

Sistema de Telecomunicaciones Social-Inspirado mediante Comunidades de Agentes

Henry Zárate Ceballos^{*}
Universidad Nacional de
Colombia
Grupo de investigación TLÖN
Bogotá, Colombia
hzaratec@unal.edu.co

Joaquin Fernando
Sanchez Cifuentes[†]
Universidad Nacional de
Colombia
Grupo de investigación TLÖN
Bogotá, Colombia
jofsanchezci@unal.edu.co

Juan Pablo Ospina[‡]
Universidad Nacional de
Colombia
Grupo de investigación TLÖN
Bogotá, Colombia
jpospinalo@unal.edu.co

Jorge Eduardo Ortiz[§]
Triviño
Universidad Nacional de
Colombia
Grupo de investigación TLÖN
Bogotá, Colombia
jeortizt@unal.edu.co

ABSTRACT

Las redes inalámbricas se proliferan cada vez con mayor velocidad en todos los esquemas de comunicaciones, gracias a la variedad de dispositivos que soportan los protocolos y servicios requeridos por los usuarios finales, sin embargo en ambientes severos donde no existen infraestructuras preestablecidas, ni algún tipo de arquitectura, como lo son las situaciones de emergencia donde se pone al límite cualquier esquema, en este caso en una red de telecomunicaciones, debido a la enorme cantidad de peticiones, recursos, servicios, tráfico y la necesidad de tiempos mínimos de respuesta, se requiere de una red mas sofisticada que permita proveer servicios en estas condiciones.

Categories and Subject Descriptors

H.4 [Information Systems Applications]: Miscellaneous;
D.2.8 [Ingeniería de Sistemas]: Modelo—rendimiento,

General Terms

Modelo

^{*}Msc. en Telecomunicaciones.

[†]MSc en Telecomunicaciones

[‡]Msc. en Telecomunicaciones.

[§]PhD. en Sistemas y Computación

Keywords

Redes adhoc, lenguaje, comunidades de agentes, comportamientos pseudo sociales

1. INTRODUCCIÓN

La existencia de diversos dispositivos móviles en la actualidad, permite dar un salto enorme de los ambientes simulados a las implementaciones, aunque existen sistemas emulados usando una porción de recursos físicos para su modelamiento, es necesario describir con precisión el comportamiento dentro de cada uno de los dispositivos, si tenemos en cuenta que la mayoría de dispositivos posee un núcleo o kernel basado en Unix, como lo son los Sistemas operativos MAC OS, las distribuciones de LINUX y ANDROID, se evidencia un segmento definido para iniciar una implementación en dispositivos con interfaces inalámbricas, estos dispositivos podrán convivir en una nube móvil que les permite compartir servicios, recursos e incluso crear un entorno cooperativo entre sí.

Existen diversos modelos de red, pruebas y aplicaciones móviles que tienden a generar comportamiento cooperativos entre los usuarios, sin embargo las aplicaciones dependen demasiado de la administración de recursos, como se ha visto en la revisión literaria existen varios mecanismos para hacerlo, pero siempre existe una intervención directa del usuario o intenta conectarse con redes centralizadas. El primer esquema nos invita a generar estas redes espontáneas, dinámicas, es decir redes ad hoc reales y el segundo esquema a ser capaces de proveer servicios en situaciones complejas, como los son las situaciones de emergencia.

Es por ello que al revisar la literatura se encuentran un sin número de modelo y propuestas que no están aterrizadas en implementaciones exitosas que puedan con certeza ser redes ad hoc, por lo cual es necesario para generar redes de emergencia eficientes, primero generar redes ad hoc con ca-

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

CICOM '2015, Cartagena Colombia

Copyright 20XX ACM X-XXXXX-XX-X/XX/XX ...\$15.00.

pacidades superiores a las mostradas en la revisión literaria, es necesario darles características, socio inspiradas para aumentar el potencial de todos los recursos de los potenciales dispositivos miembros de la red, así como mantener un servicio en funcionamiento en los nodos o miembros que lo requieran.

