operaciones, tanto fuentes del mundo real como fuentes del mundo virtual. El SVV es una aplicación independiente respecto a la pasarela de mundos virtuales a mundos reales. Su misión es la de gestionar los distintos flujos de vídeo que generan los sensores de los sistemas CET y sensores independientes reales y redistribuirlos a los clientes que se lo soliciten. La arquitectura del SVV se muestra en la Fig. 10

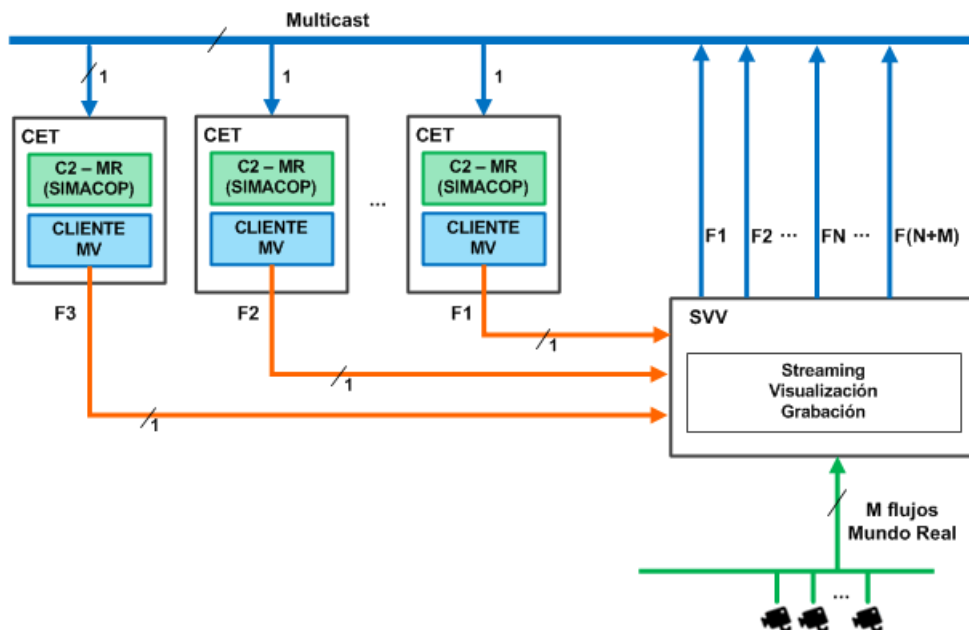


Fig. 10. Arquitectura de vídeo

Cuando un sensor de vídeo de un CET arranca, comprueba cuál es su SVV asociado se pone a enviar vídeo directamente a la IP del SVV. Esta IP la encuentra en su FDM. El SVV tiene la capacidad de determinar qué flujos en vivo van a estar disponibles para el resto de nodos y qué flujos van a ser grabados (los flujos se graban en formato MPEG-4 de forma que pueden ser vistos con cualquier reproductor). Una vez habilitados determinados flujos estos ya pueden ser vistos en el SVV, como se observa en la Fig. 11 (se muestran 4 flujos de video).

La interfaz permite seleccionar la reproducción de cámaras en vivo para su visualización y seleccionar grabaciones ya existentes en el repositorio para su visualización. También es posible configurar el número de flujos a visualizar y su disposición y seleccionar el tamaño de los displays de visualización. El sistema se adapta a las características de pantalla del equipo en el que esté ejecutándose, ajustando su tamaño a la resolución.

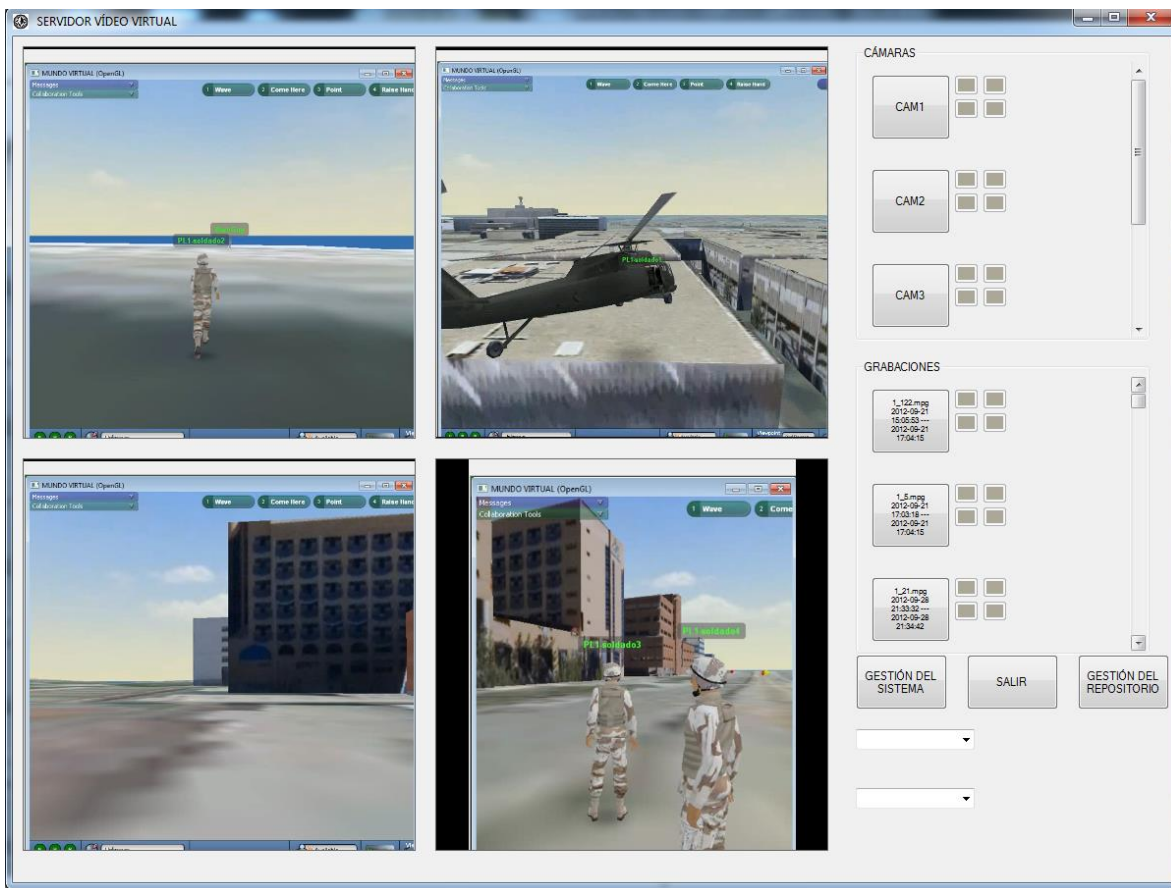


Fig. 11. SVV. Pantalla principal con 4 displays

Por otra parte, SVV desacoplan productores de consumidores y una consecuencia directa de este desacoplo es la reducción del ancho de banda consumido. El sistema recibe un flujo de vídeo por

cada fuente y lo retransmite por multicast, disminuyendo el número total de flujos respecto al caso en el que únicamente hubiera productores y consumidores, tal y como se puede ver en la Fig. 10.

