

ASPECTOS SOBRE SENSORES, BASES DE INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS GEOTÉCNICOS EXISTENTES

Moderador: Ricardo Laín Huerta
Presidente del Grupo Especializado de Geotecnia

Pregunta.- APLICACIONES DE LOS SENSORES DE FIBRA ÓPTICA.

Ricardo Laín Huerta. (Moderador)

Quería preguntar a Antonio Soler sobre las aplicaciones de los sensores de fibra óptica ¿Dónde se están utilizando con más frecuencia?

Respuesta.- Antonio Soler (MESUREX, S.L.)

Los sensores de fibra óptica se pueden utilizar de un modo análogo a los sensores de cuerda vibrante o tradicional. En algunas obras ya se están utilizando por empresas a nivel internacional. Por ejemplo un sistema de fibra óptica en una presa -bueno voy hablar un poco del coste, porque es lo primero que uno se lleva a la mente-, pues al final el sistema completo saldría del orden de un 25 % por encima de lo que cuesta el sistema análogo, teniendo en cuenta las barreras que hay que instalar para prevenir sobrecargas eléctricas y tormentas y ese tipo de fenómenos. Aquí en España se han estado utilizando bastante a nivel de investigación y desarrollo y luego también para hacer análisis en pilares, con material compositer o sea fibra de carbono por ejemplo en refuerzos de fibra de carbono, para hacer ensayos dinámicos de carga en esos pilares.

Pregunta:

¿Existe alguna aplicación para bulones en túneles? ¿Se tiene alguna experiencia al respecto de instrumentar bulones con fibra óptica?

Respuesta:

Que yo sepa MESUREX no ha realizado ninguna en este tipo de aplicación, pero si que se puede emplear galgas de fibra óptica para ese tipo de aplicación y además con muy buen resultado porque la precisión es bastante elevada .

Pregunta:

¿La longitud de estos sensores, cuanto viene a ser aproximadamente?

Respuesta:

La longitud, si los hay de distintos rangos, de distintos tamaños. Lo que es el elemento sensor que hablamos ahí, es del orden de varios cm, o sea de 2 ó 3 cm lo que es el elemento sensor en sí. Ahora bien este elemento sensor puede estar acoplado a una placa metálica si lo queremos soldar en una estructura o puede estar embebido en una lengüeta, digamos de material compositer, puede estar integrado en lo que es un embolo para medir desplazamientos. En fin, dependiendo de los rangos ya tendremos unos tamaños distintos.

COMENTARIO:

Víctor Mallada (INMATEIN,S.A.)

Bueno en los casinos no dejan intervenir a los crupier, pero me figuro que aquí no hay reglas de ese tipo, entonces yo quería preguntar algo tan sencillo y tan inocente como lo siguiente. Nosotros trabajamos siempre en ambiente verdaderamente agresivo, un ambiente donde la gente tiene la

especialización que tiene y bueno hay lo que hay. La fibra óptica cuando se rompe, normalmente casi todo lo que es transmisión de datos se nos viene abajo. Me figuro que esto está resuelto, me figuro que alguien con cierta facilidad se presenta allí rápidamente y resuelve el problema de soldadura. Tu nos lo contarás mejor.

COMENTARIO:

Antonio Soler (MESUREX, S.L.)

La fibra óptica, no es la fibra óptica que se utiliza por ejemplo en telecomunicaciones, en telecomunicaciones se utiliza una fibra óptica que es mucho más delgada de 9 micras de diámetro, aquí se utilizan de 50 micras que ya está en el mercado para este tipo de aplicaciones; no es instrumentación que sale justo de la experimentación. Se dispone de distinto tipo de cableado, ya sea con refuerzos, de distinto tipo de diámetro exterior y bueno también se dispone de varios tipos de conexiones, conectores por si hay roturas. En fin está resuelto este tipo de problemas, incluso para algunas aplicaciones se utilizan conectores digamos de quita y pon, para poner extensiones, en fin ese tipo de aplicaciones.

P.- IMPORTANCIA DEL PROYECTO GALILEO

Ricardo Lain (Moderador)

Por cambiar de tercio yo ahora le haría una pregunta a Josep A. Gili ¿Nos puedes indicar un poco la importancia que tiene el proyecto GALILEO para la dependencia o independencia de Europa con los EE.UU. con el sistema GPS.?