El documento está dividido en seis partes la segunda comprende las definiciones claves, la tercera el modelo propuesto, con una subsección destinada a las comunidades de agentes, la cuarta el modelo del lenguaje propuesto, en este caso un lenguaje de dominio específico, la quinta el modelo de implementación, sexta trabajo futuro, conclusiones y referencias.

2. DEFINICIONES

Para iniciar con el desarrollo del artículo es necesario presentar los conceptos claves y su definición por lo cual esta sección está destinada a generar un lenguaje común para enlazar los conceptos con el modelo planteado.

- **Lenguaje de programación:** Un lenguaje es un conjunto de cadenas sobre un alfabeto, estas cadenas deben constar de sentido, una representación no ambigua y finita que describa estos conjuntos, este lenguaje debe ser explícitamente definido por la numeración de sus elementos (Sudkamp, 1997). Este lenguaje debe ser comprendido por la máquina para desarrollar las peticiones propuestas por el usuario.
- **Redes Ad Hoc:** Es conjunto de nodos conectados por interfaces inalámbricas, con un nivel de recursos dinámico, capaces de proveer servicios, sin importar las condiciones dinámicas de los nodos al transcurrir el tiempo, con la característica principal de autoconfiguración, no menos importante la de tener una infraestructura descentralizada, razón por la cual podemos afirmar con certeza, que las redes ad hoc son capaces de generar comportamientos pseudosociales desde el instante de conformación hasta el fin de su operación, podemos definir con cautela a las redes ad hoc como un grafo aleatorio (Newman, 2003) con un conjunto de vértices, comúnmente llamados nodos, en este caso móviles, unidos por un conjunto de enlaces denominados aristas, que cambia de forma dinámica con el tiempo y las peticiones de los usuarios
- **Servicios de Telecomunicaciones de emergencia:** Son un conjunto de actividades que buscan responder a las necesidades de los primeros respondientes (Bomberos, Policía, Cruz Roja), en una red están orientados a definir las necesidades de comunicación y manejo de información del usuario. En emergencias son orientadas a las operaciones de recuperación de un desastre, útiles para salvar vidas, restablecer infraestructuras y retornar a las condiciones normales de vida a la población afectada (Folts, 2002). Mediante el uso de infraestructuras compartidas y una capacidad amplia de comunicación.
- **Redes de Emergencia:** Las redes de emergencia son infraestructuras que permiten tener servicios en las instancias de prevención, respuesta y recuperación de un desastre natural o un acto derivado de hechos

violentos, por lo cual es necesario que posea características de redundancia, rápido despliegue, bajo costo y robustez.

- **Agente:** Es un sistema computacional el cual posee dos características importantes, la primera es la acción autónoma, la cual le permite decidir para satisfacer sus objetivos de diseño y la segunda ser capaces de interactuar con otros agentes del medio, de forma análoga como lo hacen las sociedades humanas en formas específicas como cooperación, negociación, coordinación y similares.
- **Nodo:** Es cualquier dispositivo con interfaces inalámbricas que posee una cantidad específica de recursos, los cuales serán aportados a la red, tiene características específicas como movilidad, energía limitada y variaciones de rol (cliente/enrutador) a lo largo de su existencia dentro de la red ad hoc.
- **Comportamiento Pseudosocial:** Para definir un comportamiento pseudosocial, se debe definir primero la sociedad, en nuestro caso se trata de una sociedad ideal de agentes los cuales persiguen objetivos distintos, podemos tomar el concepto del velo de la ignorancia (Rawls, 2012) para definir, una sociedad ideal con principios diferentes perseguidos por cada uno de sus miembros, pero con la plena convicción de ofrecer un bienestar común, derivándose de allí los comportamientos pseudosociales basados en tres elementos a saber: la inteligencia, la habilidad social y la orientación humana.
- **Justicia:** La justicia es la estructura básica de la sociedad. De manera que la justicia también se puede definir como la primera virtud de las instituciones sociales [10]. Podemos decir que es la capacidad de dar a cualquier nodo de la red un servicio adecuado sin importar su nivel de recursos.
- **Inmanencia:** Toda aquella actividad inherente al sistema de referencia cuya acción perdura en su interior, y tiene su razón de ser en ese mismo sistema y que, además, no es el resultado de una acción exterior a los elementos que la componen (Spinoza, 1980).
- **Paradigma:** Un paradigma es lo que comparten los miembros de una comunidad científica. Significa toda la constelación de creencias, valores, técnicas, que comparten los miembros de una comunidad dada. (Kuhn, 2013)

