**Summary**

* Incipit: obiettivo del progetto
* Da dove siamo partiti
* Sviluppi del progetto
* Progetto Avanzato
* Threshold mannaggia
* Cavità is ok, electron sempre costante
* Java e velocità di computazione
* Caratteristica dell’emissione luminosa, asse x = pumping, asse y = fotoni emessi
* Conclusione: De-normalizzazione parametri e unità di misura
* Ipotesi di funzionamento del simulatore e relazione con i parametri reali

Laser Dynamics Simulation using Cellular Automata

Progetto di Dispositivi per la Trasmissione dell’informazione

Obiettivo

L’obiettivo del progetto è simulare le dinamiche del materiale attivo di un laser utilizzando un modello di calcolo molto semplice, ovvero un automa cellulare. L’automa cellulare è un modello che segue delle regole semplici e precise, e, se fatto evolvere nel tempo, permette di poter simulare con sufficiente dettaglio modelli fisici e matematici molto complessi. Come appunto, le equazioni differenziali alla base della descrizione della fisica di un laser.

Siamo partiti seguendo il Paper fornito, replicando su Matlab il modello dell’automa e predisponendo una serie di script per diverse simulazioni. La simulazione principale è volta a rappresentare l’evoluzione nel tempo di:

* Inversione di popolazione
* Fotoni emessi per emissione stimolata
* Rumore generato per emissione spontanea

Abbiamo successivamente sviluppato autonomamente un modello leggermente più sofisticato, andando a modificare i principi di creazione di rumore all’interno della cavità del laser. Abbiamo modificato la regola di generazione del rumore separando gli effetti di eccitazione termica degli elettroni, e di emissione spontanea, responsabile del rumore. Il risultato è stato una maggior precisione nella rappresentazione della variabilità degli effetti di rumore nel tempo.

Le simulazioni successive sono state volte a trovare la relazione tra i tempi di vita della cavità, tempi di vita dei portatori e la soglia minima del pumping rate per avere azione laser. Basandoci sul contenuto e sui parametri descritti nel paper, siamo riusciti a simulare correttamente la diminuzione della soglia minima del pompaggio all’aumentare del tempo di vita della cavità. Invece il tempo di vita dei portatori appare costante indipendentemente dal tasso di pompaggio, in disaccordo con le simulazioni mostrate sul paper. Nessuna variazione di alcun parametro ha mostrato un andamento logaritmicamente decrescente del tasso di pompaggio, infatti dalle nostre simulazioni, variare il tempo di vita degli elettroni non ha portato ad alcuna modifica del tasso di pompaggio, relativamente agli altri parametri di simulazione. Come ci spieghiamo questa cosa??

Siamo inoltre riusciti a simulare la curva della caratteristica corrente – intensità luminosa, sostituendo l’intensità di corrente con la probabilità di pompaggio e l’emissione luminosa con il numero di fotoni medio emessi nel tempo. E’ possibile osservare la *gobba* (ovvero saturazione a regime) per valori di pompaggio molto alti, a causa della saturazione di guadagno del laser.

Le ipotesi di funzionamento del modello dell’automa cellulare tentano di replicare il funzionamento fisico del laser. Per cui alcuni parametri sono impostati in modo tale che non possano superare determinate soglie oltre le quali le simulazioni darebbero risultati non coerenti con il modello reale. Ad esempio il reticolo usato per il posizionamento di elettroni e fotoni è ideale, e non tiene conto delle interazioni fra gli atomi del materiale attivo. E anche il rumore ha dei valori numerici molto bassi comparati con i valori di pompaggio. E’ richiesto inoltre che il tempo di simulazione totale sia molto maggiore delle costanti di tempo utilizzate.

La velocità di computazione per le simulazioni su Matlab è stato un ostacolo perché le simulazioni per trovare la soglia di pompaggio sono molto più onerose da un punto di vista computazionale. Per cui abbiamo tradotto il codice Matlab in codice Java, ottenendo infatti un sostanziale aumento delle performance di calcolo, permettendoci di eseguire simulazioni molto più pesanti in molto meno tempo. Le simulazioni eseguite sono di tipo numerico, e i dati sono stati esportati e plottati su Matlab.

La parte finale del progetto è stata volta a de-normalizzare i numeri dei parametri usati, per permettere di attribuire misure e unità di misura fisiche per simulazioni più realistiche. In questo modo un utente può scegliere arbitrariamente i parametri del laser, e non preoccuparsi dell’implementazione interna del simulatore e dell’automa cellulare. Vengono inoltre suggeriti all’utente le unità di misura e le grandezze per ogni parametro di simulazione richiesto. In particolare la probabilità di pompaggio viene calcolata a partire da alcune formule esposte nel paper di riferimento (sono ragionevoli approssimazioni del comportamento a regime dei laser).