Universitat Autònoma de Barcelona

Dipòsit digital de documents de la UAB

This is the **published version** of the bachelor thesis:

Quella Aracil, Yuri. Soluciones inteligentes con tecnologías disruptivas para entornos caóticos - Movilidad urbana. 2023. 10 pag. (Grau en Gestió de Ciutats Intel · ligents i Sostenibles)

This version is available at https://ddd.uab.cat/record/282889

under the terms of the license

Soluciones inteligentes con tecnologías disruptivas para entornos caóticos - Movilidad Urbana

Yuri Quella Aracil

26 de junio de 2023

Resumen

Uno de los grandes retos de las ciudades del mañana será gestionar el gran volumen de personas que se desplaza de un sitio a otro mediante un vehículo. Este trabajo final de grado es un estudio y propuesta de una posible solución empleando tecnologías disruptivas para entornos que podrían convertirse en caóticos.

Se propone un sistema que combina 2 tecnologías como la Inteligencia Artificial y la Blockchain para poder mejorar el sistema de transporte urbano en una ciudad. Esta solución podría mejorar los flujos de tránsito de personas y mercaderías y ahorrar muchas colas así como ayudar a optimizar el sistema actual de transporte el cual por el momento no hay suficientes elementos monitorizados.

1. Introducción

1.1. Ciudades del futuro

Como hemos visto a lo largo de la historia, los humanos tendemos a reunirnos en asentamientos, dejando las áreas rurales para estar concentrados en zonas urbanas de alta densidad. Estas áreas urbanas llamadas ciudades son espacios de mucha actividad económica, política, cultural y social. Y a la vez todos sus elementos están muy concentrados en un espacio muy pequeño, haciendo que la densidad de habitante por unidad de espacio sea muy alta. Una movilidad urbana mal gestionada puede causar grandes colas y saturación del transporte público. Esta situación puede colapsar una ciudad convirtiéndola en un ambiente caótico.

1.2. ¿Que es una ciudad inteligente?

El término "Smart City.[es] un tópico que está de moda, y es imprescindible conocer algunos detalles. Una ciudad inteligente es aquella que adopta medidas eficientes y eficaces para temas como el desarrollo urbano, seguridad ciudadana, movilidad, gestión energética, servicios públicos sosteniblidad,etc. Todo esto puede ir acompañado de el uso de pequeños dispositivos o sensores que están conectados entre si mismos para servir un propósito más amplio (IoT), para monitorizar sistemas y ofrecer un servicio de más calidad, por ejemplo un sistema seguridad monitorizada con cámaras, sensores y drones... Algunas iniciativas como estas pueden hacer que una ciudad esté más cerca de convertir-se en una ciudad inteligente. Podemos agrupar las areas de trabajo en 5 grandes campos segun los servicios que podría ofrecer una ciudad: Medio ambiente por ejemplo la contaminación o el uso de energias. Movilidad como la accesibilidad, el tráfico o el transporte urbano. La economía mediante planes de innovación económica y creativa. La seguridad y como el ultimo el estilo de vida como la salud, el turismo, infraestructuras urbanas, etc. En algunas de estas temáticas se pueden utilizar tecnologías innovadoras para los desafíos actuales y futuros para ofrecer un mejor servicio a los ciudadanos[Bou19].

1.3. La importancia del transporte en una ciudad

Las ciudades hoy en día son zonas de concentración de personas, se prevé que para el 2030 cerca de 5000 millones de habitantes vi-

van en ciudades y para el 2050 tres cuartas partes de la población mundial vivirá en áreas urbanas, en ellas podría llegar hasta realizar el 70 por ciento del PIB mundial [Pé18]. En un entorno urbano, el transporte de las personas y mercaderías es muy importante para el buen desarrollo de la economía, actividades sociales y la calidad de vida de las personas. Algunos ejemplos como:

1. La accesibilidad:

   Las redes de transporte permiten a las personas acceder a sus sitios de trabajo, zonas de ocio, supermercados, parques... La vida en una ciudad suele ser más compleja o ajetreada y la gente tiende a desplazarse continuamente, sin una buena accesibilidad a estos espacios, las personas no podrían acceder tan rápidamente a sus destinos y la movilidad no sería muy eficiente. Una situación como esta podría generar estrés en los trabajadores, incumplimiento de sus cosas a hacer cada día y sus jornadas laborales, esto repercutiría tanto a la economía como en la parte personal de los ciudadanos. En Nueva York en 2018 cualquier conductor que usara su vehículo en su día a día pasaba un promedio de 91 horas atascado en una cola de tráfico al año[Riv18].

