

Hacia un sistema de seguridad y alerta temprana de riesgos basado en agentes cognitivos

Wulfrano Arturo Luna-Ramírez^{1,2}, Anasol Peña-Rios², Emmanuel Ferreyra²,
Gustavo Ortiz Hernández³, Carlos R. Jaimez-González¹

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, Ciudad de México

² School of Computer Science & Electronic Engineering, University of Essex

³ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Xalapa, México

{wluna,cjaimez}@correo.cua.uam.mx,

{waluna,acpena,eferre}@essex.ac.uk,gustortiz@uv.mx

Resumen. Los desastres ya sea naturales o antrópicos son un peligro recurrente, ya que son causantes de disturbios y daños a la infraestructura pública y la propiedad privada de los ciudadanos. Los desastres, en combinación con diferentes grados de vulnerabilidad, tanto de individuos como de comunidades, configuran una gama de riesgo de sufrir los efectos negativos de estos eventos, que incluyen la muerte de personas. Desgraciadamente, muchos de estos fenómenos se caracterizan por su impredecibilidad. Sin embargo, la tecnología actual promete avanzar en la identificación de las causas y circunstancias asociadas a la ocurrencia de desastres. Hoy en día, mediante el uso de diferentes tecnologías, es factible obtener información útil para ciudadanos y autoridades con el fin de evitar riesgos y minimizar el impacto de un evento destructivo. Tal es el propósito de los Sistemas de Seguridad y Alerta Temprana de Riesgos. En este artículo se presenta una propuesta de un sistema de alerta temprana basado en agentes heterogéneos (cognitivos y reactivos) que explota el potencial de los dispositivos móviles, basándose en un diseño centrado en el usuario.

Palabras clave: sistemas de seguridad y alerta temprana de riesgos, sistemas multi-agente, diseño centrado en el usuario, agentes BDI.

An Early Warning Risk and Safety System Based on Cognitive Agents

Abstract. Disasters, whether natural or anthropic, are a recurring danger causing, disturbances and damage to public infrastructure and private property. Different degrees of vulnerability, both of individuals and of communities, combined with disasters, bring about negative effects of these events to the population, including the death of people. These phenomena are characterized by their unpredictability. However, current technology is promisory in advancing towards the identification of the causes and circumstances associated with the occurrence of disasters. Nowadays, technology supports the gathering of useful information for

citizens and authorities. Early Warning Risk and Safety Systems are computational systems focused on avoiding risks and minimize the impact of a disruptive event. This paper presents a proposal for an early warning system based on heterogeneous agents (cognitive and reactive) relying on a user-centered design that exploits the potential of mobile devices.

Keywords: early warning risk and safety systems, multi-agent systems, user-centered design, BDI agents.

1. Introducción

A lo largo de la historia han ocurrido de manera cotidiana distintos desastres, tanto antrópicos (por intervención humana) como naturales (resultado de la propia actividad de los elementos y la evolución normal del ambiente). En la actualidad, nada nos exenta de sufrir los efectos de estos eventos. Muestra de ello son los huracanes, incendios, inundaciones y terremotos que han tenido lugar en distintas latitudes alrededor del globo, incluyendo territorio mexicano.

De acuerdo con las Naciones Unidas [20,23] los desastres representan distintos niveles de *peligro* (un evento natural o humano potencialmente dañino para la población y la infraestructura, disruptivo de la economía y degradante del medio ambiente) y *riesgo* (la probabilidad de sufrir consecuencias negativas o pérdidas inesperadas) para el ser humano tanto en las ciudades como en el campo. El grado de *vulnerabilidad* de comunidades o individuos, derivado de sus condiciones socioeconómicas y de infraestructura así como su exposición a desastres, determina sus posibilidades de permanecer a salvo y evitar sufrir efectos negativos.

El dominio de respuesta a la crisis se caracteriza por ser un entorno que requiere de control distribuido, y que involucra gran cantidad de datos, incertidumbre, ambigüedad, con múltiples partes interesadas, con diferentes objetivos y recursos limitados que varían continuamente [1]. Pese a que se han desarrollado sistemas de detección y prevención de riesgos, conocidos como Sistemas de Seguridad y Alerta Temprana de Riesgos⁴ (SSATR) [2,7,8,9,23], aún existe una brecha en la efectividad de los sistemas para salvar vidas de ciudadanos. Las condiciones de inseguridad se relacionan con el inadecuado nivel de capacidades técnicas (recursos, conocimiento y servicios de alerta operativos) que persiste mayormente en ciertos sectores y comunidades, particularmente en los países en vías de desarrollo (aunque este fenómeno no es solamente exclusivo de ellos). Una de las recomendaciones para eliminar esta brecha es el desarrollo de sistemas de alerta temprana integrados con los recursos ya existentes (sistemas actuales, bancos de datos, metodologías de minimización de riesgos) para que aúnen a las capacidades de éstos; diseñados con una perspectiva centrada en la gente, cuyo alcance vaya de lo comunitario a lo nacional.

