

1. Ein-/Ausgabegeräte

Datenraten der MMK deutlich unter den „normalen“ Datenraten. (100 - 300.00 KByte/s vs. 0.01 (Tastatur) - 40 (hören) und 20.000 (sehen)(beides nur Input)).

1.1. Eingabegeräte

1.1.1. Tastatur
QWERTZ vs. Dvorak (typewriting vs. Ergonomie)

Row-Scanning Tasten in einer Matrix angeordnet. z.B. 6×17 . Zur Abfrage werden die Spalten seriell auf high gelegt und die horizontale überprüft.

Vorteile:

- weniger Leitungen ($6 + 17 = 23$) statt $6 * 17 = 102$ (Tastenzahl), wobei nur 6 Stk. auf ihren Pegel geprüft werden müssen.
- Tasten können beliebig belegt werden.

Nachteile:

- Reaktionsgeschwindigkeit. Es müssen nacheinander $\max(6, 17)$ Leitungen geschaltet werden.
- somit niedrigere mögliche Anschlagrate „typematic-rate“ (typical: 2-30 Hz)
- Verarbeitungsaufwand im Rechner, somit Erhöhung des typematic Delay (Zeit zwischen Tastendruck und Controller-Ausgabe) (typ: $\delta t = 10ms - 1s$).

Dimensionierung: $\Delta t_{\max} * r * N_E = 1$

Prelleffekt Ursache: schneller Pegelwechsel zu Beginn/Ende eines Schaltvorganges.

Lösung: Entprellschaltung durch RS-Flipflop, oder Totzeit (via Controller \Rightarrow Erhöhung typematic delay)

1.1.2. Maus
Opto-mechanische Maus Kontaktkugel, zwei orthogonale, horizontale Walzen an Lochscheiben, Auswertung anhand der Phasen (evtl. Verschiebung \Rightarrow 2 Lichtschranken)

Ortsauflösung: $r_0 = D \frac{d_{\text{Lochscheibe}}}{d_{\text{Sch.achse}}} \left[\frac{\text{Anz. d. Auslöser}}{m} \right]$

Optische Maus Bestimmung des optischen Flusses zweier aufeinander folgender Bilder; 16×16 Pixel; > 1000 dpi; bis 1500 Hz;

$$V_{\max} = \sqrt{v_{h \max}^2 + v_{v \max}^2}$$

Trackball Auf dem Rücken liegende opto-mechanische Maus.

Spacemouse 3D Eingabegerät, Puck der sich drehen, neigen, ziehen und schieben, Dehnungsmessstreifen Controller Computer

1.1.3. Joystick
auf Bodenplatte befestigter Stick, analog(poti), digital(taster), isometrisch(DMS) (keine Auslenkung)

1.1.4. Touchscreen - TS
Abstand zwischen Darstellungsebene und Berührungsebene \Rightarrow Parallaxenprobleme, allgemein robust (keine beweglichen Teile)

optischer TS Reihe von IR-LED am Displayrand, ggü. Fotosensoren, Gitter unsichtbarer Lichtstrahlen (Opto-Matrix), Lokalisationsungenauigkeit wg. Schattenwurf

akustischer TS Piezoelektrische Sender/Empfänger, Signalmuster im MHz Bereich wird vom Sender in gerichtete Ultraschallwellen, x,y Koordinate aus zeitlicher Lage der Dämpfung, aus Dämpfung kann Andruckkraft ermittelt werden

Resistiver TS 2 durchsichtige, gegenüberliegende, leitfähige Schichten; Isolierpunkte; Spannungsteiler; abwechselnd x,y; häufige Spannungswechsel \Rightarrow elmag. Störfeld;

$$x_1 = \frac{U_{x1} + u_{y2}|x}{U_{x1} - U_{x2}} x \quad y_1 = \frac{U_{y1} + U_{x2}|u}{U_{y1} - U_{y2}} y$$

$$x_2 = \frac{U_{x2} + U_{y2}|x}{U_{x2} - U_{x1}} x \quad y_2 = \frac{U_{y2} + U_{x2}|y}{U_{y2} - U_{y1}} y$$

Kapazitiver TS leitend beschichtete Glasplatte; Strom an 4 Ecken; Finger absorbiert Strom; Berührungsposition aus Verhältnissen der Ströme (und R der Glasplatte);

Piezoelektrischer TS an 4 Ecken Piezoelement; abfallende Spannungen \Rightarrow Position; Summe der abfallenden Spannungen \Rightarrow Druck;

Grafiktablett elmag. Abtastmechanismus, Gitter von Drähten, Multiplex, Kabel an Griffel / Schwingkreis in Stift (passiv);

1.1.5. Scanner
opt. Abtastung; Orts- und Helligkeitsdiskretisierung; Farbe in 3 Werten; $3 * 8 \text{ Bit} \Rightarrow 24 \text{ Bit Farbtiefe}$;

