



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za elektrotehniko*



LABORATORIJ ZA MODELIRANJE,  
SIMULACIJO IN VODENJE

LABORATORIJ ZA AVTONOMNE  
MOBILNE SISTEME

# Avtonomni mobilni sistemi

**Izr. prof. dr. Gregor Klančar**

gregor.klancar@fe.uni-lj.si

## Agent in večagentni sistemi

2013/2014

# Mobilni avtonomni sistem



- mobilni sistem, mobilnost
  - zmožni premikanja (lokomocije) v okolju, ni fiksno vpet v okolje
- avtonomni sistem, avtonomija
  - zmožen samostojnega delovanja v okolju
  - energijsko (napajanje), zmožnost sprejemanja odločitev in izvajanje akcij
- v praksi so to mobilni roboti oz. vozila z določeno misijo

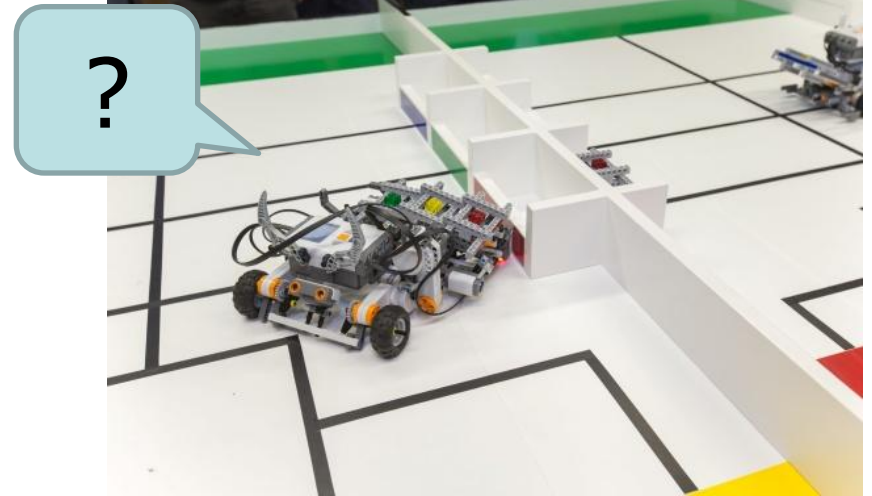


# izzivi posameznega agenta



Pri izvajanju svoje naloge, mora agent reševati osnovne funkcionalnosti:

- 1) Kje se nahajam?
- 2) Kako naj pridem do cilja?
- 3) Kako naj izvedem akcijo premika?

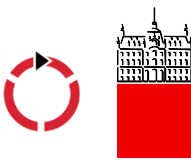


- 1) Lokalizacija** (senzorji, zemljevid, podana ocena začetne lokacije, ....)
- 2) Pot / trajektorija/ planiranje gibanja** (geometrijska pot / geometrijska pot v časovnem okviru / med ovirami)
- 3) Vodenje gibanja** (zaprtozančno vodenje)