III.4. ARQUITECTURA DE LA PASARELA DE INTERCONEXIÓN

La Fig. 12 muestra, de manera conceptual, el funcionamiento de la pasarela. El flujo de datos se puede describir así: los datos originados en el sistema C2IS real (SIMACOP) son traducidos a formato MPEG-V. A continuación, deben ser traducidos al formato que maneja OLIVE para finalmente entregarlos a la aplicación y poder representarlos adecuadamente.

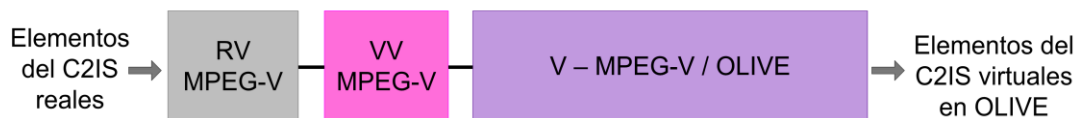


Fig. 12. Esquema conceptual de la pasarela de interconexión.

El camino inverso sería similar. Tomar los datos generados OLIVE, traducirlos a formato MPEG-V y enviarlos para su representación en el mundo real. La diferencia radica en que en el primer paso el flujo de información no será real a virtual sino virtual a virtual.

A partir de todo lo anterior, se propuso la arquitectura de la pasarela de interconexión (Fig. 13). Se pueden ver más claramente los elementos que la componen y cómo se conectan entre sí.

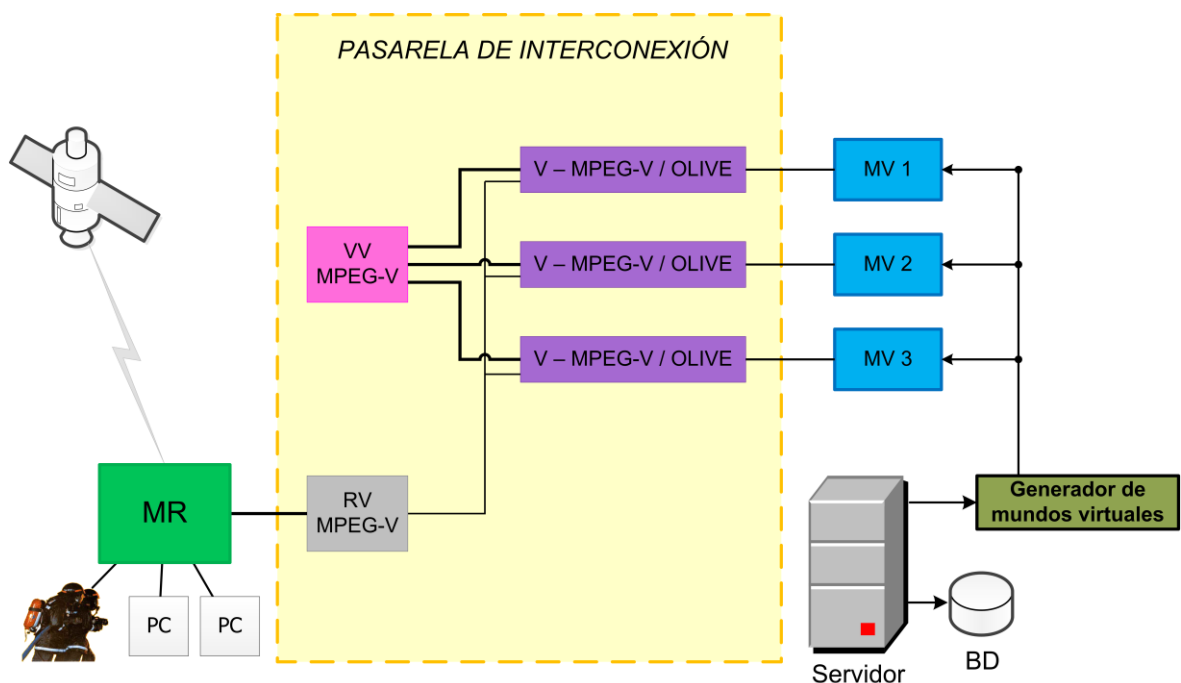


Fig. 13. Arquitectura de la pasarela de interconexión.

Con lo cual en la pasarela se hará la traducción RV, VR o VV (según el caso) bajo estandarización MPEG-V, constituyendo el mayor aporte de la futura tesis doctoral. Se pretende conseguir una arquitectura modular (Ver Fig. 14) con la cual sea posible conectar cualquier tipo de sistema C4ISR con algún mundo virtual en el que se implementará el sistema de entrenamiento en gestión de emergencias.

