



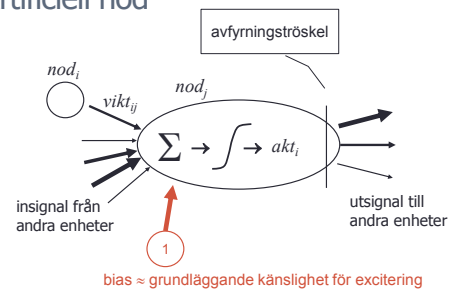
Översikt

- Biologisk neuron
- Artificiell nod/enhet
- Organisering i nät
- Interaktiva nätverk med inhibering
- Övergripande beräkningsprincip
 - 'Parallel constraint satisfaction'

Syftet med återstående föreläsningarna

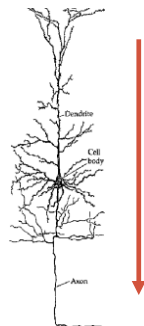
- Förståelse av hjärnans beräkningsprinciper är en viktig hörnsten inom kognitiv neurovetenskap
- Viktigt att ni får inblick i
- Neuronen och hur dessa organiseras i nätverk
- Lärande utan övervakning
- Lärande med övervakning + kombinerat lärande
- Övergripande beräkningsprinciper
 - Hur olika delar av hjärnan samarbetar
 - Insikt om kognitiva mekanismer

Artificiell nod

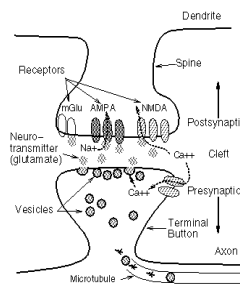


Neuronen som detektor

- Aktiveras när en komplex kombination av vissa förhållanden stämmer
- Utsignalen är kombinerad effekt av *alla* insignaler
- Tröskel vid början av axonen
 - Ska information skickas vidare eller inte?



Kommunikation



- Ca^{2+} triggat behållare med signalsubstans i sändande cellen
- Signalsubstansen fångas upp av mottagarneuronen
- Dedicerade jonkanaler öppnas längs dendriten
- Joner strömmar in/ut
- Cellens membranspänning förändras

Jonkanaler

- Specialiserade för olika joner
 - Tillåter just dessa joner att vandra in/ut ur cellen
- Öppnas och stängs genom
 - Närvaron av signalsubstans (för insignaler)
 - Spänning över tröskelvärde (för utsignaler)
 - 'Voltage gated channels'

Olika funktioner

- Glutamat öppnar Na^+ -kanaler → **excitering**
- GABA öppnar Cl^- -kanaler → **inhibering**
- K^+ -kanaler → **avklingning**
- Ca^{2+} → **lärande**

Jonrörelser

Tre krafter som påverkar jonflödet in/ut genom mottagarens jonkanaler

1. Fysikaliska diffusionskrafter
2. Natrium-kalium pump
3. Elektriska spänningsfält

Diffusion

- Olika ämnen strävar efter jämn spridning i ett slutet system
 - Vandring från ställen med hög koncentration till ställen med låg koncentration
- Neuronen befinner sig i en lösning som innehåller
 - Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} -joner
 - Olika koncentrationer innanför och utanför neuronerna
 - **Skillnaderna skapar ett diffusionstryck**
 - Jonerna vill antingen vandra in eller ut ur neuronerna beroende på hur just den jonens koncentration är fördelad mellan inne och ute

Natrium-kalium pump

- Pumpar aktivt ut Na^+
- ... och suger in lite K^+



- Skapar obalans
- Sidoeffekt
 - Vandringen av andra joner påverkas indirekt av förändringen av spänningsfält som pumpen orsakar

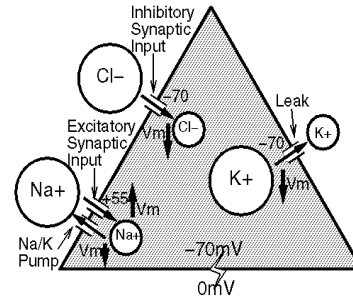
Spänningsfält

- Uppstår när obalans mellan *laddade* partiklar innanför/utanför cellen
- Driver/stoppar ström genom cellmembranet
 - Normalt sett brukar ström innebära elektronvandring
 - Nu är ström = vandring av joner
- Motverkar/samverkar med diffusionskraften

