1. Presentación: Buenos días profesores, familia y amigos que me acompañan. Esta es la presentación de mi trabajo de titulo denominado: “Evaluación de modelos de aprendizaje automático para posicionamiento indoor utilizando Bluetooth low energy”.
2. Tabla de contenidos
3. Tabla de contenidos (Introducción)
4. Introducción
5. Desde la edad antigua, múltiples formas de localización han sido inventadas para ayudar a referenciar al ser humano, lo cual ha permitido facilitar así el comercio, la navegación y otros aspectos tan básicos y relevantes que hasta el día de hoy son requisitos para el correcto funcionamiento de la civilización.
6. Dentro de los avances más importantes en este ámbito, es el desarrollo de la teoría científica y técnica denominada georreferenciación, la cual permite el posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica y única, definida según un sistema de coordenadas y datum específicos.
7. Gracias a GPS, el crecimiento y acceso de la georreferenciación y navegación está en progresivo aumento, a tal punto que cualquier persona con un smartphone puede saber su posición exacta, con un error de apenas unos pocos centímetros
8. La búsqueda de una solución en esta memoria nace a partir de la problemática de georreferenciar dentro de una explotación minera o mina. No se puede georreferenciar por los métodos comunes, lo cual establece la necesidad de buscar otras alternativas que presenten resultados favorables en este tipo de entornos y recintos.
9. Descripción del problema
10. Algunos ejemplos de los problemas que resuelven estos sistemas son por ejemplo ayudar a encontrar tiendas dentro de un centro comercial, guiar personas discapacitadas visualmente en instalaciones o edificios, ayudar al transporte dentro de minas subterráneas para mover materiales. También se ha planteado sistemas de rescate.
11. Cuando se usa tecnología GPS dentro de edificios o bajo tierra, existen muchos obstáculos e interferencia que empeoran significativamente la señal y exactitud, o simplemente las señales no pueden ser alcanzadas en el dispositivo.
12. Las técnicas actuales de posicionamiento \textit{indoor} cuentan con problemas como la reflexión en múltiples objetos como paredes, muebles o el mismo cuerpo humano. Este problema se denomina “multi-path propagation”, y es uno de los principales causantes de error en la localización en interiores. Los métodos que confían plenamente en el indicador RSSI, el cual mide la fuerza de la señal, están sujetos a errores inherentes a la variación de las señales y al ruido.
13. Problema: Mejorar exactitud de sistemas de posicionamiento en interiores mediante modelos que aprendan de las señales
14. Objetivos:
15. Diseñar un método de mapeo para un área mediante señales RSSI (\textit{fingerprint}).
16. Comparar métodos de aprendizaje automático sobre mediciones RSSI para determinar cuál posee menor error y es más exacto.
17. Determinar que tanto afectan los métodos de reducción de dimensionalidad tanto en precisión, error y tiempo de procesamiento para los algoritmos de máquinas de aprendizaje estudiados.
18. Tabla de contenidos – Estado del arte
    1. Ahora corresponde hablar sobre los avances recientes, tecnologías y técnicas matemáticas que permiten la localización en interiores.
19. Tecnologías para posicionamiento \textit{indoor}
20. Esta aproximación está basada en el uso de datos provistos mediante cámaras, en formato de vídeo o fotografías. Habitualmente se utilizan dos técnicas, Sistemas de cámara fijos (objeto se mueve y tiene características) y sistemas de cámaras en movimiento ( el ambiente presenta características distinguibles).
21. Una forma posible de utilizar la radiación infrarroja en sistemas de posicionamiento \textit{indoor} es poner en el objeto o persona a localizar, un transmisor infrarrojo con un identificador único. Luego, los receptores son colocados en lugares dentro del recinto, los cuales pueden detectar este identificador único y comunicar a un software especializado, el cual se encarga de calcular la posición mediante la distancia entre el transmisor y receptor. Costoso y complejo. Ventaja. No se afecta por interferencia electromagnética.
22. El método consiste en un mapeo \textit{fingerprint} o huella, la cual registra el sonido ambiente de un determinado lugar, y luego construye una base de datos de todas las mediciones realizadas. Posteriormente para estimar la posición del usuario, realiza una comparativa con su actual \textit{fingerprint} y lo contrasta con la base de datos, eligiendo de esta manera la posición más “cercana” según el algoritmo de estimación seleccionado. Problemas: velocidad del sonido se ve afectado por temperatura, presión entre otros. Ventajas: bajos costos de implementación.