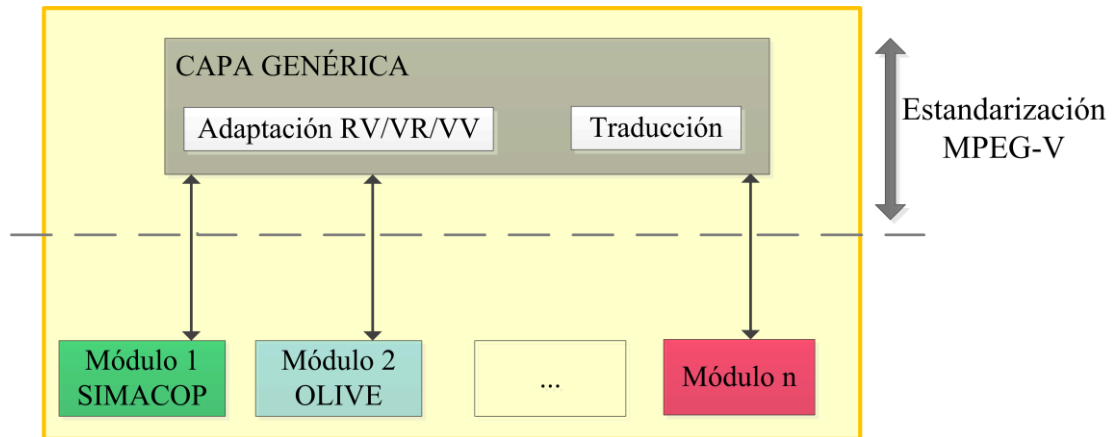


Fig. 14. Esquema modular de la pasarela de interconexión.

IV. IMPLEMENTACIÓN DE LA PASARELA DE INTERCONEXIÓN

Uno de los primeros pasos fue definir el modelo de datos a partir de los lineamientos del estándar MPEG-V. Se crearon 3 modelos: uno genérico, que sirve como base para a futuro incorporar nuevas aplicaciones al entrenador táctico; el modelo equivalente en MPEG-V para SIMACOP; y el modelo para OLIVE. Todo esto teniendo en cuenta la información que será relevante intercambiar entre sistemas dentro de la aplicación. En las secciones I.IV.1 a I.IV.3 se profundiza en los detalles de cada modelo y se incluyen algunos extractos de las definiciones en XML.

IV.1. MODELO DE DATOS MPEG-V GENÉRICO.

Es necesario hacer una abstracción de la sintaxis y semántica de cada sistema particular y adaptarla a MPEG-V, para luego traducirla con base en el formato común y entregarla al terminal que corresponda dentro del mundo virtual o real, según el caso. Con el fin de simplificar esta tarea, y siguiendo los lineamientos del estándar, se ha creado una definición de datos genérica para la pasarela de interconexión. De esta manera, se propone un formato intermedio común para los datos que se intercambiarán entre módulos. Cabe recordar que la de definición de datos propia de cada parte del estándar se viene, y continuará, adaptando según las necesidades del proyecto.

En primer lugar, se declara el *wrapper* base con un nodo raíz del que se desprenden, en la versión inicial, cuatro elementos: (1) **Objetos Virtuales**: para definir la información relativa a avatares y objetos de mundo virtual. (2) **ElemSist**: especifica los elementos genéricos de un sistema C4ISR. (3) **Control**: descripción de la información de control). (4) **Interacción**: comandos para control de dispositivos y descripción de la información adquirida a través de sensores.

```
<schema>
  <element name="Raiz" type="RaizType"/>
  <complexType name="RaizType">
    <sequence>
      <element name="ObjetosVirtuales" type="vwoc:VWOCInfoType"
minOccurs="0"/>
      <element name="ElemSist" type="egs:ElemGenType" minOccurs="0"/>
      <element name="Control" type="cidl:ControlInfoType" minOccurs="0"/>
      <element name="Interaccion" type="iidl:InteractionInfoType"
minOccurs="0"/>
    </sequence>
  </complexType>
</schema>
```

La definición de datos para los elementos 1, 3 y 4 se ha creado a partir de las plantillas de definición de datos del estándar. Por otro lado, para los elementos genéricos del sistema se ha creado un nuevo esquema considerando de las características de un sistema C4ISR y la información que se desea intercambiar.

En el futuro, y si se ampliase el alcance del proyecto, podrían incluirse las definiciones de elementos tipo *SensedInfoBaseType* y *DeviceCommandBaseType* para especificar las capacidades de tipos individuales de sensor y comandos específicos para cada tipo de sensor, respectivamente.

IV.2. MODELO DE DATOS MPEG-V PARA SIMACOP.

A partir del análisis de la sintaxis y semántica del C4ISR y de la abstracción de qué tipo de información será necesario transmitir a otros módulos para garantizar la consistencia de datos y una adecuada implementación del entrenador en gestión de emergencias, se presenta en esta subsección la definición de datos propuesta para SIMACOP en formato MPEG-V. Se crea el elemento raíz *SimacopNode* y los nodos hijos *Alarma*, *Amenaza*, *Objeto*, *Posición*, *Sensor* y *Mensaje*:

```
<schema>
  <element name="SimacopNode" type="SimacopType"/>
  <complexType name="SimacopType">
    <sequence>
      <element name="Alarma" type="egs:AlarmaType" minOccurs="0"/>
      <element name="Amenaza" type="egs:AmenazaType" minOccurs="0"/>
      <element name="Objeto" type="ObjetoType" minOccurs="0"/>
      <element name="Posicion" type="egs:PosicionType" minOccurs="0"/>
      <element name="Sensor" type="egs:SensorType" minOccurs="0"/>
      <element name="Mensaje" type="egs:MensajeType" minOccurs="0"/>
    </sequence>
  </complexType>
</schema>
```

Como se puede ver, los elementos *Alarma*, *Amenaza*, *Posición*, *Sensor* y *Mensaje* se definen a partir del esquema comentado en el numeral anterior, pues son elementos genéricos del sistema. *Objeto* es un tipo propio de SIMACOP y se ha definido de la siguiente manera:

```
<complexType name="ObjetoType">
  <sequence>
    <element name="IdObjeto" type="int" />
    <element name="TextoObjetos" type="string" />
    <element name="Texto" type="string"/>
    <element name="Origen" type="string"/>
    <element name="Posicion" type="egs:PosicionType" />
    <!--Identification, description, content, behavior-->
    <element name="vwoBase" type="vwoc:VWOBaseType" minOccurs="0"/>
  </sequence>
</complexType>
```

IV.3. MODELO DE DATOS MPEG-V PARA OLIVE.