3. MODELO DEL SISTEMA

Para el desarrollo del modelo se ha adoptado la metodología SADT (Structured Analysis and Design Technique), la cual permite realizar esquemas de lo más general a lo más particular, se ha adoptado este modelo para poder realizar una descripción completa del sistema en general e identificar los módulos necesarios para la generación e implementación de este sistema de telecomunicaciones. Proyecto eje del grupo de investigación en redes de Telecomunicaciones dinámicas y lenguajes de programación distribuidos (TLÖN).

La metodología cuenta con convenciones específicas para su comprensión los cuadros son sistemas o subsistemas el

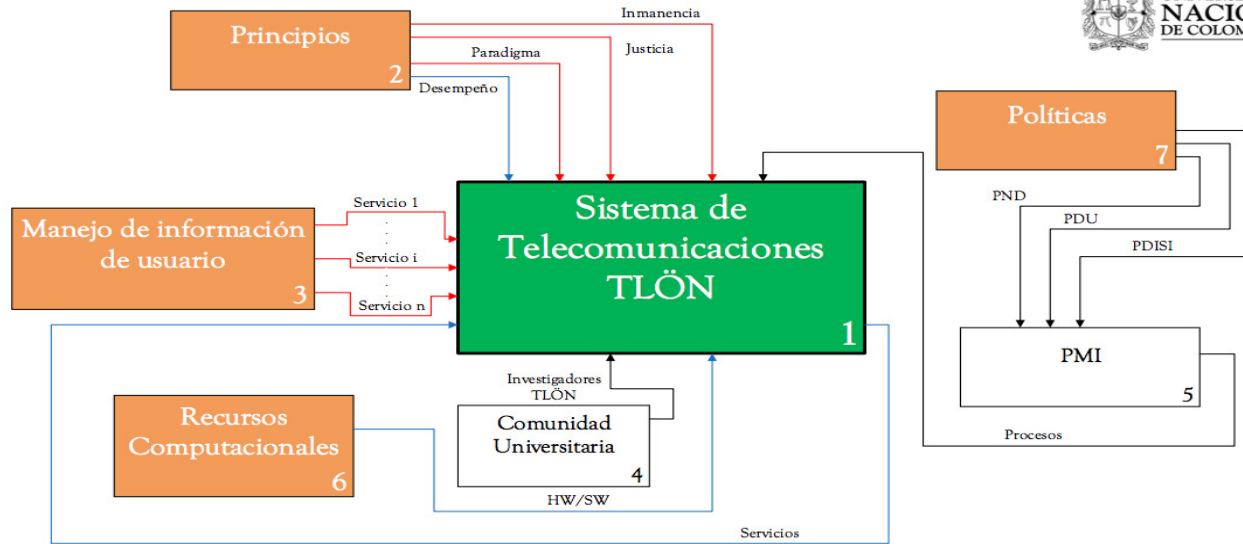


Figure 1: Modelo sistema de Telecomunicaciones TLÖN

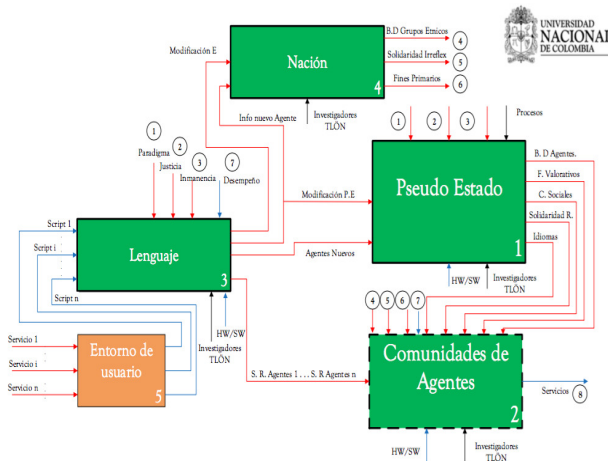


Figure 2: Arquitectura del nodo Ad hoc

color verde es sistema principal, naranja sistema secundario y el blanco terciario, las flechas tiene una jerarquía, las rojas son principales, azules secundarias y negras terciario, las líneas continuas son sistemas determinísticos y las punteadas sistemas estocásticos