⁴ Del Inglés *Early Warning Detection and Safety Systems* (EWDSS)

Un SSATR completo y efectivo, involucra cuatro elementos interrelacionados [23]:

1. Detección y valoración de riesgos
2. Servicios de monitoreo y alerta
3. Diseminación y comunicación
4. Capacidad de respuesta

En [13], los autores refieren un esquema integrado de trabajo para dar respuesta a emergencias (denominado iERF⁵) que involucra tres componentes a analizar: los desastres (de origen natural o humano), los agentes involucrados (cuerpos de rescate y seguridad), y la aplicación computacional para dar respuesta a las crisis (planeación, análisis de vulnerabilidad, identificación y detección, etc.). De esta forma, un sistema de respuesta a emergencias debe ser capaz de contender con las características de una situación de crisis, a saber:

- Sobrecarga de los recursos e infraestructura de combate a crisis (estando sujetos a daños).
- Respuesta inmediata, debido a que los sucesos son altamente impredecibles.
- Gestión de la incertidumbre.
- Capacidad de trabajar con información escasa e incompleta.
- Anticipación y contención de crisis secundarias.

Los autores enfatizan que el sistema debe basarse sobre todo en la información del dominio de aplicación para así aumentar su efectividad [13]. Es esencial que sean descentralizados, con capacidad de coordinación de recursos, fusionar datos e integrar múltiples sistemas, adaptarse frente a cambios ambientales y con aprendizaje.

En este artículo se presenta una propuesta de SSATR basada en agentes artificiales heterogéneos, tanto reactivos como cognitivos, cuyo fin es identificar situaciones potenciales de desastre para proporcionar al usuario final (ya sea individuos o cuerpos de rescate y seguridad) información útil para ponerse a salvo, y/o facilitar la intervención y las actividades de rescate y salvamento. El sistema que se propone incorpora el uso de dispositivos móviles y su diseño considera una perspectiva centrada en el usuario.

El artículo está organizado como sigue: En la Sección 2 se hace un breve repaso a otros trabajos relacionados. la Sección 3 describe el problema de investigación además de proporcionar los conceptos básicos para entender el sistema propuesto. La Sección 4 se enfoca en explicar el SSATR propuesto y sus elementos constitutivos. Para finalizar, la Sección 5 presenta algunas reflexiones finales, así como propuestas de trabajo futuro.

2. Trabajo relacionado

La detección y prevención de desastres naturales y de origen humano ha ocupado tanto a académicos como a instituciones gubernamentales nacionales

⁵ Por sus siglas en Inglés *integrated Emergence Response Framework*

e internacionales. Actualmente, la tecnología permite el uso de sensores y sistemas de detección tanto en la infraestructura (sensores ambientales) como en dispositivos móviles (sensores personales). A medida que la cantidad de datos disponibles aumenta, los sistemas automatizados pueden ayudar a gestionar el flujo de datos para facilitar la labor del usuario.

Por ejemplo, en cuanto a detección de sismos se refiere, los trabajos existentes generalmente realizan un procesamiento a partir de la información sísmica recolectada, principalmente de acelerómetros y acelerógrafos de las centrales sismográficas [2,7,8,9]. Tales dispositivos están conectados a un sistema de radio-comunicación encargado de, en su caso, diseminar las noticias hacia una central de control y registro. Las centrales gestionan los avisos para generar señales de alerta a la población mediante radio y televisión, y activar las alarmas sonoras y luminosas instalados en las edificaciones. En este escenario se ejemplifica el uso de sensores ambientales para recolectar información contextual, y movilizar a grandes cantidades de personas.

De manera complementaria, en [11], los autores presentan un sistema para monitorear la comunicación y coordinación de brigada de extinción de incendios usando teléfonos inteligentes. Similarmente, en [6], los autores presentan un escenario para equipos portátiles basados en micro y nanotecnología integrados en un uniforme “inteligente” que portan operadores de emergencias (por ejemplo, bomberos y rescatistas). El objetivo de estas prendas es monitorear los parámetros fisiológicos, la posición y la postura de los operadores, así como la presencia de posibles fuentes externas de peligro, y enviar estos datos a una unidad de coordinación remota. Estos ejemplos ilustran el uso de sensores personales para coordinar y movilizar grupos pequeños de personas. Por lo tanto, es importante considerar la adaptabilidad de los SSATR de acuerdo a la situación de riesgo y a la tecnología disponible.

