La ingeniería del tráfico aéreo

Proporcionado por TryEngineering, www.tryengineering.org

Enfoque de la lección

La lección se concentra en los principios de ingeniería que sustentan los sistemas de control de tráfico aéreo. Los equipos de estudiantes exploran los principios del radar y cómo se compilan los equipos sujetos a ingeniería para proporcionar datos que ayuden
a los controladores de tráfico aéreo a mantener los aviones a una distancia segura entre
sí y lograr que aterricen y despeguen eficientemente y según está programado. Los estudiantes trabajan en equipos para evaluar los datos generados para un sistema de tráfico aéreo virtual y determinan un plan para controlar tres aviones de forma segura en un espacio aéreo establecido. Posteriormente sugieren mejoras de ingeniería para el sistema actual.

Sinopsis de la lección

La lección "La ingeniería del tráfico aéreo" explora la ingeniería y los principios que sustentan los radares y sistemas de control de tráfico aéreo. Los estudiantes exploran cómo se utiliza la tecnología informática y de radares para suministrar datos cruciales de una manera eficiente a los controladores de tráfico aéreo. Los estudiantes trabajan como un equipo de ingenieros para evaluar un sistema actual de control de tráfico aéreo, se desempeñan en forma virtual como controladores de tráfico aéreo y, a continuación, formulan pautas para mejorar la interfaz sujeta a ingeniería entre el radar y el controlador humano.

Niveles de edad

11 a 18.

Objetivos

- Aprender sobre los radares
- Aprender sobre la tecnología de control de tráfico aéreo
- Aprender sobre la ingeniería de sistemas
- Aprender sobre el trabajo en equipo y en grupo

Resultados anticipados del aprendizaje

Como resultado de esta actividad, los estudiantes deben lograr la comprensión de:

- la tecnología de radares y tráfico aéreo
- la resolución de problemas
- el trabajo en equipo

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Actividades de la lección

Los estudiantes aprenden cómo han repercutido en los viajes la ingeniería y los principios que sustentan los radares y sistemas de control de tráfico aéreo. Los estudiantes trabajan en equipo para explorar y utilizar los radares y la tecnología informática a fin de evaluar un sistema actual de control de tráfico aéreo, se desempeñan virtualmente como controladores de tráfico y, a continuación, formulan pautas para mejorar la interfaz sujeta a ingeniería entre el radar y el controlador humano.

Información/materiales

- Documentos informativos para el maestro (adjuntos)
- Hojas de trabajo para el estudiante (adjuntas)
- Hojas de información para el estudiante (adjuntas)

Concordancia con los programas de estudio

Consulte la hoja adjunta sobre la concordancia con los programas de estudio.

Conexiones a Internet

- TryEngineering (www.tryengineering.org)
- Air Traffic Simulator (www.atcsim.nasa.gov/)
- NASA Future Flight Design (https://www.nasa.gov/audience/foreducators/5-8/features/F_Future_Flight_Design.html)
- Air Traffic Control System Command Center (www.fly.faa.gov/flyfaa/usmap.jsp)
- Listen to live air traffic controllers (www.liveatc.net/topfeeds.php)
- International Civil Aviation Organization (www.icao.int)

Lecturas recomendadas

- Fundamentals of Air Traffic Control [Fundamentos del control de tráfico aéreo] (ISBN: 0534393888)
- Organizational Simulation (Wiley Series in Systems Engineering and Management) [Simulación organizativa (Serie Wiley en administración e ingeniería de sistemas)] (ISBN: 0471681636)

Idea para la continuación

Para estudiantes secundarios avanzados, considere explorar el software simulador de vuelos de Microsoft (www.microsoft.com/games/pc/flightsimulatorx.aspx).

Actividades opcionales de redacción

- Escribe un ensayo o párrafo sobre cómo piensa que han repercutido en la economía global los avances de la ingeniería en el control de tráfico aéreo. Considera la capacidad de trasladar más pasajeros y carga con mayor eficiencia.

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Para los maestros: Concordancia con los programas de estudio

Nota: Todos los planes de las lecciones de esta serie cumplen con las Normas nacionales de educación científica, formuladas por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council) y avaladas por la Asociación Nacional de Maestros de Ciencias (National Science Teachers Association) y, si corresponde, también con las Normas para la competencia tecnológica de la Asociación Internacional de Educación Tecnológica (International Technology Education Association) o los Principios y normas de las matemáticas escolares del Consejo Nacional de Maestros de Matemáticas (National Council of Teachers of Mathematics).