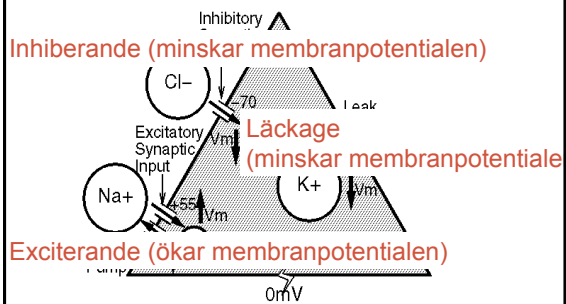
Jonvandringar

- Jonvandring när
 - Jonkanal öppen och
 - Spänningsskillnad/diffusionstryck som driver på
- Ingen jonvandring när
 - Jonkanal stängd eller
 - Vändpotential för jonen uppnåtts
 - Spänningsskillnad och diffusionstryck tar då ut varandra för just dessa joner

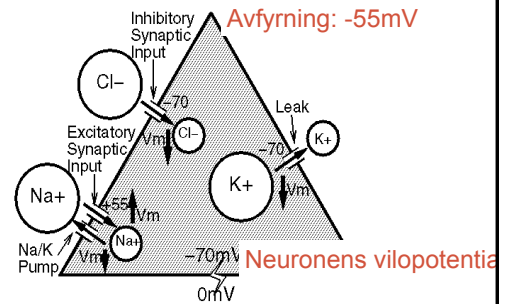
Olika vändpotential



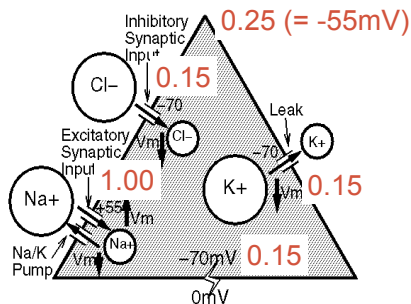
Olika vändpotential



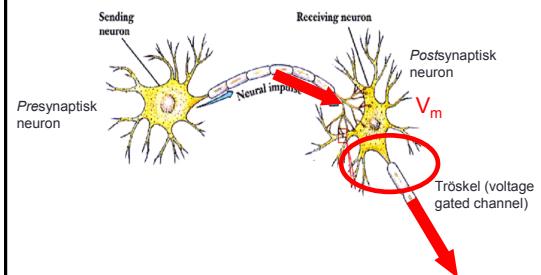
Olika vändpotential



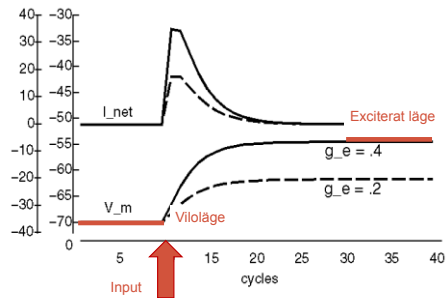
Olika vändpotential



Om tillräcklig membranpotential...



Jämviktslägen: vilo, exciterat läge



Exciterat läge

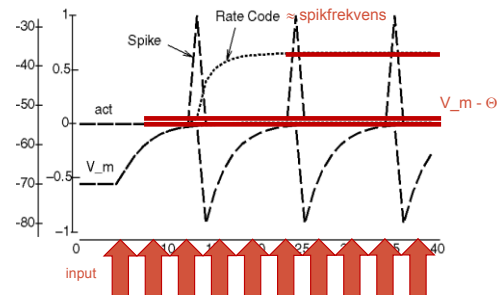
- Hur mycket Na^+ som åker in i mottagarcellen beror på $\bar{g}_e$ Hur många Na^+ -kanaler det finns på cellkroppens yta
 - g_e Hur många av dessa har lyckats öppnas av glutamat (dvs. hur mycket glutamat har sprutats på cellens dendriter)
 - E_e Vid vilka elektriska förhållanden avstannar Na^+ -invandring
- $$g_e \bar{g}_e E_e = \text{Na}^+\text{-invandring i cellkroppen}$$

