

1 Inlämningsuppgifter: FDTD

1.1 Dispersion och stabilitet

Ekvationen

$$\frac{\partial u}{\partial t} + c \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad (1.1)$$

med begynnelsevärdet

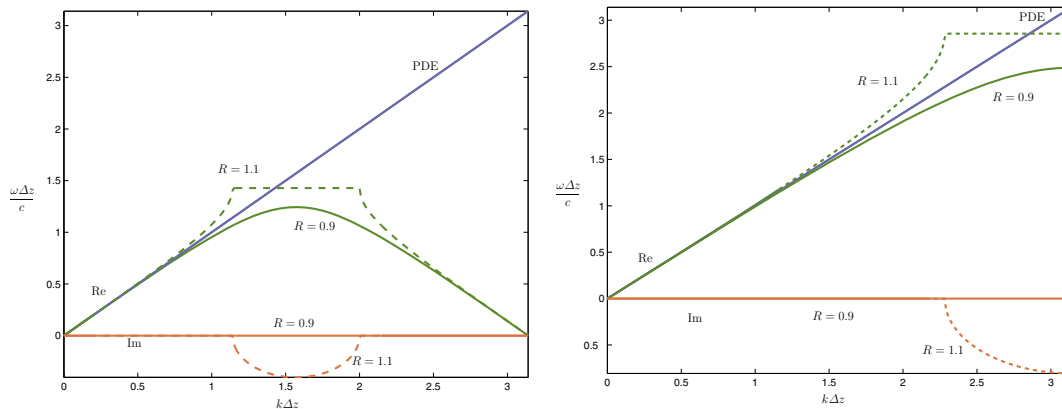
$$u(z, 0) = u_0(z)$$

har lösningen

$$u(z, t) = u_0(z - ct)$$

för $t > 0$. Med centraldifferenser får vi Leap-frog schemat ($R = c\Delta t/\Delta z$)

$$\frac{u_r^{n+1} - u_r^{n-1}}{2\Delta t} + c \frac{u_{r+1}^n - u_{r-1}^n}{2\Delta z} = 0. \quad (1.2)$$



Figur 1: Till vänster visas dispersionsrelationen för schemat (1.2) med $R = 0.9$ och $R = 1.1$. Linjen markerad 'PDE' visar motsvarande dispersionsrelation för (1.1). Till höger visas dispersionsrelationen för 1D Yee-schemat (motsvarande det FDTD schema vi använder i kursen).

1. Härled dispersionsrelationen för ekvationen (1.1).
2. Härled dispersionsrelationen för 'Leap-frog' schemat (1.2).
3. Plotta dispersionsrelationerna för (1.1) och (1.2) (använd $R = 1/\sqrt{3}$).
4. Vad är $\omega\Delta t$ då $k\Delta z = \pi$ (två punkter per våglängd)? Plotta u_r^n och förklara resultatet direkt genom att beräkna centraldifferenserna i (1.2).
5. Hur ska R väljas för att schemat ska vara stabilt? (När är $\omega\Delta t$ reellvärdt för alla $k\Delta z$)
6. Figur 1 visar real- och imaginärdel av dispersionsrelationen som funktion av $k\Delta z$ för $R = 0.9$ och $R = 1.1$. Förklara likheter och skillnader mellan dispersionsrelationerna för 'Leap-frog' schemat och 1D Yee-schemat.

1.2 1D FDTD

1. Skriv ett FDTD program för Maxwells ekvationer i 1D, dvs

$$E_x|_r^{n+1} = E_x|_r^n - \frac{\Delta t}{\epsilon \Delta z} \left(H_y|_{r+\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} - H_y|_{r-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} \right)$$

$$H_y|_{r+\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} = H_y|_{r+\frac{1}{2}}^{n-\frac{1}{2}} - \frac{\Delta t}{\mu \Delta z} \left(E_x|_{r+1}^n - E_x|_r^n \right)$$

med givna begynnelsevärden och PEC som randvillkor.

2. Använd programmet för att studera numerisk dispersion och generera figurer motsvarande Fig. 5.3 till 5.7 i kursboken.

Programmen `FDTD_1D_i11.m` (och `FDTD_1D_abs`) kan användas som hjälp men inte direkt kopieras, dvs du ska skriva ett eget program.

1.3 3D FDTD: dipolantenner

I den här uppgiften ska vi analysera dipolantenner med hjälp av tidsdomänsimuleringar i Efield och CST.