En la figura 1 se observa el sistema general de telecomunicaciones el cual esta regido por los principios orientadores justicia, paradigma e inmanencia, partiendo de allí la base es la prestación de servicios al usuario, usando como mecanismo los recursos computacionales de los dispositivos miembros de este sistema y los investigadores del grupo. el objetivo fundamental es prestar servicios a los usuarios con el mismo grado de servicio sin importar el nivel de recursos de los mismos, convirtiéndose en un Sistema distribuido

En la figura 2 se evidencian los cuatro elementos principales que convergen en la conformación de este modelo,

por una parte esta el lenguaje de programación el cual será creado para generar las redes de agentes necesarias para producir los sistemas multiagentes denominados en este contexto como comunidades de agentes, quienes finalmente entregan los servicios distribuidos a lo largo de la red. Al ser un sistema social inspirado, se debe tener un pseudo estado que regule el comportamiento y las interacciones de los agentes, al igual que afecte su red de creencias para poder generar verdaderas comunidades de agentes con objetivos específicos, buscando alcanzar el objetivo fundamental de justicia e inmanencia en los usuarios de la red, las comunidades de agentes y los componentes nativos del lenguaje son afectados por el pseudo estado y el concepto de nación(Hobbes).

Continuando con el modelo social inspirado tenemos los elementos correspondientes al pseudo estado, donde el territorio es la red ad hoc con todas las características dinámicas anteriormente descritas pero con los controles, que serán agentes reguladores y unas normas específicas emulando una pseudo constitución, en este nivel aparece un elemento clave en el desarrollo de sistemas inmanentes que es la máquina virtual la cual permitirá hacer una comunicación efectiva entre el lenguaje y la red, sin importar los tipos de recursos involucrados a lo largo del sistema.

3.1 Comunidades de Agentes

Los sistemas multi-agente han sido, tradicionalmente, un área de investigación de la Inteligencia Artificial Distribuida. Sin embargo, en los últimos años han adquirido un significado más general, siendo utilizados para hacer referencia a sistemas compuestos de múltiples componentes autónomos. En un sistema multi-agente, los agentes pueden competir, cooperar o simplemente coexistir en un entorno generalmente abierto y dinámico, en donde el control del sistema es distribuido y la información está descentralizada.

La naturaleza de los sistemas multi-agente permiten modelar sistemas complejos con características claramente distribuidas en los cuales existen grandes cantidades de infor-

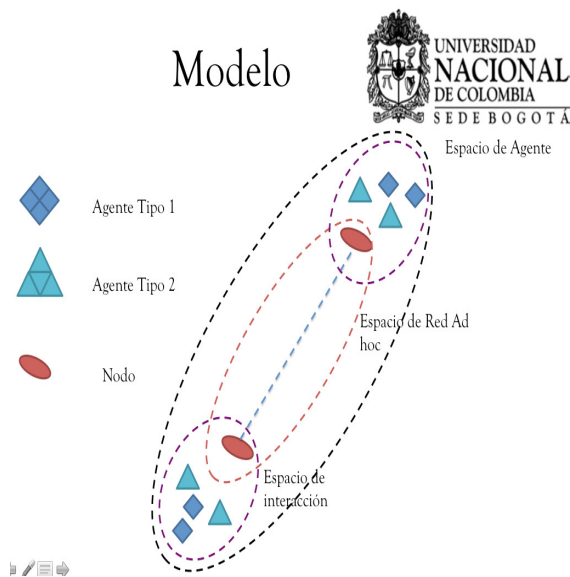


Figure 3: Comunidades de agentes

mación. En estos sistemas es necesario identificar los posibles subsistemas que forman sistema global, así como sus posibles interacciones y dependencias.

