

Spatio-Temporal Real-Time Analysis of Dynamic Scenes in the RoboCup 3D Simulation League

Diplom-Vortrag II

Tobias Warden warden@tzi.de

Universität Bremen

10. November 2007

- 1 Einführung
 - Motivation der Arbeit
 - Verwandte Arbeiten
 - Umfang der eigenen Arbeit
- 2 Qualitative Abstraktion (vw3d)
 - Modulüberblick
 - Flexible, stabile Segmentierung & Klassifikation
 - Optimierungen für den Betrieb in Echtzeitszenarien
- 3 Analyse dynamischer Fussballszene unter Echtzeitbedingungen (vw3d)
 - Modulüberblick
 - Formale Spezifikation von Bewegungsmuster & deren Nutzung
 - Besondere Merkmale der Mustererkennung
 - Detektions-Ablauf
- 4 Evaluation & Ergebnisse

Grundmotivation

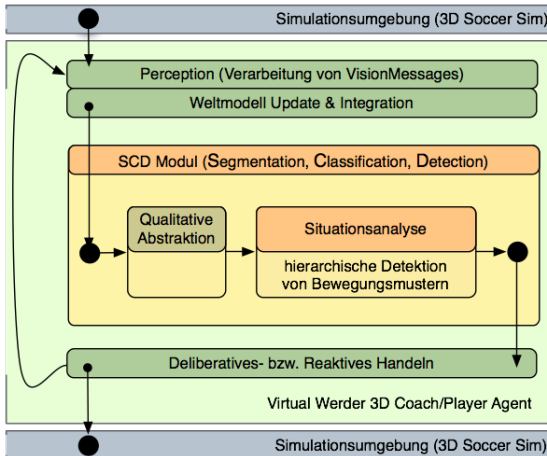
- Motivation/Basis → Virtual Werder 3D Team ('04-'07)
- Agenten verwenden umfassende, aber rein *quantitative* Wissensbasis
 - im wesentlichen: $\langle pos, vel \rangle$ -Tupel für Game Actors
 - hochauflösendes Timing-Modell (per simstep-Aktionen)
 - Kurzzeitgedächtnis, Vorausberechnung & Interpolation
- Wahrnehmung des Spiels als Folge von *diskreten Momentaufnahmen*
- Simulationsszenario in *hochdynamischer Umgebung*
 - Wissen über dynamische Abläufe ist elementar für Spielverständnis
 - Spielrelevante Bewegungsmuster besitzen zeitliche Ausdehnung, interne Struktur
- Keine Ausnutzung von Expertenwissen
- Verhaltens-/Skill-Entwicklung basierend auf *sensorischer Wahrnehmung* nicht intuitiv → Mismatch mit menschlichem Spielverständnis

Auswahl von Vorarbeiten zur Analyse dynamischer Szenen

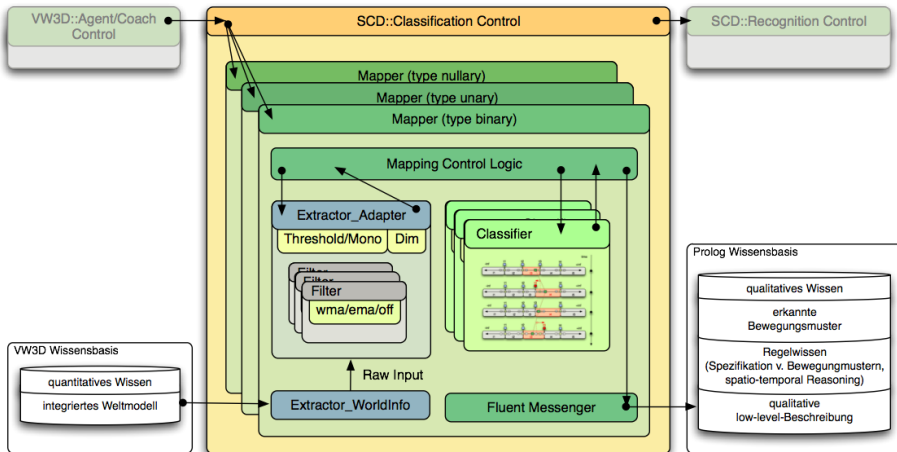
- ⊖ *Probabilistische Erkennung von Footballspielzügen*
→ S. Intille & A. Bobick [IB01]
- ⊖ *Online-Unterstützung von Coaching-Aufgaben, FIPM*
(2D Soccer Simulation '06)
→ M. Beetz et al. [BKL05]
- ⊙ *Analyse dynamischer Szenen im Kontext von Verhaltensvorhersagen*
Agent Team Humboldt (Berlin), 2D Soccer Simulation
→ J. Wendler [Wen03], U. Müller [Mül02]
- ⊕ *Zielneutrale Analyse dynamischer Szenen im TZI*
→ A. Miene [Mie04, MVH04], 2D Soccer Simulation
→ J. Gehrke [Geh05, GLH04], Autonome Fahrzeuge (Proj. ASKOF)

