

# Ingeniería del Software II – 2do. cuatrimestre de 2009

## Trabajo Práctico

### **Enunciado**

El gobierno de un país con graves problemas causados por fenómenos meteorológicos originados por el cambio de clima global, ha decidido desarrollar un sistema de mediciones telemétricas que unirá puntos estratégicos del país y cuyo objetivo principal es capturar la información necesaria que permita anticiparse al desarrollo de estos fenómenos meteorológicos. Para citar dos ejemplos, el gobierno está preocupado por la generación de tormentas eléctricas de inusitada violencia y más aún, por la aparición de huracanes, antes inexistentes en el país. Estos fenómenos se han convertido en uno de los principales motivos de preocupación de la población, por lo que el gobierno está decidido a actuar para paliar la situación y ha otorgado al proyecto la más alta prioridad.

El sistema incluye la definición y configuración de modelos matemáticos de alta precisión. Estos utilizarán la información capturada por la red telemétrica para generar resultados que permitirán anticiparse a estos fenómenos. Por ejemplo, determinarán el origen y recorrido de futuros huracanes con una anticipación de hasta 20 días. Este tiempo daría la posibilidad de evacuar las zonas que se verían afectadas con suficiente tiempo, minimizando cuantiosas pérdidas materiales y tratando de evitar pérdidas de vidas.

La red telemétrica estará formada por terminales remotas (TR). Estas medirán los siguientes factores meteorológicos: temperatura ambiente, humedad, presión, lluvia, velocidad y dirección del viento. Con una frecuencia de un minuto, cada terminal remota enviará los datos medidos a una Estación Central (EC) común a todas las terminales que se encargará de centralizar la totalidad de los datos obtenidos por la red. Es importante considerar que las terminales remotas se instalarán en todo el territorio del país, incluso en lugares alejados o de difícil acceso. y, en muchos casos, con problemas de comunicaciones.

La comunicación entre las TRs y la EC se efectuará mediante tecnología GSM, utilizando mensajes cortos (SMS). Los mensajes podrían recibirse desordenados e incluso podrían perderse en su viaje por la red GSM. Estos hechos deben evitarse o subsanarse ya que es vital recibir todo dato capturado y en forma ordenada, para no desvirtuar la información y las consecuentes decisiones adoptadas a partir de la misma. Además, es un hecho que algunas TRs se instalarán en lugares que hoy tienen problemas de comunicaciones (delays importantes y pérdidas frecuentes de conexión) y, que no serían salvables, al menos, en el mediano plazo. Es requerimiento fundamental que ningún dato censado se pierda y, si como se prevé, es necesario retransmitir alguna información, es indispensable que el sistema detecte y deseche los posibles datos repetidos.

Cada TR está asociada a un conjunto determinado de sensores, que miden los factores meteorológicos descriptos con anterioridad. La gran mayoría de los sensores están conectados directamente a su TR mediante un cable de red, aunque no se descarta que algún sensor pueda comunicarse a través de otro medio (wifi, bluetooth, etc). Si bien cada TR envía la información recabada cada un minuto, los sensores asociados a ésta no tienen el mismo comportamiento en cuanto a la frecuencia de captura de información y al envío de la misma hacia la TR. Por ejemplo, el sensor de lluvia se activa ante determinadas mediciones de presión y humedad, mientras que el sensor de presión efectúa mediciones en forma constante. Siguiendo con el ejemplo anterior, el sensor de lluvia envía información con una frecuencia de 2 minutos mientras que el sensor de presión envía mediciones con una frecuencia de 1 minuto. Por estos motivos, cada sensor tiene asociado una agenda configurable para la captura y envío de la información. Si bien la frecuencia de

actualización de estos datos es baja, la EC debe poder configurar la agenda de cada sensor cuando lo estime necesario.

Por otra parte, es necesario administrar el consumo de energía de cada TR. Cada una de ellas posee dos fuentes de energía: baterías y paneles solares. Se ha decidido que el monitoreo del nivel de batería y del nivel de las radiaciones solares de cada TR sea provisto por una componente muy usada en el mercado. A partir de dicha información, el sistema deberá administrar inteligentemente la energía de las TRs, switchando el modo de consumo más conveniente según las condiciones del contexto, maximizando el uso de energía solar y asegurando el nivel de batería necesaria para el trabajo nocturno o en periodos con baja radiación solar.