En primer lugar encontramos los agentes, los cuales pueden ser definidos como sistemas computacionales capaces de actuar de manera autónoma para satisfacer sus objetivos y metas, mientras se encuentran situados persistentemente en su medio ambiente [28]. En segundo lugar es posible clasificar los ambientes en los cuales los agentes interactúan, si un agente puede percibir a través de sus sensores los estados completos del ambiente donde se encuentra se dice que este es observable, una situación de interacción se produce cuando dos o mas agentes bajo un conjunto de acciones reciprocas confluyen en una relación dinámica. Estas acciones, las influencias que unos ejercen sobre otros, las obligaciones y compromisos que establecen hacen de los agentes entidades sociales [6]. Comportamiento social: Una acción social puede definirse como que aquella que es ejecutada por una agente al asumir, en el marco de una situación de interacción que los otros participantes de dicha interacción también son agentes [1]

Entre las propiedades esperadas en un sistema multi-agente podemos encontrar [27, 29]:

- **Escalabilidad:** A medida que el número de agentes aumenta, las interacciones entre los agentes y la reacciones del sistema deben mantenerse dentro de unos parámetros esperados.
- **Heterogeneidad:** El sistema estará conformado por agentes de diferente naturaleza, así como de variedad de características provenientes del ambiente donde se desarrolla el sistema.
- **Propiedades emergentes:** Uno de los objetivos de estudio es entender cuándo, por qué y cómo surgen los comportamientos emergentes y como se enlazan con

las reglas locales simples aplicadas a cada agente individual.

- **Racionalidad:** Los agentes deben estar en la capacidad de tomar decisiones racionalmente con el fin de cumplir sus objetivos.
- **Adaptabilidad:** El sistema debe ser capaz de mejorar su rendimiento en el tiempo, aprendiendo de su experiencia y manteniendo parámetros de configuración bajo condiciones cambiantes.
- **Sociabilidad:** El concepto general de sistemas multi-agente esta basado en las interacciones de entre un grupo de agentes inteligentes por lo que es necesario tener un modelo o una estructura que represente al organización interna del sistemas.
- **Credibilidad:** El sistema debe ser transparentes en su construcción y demostrar que es apto para el propósito que fue construido.

Una de las necesidades fundamentales para las comunidades de agentes, es contar con una ontología común que les permita representar la información de su dominio específico, y haga posible los procesos de comunicación entre sus miembros [27]. Esta representación del conocimiento se realiza en términos de conceptos y relaciones, generando un modelo abstracto de elementos como eventos, tiempo, objetos físicos y creencias [21, 28], los cuales tendrán como objetivo dar una percepción a los agentes sobre su entorno, y servir como insumo en el proceso de toma de decisiones [18].

En la figura 3 se observan tres dominios importantes, el primer dominio corresponde al entorno físico donde los nodos de la red ad hoc están en modo de operación dinámico, el segundo nivel corresponde al espacio de las comunidades de agentes, es importante indicar que los agentes individuales se dispersan a lo largo de la red, dentro de los diferentes nodos, cada una de estas redes de agentes son conformadas para prestar un servicio específico la red, el tercer y último dominio es el espacio de interacción entre los nodos y los agentes, espacio en el cual se coordinan las acciones distribuidas tanto en recursos como en servicios.

3.2 El agente

Para la consecución de la comunidad de agentes, hay que pensar en la creación de una base, el cual sera el agente. Teniendo en cuenta la definición en [11], donde un agente se compone de un software y un hardware para existir. El hardware da el soporte computacional, para este modelo es el conjunto de nodos de la red ad-hoc y el software son las funciones que puede realizar para ofrecer algún servicio, en este caso un servicio de telecomunicaciones, sin embargo con un alto contenido computacional.