Avfyrar när jämviktspotential > tröskel

net inhibering och avklingning

$$0.25 < V_m = \frac{g_e \bar{g}_e E_e + g_i \bar{g}_i E_i + g_l \bar{g}_l E_l}{g_e \bar{g}_e + g_i \bar{g}_i + g_l \bar{g}_l} \quad (\text{formel 2.9 i OM})$$

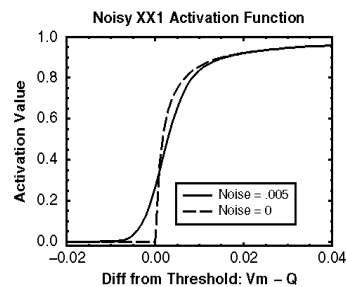
Spikar



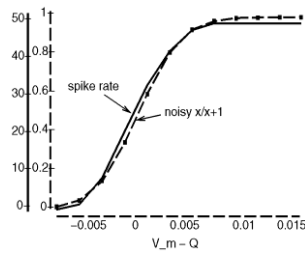
Aktivering av artificiella noder

- Flesta hjärnceller använder 'rate code'
 - Stark input → täta spikar
 - Svag input → glea spikar
- Artificiell nod:
 - Stark input → (täta spikar) → hög aktivering
 - Svag input → (glea spikar) → låg aktivering

Vill kunna hoppa från input till slutaktivering

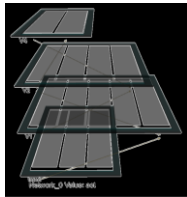


Spike rate $\approx XX1$



Nätverk av noder

Artificiella noder organiseras i lager

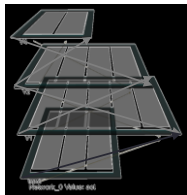


- Lager
 - Repr. t.ex. hjärnområden
 - Grupp av noder som utför en viss beräkning
- Tävlan inom varje lager
 - Endast k st får vara aktiva
- Kopplingar
 - Finns alltid åt båda hållen
 - Input summeras över alla inkommande kopplingar

Dubbelriktad kommunikation

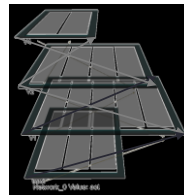
- Interaktiv aktivering
 - Lagren interagerar under beräkningens gång
- Eftersom mycket liten fördröjning mellan beräkningssteg, hinner skicka feedback och påverka sin egen input
- Förhandling mellan alla beräkningssteg
 - Ord kan aktiveras och kan påverka bokstavs nivå, trots att bokstäverna ännu inte känts igen
- Tävlan inom varje lager

Bearbetning i cykler



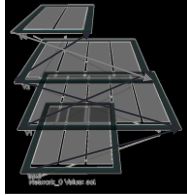
- Cykel1:
- Input skickas till V1

Bearbetning i cykler



- Cykel1:
- Input skickas till V1
- Cykel2:
- V1 skickar vidare till V2
 - Input fortsätter skicka till V1

Bearbetning i cykler



Cykel1:

- Input skickas till V1

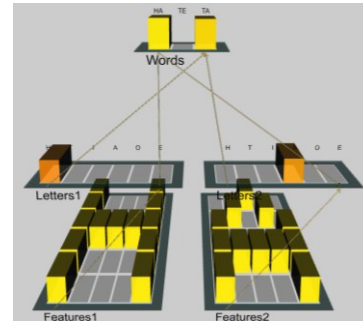
Cykel2:

- V1 skickar vidare till V2
- Input fortsätter skicka till V1

Cykel3:

- V2 skickar vidare till V4
- V2 skickar feedback till V1
- Input fortsätter skicka till V1

