



Simulation and implementation of a Conformal Finite Difference Time Domain method

Carlos Julio Ramos Salas



Simulation and implementation of a Conformal Finite Difference Time Domain method

Carlos Julio Ramos Salas

Memoria del **Trabajo Fin de Máster**.
Máster en Física y Matemáticas (FisyMat)
University of Granada (UGR).

Tutored by:

Dr. Luis Manuel Díaz Angulo

Contents

Acknowledgments	1
English Abstract	2
Resumen en Español	3
1 Los enunciados	4
1.1 Teoremas y demostraciones	4
1.1.1 Otros enunciados	4

Acknowledgments

I would like to thank the "Fundación Carolina", this would be impossible without the opportunity they gave to me. Thanks to my best friends Mario Sánchez and Ana Mejía for their unconditional company. I would also like to thank my tutor Luis Díaz for guiding me in this area of research and welcoming me to this country.

Finally and most importantly, I would like to thank my parents Margot Salas and Julio Ramos, I am the person I am today thanks them.

English Abstract

Some differential equations in the literature present arduous work to find the associated solution, even in some cases, the solution to said systems turn out to be impossible to find through analytical methods. In this situation, numerical methods plays an important role since they allow us to solve the system of interest through discrete operations with a low numerical error involved.

Among the numerous existing techniques to solve electromagnetism problems, the Finite Difference in Time Domain method (FDTD) stands out, however, when we consider complicated geometries, it is necessary to refine the method in search of better efficiency, that is where we can introduce the Conformal Finite Difference in Time Domain method (CFDTD), which can be studied as the modification of the FDTD by introducing a Perfect Electric Conductor (PEC) volume into the geometry to consider.

In this work, a simulation and implementation of the CFDTD method is made in both one and two dimensions, in the last one, considering a line or an area of PEC that interrupts the spatial mesh worked. The codes worked out were prepared with test-oriented development in the python language, these can be found in the associated GitHub repository presented in annexes.

Resumen en Español

Algunas ecuaciones diferenciales en la literatura presentan un trabajo arduo para encontrar la solución asociada, incluso en algunos casos, la solución a dicho sistema resulta ser imposible de encontrar a través de métodos analíticos. Ante esta situación los métodos numéricos juegan un papel importante ya que nos permiten resolver el sistema de interés a través de operaciones discretas con un bajo error numérico de por medio.

Entre las diversas técnicas existentes para poder resolver problemas de electromagnetismo destaca el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD por sus siglas en inglés), sin embargo, al momento de considerar geometrías complicadas, es necesario refinar el método en búsqueda de una mayor eficiencia, allí es donde se puede introducir la técnica conforme de diferencias finitas (CFDTD), la cual puede ser estudiada como la modificación de FDTD al introducir un volumen de conductor eléctrico perfecto (PEC) en la geometría a considerar.

En el presente trabajo se realiza una simulación e implementación del método CFDTD tanto en una como en dos dimensiones, en este último caso, considerando una línea o un área de PEC que interrumpen en el mallado. Los códigos trabajados fueron realizados con desarrollo orientado por tests en el lenguaje python, estos pueden encontrar en el repositorio de GitHub asociado presentado en anexos.

1 | Los enunciados

1.1 Teoremas y demostraciones

| Teorema 1.1 (Euclides). *Esto es un Teorema. Se numeran a partir del 1 en cada capítulo. Como son importantes, tienen un cuadrado rojo al principio. Llevan letra cursiva.*

Demostración. Esto es la demostración. Al final de la demostración se puede ver un cuadrado rojo similar al de los teoremas. Las demostraciones no llevan letra cursiva.

| Definición 1.1. *Esto es una definición. Las definiciones son importantes; también llevan un cuadradito rojo.*

1.1.1 Otros enunciados

Observación 1.1. Esto es una observación, que dice que $e = mc^2$. Como las observaciones no son importantes, no llevan cuadrado rojo, y el tipo de letra no es cursiva.

Demostración. Si la demostración acaba en una fórmula, para poner el cuadrado rojo a la altura de la última fórmula, hay que usar la orden `\qedhere`, como en este caso:

$$e = mc^2.$$

Corolario 1.1. Esto es un corolario.

Proposición 1.1. Esto es una proposición.

Lema 1.1 (Gauss). Esto es un lema.