

Algunos desastres a causa de errores numéricos

Algunos desastres

o inesperados resultados debido a errores numéricos

- Falla del misil Patriot
- Explosión del Ariane 5
- Hundimiento de la plataforma Sleipner A
- Elecciones parlamentarias alemanas
- Bolsa de valores de Vancouver

Falla del misil Patriot



Falla del misil Patriot

- El 25/2/1991, durante la Guerra del Golfo, un misil Patriot no pudo interceptar a un misil Scud iraquí que alcanzó su objetivo produciendo 28 muertes.
- Para seguir su objetivo, el sistema debía determinar el intervalo de tiempo, restando dos valores de tiempo medidos.
- Los tiempos, en $1/10$ de segundos estaban en registros de enteros
- Para calcular el incremento de tiempo, los valores del registro (entero) eran convertidos a valores de punto flotante multiplicándolos por 0.1

Falla del misil Patriot

- Pero 0.1 en expansión binaria no es representado exáctamente con un numero finito de dígitos.

$$0.1_{(10)} = 0.0001100110011..._{(2)}$$

Hay un error de redondeo (truncamiento). Los registros tenían 24 bits. El error introducido entre la representación (en 24 bits) y el número 0.1 es $0.95E-07$

- Después de 100 hs el error acumulado es:

$$0.95E-07 \times 100 \times 3600 \times 10 = 0.34seg$$

- La velocidad del misil Scud es aprox. 1676 m/s. En 0.34 seg. recorre mas de $\frac{1}{2}$ km. Quedó fuera del alcance del Patriot.

Explosión del Ariane 5



Explosión del Ariane 5

- El 4/6/1996 el cohete Ariane 5 , de la Agencia Espacial Europea fue lanzado desde la base de Kourou. Durante 36 segundos voló normalmente. Al segundo 37 salió de su curso y se autodestruyó.

explosion

- Era el primer viaje del Ariane 5 , luego de una década de desarrollo, a un costo de 7 mil millones de U\$. El cohete y su carga estaban valuados en 500 millones de U\$.
- El problema estuvo en un error de software en el Sistema de Referencia Inercial (SRI)

Explosión del Ariane 5

- Un número de punto flotante de 64 bits, que relacionaba la velocidad horizontal con respecto a la plataforma, fue tratado de convertir a un entero de 16 bits.
- Este número llegó a ser mayor que 32768: no entraba en 16 bits! El sistema devolvió un mensaje de error, que fue interpretado como un dato....
- La ironía es que el programa que produjo la falla había sido heredado del Ariane 4, y que no se precisaba en el Ariane 5 !

Hundimiento de la plataforma Sleipner A

- La plataforma marina para extracción de petróleo Sleipner A está apoyada en una base de hormigón consistente en 24 celdas. Cuatro celdas se prolongan hacia arriba y sostienen la plataforma. Funciona en el Mar del Norte.
- La primera plataforma Sleipner A tuvo filtraciones de agua por fisuraciones y se hundió en Noruega el 23/8/1991. La pérdida económica resultante fue del orden de \$700 millones.

Hundimiento de la plataforma Sleipner A



Hundimiento de la plataforma Sleipner A

- Las investigaciones posteriores atribuyen el accidente a errores en la aproximación numérica (por el método de elementos finitos), que subestimaron las tensiones tangenciales en un 47%.
- Eso condujo a que los espesores de las paredes de hormigón fuesen insuficientes. Lo mismo que las armaduras de refuerzo.

Elecciones parlamentarias alemanas

- En el sistema electoral alemán un partido con menos de 5% de los votos no puede tener representantes en el parlamento.
- En las elecciones de Schleswig-Holstein, los resultados impresos mostraban que el Partido Verde consiguió el 5.0% de los votos.
- Se dice que el Partido Social Demócrata consiguió un representante extra y obtuvo una mayoría en el Parlamento.
- Más tarde se comprobó que el porcentaje de votos del Partido Verde había sido 4.97% : la impresión se había hecho redondeando a dos cifras significativas lo cual arrojó 5.0%.

Bolsa de valores de Vancouver

- En 1982 la Bolsa de Valores de Vancouver (Canadá) introdujo un índice con un valor nominal de 1000.000
- Luego de cada transacción se recalculaba el índice, truncándose al tercer decimal después de la coma.
- Después de 22 meses el índice fue 524.881
- El valor real debía haber sido 1098.811

Resumen

En este capítulo hemos visto:

- Una motivación para el uso de métodos numéricos.
- La existencia de errores numéricos.
- Cómo se producen los *errores de redondeo*, al trabajar en máquinas de aritmética finita.

En otros capítulos veremos otro tipo de errores: los errores de truncamiento o algorítmicos.

- Hemos visto cómo estos errores se propagan.
- Finalmente hemos definido problemas *bien y mal planteados* y los métodos numéricos para resolverlos, introduciendo los conceptos de *consistencia, estabilidad y convergencia* y los órdenes de convergencia.
- Hemos terminado mostrando algunos casos en que la no observación de estos errores (que hubiese sido muy sencillo evitar) ha derivado en importantes daños materiales y pérdida de vidas.