Al igual que con SIMACOP, se ha venido analizando la plataforma de mundos virtuales OLIVE para determinar la adecuada definición de datos MPEG-V para los elementos básicos del sistema. El esquema, como es de esperar, es similar a lo que ya se ha visto y se muestra a continuación:


```

<schema>
  <element name="OliveNode" type="OliveType"/>
  <complexType name="OliveType">
    <sequence>
      <element name="Alarma" type="egs:AlarmaType" minOccurs="0"/>
      <element name="Amenaza" type="egs:AmenazaType" minOccurs="0"/>
      <element name="Objeto" type="ObjetoType" minOccurs="0"/>
      <element name="Posicion" type="egs:PosicionType" minOccurs="0"/>
      <element name="Sensor" type="egs:SensorType" minOccurs="0"/>
      <element name="Mensaje" type="egs:MensajeType" minOccurs="0"/>
      <element name="Avatar" type="AvatarType" minOccurs="0"/>
      <element name="OMV" type="OMVType" minOccurs="0"/>
      <element name="Inventario" type="InventarioType" minOccurs="0"/>
    </sequence>
  </complexType>

```

Nuevamente aparecen los elementos *Alarma*, *Amenaza*, *Posición*, *Sensor* y *Mensaje*, que hacen parte de los objetos genéricos del sistema. Y se proponen cuatro nuevos elementos: *Avatar*, *OMV*, *Inventario* y *Objeto*.

El tipo *AvatarType* permite describir la información asociada a un avatar. Los elementos básicos serán: identificador de usuario (*UserID*), nombre (*AvatarName*), identificador de avatar (*AvatarDoid*), *Posicion*, plantilla asociada (*TemplateId*) y *AvatarFullDesc*. Este último elemento contendrá los descriptores adicionales propuestos por MPEG-V que son aplicables a OLIVE.

```

<complexType name="AvatarType">
  <sequence>
    <element name="UserID" type="int"/>
    <element name="AvatarName" type="string"/>
    <element name="AvatarDoid" type="string"/>
    <element name="Posicion" type="egs:PosicionType"/>
    <element name="TemplateId" type="int"/>
    <!--Detalles de apariencia e información de control-->
    <element name="AvatarFullDesc" type="vwoc:AvatarType" minOccurs="0"
      maxOccurs="unbounded"/>
  </sequence>
</complexType>

```

Siguiendo el mismo orden de ideas, el tipo para describir los objetos de mundo virtual tendrá un identificador y tipo de objeto, la identificación del propietario del objeto, sus atributos (nombre y tipo, agrupados en el subtipo *AtributosType*) y un conjunto de descriptores adicionales.

```

<complexType name="OMVType">
  <sequence>
    <element name="ObjectId" type="int"/>
    <element name="Type" type="string"/>
    <element name="Owner" type="int"/>
    <element name="Atributos" type="AtributosType"/>
    <!--Detalles de apariencia e información de control-->
    <element name="VOFullDesc" type="vwoc:VirtualObjectType" minOccurs="0"
      maxOccurs="unbounded"/>
  </sequence>
</complexType>

```

Por último, se definen los elementos *Inventario* y *Objeto*. Este último no debe confundirse con el *Objeto* propio de SIMACOP, aunque la definición de datos para ambos coincide.

```
<complexType name="InventarioType">
  <sequence>
    <element name="Pob" type="PobType"/>
  </sequence>
</complexType>
<complexType name="PobType">
  <sequence>
    <element name="Poid" type="int"/>
    <element name="Type" type="int"/>
    <element name="RelatedPoid" type="int"/>
    <element name="Owner" type="int"/>
    <element name="PurchaseTime" type="DateTime"/>
    <element name="PurchasePrice" type="float"/>
    <element name="ProductsPid" type="string"/>
  </sequence>
</complexType>
```

IV.4. MECANISMO DE COMUNICACIÓN

La comunicación se basa en Web Services vía TCP/IP. La arquitectura se muestra en la Fig. 15.

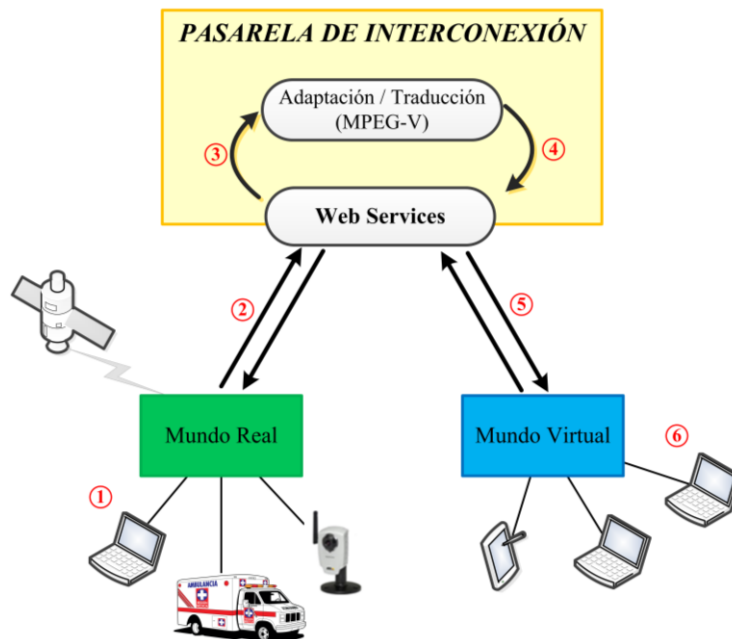


Fig. 15. Infraestructura de comunicaciones de la pasarela de interconexión.

Cuando un cliente (1) hace una petición (2), bien sea desde mundo virtual o real, ésta se envía como objeto XML mediante un web service, desarrollado en .NET, y se entrega (3) a la capa de adaptación y traducción con el fin de realizar la adaptación RV, VR o VV según corresponda y de convertirlo a formato MPEG-V. Los datos resultantes se encapsulan en un nuevo objeto XML que

– nuevamente vía web services (4) – será entregado al módulo que corresponda (5), (6) y queda a la espera de respuesta.

La respuesta viajará en el camino inverso. El web service entrega la respuesta a la capa de adaptación/traducción, donde se efectuarán las acciones pertinentes y acto seguido se transferirá (vía TCP/IP) el resultado al cliente que hizo la petición.

Por supuesto, habrá que vigilar que la información tanto en el mundo real como en el virtual se mantenga actualizada y los datos sean válidos en todo momento, para garantizar que los XML generados sean correctos. También en etapas futuras se definirán parámetros de control relacionados con la gestión adecuada de un sistema de tiempo real.

V. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

V.1. CONCLUSIONES

- Complementando los conocimientos adquiridos en las asignaturas del máster, se ha profundizado en los contenidos relacionados con los sistemas de mando y control C4ISR, sus principales características, componentes, limitaciones, y aplicación a la gestión de emergencias.
- Se ha estudiado el estándar ISO/IEC 23005 (MPEG-V) en su totalidad y se sabe con claridad qué componentes de la pasarela de interconexión a implementar están sujetos a estandarización y cuáles son de libre desarrollo. Además, partiendo de los esquemas normativos se ha definido el modelo de datos del sistema. Igualmente, se han redefinido los esquemas de definición de datos propuestos en MPEG-V adaptándolos a las necesidades del sistema y excluyendo los apartados que no serán considerados (por ejemplo en cuanto a creación de efectos sensoriales que requieren dispositivos especializados).
- Durante el periodo de instalación y puesta a punto de la plataforma para mundos virtuales OLIVE se enfrentaron muchas dificultades, básicamente por falta de instrucciones completas. Pero gracias a la colaboración entre miembros del grupo de investigación y tras consultar repetidamente al equipo de soporte de SAIC fue posible seguir adelante y hoy se cuenta con un buen dominio de la herramienta y se conocen sus prestaciones, alcance y limitaciones. Se tienen en funcionamiento múltiples instancias de clientes corriendo bajo Windows[®] XP y Windows[®] 7, y dos servidores: uno configurado en Windows[®] Server 2008 R2 y otro en CentOS 5.0.
- Se configuró la *OLIVE AI API* y se hicieron pruebas, punto de partida para construir la capa de adaptación MPEG-V – OLIVE. Estas tareas hacen parte de la implementación que se está desarrollando en la tesis doctoral y en colaboración con otros miembros del grupo de investigación.
- Se ha diseñado e implementado una arquitectura modular distribuida y colaborativa para interconectar sistemas C4ISR y mundos virtuales aplicando el estándar MPEG-V (pasarela de interconexión). Dicha arquitectura será validada durante el desarrollo de la tesis doctoral.
- Se ha publicado un paper en una conferencia internacional para gestión de emergencias (anexo al final de este documento) y una versión más extendida, e incluyendo nuevos desarrollos, está en proceso de aceptación en una revista internacional.

V.2. DESARROLLOS FUTUROS

- Continuar con el desarrollo del proyecto y llevar a cabo la tesis doctoral.

- Concluir la primera fase de implementación de la pasarela, con web services y desarrollada en .NET para conectar SIMACOP y OLIVE. Se pretende conseguir una aplicación en la que con pocos pasos de configuración sea posible conectar a la pasarela cualquier sistema C4ISR o de generación de mundos virtuales y que puedan comunicarse entre ellos. Esto permitirá alcanzar uno de los objetivos finales de la tesis doctoral, ofrecer una solución genérica para interconectar mundos virtuales con sistemas de mando y control.
- Durante el curso siguiente, se harán pruebas que permitan validar el sistema y posteriormente se analizarán y compararán las prestaciones al implementar la pasarela en el Entrenador Táctico Virtual con respecto a considerar un sistema que conecta directamente sistemas C4ISR con mundos virtuales, es decir, que no incluye la capa de adaptación y traducción MPEG-V.
- Publicación de resultados y redacción de la tesis doctoral.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, al Dr. D. Manuel Esteve Domingo por aceptar dirigir este proyecto, que continuará desarrollándose durante los próximos años como parte de la tesis doctoral. Su orientación, experiencia, ideas, aportes y apoyo continuo hacen posible que hoy esté culminando con éxito esta tesina y se cumplan los objetivos planteados.

Al Dr. D. Israel Pérez Llopis, cuya tesis doctoral “Arquitectura de un sistema C4ISR para pequeñas unidades” ha contribuido enormemente a crear una buena base del conocimiento, indispensable para el desarrollo adecuado de esta tesina y que será aplicado también en las fases futuras de la realización de la tesis doctoral. Sus continuos aportes y vastos conocimientos siempre ayudan a la resolución de dudas y a mantener los objetivos.

También quiero agradecer a mis compañeros del Laboratorio de Sistemas de Tiempo Real y Distribuidos, por crear un ambiente de trabajo agradable y colaborativo. Me siento honrada de tener la oportunidad de trabajar con un grupo de tal excelencia y calidad humana.

Finalmente, a mis familiares, amigos y todos quienes de una manera u otra han contribuido al desarrollo de esta tesina y me han ayudado a perseverar a través de las dificultades y a pesar de las distancias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Jovanova, M. Preda, *Avatars interoperability in Virtual Worlds*, Multimedia Signal Processing (MMSP), 2010 IEEE International Workshop on, 2010, vol., no., pp.263-268, 4-6.
- [2] J.-J. Han, H. Lee, B. Lee, S. Kim, K. H. Kim, W.C. Bang, and D. J. Kim, *Real-time 3D Full-body motion tracking architecture for Home CE Devices*, Samsung Tech. Conference, Kiheung, Korea, 2009.
- [3] J.A.Y. Zepeda, F. Davoine, M. Charbit, *A linear estimation method for 3D pose and facial animation tracking*". Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR '07. IEEE Conference on, 2007, vol., no., pp.1-7, 17-22.
- [4] K. Yoon, D. Kim, Y. G. Ha, "Control of Unmanned Flying Vehicle Based on MPEG-V International Standard". Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2011 8th International Conference on, 2011, vol., no., pp.64-67, 23-26.
- [5] I. Pérez, *Arquitectura de un sistema C4ISR para pequeñas unidades*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Comunicaciones, 2009.
- [6] *ISO/IEC 23005, Information technology -- Media context and control*, 2011, partes 1 a 7.
- [7] Preda, M., *1st International MPEG-V Workshop and Demonstration Day 2011, Introduction.*, Korea, 2011. URL: <http://www.slideshare.net/MariusPreda/mpeg-vawareness-event>
- [8] ISO/MPEG, *MPEG-V Requirements V3.2*, ISO/IEC MPEG/w10498, Lausanne, Switzerland, 2009.
- [9] M. Preda, J.J. Han (ed.), *Study Text of ISO/IEC 23005-4 FCD Virtual World Object Characteristics*, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11/N11179, Kyoto, Japan, 2010.
- [10] S. Han, J.J. Han, Y. Hwang, J.B. Kim, W.C. Bang, J.D.K. Kim, C. Kim, *Controlling virtual world by the real world devices with an MPEG-V framework*. Multimedia Signal Processing (MMSP), 2010 IEEE International Workshop on, 2010, vol., no., pp.251-256.
- [11] A. Kane, *Virtual World Interoperability of Avatar Information*. Rochester Institute of Technology, 2010.
- [12] S.K. Kim, J. Chun, H. Park, D. Kwon, *Interfacing Sensors and Virtual World Health Avatar Application*, Information Science and Service Science (NISS), 2011 5th International Conference on New Trends in, 2011 vol.1, no., pp.21-25, 24-26.