R.- Josep A. Gili (Universidad Politécnica de Cataluña)

Efectivamente el sistema GALILEO es un proyecto europeo que está en marcha, y que ahora mismo está en fase de desarrollo y que tiene como horizonte el año 2008 para los más optimistas o del 2010 para los más

realistas, para entrar en funcionamiento. Es un sistema completamente análogo, conceptualmente análogo al sistema GPS americano que es el único sistema que está funcionando en la actualidad. Hay un sistema que está a medias, que es el GLONASS, que es un sistema ruso que también es bastante parecido y que curiosamente se desarrolló dos años después del americano, pero este está a medias porque el total de satélites está disminuyendo, está oscilante.

Por lo tanto respondiendo a la pregunta de que ¿si el sistema GALILEO va a aportar algo radicalmente nuevo en cuanto a posibilidades técnicas para las medidas de tipo geodésico y de precisión?. Yo creo que no, va a ver más cantidad de instrumentos de sistemas en el mercado, vas a tener más satélites en total sumando los 24 satélites desde el sistema GPS, más los 30 que creo que ahora están en proyecto en el sistema europeo. Vas a tener más satélites en conjunto, eso te va a dar mayor cobertura sobretodo para aplicaciones de navegación en tiempo real y navegaciones en las que sea muy importante la seguridad, la robustez de la señal, de la posición que te da el GPS. En cuanto a aplicación de precisión yo creo que no va a mejorar drásticamente, posiblemente los receptores seguirán bajando de precio.

El sistema GALILEO tiene la gran innovación de que es de iniciativa civil, no militar como el americano y por lo tanto ha suscitado mucha atención. El mismo se hace hincapié en la seguridad de servicio, en la "integridad" de servicio y en la garantía de precisión que se podrán contratar, con un contrato con penalizaciones y con firmas. Ese tipo de servicios añadidos van a ser críticos como he dicho en navegación de precisión, aterrizajes y despegues con visibilidad nula que se podrán hacer cuando el sistema sea totalmente seguro.

Con GALILEO, el "riesgo de integridad" (probabilidad de que el sistema te dé una

posición errónea, peor que 10 m horizontal, 20 m vertical, a lo largo de 150 segundos) será aproximadamente de $2 \cdot 10^{-7}$, e inmediatamente (en menos de 6 segundos) deberá enviar al usuario una "alarma de integridad". El sistema GPS actual no puede garantizar eso.

De manera que para nuestras labores no va a mejorar especialmente, pero para algunas aplicaciones de uso más generalizado y del día a día, pues sí va a significar un salto muy importante. Paralelamente va a dar una oportunidad a Europa y a las empresas europeas para tener un nicho en ese mercado de la navegación que es un mercado enorme.

Pregunta:

Para aplicaciones en movimiento de ladera, por ejemplo. ¿Que coste tiene el sistema?

Respuesta:

Como os he dicho el mínimo número de satélites receptores es dos, ese es el número mínimo, a partir del cual ya puedes trabajar en relativo, en diferencial, es decir con precisión. Dos receptores de tipo geodésico o topográfico, de doble frecuencia, con un poco de memoria y con los accesorios normales, hoy en día pueden estar en dos millones de pta. que serían unos 12.000 Euros, de ese orden. A partir de ahí una configuración con tres o cuatro receptores con mayores prestaciones, más memoria y todo el tema del software, pues puede estar fácilmente en diez millones de pta., en ese margen de dos a diez millones estarían los sistemas más habituales para una aplicación concreta. Si eres una empresa constructora y compras 50 unidades, pues evidentemente, el incremento del precio no es lineal, pero casi.

P. - LA PRECISIÓN DE LOS GPS

Yo quería preguntar en el tema de incluir más emisores o receptores para

realizar triangulación diferencial en tierra. ¿Se aumentaría la precisión del cm que estamos hablando y que impedimentos hay?. Porque con la tecnología que hay hoy en día se supone que se podría avanzar mucho más en este aspecto. ¿Qué es lo que impide no llegar a mm o a décimas de mm?