El uso de agentes artificiales heterogéneos para el desarrollo de SSATRs ha sido propuesto con diferentes enfoques. Por ejemplo, en [17], los autores se basan en el sistema inmunológico humano combinado con algoritmos genéticos para explotar sus características adaptativas en el desarrollo de sistemas de gestión de emergencia e identificación del riesgo. Los autores mencionan que su sistema está implementado basándose en agentes, sin embargo, omiten los detalles de la arquitectura de éstos, sus perfiles y mecanismos de aprendizaje y comunicación, dando mayor peso a su enfoque inmunológico.

En [13], se realiza un análisis del diseño de varios SMA enfocados en la simulación de respuesta a crisis. Cabe señalar que las implementaciones examinadas (DrillSim [3], DEFACTO [15], ALADDIN [1], RoboCup Rescue [14] y FireGrid [5]) están más centradas en la simulación de sistemas y no propiamente al apoyo *in situ* o durante el evento. Además, los autores mencionan que los sistemas analizados adolecen de nula tolerancia a fallos, rigidez y ausencia de aprendizaje y/o adaptación.

Algunos de estos sistemas aplican el enfoque de Diseño Centrado en el Ser Humano⁶, el cual tiene como objetivo hacer que los sistemas interactivos sean

⁶ del Inglés Human-Centered Design (HCD)

más útiles a las necesidades del usuario; aplicando conocimientos y técnicas de factores humanos, ergonomía y usabilidad [12]. Los sistemas centrados en el usuario pueden proporcionar una serie de beneficios que incluyen una mayor productividad, mayor bienestar para el usuario, prevención del estrés, mayor accesibilidad y menor riesgo de daños [12].

De este modo, el sistema propuesto en este documento busca tomar ventaja de la tecnología de detección antes mencionada, el Diseño Centrado en el Ser Humano, junto con las posibilidades de telecomunicación actuales, explotando los beneficios que ofrecen los Sistemas Multi-Agente para desarrollar de forma efectiva sistemas de alerta temprana de riesgos de desastres naturales y antrópicos.

3. Definición del problema

La Tabla 1 muestra un resumen del análisis de trabajos relacionados presentado en la Sección 2. Tal y como fue reportado en [13], muchas de las propuestas se podrían categorizar de acuerdo con la funcionalidad del sistema en: (i) sistemas que se enfocan en manejar un tipo de crisis específico, y (ii) sistemas que se enfocan en integrar subsistemas para construir un marco de respuesta y gestión de crisis.

El presente estudio se ubica dentro de la categoría (ii) antes mencionada, y se enfoca en generar un modelo de interacción entre sistemas y usuarios escalable a cualquier situación de desastre. Se busca abstraer las soluciones aplicables a los distintos tipos de amenazas a partir del estudio de las herramientas existentes, con el fin de extenderlas y generar un diseño de la respuesta a cualquier situación de desastre que considere a los usuarios y sus interacciones como su guía principal.

De esta manera, el proyecto se centra en resolver las siguientes preguntas de investigación:

Dado un conjunto de *peligros* identificados, dependiendo de las circunstancias particulares de un usuario, ¿es posible determinar automáticamente el grado de *vulnerabilidad* para evaluar el *riesgo* en que se encuentra?; y si es así, ¿es posible implementar un protocolo de detección de riesgo, que identifique el tipo y grado de riesgo que dispare procesos de alerta para el usuario y otros componentes del sistema, proporcionando información de seguridad oportuna?

Para resolver estas preguntas, el proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema para detección y alerta oportuna de riesgo derivado de desastres naturales o antrópicos que proporcione apoyo a la toma de decisiones para dos tipos de usuarios: víctimas potenciales, y autoridades y equipos de rescate. Para ello, nuestro enfoque se basa en el uso de agentes artificiales cuyos objetivos son:

- Mejorar la seguridad de los usuarios en condiciones peligrosas, proporcionando información útil para evitar el peligro o minimizar el riesgo.

Tabla 1. Trabajos relacionados y sus principales características.