CCD Matrix, lichtempfindliche SiZellen; Lichtquant; sequentielle Auslesung (Spg an Nachbarzellen) limitiert Auslesegeschwindigkeit; Blooming-Effekt (überbelichtete Zellen \Rightarrow überb. Streifen in Ldgtransportrichtung);

PMT Photokathodenschicht; Dynoden; steigendes Potential;

Flachbettscanner gläserne Auflagefläche; CCD; zeilenweise Abtastung; bis 2k4 dpi; kostengünstig; versch. Vorlagedicken;

Trommelscanner bis 10k dpi; Vorlage auf Trommel spannen; kollimierter Lichtstrahl; Spiegeleinheit; Linsen-Spiegelsystem; PMT/Lichtstrahl;

1.1.6. Videokamera
Früher Röhren; CCD; 1/3 Chip (Farbfilter/Prisma); kostengünstig/Auflösung & Farbreinheit; progressiv(Vollbild / Abtastzeitpunkt) oder interlace (Halbbild / Ab); Zukunft: IC, schneller Auslesung, Preis, hohe Dynamik;

1.1.7. Mikrophon
Luftschaall in elek. Signal; versch. Richtcharakteristiken; Tauchspule/Bändchen/ Kondensator/ Kohle/ Piezo;

1.2. Ausgabegeräte

1.2.1. Video Röhrenbildschirm CRT; Helligkeit Geschw.Variation; farbe: 3 El.Kanonen treffen auf RGB Phosphore; Lochmaske; hohe Farbsättigung & Farbbereich & Kontrast; Flimmern durch raschen Helligkeitsverlust; Interlacing reduziert Flimmern; kugelförmige Wölbung;

Flüssigkristall-Zelle LCD; LC zwischen 2 Glasplatten; Glasplatten aussen elek. leitend; Abstand $5 \mu m$; 90° gedrehte Polarisationsfilter; Glasplatten mit Richtungsstruktur; normally white / black; mode; Lichtquelle: LED / Leuchtstoffröhren, bzw. Reflektiv-LCDS;

Passives Matrix Display horizontales + vertikales Drahtgitter zwischen Polaris.filter; Rückstellzeit \Rightarrow schlieren; native Auflösung; Farbe durch benachbarte Monochromzellen; Farbfilter Durchlassfilter mit endliche Bandbreite; schlechterer Kontrast als CRT;

aktives TFT-LCD Thin Film Transistor; TF / Pixel; source zeilen, gate spalten verbunden; verschiedene Graustufen; Polarisation rascher als passive;

Plasma Display Plasma = fast vollständig ionisiertes Gas; Drahtgitter zur Plasmazellensteuerung; Bild \Rightarrow Zellen werden gezündet; UV \Rightarrow Szintillatoren \Rightarrow sichtbares (monochromatisches) Licht; hohe Farbbrillanz/Sättigung; versch. Helligkeit durch PWM;

1.2.2. Audio Lautsprecher Schwingspule, Spinne, berührungsfrei zwischen Dauermagnet;

2. Menschliche Sinnesorgane

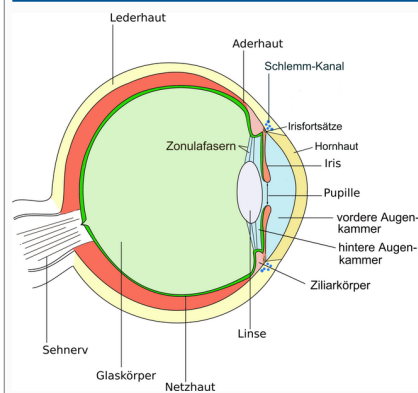
Auge 87% , Ohr 10% , Rest 3%;

2.1. Sehen

2.1.1. Das Auge
Hornhaut; Pupille; Iris (hell/dunkel Adaption); Ziliarmuskel; Linse (Fokus); Glaskörper; Retina (optisch aktive Elemente, $1 - 2 * 10^8$ Rezeptoren) mit Fovea centralis (höchste Zapfendichte) und blindem Fleck; Sehnerv (10^6 Nervenfasern); Aderhaut; Lederhaut;

$$\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{h}{2l} = \frac{h_z}{x d_{\text{Auge}}} \quad h_z = \sqrt{\frac{1}{D}}$$

$$D_{\max} \approx 1,4 * 10^{11} m^{-2} \quad D_{\min} \approx 5 * 10^9 m^{-2}$$



Prinzip des Sehens ca. $380-750nm$ ($4 * 10^{14} Hz - 7,5 * 10^{14} Hz \approx 1$ Oktave; $\lambda = \frac{c}{f}$); 100dB; spektr. Empf. je nach Adaption: Tagsehen / photopische Sehen / Farbbeurteilen bzw. Nachtsehen / scotopische Sehen; Sakkade \Rightarrow fovea centralis;

2.1.2. Psychooptische und physik. Messgrößen
 $1cd \cong$ Lichtstärke eines monochromatischen Strahles mit $f = 5.4 * 10^{14} Hz$ und der Strahlungsstärke von $\frac{1}{683} \frac{W}{sr}$