R.- Josep A. Gili (Universidad Politécnica de Cataluña)

La mayor ventaja en utilizar más de dos unidades, sin duda es la redundancia, la seguridad que tienes en los resultados, porque tienes "cierres", muy parecidos a los cierres que se efectúan normalmente en todos los métodos topográficos y eso te da mucha seguridad. Aumenta ligeramente la precisión, aumentará en un 30% si trabajas con un receptor adicional pero no es en todo caso un salto de un orden de magnitud de precisión. Llega un momento en el que tienes una serie de términos de error, que son bastante difíciles de reducir, como es el propio estacionamiento. La antena que es el punto físico en el que se concreta la medida GPS, se tiene que estacionar y para las aplicaciones que he estado presentando hoy eran estacionamientos temporales, ocasionales, colocas la antena en el momento de hacer la medida. A la semana siguiente, al mes siguiente no la vas a poder estacionar exactamente en el mismo sitio; por ejemplo, si estacionas con trípode eso ya te da prácticamente un centímetro de error irreductible. Y luego ya entramos puramente en el tratamiento de la señal, la sinuosidad de esa señal de 19 o 24 cm que es la que estamos recibiendo de los distintos satélites y está llegando a 300.000 km/sg, es realmente difícil contar ciclos y medir precisamente el desfase; estás ya prácticamente en la precisión en la medida del desfase. Es muy difícil mejorar; aunque para aplicaciones geodésicas, de geodesia de verdad, si estás realmente con antenas fijas y además con periodos de observación de toda una semana observando en el mismo punto,

realmente puedes llegar a niveles milimétricos. Para casos de producción en obras o en el control rutinario de laderas o de obras, no es posible estar siete días para dar las coordenadas de un punto, que además se puede mover y que entonces ya no serían ciertas.

P. - FIABILIDAD DE LOS INCLINÓMETROS

Ricardo Laín Huerta. (Moderador)

Yo tengo otra pregunta. ¿Qué fiabilidad tienen los inclinómetros y hasta que profundidad son fiables?. ¿Hay otros sistemas tipo al TDR que a partir de cierta profundidad pueden ser más fiables?

R.- Angel Rodríguez. (IN SITU TESTING, S.L.)

El límite es el desplazamiento que sufren los puntos desde esa profundidad hasta superficie. Hay tubería inclinométrica de varios tipos, está la de aluminio, está la de ABS. Lo único que hay que hacer es conocer el terreno, conocer que zonas se van a deformar y el tipo de tubo a instalar con el terreno que hay. Yo he medido hasta 100 m o por ahí, pero estoy seguro que aquí hay gente que ha medido bastante más profundidad. Creo que hay inclinómetros en algunas zonas de Galicia que llegan a 300 m,- en Meirama- y están midiendo correctamente hasta que se sobrepasa el desplazamiento que admiten.

P.-Ricardo Lain. (Moderador)

¿El TDR (Time Domain Reflectometer) tiene alguna ventaja respecto al inclinómetro, para ver el movimiento en profundidad? Para detectar movimientos en profundidad, no con la inclinación, lógicamente.

Comentario

Juan Antonio Bolaño (GEOCISA)

Esta técnica se usa mucho en cables. Se usa para ver discontinuidades, para saber fallos o donde se ha cortado un cable.

Comentario

Ricardo Lain (Moderador)

Exactamente. La idea aquí es la misma para detectar a que profundidad puede haber un movimiento determinado. En fin, yo conozco un poco de pasada esta aplicación para ver movimientos en profundidad de bloques que se están moviendo.

Comentario

Juan Antonio Bolaño (GEOCISA)

Yo conocía el Time Domain Reflectometer (TDR), pero no conocía esa aplicación. Yo la he usado también, con una técnica que consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos para calcular humedades, es decir ver el pulso y analizar matemáticamente su forma para saber la humedad del terreno.

P.- EXPERIENCIA CON EL GPS Y LA COORDENADA Z

Juan Antonio Bolaño. (GEOCISA)

Una pregunta ya que estoy por aquí, vuestra experiencia con GPS en la coordenada Z ¿Es buena?.