Sistema(s)	Características	Categoría	Notas
[6,11]	Sistemas basados en dispositivos prendables para detección de peligro.	(i)	Usan información física (p.ej. ubicación) y fisiológica proporcionada por los dispositivos prendables. Orientados a coordinación de equipos de rescate en escenarios definidos.
[2,7,8,9]	Sistemas de detección de señales sísmicas y alerta a la población.	(ii)	Se enfocan primordialmente en la detección y la difusión de alerta por medios masivos de comunicación.
[17]	SMA de detección de riesgo basado en el sistema inmunológico y algoritmos genéticos.	(ii)	Está enfocado únicamente en la detección del riesgo.
[22]	SMA para la administración de desastres naturales.	(i)	Utiliza dispositivos móviles para administrar información proporcionada por el usuario acerca de desastres naturales, usando agentes.
[1,3,15]	SMA para simulación de respuesta a emergencias.	(ii)	Utilizan un simulador basado en agentes, combinado con espacios inteligentes (instrumentado con capacidades de detección y comunicación), o representaciones 3D.
[14]	Robots para búsqueda y rescate urbanos.	(i)	Basado en robots autónomos para exploración de superficies, mediante la construcción de mapas bidimensionales.

- Aumentar la eficiencia y coordinación de los equipos de rescate durante las intervenciones, dotándolos de información sobre vulnerabilidad, amenazas y las condiciones físicas del terreno donde sucede el evento.
- Mejorar las condiciones de seguridad, evaluación del riesgo y prevención para todos los usuarios involucrados en el sistema y su área de influencia.

3.1. Enfoque general

El sistema propuesto implica cuatro etapas para el logro de sus objetivos. Éstas comprenden los elementos constitutivos de un SSATR y guían el desarrollo del mismo, los cuales representan los componentes clásicos de un sistema de cómputo: Entrada, Procesamiento, Salida y Retroalimentación. A continuación se da una breve descripción de dichas etapas:

- Detección del peligro (Entrada): Involucra la recopilación de datos a través de dos diferentes medios: a) sensores y plataformas de *hardware* especializado, y su procesamiento inicial para obtener información relevante (por ejemplo, la identificación de señales asociadas a sismos o disturbios urbanos), así como b) alertas e información proporcionada por los mismos usuarios (por ejemplo, mediante plataformas sociales) o por sistemas ya existentes (por ejemplo, sistemas gubernamentales).
- Evaluación del riesgo (Procesamiento): Caracterización del peligro, análisis de la vulnerabilidad e identificación del riesgo. Realiza un procesamiento tanto individual como colectivo a partir de la información sensorial y la procedente tanto de usuarios como de otros sistemas para determinar el nivel de riesgo, y en su caso, disparar alertas y generar la información relevante para la toma de decisiones, enfocada a que las personas se pongan a salvo, minimizar el riesgo y facilitar la intervención de los rescatistas en el terreno.
- Alerta oportuna y soporte al usuario (Salida): Interfaz entre el sistema, los usuarios finales y otros sistemas. Proporciona los avisos de alerta y la información de soporte a la toma de decisiones para usuarios finales. Este componente implica el diseño y la creación de las interfaces para permitir la comunicación entre el sistema, los usuarios finales y otros sistemas, de manera que la información sea accesible de manera ubicua, permitiendo la toma de decisiones oportuna.
- Evaluación de riesgos posterior al evento (Retroalimentación): Realiza un proceso de evaluación de la efectividad del sistema y lo retroalimenta, utilizando diferentes fuentes, como datos autogenerados o registros históricos. Con ello, el sistema debería ser capaz de clasificar los desastres y proporcionar información relevante para la evaluación y pronóstico de riesgos (cuando sea posible), generando visualizaciones de datos para la facilitar la percepción humana y permitir la oportuna toma de decisiones.

Estas etapas se muestran en la Fig. 1 junto con las actividades generales realizadas en cada una. De igual manera, se muestran tanto las actividades realizadas en cada etapa, como sus tecnologías asociadas.

El sistema basa su operatividad en un modelo computacional de la interacción combinada entre usuarios, agentes artificiales y otros sistemas, donde la interoperabilidad e integración de sistemas juegan un papel transversal dentro del mismo. Sin embargo, el propósito clave de esta propuesta es el apoyo a los usuarios finales, es por ello que la interfaz cobra una dimensión crucial en su funcionamiento.

A continuación se introducen algunos conceptos básicos relacionados con la propuesta que se detalla en la Sección 4.

