|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | **FACULTAD DE INGENIERÍA**  **MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN** | |
| **TRABAJO DE GRADO – PROPUESTA DE PROYECTO – PZ-2011-1-XX** | | | |
| **TÍTULO DEL PROYECTO** | **Modelo Cooperativo para  Controlar Eficientemente el Tráfico en una Edificación** | | |
| **DATOS DEL ESTUDIANTE** | **Andrés E. Rosso M.** | **CORREO**  **ELECTRÓNICO** | [arosso@javeriana.edu.co](mailto:arosso@javeriana.edu.co) |
| CC 79.958.715 | [andresrosso@gmail.com](mailto:andresrosso@gmail.com) |
| **DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**  **ASESOR (opcional)** | Ing. Enrique González PhD | **MODALIDAD** | Investigación |
| [egon@javeriana.edu.co](mailto:egon@javeriana.edu.co) | **ÁREA DE ÉNFASIS** | Sistemas Inteligentes |
|  | **GRUPO Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** | TAKINA |
|  | Sub-línea - Sistemas MultiAgentes |

|  |  |
| --- | --- |
| **OBJETIVOS** | **Objetivo General**  Diseñar un método distribuido de control para asignar de manera eficiente el tráfico de personas presente en una edificación, haciendo uso de técnicas de inteligencia artificial.  **Objetivos Específicos**   1. Modelar matemáticamente el problema de tráfico presentado en las edificaciones de gran altura. 2. Diseño del método distribuido de control para la asignación de ascensores, haciendo uso de técnicas de control inteligente. 3. Evaluar la técnica de control desarrollada y comparar su eficiencia respecto a una técnica tradicional en un ambiente simulado. |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA**  **DE**  **INVESTIGACIÓN**  **O**  **APLICACIÓN** | El uso de las construcciones verticales experimenta un fenómeno de expansión vertiginoso debido al gran precio del terreno y la densidad poblacional de las grandes urbes. El incremento de este tipo de construcciones trae el problema de transportar eficientemente el alto número de personas que estas edificaciones albergan a diario. Existe un controlador centralizado que recibe las llamadas que los pasajeros hacen por medio de un botón en donde el usuario indica la dirección del piso destino. El sistema de elevadores controla estas llamadas mediante una función numérica que envía al elevador más cercano y que va en la misma dirección que el pasajero desea [PARKER1971].  No obstante, se ha observado que el servicio prestado por los elevadores, en la mayoría de los casos es deficiente. Bajo condiciones de alto tráfico (por ejemplo hora de almuerzo) las personas tienen que esperar mucho tiempo para ser atendidas. En edificios pequeños no comportan mayores inconvenientes, sin embargo, en una construcción de gran altura, el transporte de los pasajeros debe hacerse de una manera ágil, eficiente y por qué no decirlo; de una manera inteligente, en donde se economice tanto el tiempo del pasajero, como la energía que usa el elevador.  Los sistemas de control tradicional son ineficientes para cubrir esta necesidad debido a que su diseño solo contempla reglas simples de control como la dirección en la que dirige el ascensor, o el número de pasajeros [MIRAVETE1996]. La creciente necesidad hizo que nuevas técnicas más complejas empezaran a ser aplicadas a este problema.  A partir del desarrollo de la I.A. han apareciendo controladores basados en técnicas inteligentes que aumentan considerablemente la efectividad en la asignación de llamadas. Estos nuevos controladores utilizan técnicas inteligentes puras o híbridos que incorporan varias técnicas para mejorar el rendimiento.  Sin embargo la mayoría de las técnicas usadas tiene una arquitectura centralizada. El controlador es único para todos los ascensores de sistema y se encarga de decidir a cual cabina le asignar el ascensor.  Al tener este componente centralizado en donde todos los ascensores dependen de él, existe baja adaptación a los cambios bruscos en las condiciones del sistema. Estos cambios pueden deberse a situaciones de emergencia como, daños o falta de disponibilidad en alguna de las cabinas de ascensor, modificaciones abruptas del patrón de tráfico por eventos externos. Además de estos cambios es posible que los objetivos de control también cambien de prioridad según los requerimientos del sistema, por esta razón se requiere una técnica adaptable al dinamismo presente en el sistema.  