Word superiority effect

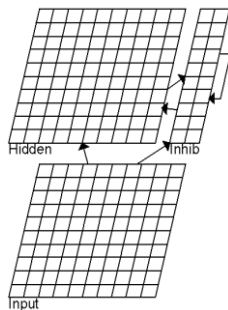


Inhibering och kWTA

Inhibering

- Neural aktivering som minskar sannolikheten för att mottagande neuronerna ska avfira
 - Signalsubstansen GABA-A el. GABA-B
- Ungefär 15 % av de kortikala neuronerna är inhibitoriska
 - Verkar (i huvudsak) lokalt, dvs. skickar signal till kringliggande neuroner i samma hjärnområde

Kombinerad inhibering



Inhibering

- Ett måste för att hålla ett dubbelriktat nät inom tyglar
- Feedforward inhibering
 - Inhiberande lagret aktiveras samtidigt med det lager som ska inhiberas
- Fördel: snabb inhibering som snabbt kyler ner det andra lagret
- Nackdel: Nivån är inte anpassad till andra lagrets aktiveringsnivå
 - I värsta fall "dödas" aktivering i alla noder

Fixpunkt hos mållagret

- Feedback inhibering
 - Aktiveras från mållagret
 - Anpassat till mållagrets aktiveringsnivå
 - De två lagren svänger in sig
 - När aktiveringen ökar i mållagret, ökar även aktivering av inhiberande lagret, och därför inhiberingen, vilket trycker tillbaka mållagret
- Fixpunkt (set point), så att mållagrets aktivering alltid ligger kring denna punkt

Var ligger lämplig fixpunkt?

- Bestäms av inhiberande vikterna
- Två sätt att hitta lämpliga inhiberande vikter
 1. Ställa in vikterna genom många varv av inläring
 2. Beräkna lämplig nivå i ett steg, och tillämpa direkt på mållagret (skippa de inhiberande lagren och alla dess vikter)
- Senare alternativet spar en massa beräkningar

Inhibering i Leabra++

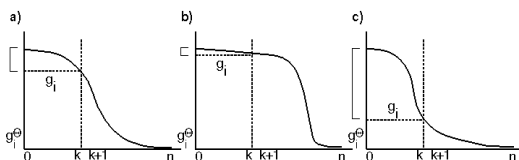
- I Leabra har man valt att beräkna
 - Inhibering inbakat i beräkningen av lagrens aktiveringsnivåer
 - Normalt sett finns inga inhiberande noder i nätet
- Kan därmed styra aktiveringsnivån hos olika lager
- Ytterligare fördel
 - Nätet behöver inte svänga in sig
 - Snabbare beräkningen av slutlig aktiveringsnivå

kWTA (k Winners Take All)

Algoritmen för kWTA i LEABRA:

- Sortera noderna efter aktiveringsnivå
- Titta på noderna k och $k+1$
 - Beräkna den inhibering som skulle krävas för att trycka ner dessa noder till sina tröskelvärden: g^0_k och g^0_{k+1}
 - Välj en inhibering som ligger mellan dessa nivåer

kWTA



- Helst ska inhiberingsnivån ligga närmare g^0_{k+1} , så att k överlever med god marginal (går att ställa in)

Net_in i LEABRA

- Variabeln `net_in` i LEABRA avspeglar **endast positiv input** till noden
- Den negativa motsvarigheten, dvs. inhiberande input används implicit
 - Samlas i `g_bar_i` för explicit inhibering (`UNIT INHIB`)

Constraint satisfaction

Constraint satisfaction

- Multidimensionellt problem med flera variabler
 $z^2 = x^2 + y^2$
- Constraints: $z > 0$, $x, y \in [0, 1[$
- Variablers värde motsvaras av aktiveringsmönster hos olika lager i ett neuralt nät
- Sambandet mellan variablerna (formeln) motsvaras av nätets struktur och vikter