3.2. Conceptos preliminares

El término *agente* define a un sistema computacional, tanto *hardware* como *software* situado en un ambiente, en el que se desenvuelve con el fin de conseguir sus objetivos de diseño [19]. Sin embargo, hay ciertas propiedades inherentes

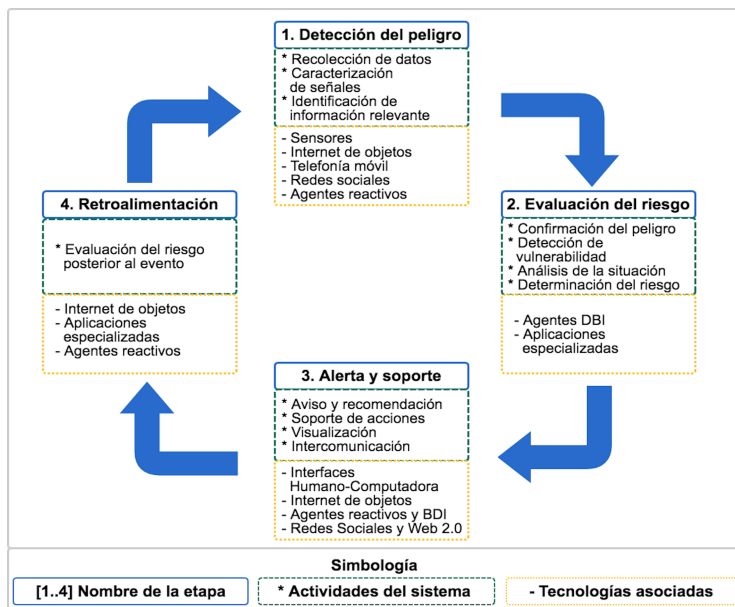


Fig. 1. El sistema comprende cuatro etapas: Detección del peligro, Evaluación del riesgo, Alerta oportuna y Soporte al usuario, y Retroalimentación.

a los agentes, como proactividad (ser persistente en el logro de sus objetivos), deliberación (razonar sobre sus percepciones y estímulos) y capacidad social (intercomunicación entre agentes y con otros sistemas). Esta última característica permite crear ensambles de agentes, conocidos como *Sistemas Multi-Agente* (SMA), que comparten su ambiente e interactúan para conseguir objetivos comunes [21,24]. Una característica importante de los SMA es su tolerancia a fallos y su control descentralizado, lo que los hace ideales para enfrentar distintas tareas con alto grado de robustez. Los SMA han sido aplicados a distintos dominios, desde el comercio electrónico y aplicaciones industriales, hasta simulaciones de fenómenos sociales y naturales [10,18,21,24].

A su vez, un SMA puede estar compuesto por agentes homogéneos (similares en capacidades y diseño) o heterogéneos, que además de cumplir distintas tareas y poseer diferentes capacidades, son diseñados bajo los principios de distintas arquitecturas. Los agentes *reactivos*, implementados como conjuntos de reglas *si-entonces* han sido utilizados extensamente para el desarrollo de SMA [18,24] en distintos dominios incluyendo simulaciones de desastres y como apoyo a tareas de salvamento y recuperación post evento. Sin embargo, pese a, la facilidad de implementación y su efectividad, los agentes reactivos son insuficientes para representar individuos o conglomerados humanos. Por ello, se ha propuesto una arquitectura más *ad hoc* para representar ciertos aspectos del comportamiento humano, los agentes *cognitivos* cuya arquitectura es más robusta en cuanto a sus modelos de deliberación [4,18,21,24].

En el sistema propuesto en la Sección 4, concurren agentes cognitivos y reactivos, además de otros elementos de cómputo encargados de realizar tareas inteligentes para el cumplimiento de los objetivos de diseño.

Dentro de los agentes cognitivos una de las arquitecturas más conocidas y reputadas es la arquitectura BDI ⁷ que concibe a los agentes desde una perspectiva intencional, es decir, incorpora una representación de *creencias* (el conocimiento que el agente posee), *deseos* (los objetivos a cumplir) e *intenciones* (lo que se propone hacer en un momento dado) para conformar el comportamiento del agente [4,10,19,24].

4. Diseño del sistema de seguridad y alerta temprana de riesgo basado en agentes

El diseño del Sistema de Seguridad y Alerta Temprana de Riesgo Basado en Agentes (*MAS_{SSATR}*) sigue la metodología de desarrollo de SMA denominada Prometheus [16] propia para el desarrollo de agentes BDI, cuyo nivel de abstracción permite definir la arquitectura del sistema y su interacción interna (entre agentes y con otros sistemas, como redes sociales, dispositivos móviles, servicios web) y externa (con otros sistemas, como el *software* especializado de las autoridades de seguridad y protección civil).

4.1. Panorama general del SMA

La visión general del *MAS_{SSATR}* se muestra en la Fig. 2, conocido en la metodología Prometheus como *Analysis Overview Diagram*. El diagrama referido incluye una vista abstracta del sistema, muestra los agentes que lo componen así como sus interacciones, y lo más relevante de las percepciones que reciben y las acciones que llevan a cabo.