Psychooptik		Physik	
Bezeichnung	Einheit	Bezeichnung	Einheit
Lichtstärke I_v	cd (Candela)	Strahl.stärke I	$\frac{W}{sr}$
Leuchtdichte L	$\frac{cd}{m^2}$	Strahl.dichte L_Ω	$\frac{W}{sr m^2}$
Lichtstrom Φ_v	$lm = cd sr$	Strahl.leistung P	W
Lichtmenge Q_e	$lm \cdot s$	Strahl.energie E	$J = Ws$
Beleucht.stärke E_v	$lx = \frac{lm}{m^2}$	Bestrahlg.stärke E	$\frac{W}{m^2}$
Belichtung H	$lx \cdot s$	Energiedichte w	$\frac{J}{m^2}$
$Lichtausbeute \mu = \frac{Lichtstrom}{Strahlungsleistung} 1 \frac{lm}{W}$			

2.1.3. Farbsehen
Stäbchen sw, hohe Konz ($1.2 * 10^8$), Nachtsehen; S-Zapfen Blau 430nm, M-Zapfen Grün 530nm, L-Zapfen Rot 560nm, 1:10:10, insg. $7 * 10^6$;

2.1.4. Gesichtsfeld
volles Farbbeurteilen nur im Überlappungsbereich der Farbzonen; primäres Gesichtsfeld horiz. $-15^\circ < \theta < +15^\circ$ und vert. $-17^\circ < \phi < +14^\circ$; $3D: -55^\circ < \theta < 55^\circ$

2.2. Farbmischung

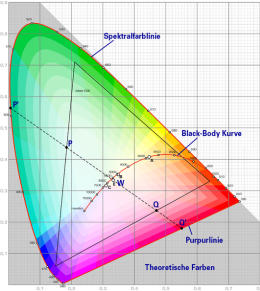
Arten der Farbmischung

Additiv aktive Primärstrahler; RGB;

Subtraktiv CMY ; Absorption best. Prim.farben; Ausgegangen wird von einer weiß beleuchteten Oberfläche;

Farbwürfel Grundfarben, Mischungen, s/w definieren Ecken; $(R, G, B)^T = (1, 1, 1)^T - (C, M, Y)^T$;

2.2.1. CIE



Normfarbtafel nach C.I.E Ziel: Farbeindruck sämtlicher spektraler Farben durch additive Überlagerung dreie monochromatischer Strahler nachzubilden; $\lambda_{R,CIE} = 700nm$, $\lambda_{G,CIE} = 546.1nm$, $\lambda_{B,CIE} = 435.8nm$ sog. Normvalenzen; Im Bereich $350nm < \lambda_R < 540nm$ negativ; \Rightarrow nachzubildende Farbe mit rot überlagert; \Rightarrow es ist nicht möglich, alle wahrnehmbaren Farben mit nur drei Primärstrahlern nachzubilden;

Virtuelle Normvalenzen Uneigentliche Farbmischung; $X(r)$, $Y(g)$, $Z(b)$; exist nicht real durch add. Farbmischung, können aber jede wahrnehmbare Farbe darstellen;

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.2 \\ 0.177 & 0.813 & 0.01 \\ 0 & 0.01 & 0.99 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{CIE} \\ G_{CIE} \\ B_{CIE} \end{pmatrix}$$

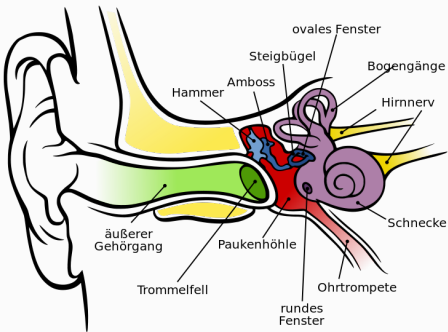
Daraus ergibt sich $z = 1 - (x + y)$; Die Farbeindrücke durch elmag Wellen best. F, befinden sich auf Begrenzungsline der Fläche. Im Inneren befinden sich sämtliche Mischfarben, die durch Mischung der x und y Valenzen erzeugen lassen; Weißpunkt im schwerpunkt; Luminanznormierte Normkarte:

$$x + y + z = 1 \\ \Rightarrow z = 1 - (x + y)$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

2.3. Hören

2.3.1. Das Ohr Außenohr (Ohrmuschel & Gehörgang); Mittelohr (Trommelfell, Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) & Eustachische Röhre) - Wandlung von Luftschwingung in mech. Schwingung; Innenohr (Steigbügel über ovale Fenster in mit Flüssigkeit gefüllte Schnecke) Impedanzwandlung von Luft zu Flüssigkeit; Basilarmembran: Haarzellen (25k - 30k Rezeptoren) wandeln Schwingung in el. Nervenimpulse, Frequenz-Ort-Wandlung, Zerlegung in Frequenzanteile \Rightarrow Hörnerv (30k Nervenfasern) \Rightarrow Hirn