Umfang der eigenen Arbeit

- *Flexibel erweiterbares Modul zur Analyse dynamischer Szenen für das vw3d Framework (→ domänenunabhängiger Kern)*
- *Skalierende, hierarchische und homogene Erkennung von Bewegungssituationen auf Basis angemessener qualitativen Abstraktion*
- Erkennungsumfang: → Sachverhalte, Ereignisse, Aktionen, Aktionssequenzen
- expl. Repräsentation domänenspezifischen Hintergrund-/Expertenwissens
- Adaption bestehender Konzepte mit Hinblick auf *Echtzeit-Anforderungen*
- Ziel → merkliche verbesserte *Grounding Situation* für Coach/Spieler-Agenten durch Pflege einer *qualitativen Wissensbasis*
- umfasst Entwurf eines hybriden Softwaresystems
→ Verbindung von OOP (C++) für qual. Abstraktion mit logischer, deklarativer Programmierung (*Prolog*) für Mustererkennung



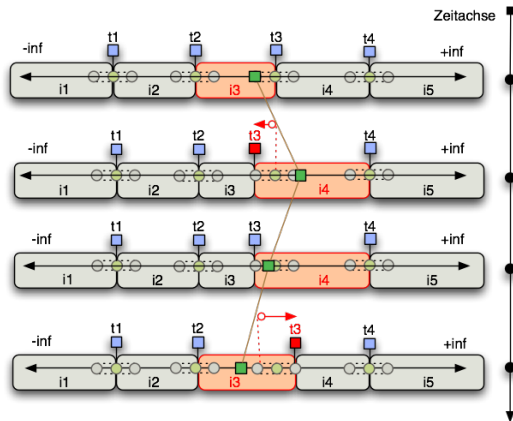
Modulübersblick



Klassifikation (1)

Offener Wertebereich

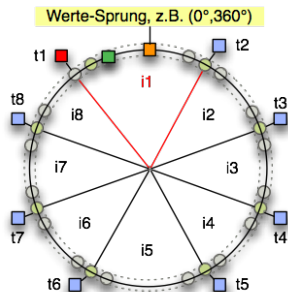
- generisches Grundmodul
- Parametrisierung aus Config
- Unterdrückung von Oszillation durch Hysteresis [SWW05]
- Adaptierbare Schwellwertflexibilität



Klassifikation (2)