2. El desarrollo económico:

   La buena movilidad de productos y mercaderías es un factor clave para un inversor que busca ofrecer un nuevo servicio en la ciudad, ya sea un supermercado que quiere importar pan desde otra ciudad hasta un restaurante de pizza que reparte comida a domicilio, si la ciudad no ofrece una buena infraestructura para soportar todo este movimiento de mercaderías ni los inversores querrán crear nuevas oportunidades de negocio ni los consumidores querrán contratar un servicio de pizza a domicilio que puede llegar en retraso. Estos reduciría mucho las posibilidades creación de nuevos empleos y oportunidades.

3. La sostenibilidad:

   Una red eficiente de transporte puede ayudar a reducir las emisiones gases de efecto invernadero de los vehículos, asimismo esta puede ir acompañada de un buen transporte público que haría que se redujeran mucho las emisiones urbanas. Dentro de la movilidad dentro de una ciudad, existe la movilidad sostenible y esta ocupa un gran papel, la creación de carriles de bicicletas es una alternativa sostenible que no genera emisiones y ayuda al bienestar físico de la gente.

1.4. ¿Por que sí el transporte ha de ser monitorizado?

El trazado urbano de las ciudades está formadas por carreteras, estas obras de ingeniería que cuestan millones en dinero público y requieren un mantenimiento para su buen funcionamiento, una vez ya construidos, no se aprovecha al máximo su potencial. ¿De que puede servir tener una carretera kilométrica sin saber que puede estar pasando o quienes la están usando? ¿Como se puede medir con bastante precisión el volumen de gente que usa esa vía cada día? ¿Como de útil es esta carretera? ¿Sería útil transformar esta carretera ancha en un carril bici con una acera mucho más ancha? Estas son algunas preguntas que los gobiernos han de empezar a cuestionarse para tener una buena actuación en el entramado urbano, desplegar una infraestructura y no monitorizarla ni evaluar su impacto es dar una paso hacia delante a la ciudad del caos.

2. Descripción de la propuesta

Se propone teóricamente un sistema que combina tres pilares para poder monitorizar el transporte (de personas y mercaderías) en una ciudad a tiempo real, que pueda registrar el punto de inicio y el destino de cada ciudadano de manera abierta y segura pero anónima, que ofrezca una ruta considerando todos los movimientos de personas y evaluando la capacidad de las carreteras, ofreciendo la mejor ruta posible sabiendo como se mueve

el resto de la población.

2.1. Tecnologías involucradas

Como primer elemento y pilar encontraríamos la Inteligencia Artificial que analizaría datos de rutas, posiciones de inicio y destino con los datos almacenados de nuestra población (segundo pilar = participación ciudadana) y estos datos se almacenarían de manera segura en una blockchain o cadena de bloques

2.2. ¿Porque la Inteligencia Artificial? - Primer Pilar

La inteligencia artificial es una tecnología novedosa que se basa en la creación de algoritmos que funciona inteligencia humana, en cuanto a la capacidad de aprendizaje, evaluación de situaciones y toma de decisiones frente a situaciones con varias elecciones. En pocas palabras sería como imitar el pensamiento humano. Como se ha dicho anteriormente, la en términos de aprendizaje es sobresaliente, eso es por el aprendizaje automático (machine learning), la IA tiene una capacidad para aprender sin estar programada para ello. El machine learning se divide en tres subconjuntos: el aprendizaje supervisado basado en tareas, el no supervisado basado en datos, y el de refuerzo aprendiendo a reaccionar a su entorno [Rou19].

La programación tradicional se queda muy lejos de poder solucionar problemas que la inteligencia artificial podría y puede resolver. En la programación tradicional el código que tiene a no ser que alguien lo modifique siempre será el mismo, y por lo tanto siempre tomará las mismas decisiones. Sería como usar un programa plano que ejecuta un código secuencial, en vez de tener un sistema que aprendiera y evolucionara con el tiempo y fuera capaz de tomar decisiones distintas para problemas que pueden variar mucho, en base a datos reales.

Los modelos en inteligencia artificial pueden ser muy buenos haciendo estudios y predicciones sobre unos datos, pudiendo hacer estimaciones sobre posibles escenarios probables y mostrando una manera en concreto de actuar. Este sistema podría tener una mejor respuesta cuando hay algún accidente o imprevisto en la carretera. En este caso en concreto, calcularía las vías óptimas para cada viajero teniendo en cuenta el resto el resto de viajeros/conductores activos (y ya en ruta), sería capaz de ofrecer rutas alternativas según el tráfico actual.

Esto podría dar mucha información sobre la situación de tráfico a tiempo real para tener una mejor respuesta a nivel de imprevistos como accidentes o atascos. También para la evaluación de si una carretera es realmente útil o para saber su frecuencia de uso. En áreas metropolitanas es de vital importancia saber desde donde viene cada viajero, hacia donde va y por donde pasa.