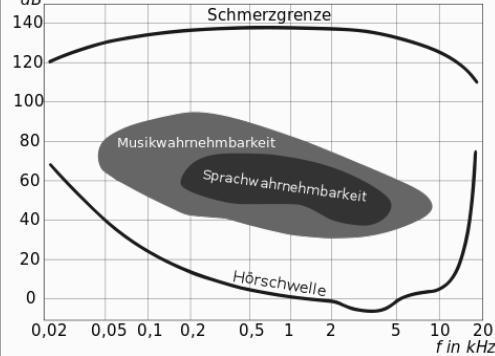


2.3.2. Psychoakustik

Empfindlich von etwa 20 Hz - 20 kHz (\approx 10 Oktaven); starke Dämpfung für sehr niedrige und sehr hohe Frequenzen; Resonanzfrequenz des Gehörgangs bei ca. 3...3.4kHz; Lautenheit in [sone] 1 sone \triangleq Lautheit eines 1kHz Sinustons mit 40 dB Verhältnistonenhöhe [mel] 1000 mel \triangleq 1000Hz

Psychoakustik		Physik	
Bezeichnung	Einheit	Bezeichnung	Einheit
Tonheit Z	Bark	Frequenz f	Hz
Verhältnistönh. V	Mel	Schalldruck p	$\frac{N}{m^2} = Pa$
		Schallschnelle v	$\frac{m}{s}$
		Schallintensität I	$\frac{W}{m^2} = \frac{N}{s \cdot m}$
Lautstrk.pegel L _n	Phon	Schalldruckp. L	dB
Lautheit N	sone	Schallleist. P _{ak}	$W = \frac{N \cdot m}{s}$
Bezugsschalldruck p ₀ = 2 · 10 ⁻⁵ $\frac{N}{m^2}$ = 20μPa			
Bezugsintensität I ₀ = 1.0 · 10 ⁻¹² $\frac{W}{m^2}$			

Hörfäche Bewertungsfilter mit gleichem Lautstärkeindruck (A, B, C, D - da nichtlinear zur Lautstärke); Lautheit Z in Sone ist angepasstes Schema; dB



Frequenzgruppen (24) begrenzte Auflösung des Gehörs; jede F.gruppe nimmt gleiche Länge auf Basilarmembran ein (1,3mm - unter 500 Hz = 100Hz, drüber kleine Terz 1,19 der Mittenfrequenz); Bark-Skala; 1.31 Bark = 131 mel = 131 Hz; Blätterrauschen in Ferne L = 10dB, Düsenjäger in 30 m L = 140dB;

Verdeckungen Hörschwelle bei Störschall (Maskierer); Spektrale: verbreitet sich mit steigendem Pegel überproportional; Zeitliche: Vorverdeckung; Simultanverdeckung; Nachverdeckung (einige hundert ms); Kompression: Mithörschwelle über Verdeckungen ermitteln; MP3 ab 160 kBit/s;

3. Dialogsystem

- fortgeschrittene intuitive Ein-/Ausgabetechniken
- Hohes Maß an Interaktivität durch Benutzerfreundlichkeit und ausgeprägte Dialogfähigkeit
- Intelligentes Systemverhalten, selbstständig logische Schlüsse ziehen;

Teilgebiete der KI: Maschinelles Lernen, Bildverstehende Systeme, Expertensysteme, Robotik, Logik und automatisches Beweisen, Natürlichsprachliche Systeme;

3.1. Suchverfahren

Formulierung und Darstellung eines Problems im Zustandsraum; Graphen-Darstellung; Suchbaum;

zyklische Wiederholungen unterbinden (gerichtete Kanten im Baum)

3.1.1. Tiefsuche und Breitsuche

1. einelementige Liste mit Wurzelknoten
2. bis Liste leer / Ziel erreicht:
 - prüfe erstes Element auf Zielknoten bzw. max. Suchtiefe
 - wenn ja, fertig
 - wenn nein, entferne dieses Element und füge all seine Nachfolger an gleicher Stelle / am Ende ein.

Voraussetzung: Elemente der Warteliste werden systematisch erzeugt; Suchtiefe wird geeignet groß festgesetzt / ausgewertete Suchbaum muss gespeichert werden;

3.1.2. Heuristische Suche / A-Algorithmus

Verarbeitung zusätzlicher Informationen; Bewertungsmöglichkeit für Erfolgsaussichten eines bestimmten Pfades; Entscheidungen ordnen; Vielversprechende Alternative zuerst, „dem atm billigsten folgen“; Heuristik besteht in Definition einer geeigneten Bewertung (Kostenfunktion) f(n); z.B.