ANEXOS

LVC Training Environment for Strategic and Tactical Emergency Operations

Laura Ardila

Universitat Politècnica de València
lauarsi1@upvnet.upv.es

Israel Perez-Llopis

Universitat Politècnica de València
ispello0@upvnet.upv.es

Carlos E. Palau

Universitat Politècnica de València
cpalau@dcom.upv.es

Manuel Esteve

Universitat Politècnica de València
mesteve@dcom.upv.es

ABSTRACT

The application of Information and Communication Technologies in emergency management environments is a challenging research topic; particularly, the applicability of C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) systems specifically designed for these environments. A key aspect in emergency management is the training of operatives at all levels, from intervention to operational, including tactical command and control. Virtual reality is widely used for training and learning purposes, but the interaction of real and virtual worlds with new standards (i.e. MPEG-V), going a step further from the traditional approach to create virtual environments based in expensive simulation dedicated equipment and allowing data streaming between both worlds, has not yet been exploited in training for emergency management. This paper proposes an architecture for a C4ISR training system providing interoperability between real and virtual worlds using the MPEG-V standard and allowing simultaneous and real time training of both real and virtual units.

Keywords

Command and control, interoperability, MPEG-V, tactical operations, training, virtual worlds.

INTRODUCTION

A virtual world is a simulated environment based in computers where people interact through avatars and intelligent agents. The simulated environment is based on the real world and thus the rules from the real world will be applied to it (Jovanova and Preda, 2010). Nowadays applications using virtual worlds go beyond merely entertaining purposes, as they have become a powerful tool to implement systems that can be applied, among many others, in developing training scenarios for crisis management. The goal is to help trainees learn and practice how to perform physical or procedural tasks (e.g. operating and maintaining medical equipment, evacuating a building...) while working toward animated agents that can collaborate with human trainees in the virtual worlds (Rickel and Johnson, 2000). The main objectives pursued with training using virtual worlds for crisis management include the realization of joint exercises that would otherwise be unfeasible due to their high cost in transportation of personnel and equipment utilization and to set up a variety of scenarios and conditions with a flexibility that does not exist in the real world so that first responders can practice and evaluate their response to unforeseen events in stress situations.

This paper describes an ongoing project to create a LVCTE (Live, Virtual and Constructive Training Environment) between virtual worlds and C2IS (Command and Control Information Systems) for training in crisis management, implementing standardized data formats and providing a middleware in which different applications can interoperate. The interactions of each participant (whether they are virtual or real entities in the training environment) are seamless in order to maintain the necessary coherence during the whole simulation. The proposed system includes the deployment of equipment on the field and the interaction of these units with virtual units generated within the system; the real units will act as mobile sensors and actuators in the mitigation of the simulated crisis, feeding the system with real data and responding to the orders of the crisis managers of the virtual world. The training system will also include a gateway to interconnect the virtual training environment with the real world communication environment; the MPEG-V standard is the key component of the interoperable communication system, streaming data between both environments, and will make

Proceedings of the 10th International ISCRAM Conference – Baden-Baden, Germany, May 2013
T. Comes, F. Fiedrich, S. Fortier, J. Geldermann and T. Müller, eds.

independent the real command and control system from the virtual world generator. The LVCTE will allow personnel training in virtual environments with the same tools they would use during the real crisis mitigation.

The three base hypotheses to develop the proposed system are: (i) traditional training simulated-based systems are expensive and offer little flexibility (e.g. it is not possible to simply burn up a building every time a drill is carried out); (ii) real training in the field of emergency management is very expensive and complicated regarding the harmonization of procedures between agencies; and (iii) a network-based system that integrates reality and simulation will be, on the one hand, relatively cheap because all expenses that real in-site training entails (such as moving many people, vehicles) are reduced and, on the other, will facilitate the interoperability and harmonization of procedures between agencies.

MOTIVATION AND TECHNICAL CHALLENGES

The Live, Virtual and Constructive Training Environment (LVCTE) developed by the research team has as main aim the use of virtual reality to reproduce real environments and to create immersive training exercises for human beings. Virtual agents and personnel cohabit in a 3D, interactive, simulated model of a real scenario (Le Parc, Pardo, Touil and Vareille, 2010). All elements and their possible actions can be represented within the virtual world and people can interact, among them or with any objects, using the equipment they already have (a relevant consideration to design and develop the system. In the case of emergency management, the LVCTE has been used to implement a training system where personnel from different areas (paramedics, firemen, etc.) can carry out drills of emergency situations and learn or practice responses, actuations, etc.

Hybrid training systems including data from real sources (Verdot, Saidi and Fournigault, 2011) enhance and extend the training capabilities of traditional virtual systems. The LVCTE allows the interacting user to gather information about its state through sensor values, video streaming or specific messages (e.g. this kind of information is critical in fire squad operations (Le Parc et al., 2010; Querrec, Buche, Maffre and Chevallier, 2004)). The main technical challenges and goals of the system are:

1. Reflect the reality with high fidelity for strategic and tactical crisis managers as well as for first responders to help them develop actuation strategies and homogenize procedures based on realistic environments.
2. Enable collaboration among teams of humans, software agents and virtual avatars. Crisis management personnel from different organizations and locations should be able to collaborate in developing strategies.
3. Provide interaction and overlapping between virtual and real worlds using MPEG-V standard to stream real data inside a virtual world and vice versa, contributing to an interoperable training environment.