2.3. ¿Por que la Blockchain? - Segundo Pilar

Las cadenas de bloques o bases de datos distribuidas, popularmente conocidas como "Blockchain Networks"son una tecnología muy reciente que tiene sus inicios en la creación de las redes P2P (Peer to Peer) que son redes que siguen una arquitectura de ordenador-ordenador contrario a lo que hemos visto en casos centralizados como la arquitectura cliente-servidor.

Las P2P son redes en las cuales los ordenadores se comunican entre ellos sin ningún tipo de jerarquía ni nivel, en los cuales toda la red de ordenadores se gestiona a si misma, y existen unos protocolos de comunicación entre nodos para garantizar la integridad de la red [Tap17].

Una blockchain es una base de datos pero la información esta guardada en bloques, y cuando un bloque se "llena", se cierra y se abre otro bloque para guardar información, esta información son transacciones y que los nodos que forman la red (ordenadores) verifican y validan comprobando que sean ciertas, cuando la mayoría se ha puesto de acuerdo de que una transacción tiene es legítima, se valida y se añade al bloque. Cada bloque esta conectado con el siguiente y el anterior, y su

contenido también, por lo tanto si se modifica el contenido (para falsificar una información o borrarla), se ha de modificar todo el resto del contenido de la blockchain [Bar18]. Por esto se considera que una blockchain es una red segura, porque para corromperla, se ha de atacar a todos los nodos del sistema en un mismo instante de tiempo. Una red de este tipo, cuanto mas grande sea, mas robusta, segura y rápida puede ser.

1. Transparencia: La blockchain es una tecnología de naturaleza transparente, lo que significa que cualquier usuario puede ver todas las transacciones y los datos almacenados en la cadena de bloques. Esto proporciona un alto nivel de confianza y verificación en los datos almacenados.

2. Seguridad: Al ser una base de datos distribuida, es difícil alterar el contenido de la red ya que cada nodo tiene una copia de toda la información, entonces lo que es cierto lo es para un nodo y para el resto de la red, para atacar una blockchain no solo hay que atacar un nodo, sino a toda la red para que el ataque sea efectivo.

3. Integridad: La integridad de los datos almacenados está garantizada gracias a su sistema de consenso distribuido, que impide la manipulación o alteración de la información una vez que ha sido validada y almacenada en la cadena de bloques.

4. Inmutabilidad: La inmutabilidad es una propiedad esencial de la blockchain. Una vez que los datos se han registrado en la cadena de bloques, no se pueden modificar ni eliminar. Esto asegura la integridad y la veracidad de los datos a largo plazo.

5. Ahorro de costos: Se puede reducir significativamente los costos de almacenamiento y gestión de datos al eliminar la necesidad de intermediarios y terceros de confianza. En algunos casos tampoco sería necesario centralizar y desplegar una gran estructura informática.

6. Rapidez: Debido a sus sistema de transacciones, estas se procesan y se validan rápidamente, lo que la hace ideal para aplicaciones que requieren un tiempo de respuesta rápido y una alta disponibilidad.

Aparte de sus características, las cadenas de bloques pueden ser de dos tipos (generalmente),según su grado de privacidad y restricción pueden ser:

2.3.1. Blockchain privada

Este tipo de blockchain es aquella que gira entorno a la privacidad, el control de la red y de la información.

Una blockchain privada como indica la naturaleza de su nombre, es de acceso restringido, no todo el mundo puede acceder a la red para ver su contenido ni todo el mundo puede validar transacciones de la propia red. Los nodos y la lista de visitantes de la red ya están predefinidos. Hay una serie de derechos o permisos preestablecidos entre los integrantes de la red, lo que permite ejercer un control centralizado. Estas por consecuencia son menos descentralizadas (menos distribuidas) ya que acumulan el poder en pocos miembros y existe una jerarquía vigente. También el acceso a la información puede ser restringido o visible a algunos miembros.

Estas redes son perfectas cuando las entidades que las gestionan precisan cierto nivel de privacidad. Es perfecto para fines que se quieren llevar a cabo por grupos pequeños por ejemplo.

2.3.2. Blockchain Pública

Estas por lo contrario a las anteriores y como indica su nombre, son completamente transparentes, no existe una verticalidad y son de acceso abierto.

En las blockchains públicas se puede acceder a la red, acceder a toda la información almacenada en los bloques y participar validando bloques. En términos de privacidad es totalmente transparente y cualquier persona puede acceder a la información. respecto a los nodos, quien quiera puede participar así que

cualquier nodo puede estar situado en cualquier punto del planeta. Su grado de descentralización puede llegar a ser muy grande. Debido a su extensión de los nodos, es más segura frente a ataques, cuanto mas dispersa y numerosa sea una red, más robusta se vuelve. Y respecto a la modificación de datos, en una blockchain privada se podrían llegar a modificar los datos que se encuentran en los bloques, pero en una cadena de bloques pública no se podría hacer debido a que el resto de nodos van a interpretarlo como una acción fraudulenta, en otras palabras, solo si se controla la mayoría de los nodos se tendría el control.