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

Bewertungsfunktion = Bisherige Kosten + Schätzfunktion (hier: falsche Plättchen)
Falls h(n) = 0 gewählt wird identisch zur Breitsuche

3.1.3. A*-Algorithmus

Schätzfunktion h(n) monoton, d.h. Kosten werden nicht überschätzt; terminiert wenn Zielknoten gefunden und keine geringere Kostenschätzung existiert; A* somit optimaler Pfad; wird die optimale Kostenfkt h1*(n) verwendet, so wird kürzester Pfad auf Anhieb gefunden (sprich: informierte Suche); Liste mit allen Elementen erstellen + sortieren; dem insg. billigsten folgen; nix verwerfen;

4. Logik und Theorembeweisen

Wissen algorithmisch darstellen; Fakten ableiten; Behauptungen bestätigen / widerlegen;

4.1. Logik

4.1.1. Aussagenlogik atomare Aussagen; wahr oder falsch; UND , ODER, NICHT; Implikation \Rightarrow ;

4.1.2. Prädikatenlogik

Analyse und Bewertung von Beziehungen und logischen Verknüpfungen; 1. Ordnung \Rightarrow nur Veränderung von Objekten, nicht Prädikaten; Prädikate und Funktionen, Konstanten, Variablen, Funktionen, Negation, Disjunktion, Konjunktion, Existenz-Quantor, All-Quantor, Implikation, Äquivalenz „In jeder Stadt gibt es einen Bürgermeister“ $(\forall x) \{Stadt(x) \Rightarrow (\exists y) [Mensch(y) \cdot Bgm(x, y)]\}$ Regeln und Zusammenhänge aufstellen; \Rightarrow Regelwerk (Axiome); Frage (Theorem); Beweis durch Wahrheitstabelle oder Umformen der Regeln und Schlussfolgern (Resolution, Unifikation - effektiver);

Umformregeln:

1. Doppelte Negation $\neg\neg A \equiv A$
2. Idempotenz $A + A \equiv A$ und $A \cdot A \equiv A$
3. Kommutativität $A + B \equiv B + A$
4. Assoziativität $A + (B + C) \equiv (A + B) + C$
5. Distributivität $A + (B \cdot C) \equiv (A + B) \cdot (A + C)$
6. De Morgan $\neg(A \cdot B) \equiv \neg A + \neg B$
7. Kontrapositiv $A \Rightarrow B \equiv \neg B \Rightarrow \neg A$
8. $A \Rightarrow B \equiv \neg A + B$
9. $A \Leftrightarrow B \equiv (A \Rightarrow B) \cdot (B \Rightarrow A) \equiv (A \cdot B) + (\neg A \cdot \neg B)$
10. $\neg(\forall x)A(x) \equiv (\exists x)(\neg A(x))$
11. $\neg(\exists x)A(x) \equiv (\forall x)(\neg A(x))$
12. $(\forall x)(A(x) \cdot B(x)) \equiv (\forall x)A(x) \cdot (\forall y)B(y)$
13. $(\exists x)(A(x) + B(x)) \equiv (\exists x)A(x) + (\exists y)B(y)$

4.1.3. Standardformen

Konjunktive Normalform (KNF): $(A_1 + A_2 + \dots) \cdot (B_1 + B_2 + \dots) \cdot \dots$

Disjunktive Normalform: $(A_1 \cdot A_2 \cdot \dots) + (B_1 \cdot B_2 \cdot \dots) + \dots$

Regeln zur Umformung in Normalform:

1. Eliminierung aller Äquivalenzen (# 9)
2. Eliminierung aller Implikationen (# 8)
3. Einziehung der Negation nach innen (#6, #10, #11)
4. Einführung neuer Variablen für jeden Quantifizierer
5. Eliminierung aller Existenz-Quantoren
6. Ausklammern der All-Quantoren und Entfallen dieser
7. Anwendung des Distributivgesetzes zur Transformation in Konjunktive Normalform (#5)
8. Eliminierung der UND-Verknüpfungen durch Auflistung der Klauseln
9. Einführung getrennter Variablen für jede Klausel

4.2. Theorembeweis

4.2.1. Resolutionsverfahren

Gegeben sind zwei Formel der Form:

$$A_1 + A_2 + \dots + A_n + P \\ B_1 + B_2 + \dots + B_n + \neg P$$

wird zu

$$A_1 + \dots + A_n + B_1 + \dots + B_n \equiv R$$

Anwendung beim Theorembeweis:

Geg.: Set von n existierenden und bewiesenen Axiomen $S = \{S_1 \dots S_n\}$; Es gilt T zu beweisenn

Vorgehen: Erweiterung von S zu $S^* = \{S_1 \dots S_n, \neg T\}$ Und Resolutionieren bis leere Klausel erzeugt wird.

Erklärung: Statt Beweis wird Un erfüllbarkeit seines Gegenteils gezeigt.