R.- Josep A. Gili. (Universidad Politécnica de Cataluña)

Lo he comentado antes de pasada, la coordenada Z tiene mala fama en GPS, todo el mundo dice que las alturas son malas, que tienen mucho error y que las precisiones son algo peores que las de planimetría. Muy rápidamente hemos mostrado unos números, en el caso concreto del deslizamiento de Vallcebre, con todo el dispositivo y los métodos de estacionamiento usados ahí, pues creo que en planta teníamos unas precisiones de 12 a 17 mm y creo que en cota teníamos de 22 a 32 mm de error, de manera que es muy comparable, es del mismo orden. Esto hace, y antes no lo he comentado, que incluso

se puede utilizar GPS también en métodos precisos, métodos diferenciales, es decir GPS relativo para dar cota y posición, pero también cota a la boca del sondeo para hidrología. En el posicionamiento de sondeos siempre ha sido y es un problema la Z, porque muchas veces estás midiendo con un limnígrafo, con una elevada precisión relativa de la posición de la lámina de agua a la boca del sondeo, pero nadie conoce la cota de la boca del sondeo y se tiene que hacer una nivelación, muchas veces se hace, a veces se hace mal, a veces las cotas vienen de distintos datum, es un problema real, todo el mundo estará de acuerdo. Con GPS se puede dar una posición dentro de 2 o 3 cm en planta y en Z, en unos pocos minutos, en veinte minutos; referida a un punto que puede estar hasta 20 km de distancia; otro receptor el que esté trabajando en coordinación, llamado base, puede estar a 20 km de distancia del sondeo. De manera que para la coordenada Z, las precisiones tanto en especificaciones técnicas como las que nosotros hemos podido comprobar son muy parecidas a las de planimetría.

Pregunta:

¿Tenéis experiencia con los llamados radiofaros?

Respuesta:

No, nosotros no utilizamos la señal de los radiofaros. Los radiofaros emiten un tipo de correcciones que dan lugar a un posicionamiento que se llama GPS diferencial, que trabaja con el código de la señal y no con la fase, nominalmente te debe dar unas precisiones de 1 m a 5 m dependiendo de la edad de la corrección y un poco de la calidad de tu receptor; pero sería digamos, dos ordenes de precisión inferior.

Pregunta:

¿Estáis usando GPS métricos ó centimétricos?

Respuesta:

Centimétricos. Estamos utilizando los tipos de receptores que las casas comerciales llaman de geodesia y de topografía, pero que se puede utilizar para colocar en un avión y que la única característica que tienen es que son capaces de registrar la fase de la portadora, además normalmente los que utilizamos nosotros son los de doble frecuencia, es decir que son capaces de leer las dos longitudes de onda portadora. A partir de tener un receptor de ese tipo, con cualquier casa comercial normalmente los resultados son bastantes satisfactorios.

Comentario.

Te lo decía porque a mí me han ofertado últimamente GPS métricos del orden de los 2 millones de pesetas como tu decías 12.000 Euros, sin embargo cuando hemos hablado de los centimétricos se van al doble.

Respuesta:

Eso es porque tengo los precios desfasados, no los he actualizado recientemente porque no compramos cada día. También es posible que tenga otro error sistemático que es a veces barajar precios para organismos oficiales, para universidades, pero efectivamente tú nos confirmas que un equipo (con dos receptores y accesorios) para llegar a precisiones centimétricas estaría alrededor de 4 millones de pesetas.

P.- SITUACIÓN DEL CCD EN LOS SENSORES DE FIBRA ÓPTICA

Juan Antonio Bolaño. (GEOCISA)

Una pregunta Antonio, he visto en los sensores de fibra óptica, que llevan dentro un CCD. El sistema de sensor no lleva ningún tipo de cable, solamente la fuente de luz. En el esquema que tu tenías antes, lo estoy viendo mentalmente, tienes una fibra óptica cortada con un delta DD y después

he visto una fibra Fabry-Perot no es Bragg , y tienes un filtro y después aparece un CCD. ¿El CCD esta fuera ya?

R. - Antonio Soler. (MESUREX, S.L.)

Si, si, todo eso ya está en lo que es la unidad del lector.

Pregunta:

Ya, es que si no, no veo el reloj de línea. El reloj de punto para poder sacar la señal del CCD, para ver donde incide la luz blanca en este caso.

Respuesta:

Lo que hemos mostrado es un esquema resumido, hemos puesto ahí el CCD, lo que es el interferómetro de Fizeau. Pero lo que viene en el sensor, era la diapositiva anterior. Ahí lo que venía era solo el sensor en sí, que es el vial de cristal con los dos tramos de fibra óptica y la cavidad de Fabry-Perot, pero ahí es cuando el lector envía a la luz blanca y es de donde, en la otra diapositiva, hacia referencia a la unidad lectora en sí.