◆Principios y normas de las matemáticas escolares

Norma de números y operaciones
Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben ser capaces de:
- Comprender los números, las maneras de representar los números, las relaciones entre los números y los sistemas numéricos
- Calcular con fluidez y realizar estimados razonables

Norma de conexiones
Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben ser capaces de:
- Comprender cómo las nociones matemáticas se interconectan y potencian entre sí para producir un resultado integral y coherente
- Reconocer y aplicar las matemáticas en contextos externos a ellas

◆Normas nacionales de educación científica, de 5° a 8° grado (de 10 a 14 años de edad)

NORMA DE CONTENIDO A: La ciencia como indagación
Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben desarrollar:
- Las capacidades necesarias para realizar indagaciones científicas
- La comprensión de la indagación científica

NORMA DE CONTENIDO B: Física
Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben comprender:
- Movimientos y fuerzas

NORMA DE CONTENIDO E: Ciencia y tecnología
Como resultado de las actividades de 5° a 8° grado, todos los estudiantes deben desarrollar:
- Capacidades de diseño tecnológico
- La comprensión de la ciencia y la tecnología

NORMA DE CONTENIDO F: Ciencia en perspectivas personales y sociales
Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben lograr la comprensión de:
- La ciencia y la tecnología en la sociedad

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Para los maestros:
Concordancia con los programas de estudio (continuación)

◆Normas nacionales de educación científica, de 9º a 12º grado (de 14 a 18 años de edad)

NORMA DE CONTENIDO A: La ciencia como indagación

Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben desarrollar:

- Las capacidades necesarias para realizar indagaciones científicas
- La comprensión de la indagación científica

NORMA DE CONTENIDO E: Ciencia y tecnología

Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben desarrollar:

- Capacidades de diseño tecnológico
- La comprensión de la ciencia y la tecnología

NORMA DE CONTENIDO F: Ciencia en perspectivas personales y sociales

Como resultado de las actividades, todos los estudiantes deben lograr la comprensión de:

- La ciencia y la tecnología en desafíos locales, nacionales y mundiales

◆Normas para la competencia tecnológica, todas las edades

La naturaleza de la tecnología

- Norma 1: Los estudiantes desarrollarán la comprensión de las características y el alcance de la tecnología
- Norma 2: Los estudiantes desarrollarán la comprensión de los conceptos fundamentales de la tecnología
- Norma 3: Los estudiantes desarrollarán la comprensión de las relaciones entre las tecnologías y las conexiones entre la tecnología y otros campos de estudio

Tecnología y sociedad

- Norma 4: Los estudiantes desarrollarán la comprensión de los efectos culturales, sociales, económicos y políticos de la tecnología
- Norma 6: Los estudiantes desarrollarán la comprensión del rol de la sociedad en el desarrollo y uso de la tecnología

Diseño

- Norma 9: Los estudiantes desarrollarán la comprensión del diseño de ingeniería
- Norma 10: Los estudiantes desarrollarán la comprensión del rol del diagnóstico de fallas, la investigación y desarrollo, los inventos e innovaciones y la experimentación a la hora de solucionar problemas

Capacidades para un mundo tecnológico

- Norma 12: Los estudiantes desarrollarán capacidades para usar y mantener productos y sistemas tecnológicos
- Norma 13: Los estudiantes desarrollarán capacidades para evaluar el impacto de productos y sistemas

El mundo diseñado

- Norma 17: Los estudiantes desarrollarán la comprensión del uso de tecnologías de información y comunicaciones y serán capaces de seleccionar estas tecnologías
- Norma 18: Los estudiantes desarrollarán la comprensión del uso de tecnologías de transporte y serán capaces de seleccionar estas tecnologías

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Para los maestros: Documento informativo para los maestros

◆ Meta de la lección

La lección "La ingeniería del tráfico aéreo" explora la ingeniería y los principios que sustentan los radares y sistemas de control de tráfico aéreo. Los estudiantes exploran cómo se utiliza la tecnología informática y de radares para suministrar datos cruciales de una manera eficiente a los controladores de tráfico aéreo. Los estudiantes trabajan como un equipo de ingenieros para evaluar un sistema actual de control de tráfico aéreo, se desempeñan en forma virtual como controladores de tráfico aéreo y, a continuación, formulan pautas para mejorar la interfaz sujeta a ingeniería entre el radar y el controlador humano.