Zyklischer Wertebereich

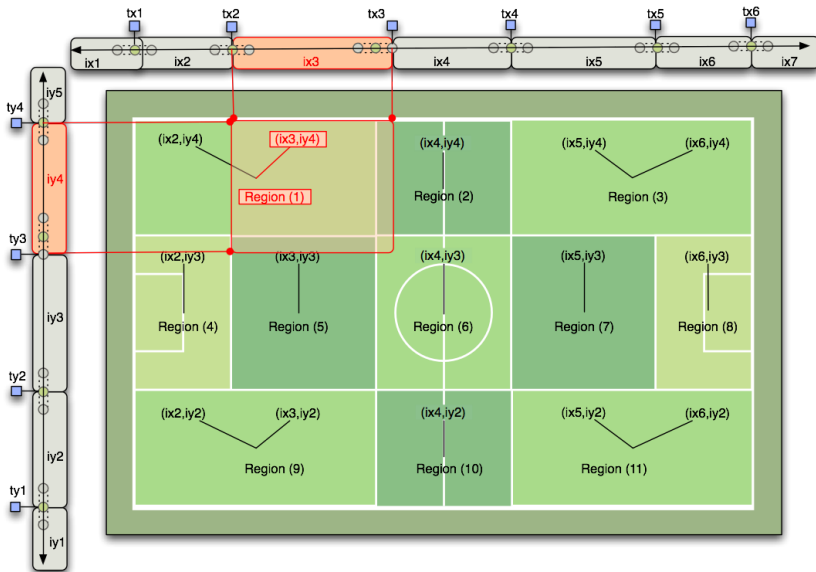
- Adaption Grundkonzept von (1)
- Interne Behandlung der Unstetigkeitsstelle



Klassifikation (3): multivariater Zeitreihen (2D)

- Klassifikation in 2 Stufen (aufbauend auf 1D Fall)
 - 1 Ermittlung von Pseudoklassen für jeden 1D-Wertebereich
 - 2 Mapping des Pseudoklassen-Tupels auf Zielklasse anhand partieller LookUp-Table
- erlaubt Modellierung *heterogener** Spielfeldregionen

Flexible, stabile Segmentierung & Klassifikation



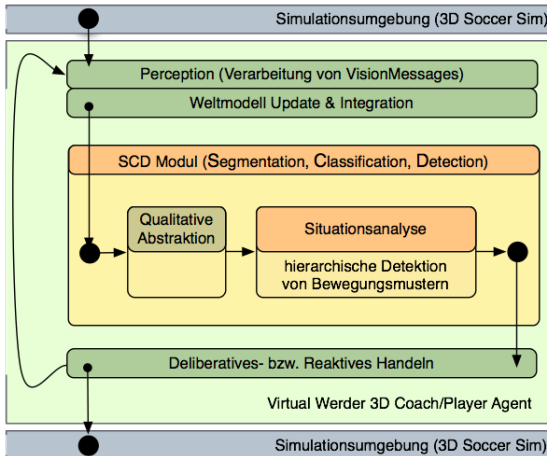
Komplexitätsreduzierung durch Fokussierung

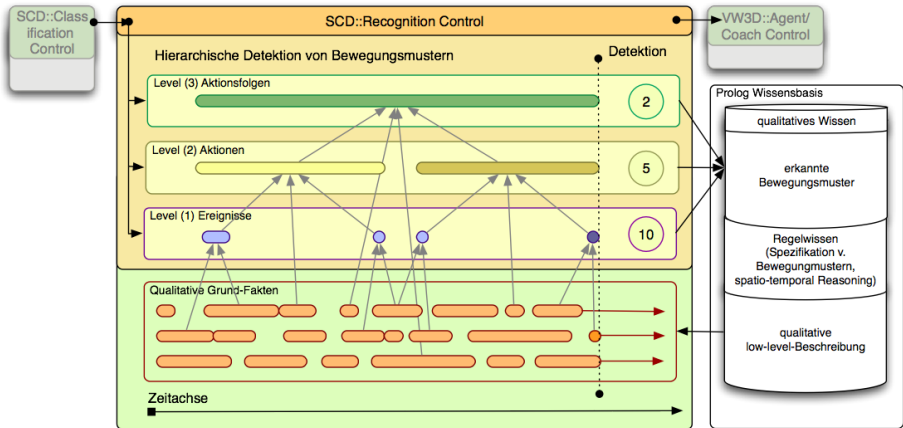
- Aufwand für vollständiges Mapping aller unären und speziell binären Relationen bei 23 Game Actors ($\#rel_{bin} = n \cdot 23 \cdot 22$) nicht vertretbar^a
- aber: Analyse *relevanter Ausschnitte* der dynamischen Szene möglich
→ *Konzentration auf ball-orientierte Ereignisse & Aktionen*
- Umsetzung eines Aufmerksamkeitsbereichs in Radius um *Schlüsselobjekte*
- der Ball ist natürliches *Schlüsselobjekt*
→ unäre Relationen: betrachte alle Objekte im Radius
→ binäre Relationen: betrachte geordnete Paare von Schlüsselobjekt zu obigen Objekten
- Empirisch belegt:
Erkennung geforderter, ballzentrierter Aktionen weiter möglich