Se propone replantear el problema desde la perspectiva distribuida en donde no haya un controlador centralizado, sino que cada una de las cabinas compita por la llamada teniendo en cuenta el estado de las demás cabinas y el de sí misma.  Las cabinas actuarían como agentes inteligentes que cooperan para atender eficientemente las llamadas de los usuarios. Habría además un agente intermediador que usando alguna técnica inteligente resuelva los conflictos cuando hay varias cabinas compitiendo por la misma llamada. Este agente conciliador se apoyaría en alguna técnica inteligente para decidir a favor de aquella cabina que tenga más posibilidades de atender la llamada de acuerdo a los objetivos de control.  El uso de una técnica distribuida permite que el sistema sea tolerante a cambios bruscos en las condiciones de control. Además permite variar los objetivos de control, para ya sea darle prioridad a la agilidad del servicio o para reducir la energía consumida por el sistema.  El problema de asignación de elevadores para atender las llamadas se puede ver como un problema de optimización. El objetivo del controlador es asignar las llamadas a los ascensores que tienen mayores posibilidades de atenderla eficientemente. El problema en si es una combinación de programación no lineal en tiempo real, distribución de recursos y control estocástico [HAKONEN2004]. El criterio para definir la eficiencia en la asignación de llamadas es el promedio del tiempo de espera de los pasajeros para ser atendidos. Además de este criterio se puede incluir el tiempo que el pasajero dura dentro del ascensor hasta que llegue al piso objetivo o la energía consumida por el sistema medida en relación a los pisos que recorren los ascensores en conjunto. Considerara dos o más estos criterios lleva a un problema de optimización multiobjetivo [HAKONEN2004].  La eficiencia del controlador se debe medir y además comparar su despeño respecto a u controlador convencional, para esto es necesario tener un ambiente que simule las características principales del sistema.  Este controlador debe ser construido distribuidamente y de forma modular. De esta manera se hace fácil iterar el desarrollo e ir incorporando en las fases del proyecto los módulos que componen tanto el simulador como el controlador.  Al final se obtendrá un software de simulación para edificio con baja cohesión y distribuida que permita incorporar controladores modularmente sin necesidad de modificar el código del simulador. El simulador además permitirá medir los indicadores de eficiencia del controlador configurado para así compararlos. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **METODOLOGÍA** | | |
| **DESCRIPCIÓN GENERAL** | Para el desarrollo del proyecto se identifican tres grandes fases:   1. Formulación matemática del problema. 2. Diseño de la técnica de control distribuida. 3. Evaluación de técnica de control en un ambiente controlado.   En la primera fase se pretende modelar la dinámica del sistema. Es necesario identificar las variables estocásticas presentes en el tráfico y formular matemáticamente el problema de asignación de ascensores.  En la segunda fase se busca darle solución al problema de asignación de tráfico desde la perspectiva distribuida. Se evaluarán técnicas de control tradicionales e inteligentes usadas asignación de llamadas teniendo en cuenta las condiciones del ambiente.  En la tercera fase se pone a prueba la técnica de control desarrollada y se hace un análisis comparativo de los resultados contra una técnica tradicional. Estos resultados permitirán decir si la técnica que se desarrollo es más eficiente que la tradicional. | |
| **FASE 1**  **FORMULACIÓN MATEMÁTICA** | El primer paso necesario para la formulación matemática del sistema es hacer un análisis sistémico. Un sistema puede verse como un objeto en el cual interactúan variables de diferentes clases para producir señales observables denominadas; salidas. Las señales externas también pueden afectar e influir en el comportamiento del sistema, pero estas señales son susceptibles de manipulación.  Una vez identificados los componentes del sistema se procede a modelar matemáticamente la dinámica de sus partes. Por ejemplo el arribo de personas a la edificación es un comportamiento estocástico. En donde el número de personas, el piso al que se dirigen y el intervalo de tiempo entre llegadas, está descrito por variables aleatorias propias del fenómeno.  Para este caso inicialmente se debe modelar matemáticamente los siguientes componentes del sistema: **Edificio**, **Ascensor**, **Pasajero, Piso**.  Las actividades a desarrollar en esta fase son:   1. Análisis sistémico del problema propuesto. 2. Revisión bibliográfica de investigaciones que permitan conocer la dinámica de tráfico en una edificación. 3. Modelado matemático de las características estocásticas y dinámicas presentes en el sistema. 4. Validación del modelo matemático y ajustes finales. | |