En breve, el usuario, representado en el diagrama como *Usuario* envía la percepción *inicio* para arrancar el sistema a través de un agente embebido en un teléfono celular (*dispMovilAg*) que actúa en representación del usuario en el SMA. Al iniciar su funcionamiento, el agente *dispMovilAg* busca cumplir sus objetivos dentro de tres posibles *escenarios*⁸: 1) *vigilancia* (detección de peligros), 2) *evalRiesgo* (Evaluación del riesgo), y *evalSitActual* (Alerta, soporte y retroalimentación). Para realizarlo, el agente *dispMovilAg* intercambia una serie de mensajes con los agentes embebidos en la infraestructura urbana y rural (*infraestrAg*), los cuerpos de seguridad (*rescatistas* y *policía*) y los medios masivos de información (*medMasivos*) junto con las redes sociales (*colabColect* y *redesSociales*) para verificar la existencia de un riesgo para la seguridad del usuario o descartar posibles falsas alarmas, y finalmente, proporcionar las recomendaciones de seguridad pertinentes. Por otro lado, tanto autoridades como

⁷ Del Inglés *Belief-Desire-Intention*

⁸ En Prometheus un escenario representa una descripción abstracta de una secuencia particular de pasos dentro del sistema.

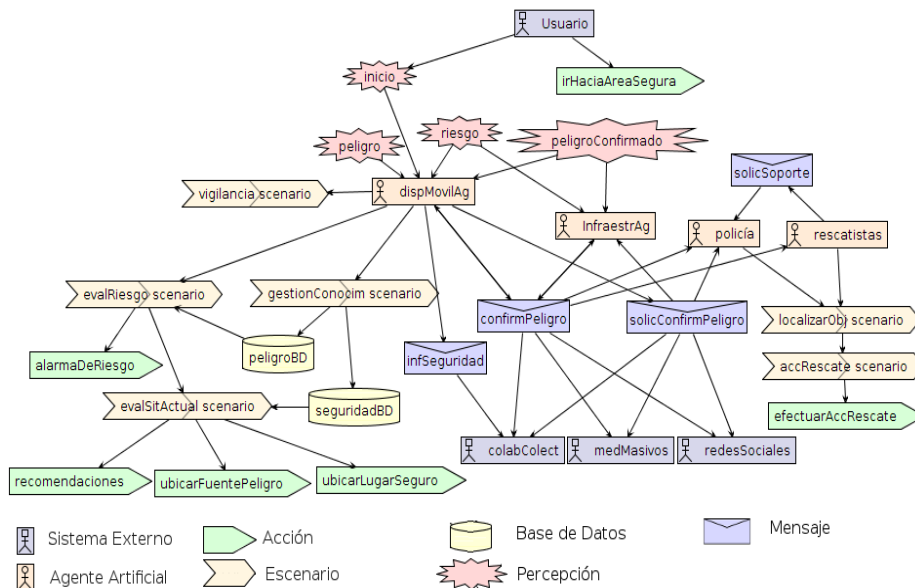


Fig. 2. *Analisis Overview Diagram* o Diagrama general del SMA, muestra los agentes involucrados así como sus percepciones y acciones más relevantes.

cuerpos protección civil son representados como agentes en el sistema cuya función es primordialmente emitir y recibir información de seguridad, como la verificación de riesgos o la reacción ante alarmas para el despliegue de misiones de socorro y rescate en las áreas afectadas por un desastre.

La misión principal de los agentes que actúan en representación de los ciudadanos (*dispMovilAg*) es identificar si algún peligro potencial puede caracterizarse como un riesgo y dar soporte al usuario para evitarlo y ponerse a salvo.

El riesgo R depende de dos componentes: el peligro detectado P y el grado de vulnerabilidad del usuario V . De manera simple, esta relación se muestra en la ecuación (1):

$$R = P + V. \quad (1)$$

Para ilustrar la forma en que el SMA implementa el protocolo de detección de riesgo, se muestra el comportamiento que los agentes *dispMovilAg* deben realizar, denominado *Comportamiento_{SSATR}*:

1. Sensar el ambiente
2. Analizar las sensaciones para obtener su conjunto de percepciones asociadas
3. Identificar un posible *peligro* P :
 - a) Caracterización (determinar sus rasgos y su clasificación)
 - b) Definir la zona de responsabilidad
 - c) Identificar la fuente de peligro
 - d) Caracterizar sus manifestaciones

- e) Parametrización y medición
 - f) Caracterización del área de impacto y el despliegue probable
 - g) Representación gráfica
4. Determinar el grado de *vulnerabilidad* V analizando su situación actual (que correspondería a la del usuario final que el agente representa):
 - a) Identificar la distribución del peligro en el lugar actual
 - b) Identificar los elementos expuestos del lugar
 - c) Determinar el grado de exposición del usuario
 5. Determinar si existe un *riesgo* potencial R [Eq. (1)]
 6. Clasificar el riesgo R_i , donde $i = \{\text{categorías de riesgos identificados}\}$

