

## Algunos desastres a causa de errores numéricos

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:

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

- 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\$S. El cohete y su carga estaban valuados en 500 millones de U\$S.
- 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.