^a selbst unter Ausnutzung von Symmetrieeigenschaften

Ausballancierung des Grundpools atomarer Fakten

- Kontinuierliche qual. Abstraktion bedingt stetiges Wachstum des Pools atomarer Fakten
- Musterkennungs-Performanz ist reziprok zur Größe dieses Pools
 - Fakten stellen i.A. für sich genommen kein relevantes Wissen dar
→vielmehr Bausteine komplexerer Bewegungsmuster
 - nur kleine Teilmenge atomarer Fakten (nahe Gegenwart) trägt zur Erkennung bei
 - maximale Dauer erkannter Instanzen für festes Szenario empirisch bestimmbar
- *Alte* atomare Fakten können vergessen werden
- Flexible Vergessens-Verwaltung ist Teil der Klassifikations-Kontrolle
 - Optionale Nutzung (Konfiguration pro Mapper)
 - vertretbarer Overhead durch zusätzlich KB-Manipulation





Erstellung von Bewegungsmustern

- formale Spezifikation von Domänenwissen, aufbauend auf 2D-Erfahrungen, Empirie
- direkte Überführung in lauffähigen Prolog-Code
- Nutzung deklarativer Programmierung
- vollständige Abstraktion von prozeduralem Ablauf des Pattern Matchings

$occurs(kick(shooter, \langle \dots \rangle, ex), \langle s, e \rangle) \Leftrightarrow$

$fact(free_ball, \langle e, inf \rangle)$

$\wedge fact(acceleration(\mathbf{ball}, \mathbf{increasing}), \langle s, e_1 \rangle) \langle \dots \rangle$

$\wedge fact(distance(\mathbf{ball}, \mathbf{shooter}, \mathbf{touch}), \langle s_1, e_1 \rangle)$

$\wedge (Meets(\langle s_1, e_1 \rangle, \langle s, e \rangle) \vee Contemporary_Of(\langle s_1, e_1 \rangle, \langle s, e \rangle))$

$\wedge holds(motion_Dir(\mathbf{ball}, \mathbf{dir}), \langle e, e + 1 \rangle),$

$\wedge holds(orientation(\mathbf{ball}, \mathbf{shooter}, \mathbf{dir}_2), \langle s - 1, s \rangle)$

$\wedge Opposite_of(\mathbf{dir}, \mathbf{dir}_2) \langle \dots \rangle$

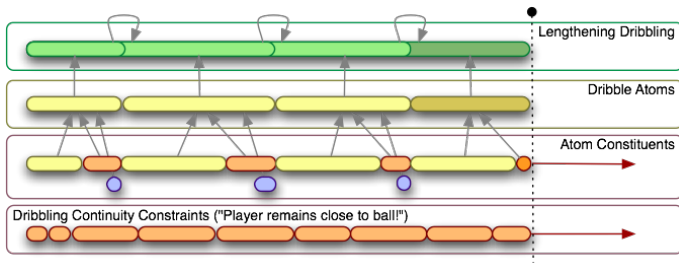
```
occurs_after(_bound, 'ID_exclusive_kick', Result) :-
    % <...> <-- control & management
    % + <rule_body>
    fact('free_ball', _end, 'inf'),
    and fact(acceleration('ball', 'increasing'), _start, _) % <...>
    and fact(distance('ball', _shooter, 'touch'), _s1, _e1)
    and ( ( int(_s1, _e1) meets int(_start, _end) ) or
          ( int(_s1, _e1) contemporary_of int(_start, _end) ) )
    and succeeds(_end, _after)
    and holds(motion_dir('ball', _dir), _end, _after)
    and succeeds(_before, _start)
    and holds(orientation('ball', _shooter, _dir2), _before, _start)
    and (_dir opposite_of _dir2) % <...>
    % - </rule_body>
    % <...> <-- knowledgebase manipulation (storage of facts...)
```