Este tipo de redes es ideal para crear un sistema de finanzas descentralizadas en el que los usuarios puedan intercambiar valores en forma de criptomonedas, estas aseguran una transparencia máxima a la vez que una anonimato nunca antes visto [Chi20].

2.4. ¿Por que la participación ciudadana es esencial? - Tercer Pilar

La participación ciudadana en un proyecto de esta escala es esencial, es la base de la obtención de datos, sin ella, un proyecto así no podría funcionar, por eso requiere un paso de madurez y concienciación ciudadana y a lo mejor acompañado de algún cambio legislativo (aunque de como hacer esto posible ya hablaremos más adelante).

Es muy importante que los ciudadanos vean que este sistema solo es para finalidades logísticas, que es para mejorar sus vidas y reducir la congestión en las carreteras. Eso puede reducir también el número de accidentes en la carretera, porque una carretera descongestionada y sin ajetreo puede crear menos situaciones estresantes al volante.

La manera en la cual los ciudadanos interactuarían en este sistema sería una aplicación en la cual el conductor comunica al sistema su punto de inicio y su destino. Luego la blockchain y la inteligencia artificial harían el resto del trabajo para que todo este sistema funcionara, el usuario solo se limitaría a comunicar su ruta y ver las sugerencias de las rutas proporcionadas.

3. Propuesta

Mi solución para mejorar el tráfico de las ciudades, zonas urbanas y carreteras es proponer y juntar estos tres elementos. Existen muchas maneras de conectar estos elementos según su finalidad, el elemento que le da todo el sentido al sistema es la inteligencia artificial. Pero la cadena de bloques como base de datos, y la ciudadanía como método de ingreso de datos es un ejemplo de muchos que se podrían proponer. El tipo de banco de datos es altamente modificable por ejemplo. Quiero dejar claro que para resolver el mismo problema se pueden usar las mismas tecnologías pero con un enfoque distinto e incluso otro tipos de tecnologías para acabar llegando al mismo punto.

A continuación se va a exponer cada pilar de este sistema, siendo la blockchain o base de datos el elemento central que conecta con los otros dos pilares.

3.1. Blockchain

La base de datos es donde se guardará toda la información transmitida por los usuarios (conductores) y esta recibiría su información, esto mismo la hace el elemento central ya que en el lado opuesto encontraremos la inteligencia artificial que leerá los datos y hará sus cálculos, estudios y predicciones. Por este motivo la base de datos es el elemento conector y el primero que ha de ser definido.

Como hemos visto en el apartado 2.3, una blockchain es un buen sistema distribuido en el cual los datos son difíciles de manipular.

3.1.1. Datos a almacenar en los bloques

Los datos en vez de estar escritos en listas como en las bases de datos tradicionales, se van a repartir en bloques, y los bloques guardan transacciones, cada transacción podría guardar estos campos de información:

1. Datos con relación a los conductores
    - Punto de inicio
    - Destino

- Hora de salida
- Hora de llegada estimada
- Hora de llegada real
- Historial de incidentes

2. Datos con relación al viaje y la carretera

   - Congestión de las carreteras usadas
   - Numero de incidentes en el viaje
   - Patrones sobre el tráfico en la carretera
   - Historial de viajes de las personas anteriores en esas carreteras

3. Datos relacionados con la IA

   - Comentarios o calificaciones de los conductores

3.1.2. Protocolo de Consenso

El protocolo de consenso es la forma o el procedimiento que tiene una blockchain para validar y sellar un bloque. Son las reglas de comunicación que establecen como se ha de validar o sellar un bloque para que sea añadido de manera permanente a la cadena de bloques.

Existen dos tipos de protocolos de consenso:

- Proof of Work o prueba de trabajo: En el cual los nodos compiten para resolver un problema matemático que escala en dificultad con la magnitud de la red, así se garantiza que cada bloque se mine en un tiempo de valor preestablecido. Se caracteriza por usar grandes cantidades de electricidad (por parte de los nodos) parar resolver problemas matemáticos muy complejos. En pocas palabras: Quien aporta mayor potencial tiene más probabilidades de llevarse la recompensa por sellar el bloque [Chi20].

- Proof of Stake o prueba de participación: Los participantes solo dedican potencia computacional a validar transacciones, la decisión de que nodo acaba validando el bloque es totalmente aleatoria. Cada nodo suele aportar una cantidad de valor a modo de confianza, en caso de hacer un uso fraudulento, se confisca ese valor.

Como los ordenadores que validaran estas transacciones han de estar todos en manos de la administración o entidad administrativa que gestione la movilidad, la mejor opción para la blockchain propuesta es el Protocolo de Participación.