Tautologie beweisen:

1. Wahrheit auf KNF bringen
2. Gegenteil auf KNF bringen
3. Zeige, dass Gegenteil { } ist.

5. Wissensrepräsentation

effizient speichern; strukturiert darstellen; Menge von Fakten, Regeln, Prozeduren, Modellen, Daten, Heuristiken; interpretierbar mit Hilfe von Repräsentationsmechanismen;

5.0.1. Prädikatenlogik

Aufteilung in Fakten und Regeln; Standardisiert durch KNF; Resolution als Inferenzmechanismus; Formulierung aufwändig und unnatürlich; zwingend Umformung in KNF;

5.1. Produktionsregeln

keine Umformung in KNF; Wenn-Dann bleibt erhalten; Vorwärts-Rückwärtsverkettung als Inferenzmechanismus; Darstellung im UND/ODER-Graphen; Fakten als Blatt, Regeln als Verzweigung;

Vorwärtsverkettung
<div><div>1. Gültige Fakten einkreisen</div><div>2. Suchen nach Regeln, in denen diese Fakten im Bedingungsteil der Regeln vorkommen</div><div>3. Überprüfen ob Aktionsteil der Regeln eingeleitet werden kann</div><div>4. Back to #2</div><div>5. Wenn keine neuen Regeln mehr feuern, überprüfen ob ein Ziel erfüllt wurde</div></div>
Rückwärtsverkettung
<div><div>1. Vorgabe eines möglichen Ziels</div><div>2. Untersuchen der Bedingungen die zum Erreichen dieses Ziels erfüllt sein müssen</div><div>3. Formulierung dieser Bedingungen als neue Teilziele, back to # 2</div><div>4. Falls Ziel wg. Bedingungen nicht erreicht werden kann, back to #1 mit anderem Ziel</div><div>5. Wurden für ein Ziel alle Bedingungen erfüllt ⇒ Finish</div></div>

5.2. Semantische Netze

Graphische Modelle zur Darstellung von Wissen über Beziehungen zw. Objekten; entsprechen etwa Fakten der Prädikatenlogik; Knoten = Objekte; Kanten = Prädikate; Verwendung bei natürlichssprachigen Systemen; keine 2 Knoten gleicher Beschriftung; Richtung der Kanten von Bedeutung;

5.3. Rahmen

Darstellung der Zerlegung von Objekten oder Situationen in ihre Bestandteile; Ähnlichkeit zu semantischen Netzen, wesentlich mächtiger und flexibler; FrameName - zentraler Knoten, Slots - Kanten, Filler - Knoten;

1. Suchverfahren zur Ermittlung von Beziehungen;

2. „Rahmen-Abgleich“; Fakten als Fragezeichen markiert; mit aktuellen Daten auffüllen;

6. Grammatiken

natürlichssprachige Systeme; Modellierung von Dialogen;

6.1. Kontextfreie Grammatiken

CFG; $\mathcal{G} = \{V, T, P, S\}$ mit Variable (Großbuchstaben), Terminale (Kleinbuchstaben), Produktionsregel ($A \rightarrow \alpha$ mit $A \in \{V\}$ und $\alpha \in \{V \cup T\}^*$), Startsymbol;

6.2. Chomsky-NormalForm

CNF; Enthält nur Produktionsregeln, bei denen auf der rechten Seite nur zwei Variablen oder nur ein terminaler Ausdruck steht:

$A \rightarrow BC$ oder $A \rightarrow a$

6.3. Backus-Naur-Form (BNF)

formale exakte Definition von Programmiersprachen; Nichtterminalsymbole werden syntaktische Variablen genannt und durch \langle, \rangle gekennzeichnet; Darst. von Wdh. durch Rekursion;

6.4. EBNF

Erweiterte BNF; Optionen [...]; abgezählte Wdh. 4*;

6.5. Parsing

Satzgenerierung; Produktionsregeln solange anwenden, bis alle Variablen V durch terminale Symbole T ersetzt sind; Parse-Tree; Ambiguitäten;

6.6. Anwendung von Grammatiken in KI

Sprache; Mustererkennung;

6.7. Beispiele

Palindrom-String:

$S \rightarrow aSa|bSb|a * |b*$

Doppelte Anzahl a wie b:

$S \rightarrow A|SA|AS|aSC|CSa|aSD|DSa|bSB|BSb$
 $A \rightarrow Bb|Ca|Da$
 $B \rightarrow aa \quad C \rightarrow ab \quad D \rightarrow ba$

Grammatik-Grammatik:

S (Satz), NP (Nominalphrase), VP (Verbalphrase), PP (Präpositionalphrase), DET (Determinator, Artikel), ADJ (Adjektiv), AUX (Hilfswort), V (Verb), PRE (Präposition) und N (Nomen)

$S \rightarrow NP \text{ VP} | VP \text{ NP}$
 $NP \rightarrow DET \text{ N} | ADJ \text{ N} | DET \text{ NP} | NP \text{ PP}$
 $VP \rightarrow V \text{ NP} | AUX \text{ V} | V \text{ PP} | V \text{ NP} | VP \text{ PP} | AUX \text{ VP}$
 $PP \rightarrow PRE \text{ NP}$
 $DET \rightarrow \text{„der“, „die“, „das“, ...}$
 $ADJ \rightarrow \text{„klein“, „groß“, ...}$
 $AUX \rightarrow \text{„wird“, ...}$
 $V \rightarrow \text{„streichen“, ...}$
 $PRE \rightarrow \text{„in“, „mit“, ...}$
 $N \rightarrow \text{„Junge“, „Hund“, „Hand“, ...}$