Finalmente, el sistema incorpora una medición del cumplimiento de su objetivo general, denominada *Índice de Riesgo General* (IRG), que expresa el grado de riesgo colectivo de todos los agentes *dispMovilAg* que componen el sistema. De este modo, cualquier agente que sobrepase un umbral T_{RAg} ejecuta el comportamiento *Comportamiento_{SSATR}* y contribuye a esta medida. Esto se expresa brevemente en la ecuación (2):

$$IRG = \sum(w_i, R_{Ag_i}), \quad (2)$$

donde $i = 1 \dots N$, $N = \{\text{Conjunto de agentes}\}$.

La operación general del *MAS_{SSATR}* se resume en el Algoritmo 1.

Algoritmo 1: Operación General *MAS_{SSATR}*.

```

MASSSATR // Las etapas del sistema están encerradas entre
paréntesis
1 Calcular IRG
  mientras VERDADERO hacer
    // Sensación y Percepción (ENTRADA)
    2 Para todos los agentes mobileDeviceAg:
    3 Detección del peligro P y determinación de la vulnerabilidad V
    // Identificación y gestión del riesgo (PROCESAMIENTO):
    4 Computar el Riesgo:  $R = P + V$ 
    // (SALIDA Y RETROALIMENTACIÓN)
    5 si  $R > T_{RAg}$  entonces
    6 | Alarma correspondiente a R
    7 | Valoración post evento
    8 | Recalcular IRG
    fin
    9 Interacción con usuarios e intercomunicación con otros sistemas
  fin

```

5. Conclusiones

Los desastres tienen origen en las fuerzas de la naturaleza pero también se presentan como resultado de la intervención humana. Ocurren en distintas magnitudes tanto en regiones rurales como urbanas asolando a las poblaciones también en distinta escala.

Un sistema computacional que apoye en casos de desastre debe cumplir con varias características para enfrentar situaciones de crisis, como el control descentralizado, adaptación y manejo de incertidumbre e información incompleta, para dar una respuesta inmediata a los eventos cuya impredecibilidad los hace aún más difíciles de tratar.

En este artículo se hace una propuesta para desarrollar un Sistema de Seguridad y Alerta Temprana de Riesgos basado en agentes. El objetivo del sistema es proporcionar información oportuna y pertinente en caso de desastre y dar apoyo a la toma de decisiones tanto a las víctimas como a las autoridades y cuerpos de protección civil. Se presenta la arquitectura del sistema y sus elementos constitutivos. Debido a que los agentes cognitivos, en particular los agentes basados en el enfoque BDI, son flexibles y robustos, pueden representar a personas y colectivos de ellas de manera más realista que otras arquitecturas de agentes, asignándoles distintos perfiles y comportamientos esperados, lo que los hace una herramienta prometedora para el desarrollo del sistema. Adicionalmente, la propuesta incorpora la visión del diseño centrado en el ser humano, lo que permite ofrecer facilidad de uso y una comunicación efectiva que redunde en la prevención y el manejo adecuado de una crisis derivada de algún desastre antrópico o natural y las consecuencias derivadas de éste.

El trabajo a futuro incluye la implementación de la propuesta y la evaluación del sistema desarrollado, para lo cual es necesario diseñar una estrategia de pruebas aplicable. Se prevé conectar el SSATR con una interfaz de usuario para dispositivos móviles que permita recuperar información para realizar la retroalimentación inicial. Así mismo, se plantea trabajar en diferentes escenarios de simulación para evaluar el SSATR. Los resultados obtenidos serán reportados en subsecuentes publicaciones.

Referencias

1. Adams, N., Field, M., Gelenbe, E., Hand, D., Jennings, N., Leslie, D., Nicholson, D., Ramchurn, S., Rogers, A.: The ALADDIN Project: Intelligent Agents for Disaster Management. In: Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems part 3 AAMAS 02 p. 1405 (2008)
2. Asming, V.E., Baranov, S.V., Vinogradov, Y.A., Voronin, A.I.: Seismic and infrasonic monitoring on the Spitsbergen archipelago. *Seismic Instruments* 49(3), 209–218 (2013)
3. Balasubramanian, V., Massaguer, D., Mehrotra, S., Venkatasubramanian, N.: A simulation framework for emergency response drills. pp. 237–248 (2006)
4. Balke, T., Gilbert, N.: How do agents make decisions? a survey. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 17(4), 13 (2014)