3.2. Inteligencia Artificial

Uno de los puntos fuertes de utilizar la IA es que puede calcular las rutas óptimas, analizando grandes volúmenes de datos de movilidad,y con las preferencias de cada agente puede diseñar la mejor ruta posible para cada conductor.

La inteligencia artificial también podría emplear tácticas de aprendizaje automático como algoritmos de aprendizaje supervisado para mejorar la precisión en la toma de decisiones para ofrecer mejores rutas.

También puede estar evaluando en tiempo real y analizando los datos continuamente para ofrecer mejores rutas teniendo en cuenta los cambios constantes en el tráfico o eventos en tiempo real. Sabiendo las preferencias de cada persona, podría sugerir rutas alternativas, como por ejemplo si una persona ha de llevar a su hijo al colegio y ha de pasar por una autovía y justo en ese momento hay mucho tráfico de camiones, entonces el sistema podría proponer una ruta más segura. Mientras que sin usar el sistema, no puedes saber que puede haber hasta que te lo encuentras.

Otra parte muy positiva es que esta tecnología tiene una gran capacidad de escalabilidad, puede escalar sus recursos y ampliar su base de usuarios sin muchas dificultades.

El funcionamiento para esta IA en concreto sería:

1. Recopilación de los datos: Para poder tomar una decisión, se requerirían antes muchos tipos de datos, como por ejemplo datos històricos sobre la movilidad en las carreteras, datos sobre conductores y sus preferencias, datos de movilidad captados por sensores y cámaras, datos sobre accidentes o siniestros al volante, historial de siniestros, datos estadísticos de movilidad en el INE... Una IA necesita bastante información para poder ser entrenada.

2. Procesamiento y análisis de los datos: La IA ha de comprender y entender como interpretar cada situación y saber como resolver un problema de la manera más "humana"posible, para ello tendría que analizar los datos proporcionados para comprender situaciones que podrían pasar como congestiones en la carretera, accidentes, comprensión de los patrones de tráfico.

3. Generación de las rutas: En base a lo aprendido se tendrían que generar las rutas óptimas para los conductores teniendo en cuenta las preferencias de los conductores y otras variables definidas en el apartado 3.1.1.

4. Respuesta en tiempo real conforme vaya evolucionando la situación de la carretera, podría recocer datos actualizados y ofrecer alternativas.

5. Aprendizaje continuado: La IA podría ajustar sus algoritmos y rutas propuestas en base a los comentarios y el feedback de los usuarios.

3.3. Participación Ciudadana

La participación ciudadana es esencial en este tipo de proyectos. El motivo de este proyecto es ofrecer a la ciudadanía un método de conducción asistida o supervisada. También los ciudadanos son los que realizarían las rutas propuestas por la IA. Una manera de acercar esta tecnología al ciudadano es adaptarla a los dispositivos que casi todo el mundo tiene: los smartphones. Hoy en día muchas personas tienen un teléfono móvil. Y este podría tener una aplicación que se activara manualmente durante los trayectos en coche. De esta manera reduciríamos muchísimo las molestias de las personas a participar en el sistema, lo único que se les pediría es tener la aplicación activa durante el recorrido y hacer una reseña al final.

La cuestión del tratamiento de datos es muy sensible ya que los datos que manejaríamos son de la posición y movimientos de los ciudadanos. Por eso la mejor opción que he pensado es despersonalizarlos y anonimizarlos en la cadena de bloques. Convirtiéndolos en usuarios que se desplazan de una zona a otra. Además, aunque la base de datos sea una blockchain, tampoco tiene por que ser accesible a todo el mundo esta información cifrada.

La aplicación podría estudiar los patrones de movilidad de las personas y activarse en ciertos momentos del día sin necesidad de la activación manual.

3.4. Beneficios de la propuesta

La conducción de hoy en día es una conducción totalmente libre y sin asistencia. Es decir que las personas se mueven del punto A al punto B sin saber ciertamente la situación de las carreteras, sus preferencias o el tiempo que tardarán en llegar a su destino, es un poco incierto en algunos aspectos.

Por otra parte hoy en día ya hay más de la mitad de la población mundial viviendo en ciudades y las previsiones es que este número aumente debido a las facilidades, comodidades y oportunidades que comportan vivir en un núcleo urbano. Y las carreteras no son escalables con la población, la alternativa no es tirar edificios para construir más carreteras sino el de usarlas eficientemente, y eso requiere un control o supervisión más allá de la libre voluntad de desplazamiento de la gente.

Sin una asistencia al conductor, se podrían producir situaciones caóticas en las vías de transporte de una ciudad. Y eso comportaría largas colas, atascos, y que las personas o mercaderías no llegaran a su destino cuando han de llegar, esto golpearía a la economía de una ciudad de manera directa.