The LVCTE requires accurate representation of the environment including audio and video depiction of features, and users' avatars should also represent accurately their actions, movements and characteristics in order to be realistic. Resources for crisis management include first responders on foot, vehicles, deployed sensors (like mobile sensors in UAVs and other unmanned vehicles or static sensors), and surveillance systems based on video streaming. Emergency management officials may use a variety of mechanisms and software tools for communicating and achieving situational awareness. The virtual environment must represent a range of strategies that officers and first responders may employ, including communication facilities.

RELATED WORK

Research related with the ongoing work presented in this paper goes in several directions: (i) representation of virtual environments; (ii) architectures; (iii) strategies and methodologies; (iv) navigation guidance and support; (v) addition of life to the environments; and (vi) interoperability.

Current models to represent real elements into virtual worlds describe the worlds so that browsers can visualize their geometry and, in some cases, support low level interactivity (Ibanez and Delgado-Mata, 2011). A high level representation semantic model is desirable, to support much richer user interactions at a more abstract level as well as to deploy intelligent agents (Querrec et al. 2004). The first effort to create a standardized format of representation is MPEG-V (ISO/IEC, 2011), released with the goal to create a solid technical basis for immersive and multi-dimensional multimedia services and applications. On the other hand, the use of ontologies providing a set of concepts and terms for describing some domain is very appropriate for virtual environments because they can represent really complex relations (Pellens, Bille, De Troyer and Kleinermann, 2005).

Different ad-hoc architectures have been used for developing virtual training environments. Normally a middle layer is the interface between the agents and the virtual world and it models the world through a semantic representation built by instantiating a set of ontologies. This kind of architecture is reusable and allows

decoupling the graphical representation from the semantic representation of the environment. Thus, agents can interact directly with the semantic layer and process the semantic representation of the world (Ibanez and Delgado-Mata, 2011). Our approach extends this architecture; we propose a middle layer (interconnection gateway) with semantics based in the MPEG-V standardized format. A similar architecture (Rickel and Johnson, 2000) proposes separate components running in parallel as separate processes which communicate by exchanging messages through a message dispatcher, increasing modularity (one component need not know the interface to other components). The decision making process is based on decision cycles: take feedback from the previous cycle and make the necessary adjustments.

Navigation guidance and support is required in virtual world related projects because often users experience difficulties and can easily become disoriented and lost in complex virtual environments for a variety of reasons; including those common to real world environments (e.g. a fireman gets trapped in a room when evacuating a burning house), as well as some problems unique to virtual worlds, such as lack of landmarks and reduced level of detail (Ibanez and Delgado-Mata, 2011). Animated agents can serve as navigation guides preventing users from becoming lost (Rickel and Johnson, 2000). As for navigation support, there are many methods and techniques that may be combined depending on the application.

The addition of life (human beings, animals) improves the user experience and realism of the simulation, whether the application is immersive or not. A series of smart-world applications have been developed modeling the real world by associating ontology concepts with objects and locations (Eno and Thompson, 2011).

SYSTEM DESCRIPTION

MPEG-V: Interoperability between Real and Virtual Worlds

The standard ISO/IEC 23005 (MPEG-V – Information Technology – Media context and control) has the goal to offer a solid technical background for applications and multimedia immersive and multidimensional services (ISO/IEC, 2011). MPEG-V provides an architecture and specifies associated information representations to enable the interoperability between virtual worlds, for example, a digital content provider of a virtual world, serious gaming, simulation; and with the real world, for example, sensors, actuators, vision and rendering. It defines an XML-based base schema containing a root element and a set of elements within it, called top-level tools, along with their associated attributes and admissible values. Virtual world entities are classified as Virtual Objects and Avatars. An avatar is, in general, a computer based graphic representation of a user (Le Parc et al., 2010) and by which the user exists in the virtual world and interacts with it; they are usually human representations. Virtual Objects are all other objects in the virtual world, such as buildings, cars, etc.

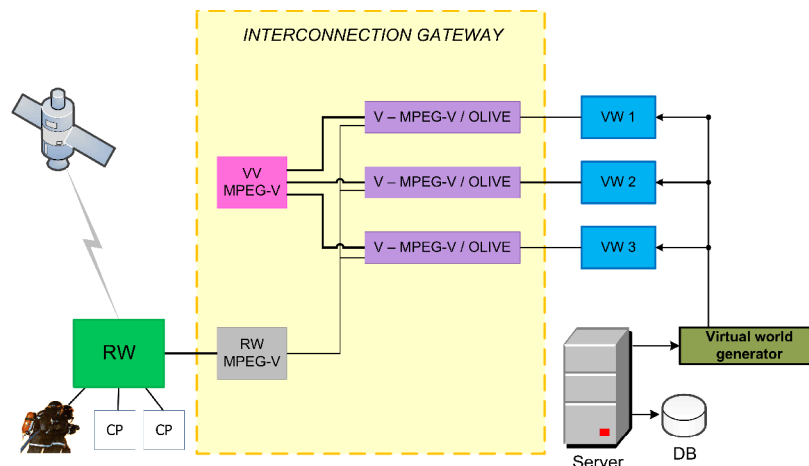


Figure 1. MPEG-V Interconnection Gateway

A new and outstanding contribution of this work is the deployment of a MPEG-V gateway (Figure 1) for interconnecting virtual and real worlds (hereinafter, the terms *VW-VR Gateway*, *MPEG-V Gateway* and *Interconnection Gateway* shall be used indistinctly). The gateway implements a customized data model, which allows parsing information between real world elements and events and virtual worlds, and has been developed using web services and query-response patterns. Its role in the proposed system will be further explained later.

Live, Virtual and Constructive Training Environment

The main feature and use case of the LVCTE is the interconnection of command and control systems, operating in the real world, with virtual world systems. The interoperability architecture proposed (Figure 2) is based in extensive use of MPEG-V standard and the basic consideration of C2IS architectures that reflect two main dimensions: the organizational structure and the communication network structure. Thus, the proposal is an architecture with three main components: (i) Tactical Manager Server (TMS), that allows the interconnection of virtual and real worlds and where the MPEG-V gateway runs; (ii) Tactical Trainer Client (TTC), which is the client subsystem used by the training nodes and includes both a command and control system of the real world and a virtual world client; and (iii) Virtual Video Server (VVS) which is the system of management, distribution and playback of video generated by the sensors involved in the operations, from both real and virtual sources.