Si bien se requiere garantizar que las TR estén disponibles “siempre”, la realidad indica que éstas se pueden “romper”. En este caso, el sistema deberá subsanar el hecho. En primera instancia, deberá reconocer esta situación y luego actuar en forma “inteligente” generando una nueva estación remota virtual, producto de la triangulación entre las tres TRs más cercanas. Esta situación es posible siempre y cuando la máxima distancia entre ellas no supere los 50 km. Caso contrario, el sistema usará servicios provistos por la empresa a nivel mundial BiggestSatelit, la que posee una amplia estructura satelital y puede informar sobre las variables de interés para el sistema. El problema es que este servicio resulta sumamente caro, razón por la cual es necesario minimizar su uso. Es requerimiento que las caídas de las TRs deben reconocerse en no más de 2 minutos y que recuperación debe detectarse en forma inmediata, de tal forma de minimizar el consumo del servicio satelital o de anular la triangulación lógica que se hubiese generado entre TRs.

Además, el sistema deberá proveer la información necesaria para controlar la facturación originada por el consumo de servicios de BiggestSatelit. Para ello, deberá informar al Sistema de Pagos del Ministerio de Infraestructura los minutos del servicio consumido. Si bien aun no está definida la interfaz entre ambos sistemas, se prevé que la misma se desarrollará mediante un protocolo sencillo, informando fecha, hora y minutos consumidos.

Finalmente, los datos recolectados y almacenados serán utilizados por modelos matemáticos para generar información predictiva sobre huracanes y otros fenómenos. De las reuniones preliminares mantenidas con expertos en climatología y matemáticos, surge que los modelos matemáticos y estadísticos aún no se encuentran totalmente definidos y que existe gran variación en las condiciones de cada pauta en cada modelo y en las acciones a tomar ante cada una de estas condiciones, aunque de todas formas, no dejan de ser un conjunto de acciones o conclusiones basados en ciertas condiciones, aplicadas con una determinada precedencia. Es requerimiento poder actualizar estos conjuntos de pautas en, como máximo, 72 horas.

En lo que todos los modelos analizados coinciden ampliamente es en que requieren millones de cálculos. la mayoría de alta complejidad, y que necesitan que la información utilizada sea válida y consistente. Esta es una de las causas por las cuales, ante cualquier falla, el sistema debe volver al estado del modelo válido y consistente más reciente y anterior al momento de la falla.

Es requerimiento de alta prioridad que los modelos predictivos no arrojen datos incorrectos o espurios; es más, es preferible que el modelo no se actualice a que sea mal actualizado. Para lograr este objetivo, se pensó en dos metodologías, las cuales deberían coexistir:

- usar datos históricos
- procurar asegurar la calidad del dato desde su captura, incluyendo su transmisión

La primera metodología consiste en usar datos históricos producidos por el mismo sistema para detectar outliers. Los intervalos de confianza dependerán de ciertas variables como fecha, lugar y hora de la producción del dato, entre otras. Un ejemplo es la variable temperatura; para la misma los intervalos de confianza varían según la estación del año, la hora y el lugar de origen de captura del dato. Estos intervalos de confianza serán definidos por un grupo de estadísticos. Resulta evidente que esta opción no será de

aplicación inmediata, al menos, para ciertas variables. Se estima necesario alrededor de 6 meses de datos capturados para poder establecer una base de datos histórica y confiable. Se destaca que este método sólo generará warnings o avisos de detección de estas supuestas anomalías, las que deberán ser analizadas por expertos para confirmar si se trata de datos erróneos o de variaciones ciertas de las condiciones medidas. Por eso, también resulta imprescindible procurar introducir calidad a partir la captura del dato, asegurando que transmisión de datos dentro de la red telemétrica se efectué en forma segura y que no haya pérdidas de información, tanto sea de datos censados como de datos enviados por las TRs.

