Uso de la Matemática Intervalar en el Procesamiento Digital de Señales.

Por: Roque Mendes P.
roque.bj1@gmail.com

El Procesamiento de Señales ha sido de gran valor para el desarrollo tecnológico. El Procesamiento Digital de Señales - DSP adquirió gran prominencia en los años 70 con el advenimiento de las com putadoras digitales, mejorando muchas aplicaciones y aumentando cada vez más la multidisciplinari dad del procesamiento de señales en diversas áreas del conocimiento. Hoy en día, el procesamiento de señales se aplica en ámbitos como la exploración espacial, la medicina, las aplicaciones comerciales, la telefonía, armamento militar, industria, etc.

Uno de los principales problemas de los usuarios en esta área es la representación de sistemas reales en hardware y/o software de procesamiento de señales. La gran mayoría de las señales existentes en la naturaleza son continuas y las mismas no pueden ser representadas directamente en las computadoras digitales, ya que el procesamiento de señales continuas se basa en modelos matemáticos. Las señales están representadas por las ecuaciones y sistemas que transforman ecuaciones en otras ecuaciones, sin embargo, las computadoras utilizan sistemas discretos para representarlas. Por otra parte, está la cuestión del tratamiento de las incertidumbres (ruidos) de los sistemas.

Las incertidumbres pueden ser inherentes a la señal, a las limitaciones de los sensores, al modelo matemático elegido para representar el sistema, a las limitaciones físicas de las implementaciones, o debido a la falta de algunas operaciones realizadas en los dispositivos de DSP. Así mismo para señales "originalmente" continuas, el procesamiento digital de señales es la mejor opción para muchas aplicaciones relacionadas con la comunicación, control, multimedia, entre otras cosas. Lo anterior porque se puede lograr un alto rendimiento para aplicaciones que impliquen un conjunto limitado de instrucciones para ejecutar operaciones lineales repetitivas como adición, multiplicación, entre otras. Las incertidumbres en las señales están presentes en áreas tales como la exploración del espacio, aplicaciones comerciales, la medicina, las telecomunicaciones, en ingeniería militar, los circuitos electrónicos, la industria y la investigación científica. En los últimos años, los intervalos se han utilizado para modelar este tipo de incertidumbre en el procesamiento de señales, y, por tanto, aliviar el error generado al manejar números reales.

En los años 50, Teruo Sunaga y Ramón E. Moore propusieron el uso de intervalos para el control de errores en el manejo de números reales. En su trabajo se describe la aritmética intervalar, que es, en cierto modo una extensión de la aritmética real. Además de los Estados Unidos, la matemática intervalar se utiliza en Europa, principalmente en Alemania, y recientemente se explora en todo el mundo. Algoritmos intervalares son utiliza- dos en aplicaciones como la optimización global, evaluación de funciones, buscar las raíces de polinomios, resolver ecuaciones diferenciales, la solución de ecuaciones no lineales y así sucesivamente. En muchos casos la aritmética intervalar se utiliza para resolver problemas que no son eficientemente resueltos utilizando aritmética convencional de punto flotante.

El uso de la matemática intervalar garantiza la existencia de una solución de precisión infinita dentro de un intervalo continuo. Todas las máquinas tienen limitaciones físicas en las representaciones. Sin embargo, la representación de números reales requiere de una precisión infinita, que puede resolverse simplemente cambiando su representación habitual por una representación intervalar. Esta es una forma de controlar los errores causados naturalmente por la computación discreta. De esta forma, el uso de la matemática intervalar en procesamiento digital de señales aumenta la fidelidad entre el modelo matemático y el sistema real.

Muchas herramientas de software fueron desarrolladas para apoyar la aritmética intervalar, entre ellas están las bibliotecas de aritmética intervalar en FORTRAN, C y extensiones de los lenguajes de programación como el Pascal, C, FORTRAN. A pesar de esta evolución, la aritmética intervalar no ha ganado popularidad debido a la velocidad de sus operaciones, comparadas a las operaciones convencionales de punto flotante.

Actualmente, hay trabajos que utilizan matemática intervalar en filtros adaptativos y control adaptativo, estimación de estados y computación gráfica, redes neuronales y sistemas neurodifusos, algoritmos genéticos y en estrategias evolutivas. La gran mayoría de las aplicaciones de la matemática intervalar está en ingeniería donde es necesario tratar incertidumbres en áreas tales como: computación gráfica, robótica, etc. y otras aplicaciones están en control, análisis de robustez, diseño de controladores robustos con constantes intervalares, simulación de modelos intervalares y estudios de sistemas dinámicos con incertidumbre.

Para el desarrollo en un área tecnológica no basta sólo saber usar la tecnología en cuestión, debemos entenderla. Y cuando sea necesario, reinventarla y superarla, por lo que creo que para formar un profesional en computación es importante una buena base matemática, porque vivimos en la era de la representación estamos constantemente eligiendo modelos virtuales para representar nuestros pensamientos, nuestras acciones y incluso nuestros signos vitales entran en el baile del álgebra "0" y "1". Cada proceso digitalizado en una función del álgebra binaria. Partiendo del supuesto de la ausencia de la verdad absoluta, nuestros pensamientos son ruidosos, nuestras acciones heredan el ruido de nuestros pensamientos y teniendo en cuenta el principio de la incertidumbre, podemos decir que todos los sistemas creados por el hombre son imprecisos. Así, la matemática intervalar puede ser una herramienta, no para aumentar la precisión inherente a estos sistemas ruidosos, sino para estimar su error.