Explizite Behandlung von mehrdeutigen Erkennungsergebnissen

- Erkannte Aktionen sind nicht immer eindeutig einem Scene Actor zuzuordnen
- Bsp: mehrere Agenten am Ball, Schuss wird mehrfach erkannt
 - Problempropagierung auf nächsthöhere Ebene (z.B. Pass)
 - Erkennung *möglicher Szenarien* statt *sicherer Sachverhalte*
- Wendler et al. [Wen03, Mül02] ignorieren das Problem, Miene [Mie04] belegt erkannte Schussinstanzen mit Wahrscheinlichkeiten
 - Problem: Mustererkennung aber ausgelegt für *kategorisches Wissen*
- Lösung durch Klärungsmuster, d.h. mehrstufige Schusserkennung
- Rückzug auf schwächere, aber sichere Aussage
 - Schuss von Agentengruppe (*Common Kick*)
 - erlaube Nicht-Monotonie: Löschung zunächst erkannter Einzelschüsse
- Ergebnis: Situation geklärt bevor Erkennung auf höherer Ebene fortschreitet.

Inkrementelle Erkennung von Aktionssequenzen am Beispiel *Dribbling*

- neben einfachen *Ablauf-Sequenzen* (Doppelpass) sollen auch Sequenzen mit *selbstähnlichen Teilsequenzen* (Dribbling) erkannt werden
- beim 2. Typ interessiert Erkennung der maximalen Teilsequenz
- Lösung: mögliche *inkrementelle Verlängerung* bereits erkannter Aktionssequenzen bei Erkennung eines anschließenden Folgemusters
- zusätzlich Möglichkeit zur Anwendung von Sequenzconstraints (z.B. keine große Richtungsabweichung beim Dribbling)



Evaluation

(1) Test der *Erkennungsqualität* (offline, SCD-Simulator)

- Ermittlung von *Precision & Recall* gegen manuell erstellte *Ground Truth* (→ menschliche Erkennung)
- Verwendung von Coachsicht (vollständig, unverrauscht)
- Verwendung von Agentensicht (→ 2 Rauschstufen)
→ Ermittlung der Robustheit der qualitativen Abstraktion

(2) Test der *Online Laufzeitperformanz* (Messung: SimTime)

- Spiele über volle Distanz (*~ 4000 cycles*) im UTUtd Simulator
- Messung verbrauchter Sim-Time innerhalb des Think-Zyklus für:
 - 1 qualitative Abstraktion
 - 2 Klassifikation (mit vollem Detektor-Set)
- Brute Force Detektion vs. intelligente Detektionssteuerung

(3) Test der *Offline Laufzeitperformanz* (Messung: Realzeit)

- 1 Logfile über volle Dauer, SCD-Simulator (→ Reproduzierbarkeit)
- Wiederholung der Performanzmessungen im Online Szenario
- Ermittlung der *Aufwandsverteilung* über vollem Detektor-Set

(4) Test der *Echtzeitoptimierungen & Belastung der Wissensbasis*

- Performanzverhalten bei Verwendung offener/geschlossener Intervalle
- Performanzverhalten bei Verwendung von Vergessen
- Entwicklung des Füllstandes der Wissensbasis mit/ohne Vergessen

→ Implementierung des vollen Feature-Umfangs abgeschlossen.