En la Figura 6 se muestra la estructura función con base a la metodología SADT. El agente tiene controles desde el Pseudo-estado, lo cual le permitó definir un comportamiento partiendo del contexto en cual se este moviendo o viviendo. Los mecanismos que están actuando sobre el agente son el software, que según la definición de [11] es la esencia del agente, las comunicación que para el caso de la investigación son los mecanismos que le permite la señalización entre diferentes agentes y por ultimo los recursos distribuido, que son

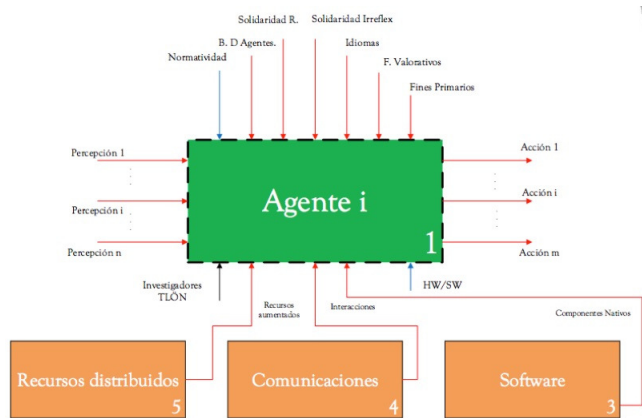


Figure 4: Diagrama del agente

dados por los nodos de la red ad-hoc, la cual también es definida por el Pseudoestado.

Ya que el sistema de telecomunicaciones considera muchas variables en sus funcionamiento y su definición para esta investigación presenta característica como autonomía e integración, se debe definir un agente que pueda comprender y procesar estas características de una manera acorde con las necesidades del sistema. Tomando la estructura de un agente basado en aprendizaje que ha sido definido por [11], el agente debe considerar elementos que le permitan procesar las señales del medio, y utilizar una red de creencias para inferir una respuesta acorde con lo se le esta solicitando. Por otro lado, este procesamiento debe tener un buen desempeño y ser efectivo en la toma de desiciones. Por último, el agente debe contemplar la forma en la cual afecta al medio, que son los actuadores que conforman su arquitectura básica.

Todo esto debe ser configurado desde el lenguaje de dominio específico, el cual se define la siguiente sección. Sin duda alguno otro lenguaje de programación como JAVA o C pueden ser utilizado para la definición del agente, sin embargo las funciones con las que se cuentan no se centran de manera adecuada a los problemas de diseño que se plantea en la elaboración de este tipo de agentes inteligente, es esto uno de las caracteísticas que definen la necesidad de crear un lenguaje de dominio específico para el sistema de telecomunicaciones.

4. LENGUAJE DE DOMINIO ESPECÍFICO

Una de las causas principales del estudio de las redes *Ad-hoc* es poder controlar ambientes que son estocásticos o dinámicos en su comportamiento [9]. Por otro lado estos ambientes proporcionan una buena herramienta de comunicación entre diferentes dispositivos y proveen diferentes servicios. Sin embargo los diseño y análisis de estos ambientes dinámicos son realizados a través de simuladores, los cuales hace una aproximación a la realidad, pero aún no han podido llegar a contemplar todas las variables de los entornos reales [8, 5].

Es así, que este modelo se centra en la idea de crear una herramienta computacional, que pueda suplir las necesi-

dades de apoyo a los diseños de las redes *Ad-hoc*. El diseño y desarrollo de un lenguaje DSL será la columna vertebral para la implementación de nuevas técnicas de concepción de las redes *Ad-hoc*, ya que el lenguaje debe cumplir con comportamientos comunes que no se tienen en los simuladores actuales [1].

Una de esas necesidades es la utilización de agentes inteligentes [11], los cuales pueden ayudar a resolver problemas como el enrutamiento entre los nodos o la asignación de ancho de banda para los canales inalámbricos entre diferentes nodos. Pero aún se puede apreciar otra característica sobre la utilización de agentes inteligentes en redes *Ad-hoc* y es la conformación de sistemas multi-agente. Estos sistemas multi-agentes forman comunidades de agentes que ayudaran a resolver de manera efectiva y distribuida los problemas planteados en el diseño de redes *Ad-hoc*[3].

Se puede listar una serie de tópicos o necesidades para justificar el diseño del lenguaje propuesto. Son las siguientes:

- Integración de elementos *IA* para tener una mejor gestión de la red.
- Control sobre el sistema de administración de recursos de los nodos.
- Inter-operabilidad entre diferentes entornos de funcionamiento de los nodos.
- Seguimiento del comportamiento emergente de grandes grupos de nodos.