| **FASE 2**  **TÉCNICA DE CONTROL DISTRIBUIDA** | Es esta fase se debe realizar una revisión bibliográfica de las técnicas de control usadas para tratar el problema de asignación de tráfico y partir de este análisis se debe proponer una técnica de control distribuida que mejore el rendimiento del sistema.  Primero se hará una clasificación de las técnicas de control utilizadas, estas se categorizarán en dos grandes grupos: técnicas inteligentes, técnicas de control óptimo.  Se debe revisar además la bibliografía existente sobre control distribuido en problemas de transporte, este análisis servirá como base para proponer un nuevo método de control.  Las actividades a desarrollar en esta fase son:   1. Revisión de técnicas usadas para el problema propuesto. 2. Modelado del controlador en una arquitectura distribuida. 3. Implementación de alguna técnica inteligente para resolver el conflicto entre las cabinas que compiten por la llamada. 4. Implementación matemática del controlador distribuido. 5. Validación matemática del controlador distribuido. | |
| **FASE 3**  **EVALUACIÓN EN UN AMBIENTE SIMULADO.** | Validar el desempeño del controlador y su eficiencia respecto a las técnicas tradicionales requiere manipular las condiciones del sistema y efectuar un gran número de pruebas. Realizar estas pruebas en una edificación real sería bastante complicado y costoso. Por esta razón se propone analizar, diseñar y desarrollar un simulador de edificios desde el cual se puedan cambiar las condiciones del sistema y se puedan medir con exactitud los tiempos registrados por los usuarios. Este simulador permitiría conocer el desempeño del sistema con gran precisión y hacer un análisis comparativo entre la técnica desarrollada y una técnica tradicional eficiente. El simulador seguirá el flujo descrito por Banks [BANKS2000] en el que partiendo de un sistema real se llega a un modelo por computador.    Figura 1 Elementos Básicos y relaciones en modelización y simulación  El sistema para este proyecto es el edificio y la dinámica de tráfico que se presenta en el mismo. El estado del sistema evoluciona en el tiempo de acuerdo a las características cambiantes del mismo. Ejemplo de ellas son la tasa de arribo de pasajeros por piso y el piso destino de las llamadas. Debido a estas características el sistema tiene un comportamiento no lineal, por consiguiente el tipo de simulación a usar es simulación de eventos discretos [BANKS2000].  En el simulador de edificio se podrá variar tanto el número de pisos, como el número de ascensores a manejar. Por cada piso del edificio se generará la carga del mismo, basada en un tipo de distribución de probabilidad presente en el tiempo de simulación.  Para el desarrollo del simulador se seguirá una metodología ágil y el paradigma de desarrollo por componentes que permite desarrollar de manera controlado sistemas de gran complejidad. El simulador servirá como plataforma de pruebas, su arquitectura será distribuida y con baja cohesión.  Una vez se cuente con la el simulador se implementará en este el controlador distribuido desarrollado y además un controlador tradicional eficiente para compararlos.  La validación y comparación del controlador desarrollado se hará con base en un protocolo experimental establecido particularmente para este proyecto, en donde se contemplen las variables y métodos de experimentación que aseguran la correcta verificación de la eficiencia del sistema.  Las actividades a desarrollar en esta fase son:   1. Revisión de técnicas de simulación y escogencia de la más apropiada para el problema en cuestión. 2. Implementación del simulador en un lenguaje de alto nivel orientado a la simulación. 3. Validación del simulador de acuerdo a los requerimientos funcionales y no funcionales. 4. Implementación en un lenguaje de alto nivel del controlador distribuido. 5. Validación de controlador distribuido. 6. Simulación de una edificación real para evaluar la eficiencia del controlador desarrollado y comparar el desempeño contra la técnica tradicional. 7. Análisis de los resultados y ajustes finales. 8. Reporte final con las conclusiones y resultados de la simulación. | |