Constraint satisfaction

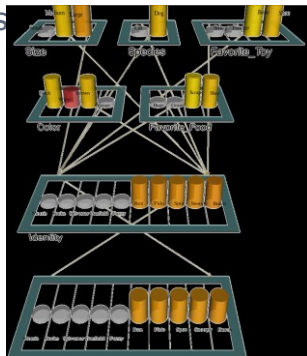
- Begränsningarna på variablerna motsvaras av input till nätet
- Normalt sett behövs tunga, avancerade sökalgoritmer för att hitta en lösning
 - Ju fler constraints, desto tyngre beräkning
- Neurala nät erbjuder ett alternativ
 - Lösningen uppstår som resultatet av ömsesidig förhandling mellan lagren/noderna
 - Parallell sökning

Stabila lägen och attraktorer

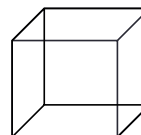
Förutsätter:

- Återkopplade nät
- Symmetriska excitatoriska vikter
- Inhibering för att nätet inte ska överaktiveras
 - Skulle annars få total aktivering av nätet, dvs. en enda stor attraktor
- Helst sigmoidal (S-formad aktiveringsfunktion)
 - Brant S-form ger "antingen-eller-noder" (0 eller 1)

Cats and dogs



Necker-kuben



Angående labbarna

Rekommenderad arbetsgång för labbarna

- Genomförs i smågrupper (2 studenter)
- Kom förberedd till labben
 - Läs teoridelarna före labben
 - Hoppa över instruktioner till övningsuppgifterna (dessa är ännu inte uppdaterade i boken)
- Instruktion till övningsuppgifterna finns elektroniskt (inbakat i själva övningarna som laddas ner från nätet)

Ordning på projekten

- Finns flera övningsexempel i varje kapitel i boken
- Följ den ordning som finns i boken
 - Dvs. läs teori
 - När det står 'Öpen xxx.proj'
 - Öppna projektet
 - Gå över till att läsa instruktionerna i elektroniska projektet (boken är inte uppdaterad)

Bibliotek: Dokument

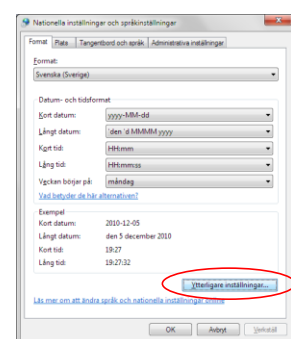
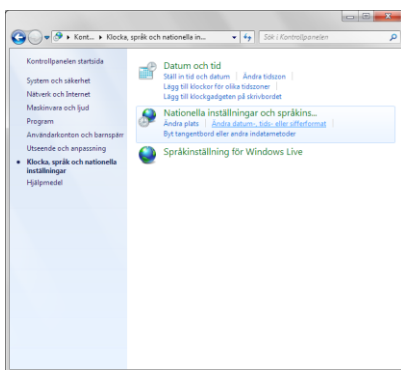
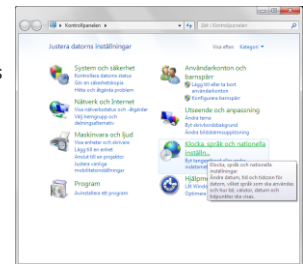
chapter_2

Namn

- adapt_thr.proj
- detector.proj
- DetectorNet.wts
- self_reg.proj
- spike_rate.proj
- unit.proj**

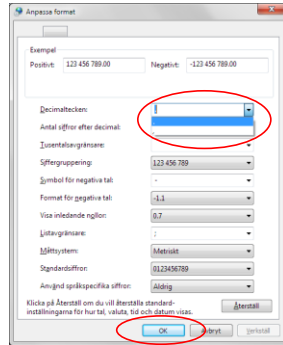
Omställning av sifferformat

- Projekten innehåller siffror på formen 1.2
- Måste ställa om datorns sifferformat:
 - Gå in i Kontrollpanelen (Control panel)
 - Välj Nationella och regionala inställningar (Regional settings)
 - Välj Engelska som sifferformat.



Ställ om

- Decimaltecken



Emergent