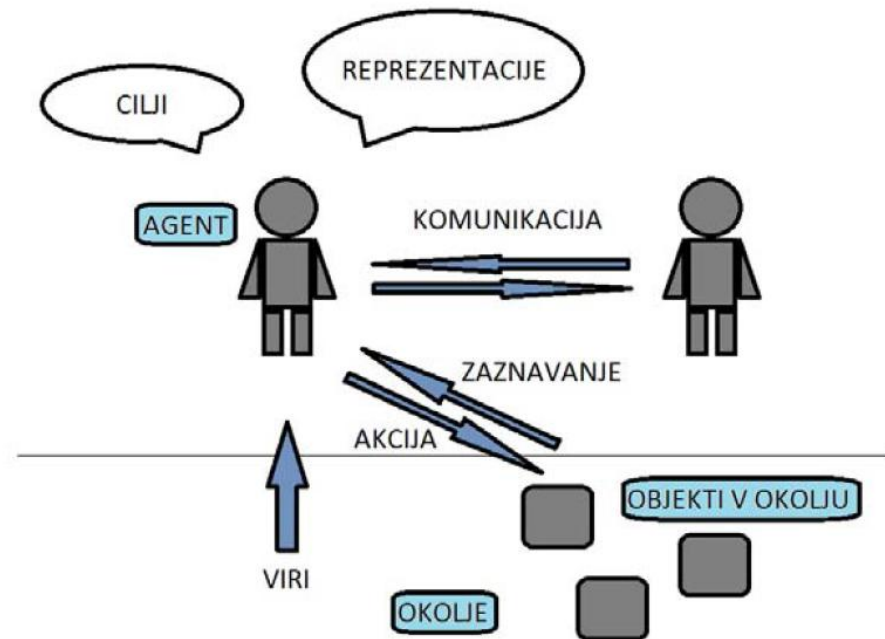


- Večagentni sistemi (MAS – multiagent systems)
- Več agentov opravlja določeno nalogo (npr. kartiranje neke neznane okolice, pregled terena, simulacija (obnašanja) množic, ...)
- Določene naloge je enostavneje rešiti z več enostavnimi agenti kot pa (centralno) z enim kompleksnim agentom. To je možno zaradi:
  - prostorske porazdelitve problema (kartiranje, izvidništvo),
  - porazdelitev zaznavanja (lokalne informacije se združuje),
  - porazdelitev računanja (iskanje optimalne rešitve skupnega problema, npr. simulacijski primer: filter delcev)
- Dodatni izzivi, ki jih morajo agenti reševati:
  - Kooperativno delovanje,
  - Medagentna komunikacija,

# Agent



- Agent je entiteta v nekem okolju, ki:
  - okolje zaznava,
  - ima svoje cilje,
  - ima znanje iz določenega področja,
  - ima zmožnost odločanja,
  - ima možnost delovanja v okolju.



# Agent...



- Okolje zaznava s senzorji (meritev bližine, slikovni senzor,...)
- Na okolje deluje s pomočjo aktuatorjev (kolesni pogon, manipulator,...)
- Znanje mu omogoča, da na podlagi zaznav pravilno upravlja akuatorje (algoritmi vodenja ali odločanja)
- Lastnosti fizičnega ali virtualnega agenta:
  - zmožnost delovanja v okolju,
  - lahko komunicira z ostalimi agenti,
  - ima nabor svojih teženj in ciljev,
  - ima dostop do virov (napajanje, CPU, spomin, informacije),
  - ima zmožnost zaznavanja okolice (do določene mere),
  - ima svojo (delno) predstavitev okolice, ali pa je sploh nima,
  - se lahko reproducira,
  - njegovo delovaje stremi k doseganju svojih ciljev, kjer uporablja vire, svoja znanja, zaznave senzorjev, svojo predstavitev okolja (znanje o okolju) in komunikacijo.

# Agent...

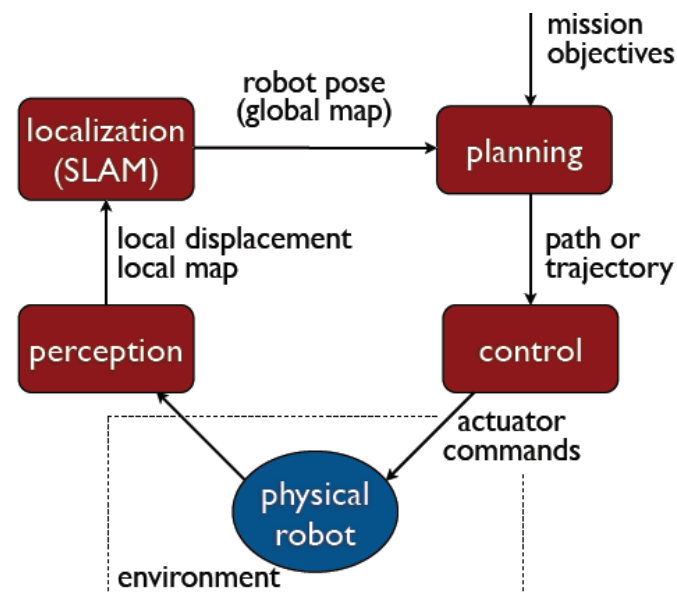
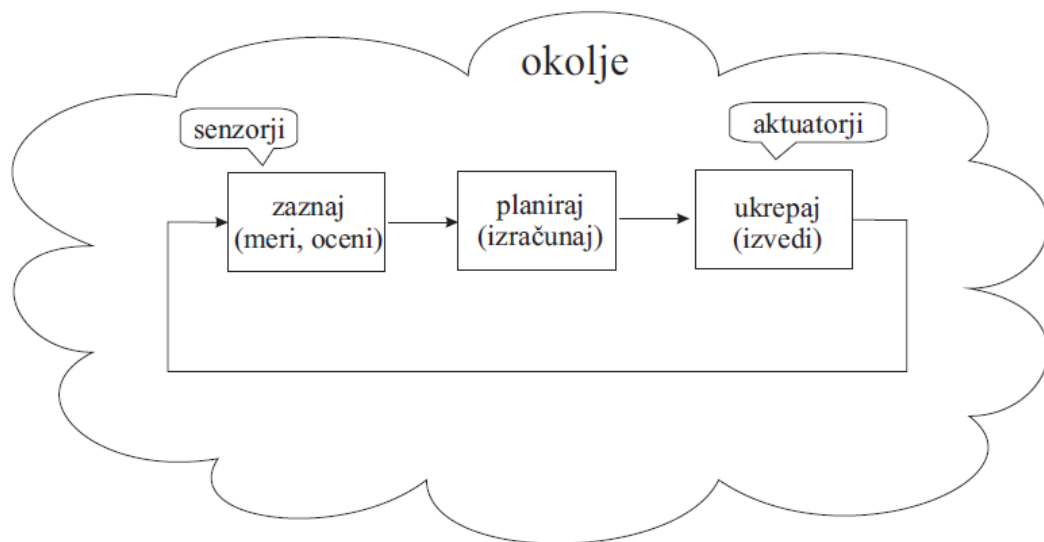