Se debe destacar que el Estado mantiene otro proyecto para construir un mapa eólico. Este sistema actualmente está capturando información de vientos de determinadas áreas en la zona sur del país. Por lo tanto, se pretende integrar ambos sistemas en forma inteligente priorizando, en todos los casos y para ambos sistemas, la información censada con mayor precisión. Por ejemplo, en el sur del país los datos que produce el sistema eólico son más precisos, a diferencia del resto del país donde el sistema de prevención meteorológica tiene más precisión de censado. Se ha establecido que la comunicación entre ambos sistemas se efectuará a través de web services.

Otro requerimiento de importancia, es el monitoreo del estado de la red en "tiempo real". La gerencia de operaciones que estará a cargo de la misma, ha solicitado dos formas de monitoreo, una visual y otra por alarmas. La visual deberá llevarse a cabo mediante un mapa que muestre el estado de tráfico de datos en la red y el estado de cada TR. En verde, se mostrarán las TRs que funcionen en forma normal, en amarillo aquellas que están con problemas de retraso en las transmisiones y en rojo, las que estén fuera de operación. Cuando se genere una TR virtual, deberá notarse en azul y cuando se reemplace por información satelital, la TR deberá mostrarse en rojo y negro. Si el operador lo elige, deberá tener la opción de conocer, por cada segmento de la red, el volumen de tráfico de SMSs involucrado. También deberá existir la opción de monitorear el estado de la red para los diferentes tipos de sensores, es decir podrá visualizarse - a similitud de los sistemas GIS - la información de cada tipo de sensor por capas.

Como parte del sistema de monitoreo, la gerencia también requiere un sistema de alarmas. Ante caídas de TRs o demoras en el tráfico de datos, se deberá notificar por mail a determinados empleados de la situación. Esta comunicación deberá ser fácilmente configurable.

Dado el impacto que tiene en la población y en la economía la predicción de estos fenómenos meteorológicos, el mismo jefe del estado ha requerido que se haga pública la información producida por el sistema, o al menos, la de interés directo para la gente. Para ello, se ha decidido utilizar la página web del Ministerio de Infraestructura. La idea es mostrar, utilizando google maps, promedios de cierto subconjunto de datos capturados y, por supuesto, las predicciones sobre huracanes, tormentas fuertes y granizo.

Por último, uno de los impulsores del proyecto ha propuesto otra explotación de la infraestructura de la red telemétrica que el gobierno está montando. La idea es usar la red telemétrica instalada para proveer a clientes externos de información que les interese, incluyendo la generación de los modelos necesarios para tomar decisiones con la información que se recabe. Esta explotación incluye la posibilidad de incorporar nuevos tipos de sensores e incluso de ampliar la cobertura de la red a zonas o puntos del país no relevantes para el objetivo inicial del sistema. Se estableció que la instalación de nuevos sensores en TRs existentes en la red, se efectúe en menos de 10 días.

Como ejemplo se puede citar a la compañía AgroTop; ésta se ha enterado del proyecto y está interesada en información de lluvias y humedad ambiente de ciertas zonas donde se dificulta obtener buenos rindes de ciertos cultivos. Otra empresa, está interesada no solamente en datos de vientos, sino que ha hecho sondeos para ver la factibilidad de obtener información ya procesada por modelos matemáticos apropiados, que ellos dicen, serían variaciones de los proyectados para el sistema.

Es altamente probable que esta información se provea mediante web-services. Esto abre la posibilidad de

ampliar la explotación de la infraestructura e incluso, de solventar los gastos del proyecto.

## **Fechas**

El trabajo consistirá en dos partes con entregas asociadas:

- La primera parte del trabajo empezará con la clase del jueves 03/09 y tendrá dos entregas:
  - Planificación de la primera iteración el 28/09
  - Entrega de la primera iteración el 22/10
- La segunda parte empezará el 22/10 y terminará con la entrega del 07/12

## **Prueba de concepto**

Para esta primera etapa del trabajo práctico, la funcionalidad inicial a desarrollar debe abarcar como mínimo los casos de uso relacionados con la transmisión segura y con completitud de datos censados desde varias TRs y la configuración, en la EC, de algún modelo matemático simple que utilice los datos enviados por las TRs.