De manera, que al implementar un nuevo lenguaje de programación que supla las necesidades anteriormente descritas, se tienen retos como la concepción de un paradigma de programación para este lenguaje, la utilización del concepto de inmanencia para dar sentido a la forma de operar las comunidades de agentes inteligentes y los mismos nodos de las redes *Ad-hoc*. Es decir que la concepción de nuevos algoritmos, técnicas y formas de entender el comportamiento que emergen de los ambientes de las redes *Ad-hoc*, son los resultados que se esperan al finalizar la implementación de este modelo.

De manera que al concluir el modelo se espera tener un método de trabajo para el diseño, implementación y pruebas de redes *Ad-hoc*, utilizando herramientas como agentes inteligentes, comunidades de agentes que permitan ofrecer a usuarios finales una grado de servicio equitativo sin importar su nivel de recursos.

4.1 Propiedades del lenguaje

El diseño del lenguaje debe seguir varios parámetros de funcionamiento de las redes *Ad-hoc* y de los agentes inteligentes, debe poder integrarlos de manera fácil, lo que puede permitir una aproximación al entorno real y se fusione de manera adecuada a los elementos físicos de la red. A continuación se enumeran las principales propiedades del lenguaje:

- Integración entre nodos de la red y agentes inteligentes.
- Integración del lenguaje con los equipos de la red.

manera que no se van a manejar solo un árbol de sintáctico sino un bosque de arboles sintácticos, esto con el fin de manejar los requerimientos de los agentes.

- Después pasa al analizador semántico, en donde se revisa el programa fuente para tratar de encontrar errores semánticos y se reúne la información sobre los tipos para la fase posterior de generación de código. El analizador utiliza la estructura jerárquica determinada por el análisis léxico para identificar los operadores, símbolos, identificadores y variables, mediante la interpretación de expresiones y proposiciones.

5. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN

En este caso el nodo o cualquier dispositivo móvil con interfaces inalámbricas, posee en su interior elementos tanto físicos como lógicos para su correcto funcionamiento, en la figura 3 se ha precisado incluso como representación gráfica tanto en tamaño como en jerarquía cada uno de los elementos que permitirán hacer real el modelo propuesto y las interacciones presentes entre los módulos propuestos para la implementación de un sistema de telecomunicaciones justo. El módulo más básico es la interfaz de comunicación (COM) el cual incluye el modelo de referencia, los protocolos de comunicación y en sí es quien transporta las solicitudes de servicios de los usuarios, esta es controlado por el sistema operativo (S.O) el lugar donde se encuentra el kernel del sistema, quien se comunica con el hardware (HW) del dispositivo para dar respuesta a las peticiones del usuario o el conjunto de usuarios.

En el modelo propuesto se debe incluir una interfaz que sea el puente entre las necesidades del usuario y los recursos disponibles del sistema e incluso su papel dentro del red ad hoc, por ello una máquina virtual (M.V) será el medio en el cual las peticiones de alto nivel (L. Lenguaje) del usuario serán traducidas dentro del sistema gracias a los mecanismos usados por la máquina virtual para tal fin. Para completar el esquema se tiene un comportamiento pseudosocial (C.S) inicial en el nodo, usado para que este decida si quiere ser miembro de la red ad hoc o simplemente descarta esta opción.

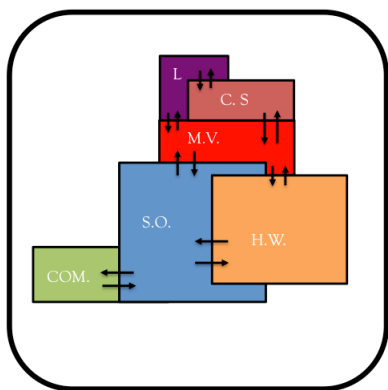


Figure 6: Diagrama del agente

6. TRABAJO FUTURO

Después de tener una perspectiva de los diferentes módulos que se han diseñado para la consecución del sistema de telecomunicaciones, se debe tener en cuenta el desarrollo de cada uno de los bloques funcionales. Sin embargo se deben concentrar en tres temas principales para tener un sistema con un funcionamiento aceptable. Estos temas son el lenguaje de programación de dominio específico, esta es la herramienta que ayuda a unir los agentes con los nodos de la red. Por otro lado está el trabajo que se tiene que hacer con las comunidades de agentes, en donde se deben definir sus principales características las cuales darán las prestaciones que se necesitan del sistema. Y por último pero no menos importante se debe trabajar sobre la implementación de redes ad-hoc, que son el sistema que permite que las comunidades de agentes puedan vivir.