5. Berry, D., Usmani, A., Torero, J.L., Tate, A., McLaughlin, S., Potter, S., Trew, A., Baxter, R., Bull, M., Atkinson, M.: FireGrid : Integrated emergency response and fire safety engineering for the future built environment FireGrid technologies. (2005)
6. Bonfiglio, A., Carbonaro, N., Chuzel, C., Curone, D., Dudnik, G., Germagnoli, F., Hatherall, D., Koller, J.M., Lanier, T., Loriga, G., Luprano, J., Magenes, G., Paradiso, R., Tognetti, A., Voirin, G., Waite, R.: Managing catastrophic events by wearable mobile systems. In: Löffler, J., Klann, M. (eds.) International Workshop on Mobile Information Technology for Emergency Response. pp. 22–23. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2007)
7. Cuéllar, A., Suárez, G., Ibarrola, G., Uribe, A., Rodríguez, F.H., Islas, R., Rodríguez, G.M., García, A., Frontana, B.: The Mexican Seismic Alert System (SASMEX): Its Alert Signals, Broadcast Results and Performance During the M7.4 Punta Maldonado Earthquake of March 20th, 2012. In: Wenzel, F., Zschau, J. (eds.) Early Warning for Geological Disasters, chap. 4, pp. 71–87. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2014)
8. Echenique, M.: Mexico Urgently Needs to Overhaul Earthquake Warnings (2017), <https://www.citylab.com/environment/2017/09/the-case-for-overhauling-mexicos-earthquake-alert-system/539448/>. Último acceso: 15 Mayo 2018.
9. Espinosa-Aranda, J.M., Cuéllar, A., Ibarrola, G., Islas, R., García, A., Rodríguez, F.H., Frontana, B.: The Seismic Alert System of Mexico (SASMEX) and their Alert Signals Broadcast Results. 15th World Conference on Earthquake Engineering (2012)
10. Fasli, M.: Agent technology for e-commerce. John Wiley & Sons Chichester (2007)
11. Feese, S., Arnrich, B., Rossi, M., Troster, G., Burtscher, M., Meyer, B., Jonas, K.: Towards monitoring firefighting teams with the smartphone. 2013 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom Workshops 2013 (March), 381–384 (2013)
12. ISO: ISO 9241-11:2017 - Ergonomics of human-system interaction (2017)
13. Khalil, K.M., Abdel-Aziz, M., Nazmy, T.T., Salem, A.B.M.: Multi-Agent Crisis Response systems - Design Requirements and Analysis of Current Systems. In: Fourth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems, p. 6 (2009)
14. Kleiner, A., Steder, B., Dornhege, C., Höfer, D., Prediger, J., Stückler, J., Glogowski, K., Thurner, M., Lubner, M., Schnell, M., Kuemmerle, R., Burk, T., Bräuer, T., Nebel, B.: RoboCupRescue - Robot League Team. Tech. rep. (2005)
15. Marecki, J., Schurr, N., Tambe, M.: Agent-Based Simulations for Disaster Rescue Using the DEFACTO Coordination System. In: Emergent Information Technologies and Enabling Policies for Counter-Terrorism. pp. 281–297 (2005)
16. Padgham, L., Winikoff, M.: Developing Intelligent Agent Systems—A Practical Guide. John Wiley & Sons (2004)
17. Qing, Y., Huimin, M., Yanling, Y.: Multi-Agent Risk Identifier Model of Emergency Management System Engineering Based on Immunology*. Systems Engineering Procedia 4(91024020), 385–392 (2012)
18. Railsback, S.F., Grimm, V.: Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction. Princeton University Press (2012)
19. Rao, A.S., Georgeff, M.P.: BDI Agents: From Theory to Practice. In: Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems, 95, 312–319 (1995)
20. Renda, E., Garay, M.R., Moscardini, O., Torchia, N.P.: Manual para la elaboración de mapas de riesgo. Ministerio de Seguridad de la Nación (2017)

21. Russell, S.J., Norvig, P.: *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Colección de Inteligencia Artificial de Prentice Hall, Prentice Hall Hispanoamericana (1996)
22. Sharmeen, Z., Martinez-Enriquez, A.M., Aslam, M., Syed, A.Z., Waheed, T.: Multi agent system based interface for natural disaster. In: *Active Media Technology*. pp. 299–310. Springer International Publishing, Cham (2014)
23. United Nations: *Global Survey of Early Warning Systems*. Tech. rep. (2006), <http://www.unisdr.org/ppew/info-resources/ewc3/Global-Survey-of-Early-Warning-Systems.pdf>. Último acceso: 15 Mayo 2018.
24. Wooldridge, M.: *An introduction to multiagent systems*. John Wiley & Sons (2009)