Practicum Hopfield Netwerken

Peter Kleiweg

februari 1996

1 Bestanden

Tabel 1 geeft een overzicht van de bestanden die bij dit practicum worden gebruikt. Onder Unix geldt: `hopf` moet executie-permissie hebben.

2 Gebruik van het programma `hopf`

Het programma `hopf` is een implementatie van een discreet (bipolair) Hopfield netwerk.

Er zijn twee manieren om het netwerk te initialiseren. De eerste manier is door het inlezen van de gewichten uit een bestand, waarin ze eerder door het programma zijn bewaard, bijvoorbeeld:

```
hopf -w weights
```

De tweede manier is door het inlezen van patronen uit een bestand, bijvoorbeeld:

```
hopf -p cijfers.pat
```

Na het inlezen van de patronen worden de gewichten bewaard in het bestand `_weights.hop`. Kopiëer dit bestand naar een bestand met een andere naam als je het wilt bewaren, anders worden de gegevens een volgende keer overschreven. Zie de diverse bestanden met de extensie `.pat` voor voorbeelden van de syntax.

Het programma kent twee manieren voor het opslaan van patronen in het netwerk. De default is *projection recording*. De tweede methode is *correlation recording*. Gebruik voor de tweede methode de optie `-c`.

Unix	DOS
`Makefile`	`MAKEFILE`
`hopf`	`HOPF.EXE`
`hopf.c`	`HOPF.C`
`cijfers.pat`	`CIJFERS.PAT`
`rij.pat`	`RIJ.PAT`
`ttt.pat`	`TTT.PAT`

Tabel 1: Bestanden voor practicum Hopfield netwerken

Als de gewichten zijn geïnitialiseerd ontwikkelt het netwerk zich door middel van relaxatie van een begintoestand naar een lokaal minimum. Als het goed is is dit een opgeslagen patroon. Na elke verandering van de waarde van één unit wordt de nieuwe toestand van het netwerk weergegeven. Wanneer de patronen uit één regel bestaan gebeurt dit onder elkaar, anders worden de patronen naast elkaar afgebeeld. Er worden twee waarden getoond, de eerste waarde is de energie van het netwerk voor dat de relaxatie begint, de tweede waarde is de energie als de toestand van het netwerk niet meer veranderd.

Wanneer geen begintoestand gedefinieerd wordt is deze leeg, dat wil zeggen dat elke unit de waarde -1 heeft. Er zijn twee methoden om een andere begintoestand te kiezen. De eerste manier is door een patroon te gebruiken uit het bestand met patronen dat gebruikt is om de gewichten te initialiseren, bijvoorbeeld:

```
hopf -p cijfers.pat -t p1
```

Dit voorbeeld gebruikt het patroon met het label `p1` uit het bestand `cijfers.pat`. (Als de gewichten uit een bestand zijn ingelezen met de optie `-w` moet in dit geval ook de optie `-p` gebruikt worden. Dit heeft geen effect op de gewichten in het netwerk.) Op deze wijze kun je testen of het netwerk stabiel is voor een bepaald opgeslagen patroon.

Je kunt ook een heel nieuw patroon creëren en dit gebruiken voor de begintoestand van de units in het netwerk. Je moet zo'n patroon onderbrengen in een bestand. Dit bestand moet alleen het patroon bevatten, geen naam voor het patroon, en geen aanduiding voor breedte en hoogte. Voorbeeld:

```
hopf -w weights -s pattern.tst
```

Ongeacht of je een begintoestand voor de units definieert of niet kun je aan het netwerk ruis toevoegen. Het volgende voorbeeld voegt aan het patroon `p1` een ruis van 20% toe:

```
hopf -p cijfers.pat -t p1 -n 20
```

Op deze wijze kun je testen of het netwerk een verstoord patroon kan herstellen.

Wanneer je een patroon opslaat in een Hopfield netwerk sla je ook het negatieve beeld van dat patroon op. Het programma kent een methode om een negatief beeld te herkennen. Als je hier gebruik van wilt maken gebruik dan de optie `-m`. In dit geval wordt er één unit (die je niet te zien krijgt) aan het netwerk toegevoegd. Elk patroon wordt toegevoegd met de waarde $+1$ voor deze unit. Als tijdens relaxatie deze unit -1 wordt worden de waarden van alle units gespiegeld. (-1 wordt $+1$ en $+1$ wordt -1.)

De opties `-c` en `-m` hebben geen effect als de gewichten worden ingelezen door middel van de optie `-w`.

3 Opgaven

Test het Hopfield netwerk met de patronen uit het bestand `cijfers.pat`. Welke patronen zijn stabiel? (Gebruik de optie `-t`, en geen ruis.) Vergelijk projection recording met correlation recording.

Vergelijk de energie-minima voor de verschillende (stabiele) patronen uit `cijfers.pat` in correlation recording. Vergelijk deze met de energie-minima van enkele *spurious states*. In welk patroon zal het netwerk het meest eindigen wanneer het begint met alleen ruis? (Gebruik de optie `-n 50`, en geen `-t` en `-s`.) Zijn dit de diepste minima?

Vergelijk de energie-minima voor de verschillende patronen uit `cijfers.pat` in projection recording. Vergelijk deze met de energie-minima van enkele spurious states. Wat valt op (in vergelijking met correlation recording)?

Bekijk enkele spurious states (`cijfers.pat`). Kun je hierin één of meer opgeslagen patronen herkennen?

Test projection recording en correlation recording met de patronen uit het bestand `ttt.pat`. In welke zin is correlation recording in dit geval beter?

Bekijk het effect op de stabiliteit van patronen uit `rij.pat` door de optie `-m` in correlation recording.

Maak een kopie van het bestand `cijfers.pat` en voeg hier patronen aan toe (bijvoorbeeld letters van het alfabet, hoofdletters en kleine letters). Hoeveel patronen kunnen stabiel in het Hopfield netwerk opgeslagen worden door middel van projection recording?