◆ Objetivos de la lección

- Aprender sobre los radares
- Aprender sobre la tecnología de control de tráfico aéreo
- Aprender sobre la ingeniería de sistemas
- Aprender sobre el trabajo en equipo

◆ Materiales

- Hoja de información para el estudiante
- Hojas de trabajo para el estudiante
- Acceso a Internet o a una computadora (PC o MAC; se recomienda usar navegadores actualizados)

◆ Procedimiento

1. Muestre a los estudiantes las diversas hojas de referencia para el estudiante. Se pueden leer en clase, o bien, se pueden entregar como material de lectura de tarea para la noche anterior. Divida a los estudiantes en grupos de 2 a 3 que trabajarán como un "equipo de ingeniería".
2. Ahora que los estudiantes comprenden la ingeniería y las tecnologías que usan los controladores de tráfico aéreo, trabajarán en equipo para encargarse virtualmente del control de tráfico aéreo en el Sector 33 de Estados Unidos. Los estudiantes usarán una simulación de la NASA (www.atcsim.nasa.gov) a fin de planificar cambios en las rutas y/o velocidades para alinear tres aviones de manera que lleguen a Modesto, CA (MOD) con una separación de 3 millas náuticas (5,5 km). Asimismo, como el tiempo es crucial, el último avión deberá aterrizar lo más pronto posible y los aviones nunca deben aproximarse entre sí más de 2 millas náuticas (3,7 km).
3. Los estudiantes se reúnen y formulan un plan para determinar las rutas y velocidades de sus aviones.
4. A continuación, los grupos de estudiantes ejecutan sus planes y prueban el simulador. Cada equipo efectuará cuatro intentos de resolver el problema y registrará el tiempo de ejecución más breve.
5. Cada grupo de estudiantes evalúa sus resultados y, a continuación, se reúne como un equipo de ingeniería para identificar posibles mejoras de ingeniería a la interfaz actual entre el radar y el ser humano. Por ejemplo, los estudiantes podrían considerar los criterios para seleccionar cuál de los aviones debiera aterrizar primero. ¿Recomendarían que lo hiciera el que lleva más pasajeros, el que tiene menos combustible o el que lleva más gente con conexiones de vuelo inminentes?
6. Posteriormente los equipos completan una hoja de trabajo de evaluación/reflexión, y presentan sus planes de mejora sobre el control de tráfico aéreo a la clase.

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Para los maestros: Documento informativo para los maestros (continuación)

◆ Tiempo necesario
De dos a tres sesiones de 45 minutos

◆ Estrategias de resolución de problemas
En la lección de ingeniería del tráfico aéreo, los estudiantes usan un sistema de radar virtual que proporciona información sobre la velocidad del aire, problemas climáticos y rutas disponibles. Los equipos deberán aplicar un razonamiento proporcional para tomar decisiones y resolver conflictos en problemas realistas de control de tráfico aéreo que involucran tres aviones. El desafío en cada problema consiste en "alinear" los aviones de forma segura, manteniendo un espacio adecuado entre ellos en una intersección dada de rutas aéreas y lograrlo en el menor tiempo posible. Posteriormente, los equipos de ingeniería también recomendarán mejoras al sistema (en base a su experiencia con el sistema actual) para perfeccionar la seguridad y eficiencia del control de tráfico aéreo. Necesitarán considerar aspectos económicos y de seguridad al desarrollar mejoras para el sistema actual.

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Hoja de información para el estudiante: Tecnología de los sistemas de control de tráfico aéreo

◆ Definición de control de tráfico aéreo

El control de tráfico aéreo es un servicio proporcionado por controladores con base en tierra que dirigen la operación de las aeronaves en tierra y en el aire. La principal tarea de un controlador consiste en mantener cierta distancia entre los aviones, es decir, evitar que se aproximen demasiado entre sí, separándolos lateral, vertical y longitudinalmente. Las tareas secundarias incluyen garantizar un flujo de tráfico ordenado y expeditivo y proporcionarles información a los pilotos, incluidos las condiciones meteorológicas, la información de navegación y los avisos NOTAM.

◆ La tecnología marca la diferencia

Si bien cierto tipo de tráfico aéreo se administra visualmente, se utilizan numerosas tecnologías en los sistemas de control de tráfico aéreo. Con el objeto de ampliar el "conocimiento circunstancial" del controlador dentro de su espacio aéreo asignado, se usan radares primarios para emitir ondas que, al rebotar en el fuselaje de toda aeronave, generan señales de diversos tamaños en las pantallas del controlador. Además, las aeronaves equipadas con transpondedor responden a las interrogaciones de un radar secundario señalando una identificación, una altitud y/o un indicativo exclusivo. Ciertos tipos de condiciones meteorológicas también pueden indicarse en la pantalla del radar. Estas variables, más los datos provenientes de otros radares, se correlacionan para establecer la situación aérea. Se calculan ciertas variables asociadas con las pistas del radar, como la velocidad en tierra y los rumbos magnéticos. Los controladores también pueden acceder a otras correlaciones con planes de vuelos electrónicos mediante modernos sistemas de exposición operacionales.