La alternativa propuesta intenta comprender el movimiento de las personas monitorizándolo, ofreciendo unas rutas siendo consciente de la situación del tráfico en tiempo real debido a las aportaciones o rutas de los otros conductores. Así las carreteras podrían ser escenarios más seguros, la IA podría liberar carreteras que antes estaban saturadas a ciertas horas del día, ofrecer rutas más seguras a personas embarazadas o con un niño en el vehículo (movilidad de cura). Se podría reducir el número de escenarios que podrían

desencadenar en accidentes como por ejemplo la presencia de muchos camiones en una autopista en un mismo momento... La inteligencia artificial es una herramienta muy buena en hacer predicciones y con eso se podrían evitar situaciones que se consideran tensas en la carretera.

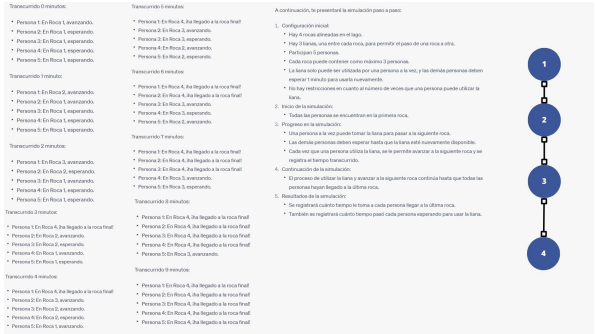
4. Pruebas con la IA: ChatGPT

Para probar las habilidades de la inteligencia artificial se ha hecho un experimento con una que es capaz de entender el lenguaje humano, que es ChatGPT de OpenAI. Esta es una herramienta que nos permite interactuar con una IA a través de un chat. Nosotros escribimos y el programa nos responde con sus conocimientos. Esta herramienta se ha usado para hacer una simulación de un escenario de movilidad.

Como no se ha podido simular un entorno real de escenarios de conducción con variables reales en una IA, el objetivo final se ha reducido a explorar si esta IA podría simular el comportamiento de personas que se desplazan a través de un grafo que podría simular una red de carreteras. Con sus respectivos nodos, siendo localizaciones como pueblos o distritos, y sus arcos siendo los costes de transporte.

Se han probado varias maneras de generar simulaciones complejas como crear una red de 10 o más nodos con 20 personas moviéndose simultáneamente para llegar a objetivos aleatorios. Pero Chatgpt no acababa de simular todo el sistema bien y algún comportamiento de alguna persona simulada no tenía mucho sentido humano.

Entonces, se ha optado por simular un entorno más fácil de entender y a menor escala. Se le ha pedido que simule un sistema en el cual hay 4, rocas y personas que quieren cruzar de roca en roca mediante unas lianas (estas rocas y lianas son la equivalencia entre pueblos y carreteras). Basándose en unas normas generales como por ejemplo que solo una persona puede utilizar las lianas, y que después de ser usada hay que esperar un tiempo, el límite de personas en una misma roca son 3, etc. En la siguiente imagen (se recomienda ampliar para ver mejor) podemos ver el resultado de la simulación:



Transcurrido 0 minutos:

- Persona 1: En Roca 1, avanzando.
- Persona 2: En Roca 1, esperando.
- Persona 3: En Roca 1, esperando.
- Persona 4: En Roca 1, esperando.
- Persona 5: En Roca 1, esperando.

Transcurrido 1 minuto:

- Persona 1: En Roca 2, avanzando.
- Persona 2: En Roca 1, avanzando.
- Persona 3: En Roca 1, esperando.
- Persona 4: En Roca 1, esperando.
- Persona 5: En Roca 1, esperando.

Transcurrido 2 minutos:

- Persona 1: En Roca 3, avanzando.
- Persona 2: En Roca 2, esperando.
- Persona 3: En Roca 1, avanzando.
- Persona 4: En Roca 1, esperando.
- Persona 5: En Roca 1, esperando.

Transcurrido 3 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 2, avanzando.
- Persona 3: En Roca 2, esperando.
- Persona 4: En Roca 1, avanzando.
- Persona 5: En Roca 1, esperando.

Transcurrido 4 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 3, avanzando.
- Persona 3: En Roca 2, avanzando.
- Persona 4: En Roca 2, esperando.
- Persona 5: En Roca 1, avanzando.

Transcurrido 5 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 3, avanzando.
- Persona 3: En Roca 3, esperando.
- Persona 4: En Roca 2, esperando.
- Persona 5: En Roca 2, esperando.

Transcurrido 6 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 3: En Roca 3, avanzando.
- Persona 4: En Roca 3, esperando.
- Persona 5: En Roca 2, avanzando.

Transcurrido 7 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 3: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 4: En Roca 3, avanzando.
- Persona 5: En Roca 3, esperando.

Transcurrido 8 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 3: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 4: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 5: En Roca 3, avanzando.