| **RESULTADOS ESPERADOS** | | |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 1** | **1a** | Documento que plasma las características, componentes y relaciones de los elementos del sistema. |
| **1b** | Documento tipo resumen con los métodos usados para modelar el tráfico en una edificación. |
| **1c** | Documento que explique el modelo matemático del sistema. |
| **1d** | Informe con los resultados de la validación del modelo del sistema. |
| **2a** | Informe de las técnicas de control usadas para tratar este problema, debe tener además un análisis comparativo. |
| **2b** | Informe que detalla el modelo distribuido del controlador propuesto. |
| **2c** | Documento que explica la implementación propuesta para asignar las llamadas de ascensor. |
| **2d** | Documento que detalla la implementación matemática del controlador. |
| **2e** | Informe de validación del controlador distribuido. |
| **ASIGNATURA MISyC PROYECTO 2** | **3a** | Análisis comparativo de las técnicas de simulación. |
| **3b** | Software de simulación en un lenguaje de alto nivel. |
| **3c** | Documento de validación del simulador de acuerdo a los requerimientos funcionales y no funcionales. |
| **3d** | Implementación del controlador distribuido en el esquema del simulador. |
| **3e** | Documento de validación de controlador distribuido. |
| **3f** | Definición del protocolo de experimentación para la simulación de una edificación real para evaluar la eficiencia del controlador desarrollado y comparar el desempeño contra la técnica tradicional. |
| **3g** | Documento de análisis de los resultados finales. |
| **3h** | Reporte final con las conclusiones y resultados de la simulación. |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROSPECTIVA DE INNOVACIÓN** | |
| **POTENCIAL DE INNOVACIÓN** | El desarrollo del nuevo controlador distribuido aportará una nueva forma de manejar el problema desde una perspectiva distribuida -no centralizada-, incorporando técnicas inteligentes para este problema de optimización tan dinámico en el tiempo. El simulador además será en único en la comunidad académica de uso gratuito y estará documentado para que otros investigadores puedan usarlo sin restricción.  El problema demás podrá ser generalizado al tráfico en otros sistemas como tráfico horizontal, por ejemplo en Bogotá transmilenio. |
| **PROPIEDAD INTELECTUAL** | Este trabajo de grado se realizará dentro del marco de investigación del grupo de investigación TAKINA de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. El proyecto servirá como base para futuros trabajos y proyectos del grupo, y estará a disposición del grupo TAKINA, sin ninguna restricción de uso, ya sea este académico ó empresarial. El software producto de este trabajo de grado se licenciará bajo el modelo de software libre con licencia GPL. |

|  |
| --- |
| **BIBLIOGRAFÍA** |
| [GARCIA1990] García, M. R., Discrete Event Simulation Methodologies and Formalisms, Proceedings of the Winter Simulation Conference,  1990.  [PARKER1971] Parker, E. R. Arquitectura Del Ascensor. Editorial IRIS – Bogotá - 1971.  [HAKONEN2003], Henri M. Hakonen. Simulation Of Building Traffic And Evacuation By Elevators, Licentiate Thesis Helsinki University of Technology, 2003.  [HAKONEN2004], Henri M. Hakonen, Aiying Rong and Risto Lahdelma. Multiobjective Optimization In Elevator Group Control, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, 2004.  [BANKS2000], Banks J. Discrete-Event System Simulation. 3rd edition, Prentice Hall. (2000).  [DRIANKOV1996] [An Introduction to Fuzzy Control (context)](http://www.faqs.org/docs/fuzzy/) - Driankov, Hellendoorn, 1996.  [SIIKONEN1997] Siikonen M-L. Planning And Control Models For Elevators In High-Rise Buildings, Doctoral thesis, Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory, 1997.  [BARNEY1985] Barney, G.C. y dos Santos, S.M. (1985) Elevator Traffic Analysis, Design and Control, Peter Peregrinus Ltd, 2ª edición, Londres, 1985.  [MIRAVETE1996] Miravete Antonio. Larrode, Emilio. “El Libro Del Transporte Vertical”. Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. 1996. 485 págs. |