◆ Cómo funciona el radar

El radar es un sistema que utiliza ondas electromagnéticas para identificar el alcance, la altitud, la dirección o la velocidad de objetos estacionarios y en movimiento tales como aeronaves, embarcaciones, vehículos motorizados, formaciones meteorológicas y características topográficas. Un transmisor emite ondas de radio que tras rebotar en el objetivo son detectadas por un receptor, que normalmente se encuentra en la misma ubicación que el transmisor. Si bien la señal retornada suele ser bastante débil, las señales de radio pueden amplificarse fácilmente.

Los radares se utilizan en muchos contextos, incluidos la detección meteorológica de precipitaciones, el control de tráfico aéreo, la detección policial de velocidad del tráfico y en aplicaciones militares. El término RADAR fue acuñado en 1941 como un acrónimo de origen estadounidense correspondiente a "radio detection and ranging" ("detección y medición de distancias por radio"). Este acrónimo reemplazó a la abreviación británica usada previamente, RDF ("radio direction finding"; "búsqueda por radiodirección").

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Hoja de información para el estudiante: Tecnología en sistemas de control de tráfico aéreo

◆ Medición de la distancia

Una manera de determinar la distancia de un objeto consiste en transmitir un breve impulso de señal de radio (radiación electromagnética) y medir lo que tarda en retornar su rebote. La distancia corresponde a la mitad del producto del tiempo de ida y vuelta (puesto que la señal debe viajar hasta el objetivo y luego regresar al receptor) multiplicada por la velocidad de la señal. Debido a que las ondas radiofónicas viajan a la velocidad de la luz (186.000 millas por segundo o 300.000.000 metros por segundo), para medir una distancia en forma exacta se requieren dispositivos electrónicos de alto rendimiento. Otra manera en la que un radar puede medir la distancia se basa en la modulación de frecuencia. Comparar la frecuencia entre dos señales es un método considerablemente más exacto (incluso usando dispositivos electrónicos más antiguos) que medir el tiempo que ocupa la señal en ir y volver. Al cambiar la frecuencia de la señal retornada y compararla con la original, se puede calcular fácilmente la diferencia. Esta técnica puede usarse en un radar de onda continua, y suele encontrarse en los altímetros de radares de aeronaves.

◆ Cobertura global de radar

Debido a que los centros de tráfico aéreo controlan una amplia zona de espacio aéreo, normalmente usan un radar de largo alcance capaz de detectar aviones dentro de 200 millas náuticas (370 km) respecto de la antena del radar. En el sistema de EE. UU., a mayores altitudes, aproximadamente el 90% del espacio aéreo estadounidense está cubierto por radar y normalmente por múltiples sistemas de radar. Puede que un centro requiera numerosos sistemas de radar para abarcar el espacio aéreo que se le asigne. Ello implica que el controlador debe procesar una gran cantidad de datos. Para abordar esta situación, se han diseñado sistemas de automatización que consolidan los datos del radar para el controlador. Tal consolidación incluye eliminar retornos duplicados del radar, garantizar que el mejor radar para cada zona geográfica esté proporcionando los datos, y presentar la información en un formato eficiente. Algunos proveedores de servicio de navegación aérea (por ejemplo, Airservices Australia, Alaska Center, etc.) están instaurando la Vigilancia Dependiente Automática por Radiodifusión (ADS-B) como parte de sus capacidades de supervisión. Esta nueva tecnología revierte el concepto de radar. En vez de que el radar "encuentre" un objetivo interrogando al transpondedor, la vigilancia ADS transmite varias veces por segundo la posición de la aeronave. ADS también posee otras modalidades como la de "contrato" donde el avión informa una posición según un intervalo de tiempo predeterminado. Esta modalidad es importante porque puede usarse en caso de que no sea posible identificar la infraestructura de un sistema de radar (por ejemplo, sobre el agua). Actualmente se están diseñando pantallas de radares computarizados que puedan exhibir datos ADS. A medida que evoluciona esta tecnología, se modernizarán los procedimientos de control de tráfico aéreo para aprovechar los beneficios que brindan los sistemas ADS.