7. Automatentheorie

Verarbeitung von Symbolfolgen; Modellierung von Dialogen;

7.1. Automatentypen

7.1.1. Zustandsautomat

Graphenform; bestimmte Anzahl von Knoten (Zustände) und Verbindungen (Transitionen);

$Z = (S, X, T, s_0, \mathcal{F})$

Set mit endlicher Anzahl Zustände, x zulässiges Alphabet für die zu verarbeitende Symbolfolge X, T Transitionsfunktionen, s_0 Anfangszustand, \mathcal{F} ein Set von festgelegten Endzuständen; deterministisch / nicht-d.;

7.1.2. Kellerautomaten

komplexere Grammatiken; Erweiterung mit Stack (LIFO); Transition abhängig von Stack und Eingang; Stack leer ⇒ Folge akzeptiert;

$Z = (S, X, Y, T, s_0, y_0, \mathcal{F})$

Y - zulässiges Alphabet fürn Stack, y_0 Start für Stack, \mathcal{F} leer wenn Endzustand über leeren Stack definiert ist;

8. Dialoggestaltung

Ein-/Ausgabe; Fehlerbehandlung; Fehlertoleranz; Kenntnis der Aufgabe; Benutzergruppen;

8.1. Expertensysteme

komplexes, wissensbasiertes Softwarepaket; Wissensbasis statt Datenbasis; Komponenten zur Pflege und Erweiterung dieser Basis; Schließregeln können neues Wissen produzieren;

8.2. Wissen

informelles, technisches (Algorithmen, Formeln, fixe Formeln, variable Daten), formales (wenn-dann, variable formeln + daten);

8.3. Einsatzgebiete

komplexe Aufgabenstellungen; Diagnoseaufgaben; Konfigurationsaufgaben; Beratungsaufgaben;

8.4. Aufbau

Wissensbasis: Fakten, Regeln, Prozeduren; wichtigste Komponente; Inferenzkomponente: Verarbeitung; Such- Verkettungsmechanismus; Erklärungskomponente: Lösungsweg; graphisch; Debugging; Dialogkomponente: Interface; Wissenserwerbkomponente: effiziente Entlastung des Programmierers; Experten, Entwickler, Anwender;

8.5. Dialogformen

Frage-Antwort; Menüauswahl; Formular; Kommandosprachen; Natürlichssprachlich; Direkte Manipulation; Multimediadialog;

9. Sprachkommunikation

eine der natürlichsten Kommunikationsformen; größtes Potential; bedeutendste & komplexeste Teil: Spracherkennung;

9.1. Klassifizierung

Zuordnung zu Bedeutungseinheiten; Merkmalsextraktion; Merkmalsvektor; Merkmalsraum; Klassen; Training;

9.2. Abstandsklassifikatoren

Distanz eines Mustervektors zu Klasse;

$$m_k = \frac{1}{M_k} \sum_{i=1}^{M_k} r_{k,i}$$
$$d_k(x, m_k) = (x - m_k)^T * W_k * (x - m_k)$$

Trennfunktion:

$d_1(x, m_1) - d_2(x, m_2) = 0$

Gewichtsmatrix W_k entscheidend; m_k wird im Training ermittelt; x gehört zur Klass mit min. Abstand; Quadratischer Abstand: W_k ist Einheitsmatrix; Trennfunktion ist eine Gerade; Mahalanobis Abstand: **Inverse** der Kovarianzmatrix; Abhängig von Klasse; Bestandteil des Trainings; Trennfunktion ist Kegelschnitt (Gerad, Ellipse, Parabel, Hyperbel)

$$W_{K,k} = \frac{1}{M_k} \sum_{i=1}^{M_k} r_{k,i} \cdot r_{k,i}^T - m_k \cdot m_k^T$$
$$A^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

10. HMM und Algorithmen

10.0.1. Markov-Modelle

Abbildung stochastischer Prozesse, deren aktueller Zustand nur vom vorausgegangenen Zustand abhängt; Matrixdarstellung

$$A = p \{ q_{t+1} = s_j | q_t = s_i \}$$

Startzustand q_1 ; Vektor $e = (p(q_1 = s_1), \dots, p(q_1 = s_N))^T$ der Einsprungswahrscheinlichkeit

10.1. HMM

Hidden-Markov-Modelle; statistischer Klassifikator; liefert p dass eine Beobachtung einer best. Klasse zugeordnet werden kann; klassifizieren ganze Sequenzen (dynamische Folgen); „Finde diejenige Klasse, die die Beobachtung $o = (o_1, o_2, \dots, o_t)$ am besten nachbilden kann.“;

10.1.1. HMM

stochastische Version eines endlichen Zustandsautomaten; Zustandsübergänge und Symbolemissionen nicht deterministisch; Beobachtungswahrscheinlichkeitsmatrix; $v = (V_1, \dots, v_M)$ Menge der möglichen Beobachtungen;

$$B = \begin{bmatrix} p(v_1 | s_1) & \dots & p(v_1 | s_N) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p(v_M | s_1) & \dots & p(v_M | s_N) \end{bmatrix}$$