Transcurrido 9 minutos:

- Persona 1: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 2: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 3: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 4: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!
- Persona 5: En Roca 4, ¡ha llegado a la roca final!

A continuación, te presentaré la simulación paso a paso:

1. Configuración inicial:
   - Hay 4 rocas alineadas en el lago.
   - Hay 3 lianas, una entre cada roca, para permitir el paso de una roca a otra.
   - Participan 5 personas.
   - Cada roca puede contener como máximo 3 personas.
   - La liana solo puede ser utilizada por una persona a la vez, y las demás personas deben esperar 1 minuto para usarla nuevamente.
   - No hay restricciones en cuanto al número de veces que una persona puede utilizar la liana.
2. Inicio de la simulación:
   - Todas las personas se encuentran en la primera roca.
3. Progreso en la simulación:
   - Una persona a la vez puede tomar la liana para pasar a la siguiente roca.
   - Las demás personas deben esperar hasta que la liana esté nuevamente disponible.
   - Cada vez que una persona utiliza la liana, se le permite avanzar a la siguiente roca y se registra el tiempo transcurrido.
4. Continuación de la simulación:
   - El proceso de utilizar la liana y avanzar a la siguiente roca continúa hasta que todas las personas hayan llegado a la última roca.
5. Resultados de la simulación:
   - Se registrará cuánto tiempo le toma a cada persona llegar a la última roca.
   - También se registrará cuánto tiempo pasó cada persona esperando para usar la liana.

Figura 1: Simulación 1 - ChatGPT

Con cierta lógica las personas han logrado moverse de un extremo de las rocas al otro respetando una serie de normas establecidas, y con un objetivo final. Llegando a la conclusión de que la tecnología usada podía entender el funcionamiento básico del transporte humano (aunque sea dando saltos de piedra en piedra). Dentro de la simulación ha habido un orden y la IA ha podido estudiar estadísticas de las personas y generar modelos de predicciones.

Después se ha intentado escalar el sistema a una ruta más compleja donde cada persona podía escoger por donde ir.

Como podemos ver, el siguiente grafo (figura 2) es más complejo y se produce una bifurcación en el nodo 3 donde cada persona escoge por donde ir. Después de entrenar el sistema, se ha obtenido una simulación de 5 personas que se desplazan des de la roca 1 hasta la 10 y tardan 14 unidades de tiempo (en este sistema una unidad de tiempo es un turno, cada vez que se usa una liana, esa liana no puede volver a ser utilizada en el mismo turno, y el resto de personas se ha de esperar 1 turno si la desean usar). Se le ha pedido a la IA que haga una simulación y ha tardado 14 turnos en que todo el mundo pueda llegar des de la roca 1 hasta la 10 (figura 2). Pero a base de entrenarla, ha conseguido hacer una optimización, y ha mostrado una simulación en que es posible que todo el mundo llegue a su destino en 11 turnos, como se muestra en pantalla (figura 3). Como podemos ver, una IA también nos puede optimizar rutas.

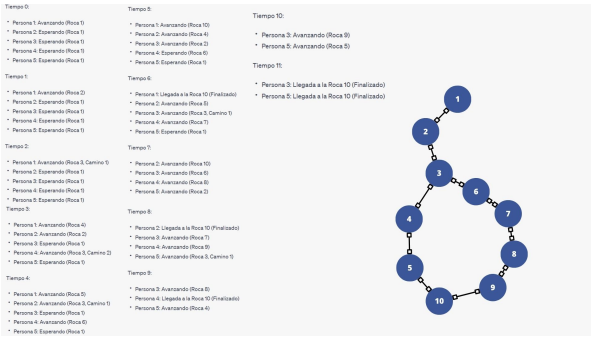


Figura 2: Simulación 2 - ChatGPT

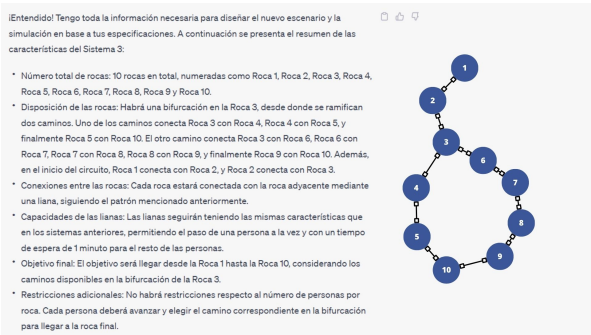


Figura 3: Detalles simulación 2 - ChatGPT

Algunos aspectos a destacar son que ha sido complicado hacer entender el sistema y sus normas a la IA, y que parecía no entender a la perfección las reglas establecidas, como por ejemplo que solo puede haber una sola persona usando una liana en concreto por turno pero las otras estaban libres para ser usadas. Esto significa que hay que describir y acotar muy bien el sistema a simular y las reglas que lo gobiernan para que la IA pueda realizar simulaciones realistas. Estas son algunas capturas de pantallas mostrando los mensajes de la IA y el volumen de errores corregidos para estas dos simulaciones. Podemos ver que el volumen no es pequeño:

Hemos podido observar que este es un punto de partida que se puede ir expandiendo, a base de corrección de errores en cada escalada de su sistema. Pero sí es posible, ya que una IA con el propósito de comunicarse con humanos puede hacer una tarea así, entonces una IA especializada con el propósito de optimizar el tráfico lo puede realizar mejor.