La combinación de estos elementos son importantes para empezar a generar aplicaciones del sistema de telecomunicaciones, en situaciones de emergencia, la agricultura, en la industria logística, implementación en redes de sensores, también en redes VANET. De manera que la aplicación de estos conceptos es una posible solución al sin número de condiciones estocásticas de los sistemas de telecomunicaciones actuales.

7. CONCLUSIONES

En este artículo se ha dado una introducción al diseño de un sistema de telecomunicaciones el cual se soporta en redes ad-hoc y que utiliza el concepto de comunidades de agentes para gestión de servicios con una calidad de servicio adecuado. Utilizando la idea de comunidad se ha definido que el sistema es socio inspirado, lo cual conlleva a que se deben desarrollar conceptos como justicia, immanencia, paradigma y desempeño para enmarcarlos en el funcionamiento computacional de una red ad hoc, que permita ofrecer soluciones a problemas de cobertura y conectividad en redes inalámbricas.

Se han utilizado los conceptos de la metodología SADT adaptada por el Grupo de investigación TLÖN para definir sistemas y sub-sistemas funcionales para el desarrollo del diseño del sistema de telecomunicaciones, de modo que presenta el diseño de los sistemas relevantes como la concepción de todo el sistema de telecomunicaciones, la interacción entre el lenguaje, la comunidad de agentes y el diseño del lenguaje de dominio específico.

Estas interacciones dan el contexto para seguir desarrollando módulos pertinentes para el sistema y empezar a trabajar en la implementación de las ideas expuestas. Por último se define el modelo de implementación, que es la guía para cruzar o integrar el software y la parte dura o el hardware de los nodos que componen una red ad hoc.

8. REFERENCES

- [1] A. V. Aho, R. Sethi, and J. D. Ullman. *Compiladores: principios, técnicas y herramientas*. Pearson Educación, 1998.
- [2] S. Bai, C.-L. Huang, Y.-K. Tan, and B. Ma. Language models learning for domain-specific natural language user interaction. In *Robotics and Biomimetics*

- (ROBIO), 2009 IEEE International Conference on, pages 2480–2485. IEEE, 2009.
- [3] A. El Fallah-Seghrouchni and A. Suna. Claim: A computational language for autonomous, intelligent and mobile agents. In *Programming Multi-Agent Systems*, pages 90–110. Springer, 2004.
 - [4] I. Fister Jr, I. Fister, M. Mernik, and J. Brest. Design and implementation of domain-specific language easytime. *Computer Languages, Systems & Structures*, 37(4):151–167, 2011.
 - [5] P. Gupta and P. R. Kumar. The capacity of wireless networks. *Information Theory, IEEE Transactions on*, 46(2):388–404, 2000.
 - [6] U. Kulesza, A. Garcia, C. Lucena, and P. Alencar. A generative approach for multi-agent system development. In *Software Engineering for Multi-Agent Systems III*, pages 52–69. Springer, 2005.
 - [7] H. Liu, L. Gao, and X. Liu. Generative design in an agent based collaborative design system. In *Computer Supported Cooperative Work in Design I*, pages 105–116. Springer, 2005.
 - [8] S. McCanne, S. Floyd, K. Fall, K. Varadhan, et al. Network simulator ns-2, 1997.
 - [9] T. S. Rappaport et al. *Wireless communications: principles and practice*, volume 2. Prentice Hall PTR New Jersey, 1996.
 - [10] J. Rawls. *Teoría de la justicia*. Fondo de cultura económica, 2012.
 - [11] S. J. Russell and P. Norvig. *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. 1996.
 - [12] Q.-N. N. Tran, G. Low, and M.-A. Williams. A feature analysis framework for evaluating multi-agent system development methodologies. In *Foundations of Intelligent Systems*, pages 613–617. Springer, 2003.