23. La localización mediante RFID puede categorizarse en dos tipos, los cuales son localización del lector y localización de tags. Usuario porta un lector y los tags están dispuestos o usuario porta un tag y hay múltiples lectores estratégicamente puestos. Costoso y no escalable. Tags tienen información relativa a la posición. Poco alcance. No necesita LoS.
24. RSSI es una escala de referencia para medir el nivel de potencia de la fuerza de la señal recibida por el receptor. Se mide en dBm donde 0 RSSI indica señal ideal y valores más negativos indican mayor perdida. Tx Power Es la potencia de salida o fuerza de la señal que el emisor produce durante el tiempo de transmisión. A mayor Tx Power, más estable es la señal, pero más energía se consume. Mejores: WiFi no requiere infraestructura donde ya hay, en otros lugares ( mina) costoso, mas popular. Bluetooth estándar WPAN, rango corto- medio, presente en todos los smartphones. Desarrollo de Beacons. Nombrar ZigBee, UWB, FM, GSM.
25. Ninguna tecnología presentada anteriormente es completamente efectiva en todos los escenarios, por lo que la elección de estas se debe hacer según las características del lugar, como su dinámica de cambio, obstáculos presentes, tamaño, entre otros.
26. Técnicas matemáticas Wireless para localización indoor: las que presentan mejores resultados. Por lo mismo es necesario establecer modelos matemáticos que reduzcan el error generado.
27. Es el método más simple, y se basa en determinar una posición simbólica y aproximada de la posición del usuario.
28. Antenas o emisores de ondas de radio. Según la señal más fuerte detectada por el usuario, es donde se localiza en el sistema.
29. Ampliamente usado en redes celulares, ya que permite determinar la posición de un dispositivo con una precisión de 50-200 m, sin embargo, no es buena en espacios reducidos. GSM, Infrarrojo, Cell-ID.
30. Triangulación: La triangulación se divide en 2 puntos: lateración y angulación. Por una parte, la lateración estima la posición midiendo las distancias hacia múltiples puntos de referencia también llamados beacons. Angulación por su parte, no utiliza las distancias, sino que los ángulos relativos a cada beacon o punto de referencia. El principal problema es establecer la distancia para lateración, y los ángulos para angulación. Para ello se han diseñado muchos acercamientos que permiten obtener esos valores.
31. Técnicas de lateración: ToA (Time of arrival), TDoA (Time difference of arrive). Ambos sufren de multicaminos y línea de visión. Método basado en RSS: modelos teóricos y empíricos, los cuales intentar predecir la distancia utilizando la diferencia entre la fuerza de la señal entre el transmisor y el receptor.
32. Técnicas de angulación: AoA ( Angle of arrival): es complejo y difícil de implementar, además de requerir software especializado, ya que para una localización muy precisa el ángulo debe ser medido con muy poco error y esto es difícil de lograr.
33. Fingerprint: Fingerprint presenta dos etapas, la etapa offline y la etapa online. Durante la etapa offline se realiza un reconocimiento de las características del lugar, en donde se mide las coordenadas de cada estación base y la fuerza de la señal en determinados lugares, obteniendo así un mapa de señales del entorno. Durante la etapa online se utiliza la señal actual recibida de cada estación base y un modelo generado en la etapa offline, generando así una estimación de la posición del usuario. Para la estimación de la posición se han realizado variados acercamientos como es modelos de probabilidad, estimación de máxima verosimilitud, estimación bayesiana. medir cada punto del lugar en donde se realiza la localización. Mientras más puntos se registran, mejor será el radio-map ya que tiene un mayor número de datos de entrenamiento. Acercamiento determinista, probabilista y reconocimiento de patrones.
34. Motivación elección: Wifi y otras ya han sido muy exploradas, Bluetooth más fácil de implementar y en constante desarrollo. Fingerprint se selecciona porque no se influencia por el ruido, no depende de estimación de distancias, además algoritmos de machine learning son muy avanzados y pueden ayudar reconocer patrones en las señales, comparando algoritmos contemporáneos (Deep learning).
35. Propuesta de solución:
36. Propuesta:

Establecer un marco de trabajo para la recolección, entrenamiento y clasificación de algoritmos de machine learning utilizando Bluetooth Low Energy.

Comparación de diferentes clasificadores.

Utilizar técnicas de reducción de dimensionalidad.

Utilizar modelos sin necesidad de conexión a internet.

1. Consideraciones Previas: Beacons
   1. Hablar y explicar Beacons, específicamente protocolos
2. Explicar selección Kontakt, principalmente duración de batería y mayor rango de Tx Power.
3. El cuerpo humano, así como otros objetos, provoca una pérdida de señal debido a la atenuación de esta, debido a la reflexión o refracción que ocurre según los materiales en donde la señal incide. Se mide la señal durante 3 minutos con una línea de visión limpia, luego, una persona camina entre la línea de visión y también permanece quieto en ella a 1 metro. Como se observa en la imagen, en un principio, la señal oscila en valores inferiores a -75 dBm, lo cual es aceptable y medianamente bueno según la escala RSSI. Posteriormente a partir de la medición 400, se introduce la aparición de la persona en la línea de propagación de la señal, con lo que inmediatamente la intensidad de la señal se reduce significativamente, incluso llegando a los límites de -90 dBm. Mientras mas lejos, mas se ve afectada la señal, influye en densidad de beacons.
4. Algoritmos de machine learning: Algoritmos supervisados, es decir, etiquetados. Modelo debe generalizar adecuadamente y no provoque sobreajuste. Fase de entrenamiento y testing o prueba. Como describir los datos para almacenarlos y aplicar algoritmos (vectorizar). Hablar sobre KNN, SVM y NN. Clasificacion y regresión. En este caso se utiliza clasificación.
5. Leer
6. Leer
7. Cabe destacar que los algoritmos de máquinas de aprendizaje a pesar que pueden resolver para problemas multivariados, es decir, predecir para dos variables, en este caso $(x,y)$ como un punto; es mucho más sencillo separar esto en dos problemas, vale decir, un algoritmo de máquina de aprendizaje para $x$ y otro para $y$.
8. Reducción Dimensionalidad
9. Esto no ha sido mayormente explorado en la literatura.
10. Existe correlación espacial lineal de las señales adyacentes. PCA ayuda a eliminar esta correlación.
11. Los métodos de extracción de características pueden ayudar a agilizar la fase de entrenamiento, ya que este proceso es lento. Además, al ser menos componentes, en la fase online, las técnicas tardaran mucho menos tiempo en determinar la posición en tiempo real.
12. Descubrir atributos en un espacio no correlacionado. Transformación lineal del vector RSSI.
13. Entrenamiento
14. Entrenar técnicas de máquinas de aprendizaje muy conocidos y que han presentado buenos resultados a lo largo de muchos problemas.
15. Posteriormente, se seleccionan los mejores algoritmos, es decir, que presenten el mejor desempeño y luego son implementados.
16. ¿Implementación en cliente o servidor?
17. Fase Online:
18. Para la fase online se reconocen dos etapas principales.
19. Colectar un vector de señales RSSI en la posición actual del usuario, es decir, el vector de intensidad de la señal.
20. Proveer este vector de entrada a los algoritmos de aprendizaje supervisado
21. Una vez que los algoritmos de clasificación proveen el resultado de la posición física, entonces la misma aplicación de la fase offline, es utilizada para mostrar en un mapa de tiempo real la localización actual de usuario.
22. Para realizar esta tarea se deben tener en cuenta las normalizaciones realizadas y aplicar correctamente la transformación PCA.
23. Proceso de desarrollo: los datos son normalizados previamente antes de ser utilizados. Además, la razón de la conexión entre la normalización y el entrenamiento de los clasificadores se debe a que se utilizaran los algoritmos de machine learning utilizando PCA y no utilizándolo, a modo de comparación en términos de tiempo y accuracy. Además, se ha omitido el ítem en donde los clasificadores ya entrenados son portados al dispositivo móvil. Finalmente, hay que notar que, en la fase online, el dispositivo móvil genera un nuevo vector de señales RSSI, luego se transforman los datos y finalmente se clasifican, lo que genera una posición estimada que se refleja en el dispositivo móvil. Este ciclo es constante, ya que la posición se actualiza continuamente según los parámetros definidos y frecuencia de actualización.