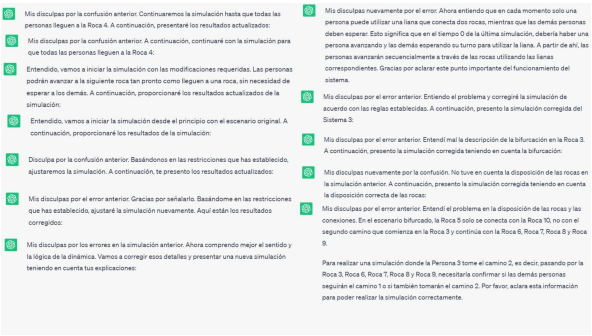


Figura 4: Errores simulación 1 - ChatGPT

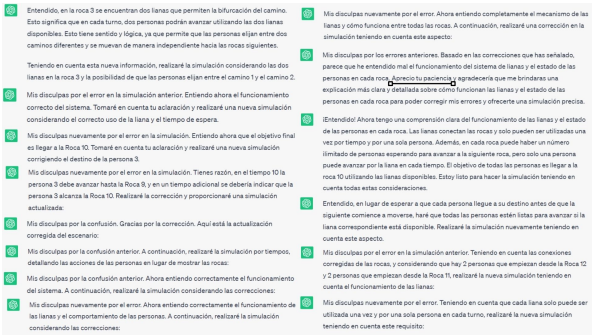


Figura 5: Errores simulación 2 - ChatGPT

5. Conclusiones

Como ha sido mencionado anteriormente, las ciudades acogen a la mayoría de la población mundial y no se prevé que este número deje de aumentar. Eso convierte a los entornos urbanos en espacios complejos que tendrán que albergar esas personas sin que la ciudad se convierta en un entorno caótico. Habrán muchos retos que resolver: escasez de agua,agotamiento energías fósiles, trabajos dignos y de calidad... y uno de ellos es el transporte de las personas, y he propuesto un sistema que combina dos tecnologías disruptivas junto con la participación ciudadana. Esta propuesta solo es una manera que he escogido y existen muchas más maneras de crear una red de tráfico eficiente sin escalar las carreteras al volumen de tráfico real usando de manera inteligente el espacio disponible y las personas que han de usar ese espacio.

La tecnología blockchain ha sido la escogida debido a su dificultad de inmutabilidad de los datos debido a que cada bloque contiene la función hash del anterior. Otro de sus fuertes

es que los datos pueden ser almacenados de manera anónima y despersonalizada sin vulnerar la privacidad de los usuarios.

En todo sistema hay un cerebro, y en nuestro caso es la IA, debido a sus puntos fuertes como la capacidad de prediccón y de generar modelos estadísticos, o su capacidad de reacción en tiempo real.

Siendo el último pilar pero no menos importante la participación ciudadana, esencial para poder llevar a cabo satisfactoriamente estos tipos de proyectos, se necesita a las personas para comunicar las rutas y dar un feedback al sistemas sobre las rutas realizadas.

Creo que si algún día un proyecto similar se aplica a nuestras carreteras, se conseguirá optimizar el uso de los vehículos y reduciendo así su consumo, teniendo un impacto menos fuerte de contaminación en nuestra ciudades, y la posibilidad de sufrir menos accidentes al volante ya que una IA podría intentar evitar situaciones que junten elementos favorables a sufrir un accidente (congestiones por ejemplo) y a generar más situaciones de tráfico fluido.

Referencias

[Bar18] Manuela Linares Barbero. Trazabilidad con blockchain. 2018.

[Bou19] Mauricio Bouskela. La ruta hacia las smartcities. 2019.

[Chi20] Iza Campaña Chimena. Métodos de consenso sobre plataformas blockchain. 2020.

[Pé18] Ojilve Ramón Medrano Pérez. Ciudades sobrecargadas: la sobreexplotación de recursos como limitante del desarrollo sustentable. 2018.

[Riv18] Dan Rivoli. New york city drivers spend an average of 91 hours a year stuck in traffic: report. 2018.

[Rou19] Lasse Rouhiainen. Inteligencia artificial. 2019.

[Tap17] Don Tapscott. La revolución blockchain. 2017.