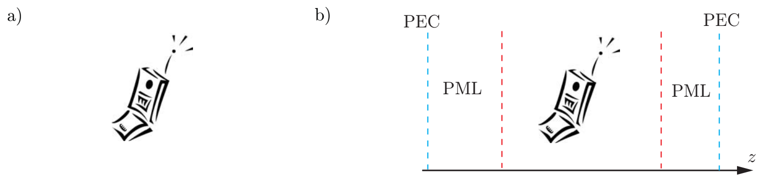
Absorberande randvillkor



Absorberande randvillkor används för att simulera ett obegränsat område med ett ändligt beräkningsnät.

(a) en telefon i ett obegränsat område.

(b) ändlig approximation av området.

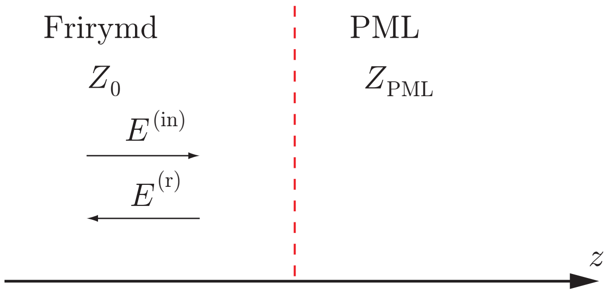
PML

Det är vanligt att använda perfekt matchade lager (PML) för att modellera frirymd. Idén med PML är bädda in beräkningsnätet i ett icke fysikaliskt material som absorberar men inte reflekterar infallande vågor.
I PML introduceras både en elektrisk, σ, och en magnetisk, σ^*, ledningsförmåga som generaliserar Maxwells ekvationer i 1D till

$$\begin{cases} \epsilon \dfrac{\partial E_{\mathrm{x}}}{\partial t} + \sigma E_{\mathrm{x}} = -\dfrac{\partial H_{\mathrm{y}}}{\partial z} \\ \mu \dfrac{\partial H_{\mathrm{y}}}{\partial t} + \sigma^* H_{\mathrm{y}} = -\dfrac{\partial E_{\mathrm{x}}}{\partial z} \end{cases} \tag{1}$$

Reflektion mot en halvrymd

Betrakta en våg som infaller mot en homogen halvrymd med PML-material.



Den reflekterade vågen ges av

$$E^{(\mathrm{r})} = \rho E^{(\mathrm{in})} \qquad \rho = \frac{Z_{\mathrm{PML}} - Z_0}{Z_{\mathrm{PML}} + Z_0}$$

där Z_{PML} betecknar impedansen hos PML-materialet.

Impedansen ges av kvoten mellan E-fältet och H-fältet för tidsharmoniska planvågor

$$E_{\mathrm{x}}(z,t) = E_0 \mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t - \mathrm{j}kz} \quad \text{och} \; H_{\mathrm{x}}(z,t) = H_0 \mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t - \mathrm{j}kz}$$

Insatt i (1)

$$\begin{cases} \epsilon \mathrm{j}\omega E_0 + \sigma E_0 = \mathrm{j}k H_0 \\ \mu \mathrm{j}\omega H_0 + \sigma^* H_0 = \mathrm{j}k E_0 \end{cases}$$

förenkla

$$\left(\frac{E_0}{H_0}\right)^2 = \frac{\mu + \sigma^*/\mathrm{j}\omega}{\epsilon + \sigma/\mathrm{j}\omega}$$

och därmed

$$Z_{\mathrm{PML}} = \left(\frac{\mu + \sigma^*/\mathrm{j}\omega}{\epsilon + \sigma/\mathrm{j}\omega}\right)^{1/2}$$

Ingen reflektion mot PML om $Z_{\rm PML} = Z_0$, där $Z_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = \eta_0$ betecknar frirymdsimpedansen. Med $\epsilon = \epsilon_0$ och $\mu = \mu_0$ i PML ges villkoret av

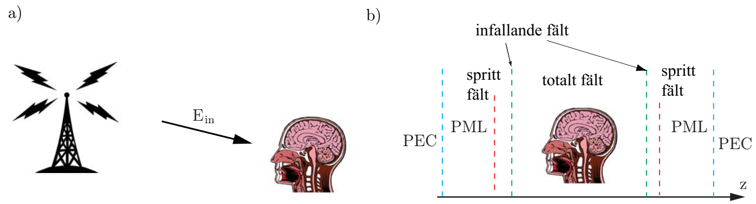
$$\frac{\mu_0 + \sigma^*/\mathrm{j}\omega}{\epsilon_0 + \sigma/\mathrm{j}\omega} = \frac{\mu_0}{\epsilon_0}$$

och därmed

$$\epsilon_0\sigma^* = \mu_0\sigma$$

Vågen reflekteras inte men den dämpas på grund av absorptionen. Använder ofta en kvadratiskt ökande ledningsförmåga i PML.

Spridning



En antenn långt ifrån ett objekt modelleras ofta med ett infallande fält.

(a) antenn ger fältet $E_{\rm in}$ i frånvaro av objektet.

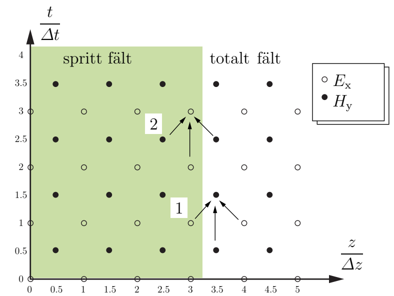
(b) Beräkningsgeometri för att bestämma hur objektet sprider den infallande vågen.

För att simulera spridningsproblem delas beräkningsområdet upp i två delar. En inre del med det totala fälten och en yttre del med det spridda fälten (totalt fält minus det infallande fältet), dvs

$$E_{\rm x} = E_{\rm x}^{\rm (in)} + E_{\rm x}^{\rm (s)} \quad \text{och } H_{\rm y} = H_{\rm y}^{\rm (in)} + H_{\rm y}^{\rm (s)}$$

Det analytiska uttrycket för de infallande fälten används för att matcha områdena.

Spridning: FDTD



Exempel på en uppdelning av beräkningsnätet i en inre del med det totala fältet och en yttre del med det spridda fältet. Uppdatering av H-fältet vid 1 och uppdatering av E-fältet vid 2.