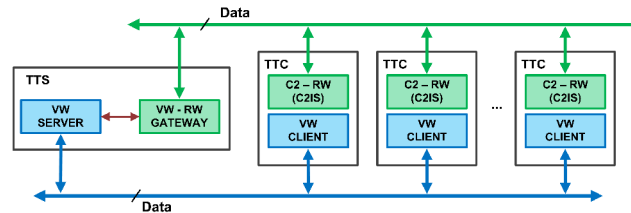


Figure 2. Virtual Trainer architecture

Another significant contribution is the inclusion of the Virtual Video Server (VVS), a subsystem for streaming, displaying and recording video flows from both real world cameras and virtual world live streams. The VVS gathers video flows from real world sensors as well as from the virtual clients output. Those flows can then be streamed to any video client, such as the one embedded in a TTC, displayed in real time in the VVS interface or stored for post operation analysis. In our opinion, seeing with one's own eyes what is going on in the operation hot-spot, both in the real world and on its virtual representation, enhances considerably the training process and also contributes to improve the situational awareness, critical in C2IS and emergency management. On the other hand, one key contribution of the VVS is that it decouples consumers from producers, guaranteeing scalability by reducing bandwidth consumption as there is just one video flow from producer to VVS, regardless the number of clients that request that particular flow. Moreover, the system is designed to support the connection of several VVS serving video flows among them and their respective clients.

Human-Machine Interface (HMI) overview

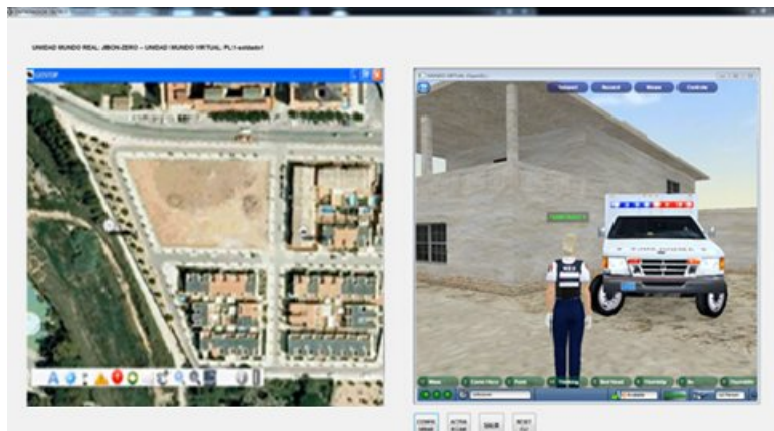


Figure 3. Human-Machine Interface. Combines views of the C2IS tool (left) and the virtual world (right).

A user connected to the LVCTE may be a virtual user (in the virtual world) or a real user (on the training field). Both may have access to two kinds of information: from the C2IS and from the virtual world. Thus, the HMI (Figure 3) has two elements: a C2IS screen (left) with all the required information of such a system: messaging, geolocated units, alerts, objects, etc.; and (right) the virtual world information representation. A direct link exists between geographical position (GPS based) and representation in the virtual world, so as each element performs any action, information is streamed using the MPEG-V intermediate format. An administration tool allows

configuring the command structure, communications and training scenario. Moreover, Figure 3 helps illustrate an example use case. There is a first responder and a vehicle. The first responder, who exists in the real world, has his/her corresponding avatar in the virtual world and is continuously sending his/her position and actions from the real world to the virtual world. On the other hand the vehicle is virtual (it is not actually present in the real world), but is needed for the training exercise so it is created within the virtual world and represented in the C2IS system as existing. The system is scalable, admitting hundreds of real/virtual trainees and objects to interact with, but saving the associated costs that would rise if the same number of elements were to be held in a real scenario drill.

CONCLUSION

The analysis and preliminary implementations have been performed using OLIVE's virtual world engine and development environment. The MPEG-V gateway developed by the research team acts as a middleware connecting a C2IS for emergency management with a virtual world that simulates accurately the real world where the C2IS is operating. It currently performs data streaming between real and virtual worlds. Our future plans are to continue exploring different platforms for virtual worlds management, including the following steps: (i) integrate stationary sensors and UAV; (ii) develop virtual environments representing different types of real environments; (iii) test new virtual worlds engines (e.g. OpenSim); and (iv) evaluate the inclusion of video streaming from real cameras in the virtual world using MPEG-V data flows.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partially funded by the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) through the project "Sistema de Entrenamiento C4ISR Multimedia para Gestión de Emergencias, basado en la Interconexión del Mundo Real y Mundos Virtuales" (Ref. TIN2010-18372).

REFERENCES

1. Eno, J.D. and Thompson, C.W. (2011) Virtual and real-world ontology services, *IEEE Internet Computing*, 46–52.
2. Ibanez, J. and Delgado-Mata, C. (2011) Lessons from research on interaction with virtual environments, *Journal of Network and Computer Applications*, 268–281.
3. ISO/IEC 23005, Information technology -- Media context and control, 2011, parts 1-7.
4. Jovanova, B. and Preda, M. (2010) Avatars interoperability in Virtual Worlds, *Multimedia Signal Processing (MMSP), IEEE International Workshop*, 263-268, 4-6.
5. Le Parc, P., Pardo, E., Touil, A. and Vareille, J. (2010) Virtual reality to improve remote control in presence of delays, *Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems (VECIMS), IEEE International Conference*, 42-46.
6. Pellens, B., Bille, W., De Troyer, O. and Kleinermann, F. (2005) VR-wise: A conceptual modelling approach for virtual environments, *Methods and Tools for Virtual Reality workshop*.
7. Querrec, R., Buche, C., Maffre, E. and Chevaillier, P. (2004) Multiagents systems for virtual environment for training. Application to fire-fighting. *Special issue "Advanced Technology for Learning" of International Journal of Computers and Applications (IJCA)*.
8. Rickel, J. and Johnson, W. L. (2000) Task-Oriented Collaboration with Embodied Agents in Virtual Worlds, *Embodied Conversational Agents*, MIT Press, Cambridge, MA, 95–122.
9. Verdot, V., Saidi, A. and Fournigault, L. (2011) Virtual Hybrid Communications – A Telecom Infrastructure for the Metaverse, *Journal of Virtual Worlds Research* 4.3.