1. Använd Efield för att bestämma impedansen och fjärrfältet från cylindriska halv vågsantenner (dipoler) med längd ℓ och diameter d (givna i programmet).
2. Vad är resonansfrekvesen f_0 , strålningsresistansen R_0 , och bandbredden Δf (ange också den relativa halv värdesbredden $B = \Delta f / f_0$)?
3. Upprepa med CST.

Plotta samtliga resultat i en figur.

1.4 Redovisning

Inlämningsuppgifterna skall redovisas skriftligt. Omfattningen ska vara som en lösning till ett tentamenstal. Jobba gärna i grupp men redovisa resultaten självständigt, dvs skriv din egen redovisning.

FDTD 1D ill

Ett mycket enkelt program för att illustrera FDTD. Beräkningskärnan består av de två raderna (kring rad 80)

```
Hy = Hy - (Dt/mu0/Dz) * diff(Ex,1);
Ex(2:Nz) = Ex(2:Nz) - (Dt/eps0/Dz) * diff(Hy,1);
```

Du kan ändra i parametrarna, tex stabilitetsfaktorn R och beräkningsnätet Dz (kring rad 35)

1. Hämta programmet från S:disken.
2. Kör programmet genom att skriva `>> FDTD_1D_ill` i matlab.
3. Pulsformen visas i figur 1.
4. I figur 2 illustreras hur fälten uppdateras.
5. Ändra stabilitetsfaktorn $R = 0.7$ för att se hur den numeriska dispersionen påverkar resultatet.
6. Ändra stabilitetsfaktorn $R = 1.1$ vad händer?

FDTD 1D Erand

Programmet `FDTD_1D_Erand` kan användas för att studera numerisk dispersion och stabilitet i FDTD.

1. Hämta programmet.
2. Kör programmet genom att skriva `>> FDTD_1D_Erand` i matlab. Tryck `return` för att uppdatera fälten.
3. Pulsformen visas i figur 1.
4. I figur 2 visar tre plottar. Överst en jämförelse mellan FDTD lösningen och en analytisk lösning. Mitten frekvens innehållet i pulsen och antal punkter per våglängd. Slutligen felet i dB.
5. Ändra stabilitetsfaktorn $R = 1$ vad är felet? Pröva några olika Dz tex 20 mm och 60 mm.
6. Ändra stabilitetsfaktorn $R = 0.7$ för att se hur den numeriska dispersion påverkar resultatet. Hur beror felet på antal punkter per våglängd?
7. Ändra stabilitetsfaktorn till $R = 1.01$ vad händer?.

EField

Programmet Efield används för att simulera impedans och fjärrfält från dipolantennen. Det finns en utförlig beskrivning i `EfieldTDEexamples.pdf`, se avsnitt 2 (spec 2.6) och 3.

1. Starta EField (programmet använder CADFIX som editor)
2. Öppna programmet `dipole_wire/dipole2.frm`
3. Starta simuleringen, se 3.8 (det tar någon minut för FDTD simuleringen och ytterligare någon minut för att beräkna fjärrfältet)
4. Efield sparar data i formatet netCDF. Konvertera data, se 3.9. Matlab kan också läsa netCDF. Lägg till mappen NetCDF (under /lab/emb) till matlabs path och kör programmet `efieldplot.m`.
5. Plotta fjärrfältet, se 3.9.8
6. Ändra simuleringsdata till programmet genom att öppna EM GUI, se 3.7

CST

Programmet CST används för att simulera impedans och fjärrfält från dipolantennen.

1. Starta CST, välj CST MICROWAVE STUDIO och cancel på new project
2. Öppna hjälpmenyn, Help/Help Contents, CST MICROWAVE STUDIO, Transient Analysis Examples
3. Välj dipolen (övre raden), och Run Example, Open
4. Starta simuleringen genom att välja Solve/Transient Solver och Start, Yes
5. Plotta fjärrfältet, öppna Farfields/Abs i menyn till vänster. Du kan vrida och zooma bilden genom att trycka på höger musknapp och välja lämplig symbol.
6. välj 1D Results för att titta på simuleringsdata, tex Port signals, reflektionskoefficient $|S|$ (för bandbredd), Smith Chart.
7. välj Results/S-parameter calculations/calculate Z and Y matrices
8. Plotta Z från 1D Results/Z Matrix
9. Prova tex att ändra frekvensintervallet (finns under en vågformad symbol)