Bisherige Zwischenergebnisse (reduziertes Feature-Set)

- ⊕ Erste Online-Tests im Coach-Agenten über volle Spieldistanz *erfolgreich!*
- ⊕ Offline im SCD-Simulator ca. $5 - 6 \frac{ms}{cycle}$ auf Standard-Hardware

Danke für die Aufmerksamkeit!

Und jetzt ...

- Fragen, Anmerkungen, konstruktive Kritik








Diese Präsentation wurde mit \LaTeX -Beamer erstellt. Während der Erstellung wurden weder Computer noch Lizenzen verletzt.

;-)

Konzeptdifferenzierung durch Nutzung von Kontextwissen

- SCD-Online-Analyse dynamischer Fussballszenen zielt auf reiches qualitatives Wissen für z.B. Spieler-/Teamadaption
- Betrachte Informationsgehalt erkannter Pässe bei Miene [Mie04]:
occurring(*pass*(p_1, p_2), i) bzw. *occurring*(*failPass*(p_1, p_2), j)
- Beobachtung: Reduktion allein auf Erkennung von Basisaktionen verschenkt wertvolle Kontext-Information
- Problem: fehlende Nutzung *bereitstehender* atomarer Fakten für *Aktionsdifferenzierung* (nach [Wen03])
- daher erfolgt Detektion konzeptionell in zwei Schritten:
 - 1 grundlegendes Pattern Matching
 - 2 im Erfolgsfall Auswertung des Muster-Kontextes
- Kompakte Modellierung über zusätzliche Prädikat-Parameter
→ *occurring*(*pass*($p_1, p_2, dir, height, force, success$), i)

Eine Literaturliste

- 
- Michael Beetz, Bernhard Kirchlechner, and Martin Lames.
Computerized real-time analysis of football games.
IEEE Pervasive Computing, 4(3):33–39, 2005.
- 
- Jan D. Gehrke.
Qualitative Szenenrepräsentation für intelligente Fahrzeuge.
Master's thesis, Universität Bremen, 2005.
- 
- Jan D. Gehrke, Andreas D. Lattner, and Otthein Herzog.
Qualitative mapping of sensory data for intelligent vehicles.
Technical report, TZI - Center for computing technologies, Universität Bremen, 2004.
- 
- Gerd Herzog.
Utilizing Interval-Based Event Representations for Incremental High Level Scene Analysis.
Technical Report 91, Universität des Saarlandes, 1995.
- 
- Stephen S. Intille and Aaron F. Bobick.
Recognizing planned, multiperson action.
Computer Vision and Image Understanding: CVIU, 81(3):414–445, 2001.
- 
- Andrea Miene.
Räumlich-zeitliche Analyse von dynamischen Szenen.
PhD thesis, Universität Bremen, 2004.
- 
- Uwe Thomas Müller.
Beschreiben und erkennen von verhaltensmustern beim simulierten fußballspiel.
Master's thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany, 2002.



Andrea Miene, Ubbo Visser, and Otthein Herzog.

Recognition and prediction of motion situations based on a qualitative motion description.

In D. Polani, B. Browning, A. Bonarini, and K. Yoshida, editors, *RoboCup 2003: Robot Soccer World Cup VII*, volume 3020 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 77–88. Springer, 2004.



Gudula Retz-Schmidt.

Die Interpretation des Verhaltens mehrerer Akteure in Szenenfolgen.

Informatik-Fachberichte; Sub-Series: Artificial Intelligence; Thesis;. Berlin [a.o]: Springer, 1992.



Gerald Steinbauer, Jörg Weber, and Franz Wotawa.

From real-world to its qualitative representation – practical lessons learned.

In *18th International Workshop on Qualitative Reasoning*, pages 186–191, Graz, 2005.



Jan Wendler.

Automatisches Modellieren von Agenten-Verhalten: Erkennen, Verstehen und Vorhersagen von Verhalten in komplexen Multi-Agenten-Systemen.

PhD thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, 2003.