◆ Consideraciones globales

La gestión del tránsito aéreo mundial (GATM) es un concepto que abarca la comunicación, navegación, supervisión y administración de tráfico aéreo mediante satélites. La Administración Federal de Aviación (FAA) y la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO), un organismo especial de las Naciones Unidas, establecieron las pautas GATM a fin de garantizar la seguridad y eficacia de los vuelos en el espacio aéreo mundial, cada vez más congestionado. Se han adoptado iniciativas en todo el mundo para implantar las nuevas tecnologías que permitirán que GATM respalde eficientemente a los controladores de tráfico aéreo. La iniciativa ADS-B de Airservices Australia es uno de los principales programas de puesta en práctica en este campo.

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Hoja de trabajo para el estudiante: Uso del radar para el control de tráfico aéreo

Eres parte de un equipo de ingenieros a quienes se les ha encomendado el desafío de evaluar la tecnología actual del control de tráfico aéreo (probándola ustedes mismos) y recomendar cambios en el diseño que podrían hacer que el control de tráfico aéreo fuera más seguro y eficaz.

◆ Fase de preparación

1. Revisa las diversas hojas de referencia para el estudiante.

◆ Fase de investigación

1. Ahora que tu equipo ha logrado una comprensión del diseño y de las tecnologías que utilizan los controladores de tráfico aéreo, deberás trabajar en equipo para encargarte virtualmente del control de tráfico aéreo en el Sector 33 de Estados Unidos usando una simulación de la NASA en www.atcsim.nasa.gov a fin de planificar cambios en las rutas y/o velocidades para alinear tres aviones de manera que lleguen a Modesto, CA (MOD) con una separación de 3 millas náuticas (5,5 km). Asimismo, como el tiempo es crucial, el último avión deberá aterrizar lo más pronto posible y las aeronaves nunca deben aproximarse entre sí más de 2 millas náuticas (3,7 km).
2. Deberás reunirte con tu equipo a fin de formular un plan para determinar las rutas y velocidades de las aeronaves.

◆ Fase del simulador

1. Ahora deberás ejecutar los planes y hacer pruebas en el simulador. Tu equipo tendrá cuatro intentos de resolver el problema de principio a fin y registrará las cuatro velocidades de ejecución en el siguiente cuadro.

	Tiempo necesario	Estrategia	Observaciones
Intento 1			
Intento 2			
Intento 3			
Intento 4			

◆ Fase de evaluación/recomendación

1. A continuación deberás evaluar los resultados que obtuvieron y describir los cambios que tu "equipo de ingenieros" recomendaría hacer en la interfaz actual entre el radar y el ser humano. Tal vez pensaron que necesitaban información adicional para tomar decisiones que permitieran determinar en qué avión disminuir o aumentar la velocidad, o requirieron diferentes herramientas que los ingenieros en software podrían ser capaces de programar para lograr que el control de tráfico aéreo funcionara de forma más segura o eficiente. Por ejemplo, ¿ayudaría en tu decisión conocer la cantidad de combustible que le queda al avión?
2. Completa una hoja de trabajo de evaluación/reflexión, y presenta tus planes de mejora para el control de tráfico aéreo a la clase.

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Hoja de trabajo para el estudiante: Evaluación

◆ Utiliza esta hoja de trabajo para evaluar los resultados de tu equipo en la lección "La ingeniería del tráfico aéreo":

1. ¿Cuál fue la velocidad más rápida con la que tu equipo solucionó el problema de control de tráfico aéreo? ¿Cómo se compara con la velocidad de otros equipos en tu clase?

2. ¿Qué mejoras determinó tu equipo que debería considerar agregar a la interfaz de radar? ¿Qué problemas piensas que solucionarán estas mejoras técnicas?
Completa el siguiente cuadro:

Problema identificado en el sistema actual	Mejoras técnicas sugeridas
1.	
2.	
3.	

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Hoja de trabajo para el estudiante: Evaluación (continuación)

3. El software y hardware utilizado en los sistemas informáticos/información se rediseñan frecuentemente. Señala algunos ejemplos del equipamiento que se ha modificado en tu sala de clases o escuela en los últimos años. ¿Qué problemas crees que intentaban cubrir los ingenieros mediante su nuevo diseño?

4. Analiza en equipo cómo crees que serían los viajes si se eliminara toda la tecnología y diseño que los sustentan. Describe cómo cambiaría un viaje por tu país en términos de tiempo, costos y comodidad.

5. ¿De qué otra forma podría controlarse el tráfico aéreo? Considera el uso de sistemas de posicionamiento global, controles visuales sencillos y otros métodos. ¿Qué sistema o combinación de sistemas actuales piensas que es más seguro?

Desarrollado por IEEE como parte de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.