$\lambda = (e, A, B)$
 $p(o|\lambda)$

Von Beobachtungsfolge o kann i.A. nicht auf durchlaufene Zustandsfolge q geschlossen werden (hidden)

HMM - Eigenschaften

Ergodisches HMM Es kann aus jedem Zustand in jeder andere Zustand erreicht werden; A ist voll besetzt
Links-Rechts-HMM keine Rücksprünge; kausal; A hat rechte obere Dreiecksform; Graphisch nach rechts aufsteigend ⇒ Name

10.1.2. Klassifizierung mit HMM

Pro Klasse ein HMM; das HMM welches die größte Produktionswahrscheinlichkeit $p(o|\lambda_k)$ liefert repräsentiert die gesuchte Klasse k_x ;

10.1.3. Training von HMM

Kompensation von Störungen; Bed.: geeignete Parameter λ_k ; Training mit iterativen Verfahren; ⇒ Baum-Welch-Algorithmus

10.1.4. Trellis

Zeitabfolge in Diagramm; Berechnung sehr rechenintensiv ($OPS \ 2T + N^T$); Weg q;

$$p(o|\lambda_k) = \sum_{q \in Q} e_{q1} b_{q1}(o_1) \prod_{t=2}^T a_{q_{t-1} q_t} b_{q_t}(o_t)$$

10.2. HMM in der Spracherkennung

Cepstrum; Merkmalsextrahierung; 12D Merkmalsvektor;

10.2.1. Modelle

Einzelworterkenner vs. fließende Sprache; Phoneme, kleinste bedeutungsunterscheidenden Lauteinheiten; HMM pro Phonem; Pausen;

10.2.2. Training

Zusammenfassung der Phonem HMM zu einem HMM;

10.2.3. Erkennung

Wörterbücher, Grammatiken, Wahrscheinlichkeiten bestimmter Phonemkombinationen, Sprachmodelle für Wortkombinationen;

10.3. HMM-Algorithmen

10.3.1. Vorwärts-Algorithmus

Vorwärts-Wahrscheinlichkeit:

$\alpha_t(i) = P(o_1, o_2, \dots, o_t, q_t = s_i | \lambda_k)$

d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Teilbeobachtung o_i emittiert werden und das sich das HMM zu t im Zustand s_i befindet;

Vorwärts-Algorithmus (Rekursiv)

1. Initialisierung:
 $\alpha_1(i) = e_i b_i(o_1), \quad 1 \leq i \leq N$
2. Induktion:
$$\alpha_{t+1}(j) = \left[\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} \right] b_j(o_{t+1})$$
 $1 \leq t \leq T - 1; \quad 1 \leq j \leq N;$
3. Terminierung
 $P(o | \lambda_k) = \sum_{i=1}^N \alpha_T(i)$

Benötigte OPS : $T * N^2$;

10.3.2. Baum-Welch-Algorithmus

Rückwärts-Wahrscheinlichkeit:

$\beta_t(i) = P(o_{t+1}, o_{t+2}, \dots, o_T | q_t = s_i, \lambda_k);$

d.h. Wahrscheinlichkeit, die restlichen Teilbeob. zu emittieren;

Baum-Welch-Algorithmus (Rekursiv)

1. Initialisierung
 $\beta_T(i) = 1 \quad 1 \leq i \leq N$
2. Induktion
$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)$$
 $t = T - 1, T - 2, \dots, 1 \quad 1 \leq i \leq N$

Wahrscheinlichkeit, dass sich das HMM zu t im Zustand s_i befindet und o emittiert wird; Summe drüber \Rightarrow „alle Aufenthalte im Zustand s_i “

$$\gamma_t(i) = \frac{\alpha_t(i) \beta_t(i)}{\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) \beta_t(i)}$$

Wahrscheinlichkeit, dass sich das HMM zu t in s_i und zu t+1 in s_j befindet; Summe drüber \Rightarrow „aller Übergänge von s_i zu s_j “

$$\xi_t(i, j) = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) \beta_t(i)}$$
$$\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \xi$$

10.3.3. Viterbi-Algo

meist reicht Kenntnis des wahrscheinlichsten Pfades;

Viterbi-Algorithmus

1. Initialisierung:
 $\delta_1(i) = e_i b_i(o_1) \quad 1 \leq i \leq N$
 $\psi_1(i) = 0$
2. Induktion:
$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] b_j(o_t)$$
$$\psi_t(j) = \operatorname{argmax}_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}]$$
 $2 \leq t \leq T; \quad 1 \leq j \leq N$
3. Terminierung:
 $P^* = \max_{1 \leq i \leq n} [\delta_t(i)]$
 $q_T^* = \max_{1 \leq i \leq n} [\delta_t(i)]$
4. Ermittlung der wahrsch. Zustandsfolge:
 $q_t^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*)$
 $t = T - 1, T - 2, \dots, 1$