- **Avtonomija** - agent je samostojen, ni upravljan
- Zaznavanje je odvisno od senzorjev, lokalna informacija iz okolja (decentralizirani večagentni sistem)
- Agenti v MAS so lahko različni (po delovanju, zmožnosti zaznavanja, pomnjenjem informacij, planiranjem,...)
- Zmožnost **prilagajanje**, znanje mora biti do neke mere fleksibilno (samočeči sistemi, adaptacija)
- Agent / objekt (objektno programiranje)
  - Agent deluje samoiniciativno,
  - Ima sposobnost zaznavanja,
  - Sposobnost interakcije,
  - Objektno programiranje je lahko orodje za izvedbo MAS.

# Delovanje agentov, horizontalna arhitektura



- Omogoča agentu opravljanje določene naloge
- SENSE-PLAN-ACT (SPA)
  - planiranje (kako se z vgrajenim znanjem odzvati na zaznave),
  - kognitivni sistemi,
  - zaporedno oz. horizontalna struktura.
- Ko agent zazna okolico, nato s pomočjo internega modela sveta naredi plan oz. načrt za izvedbo akcije in akcijo izvede.
- Učinkoviti za znana okolja, rabijo natančen model okoja – nerobustnost.

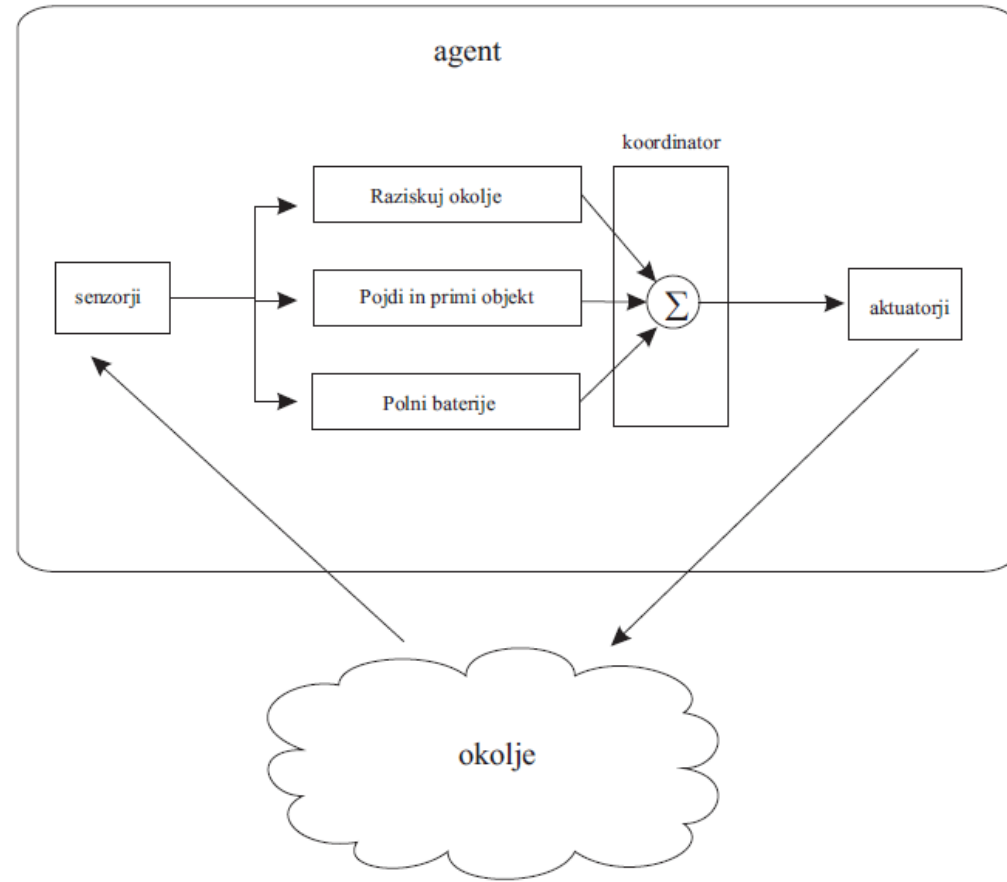




# Delovanje agentov, vertikalna arhitektura



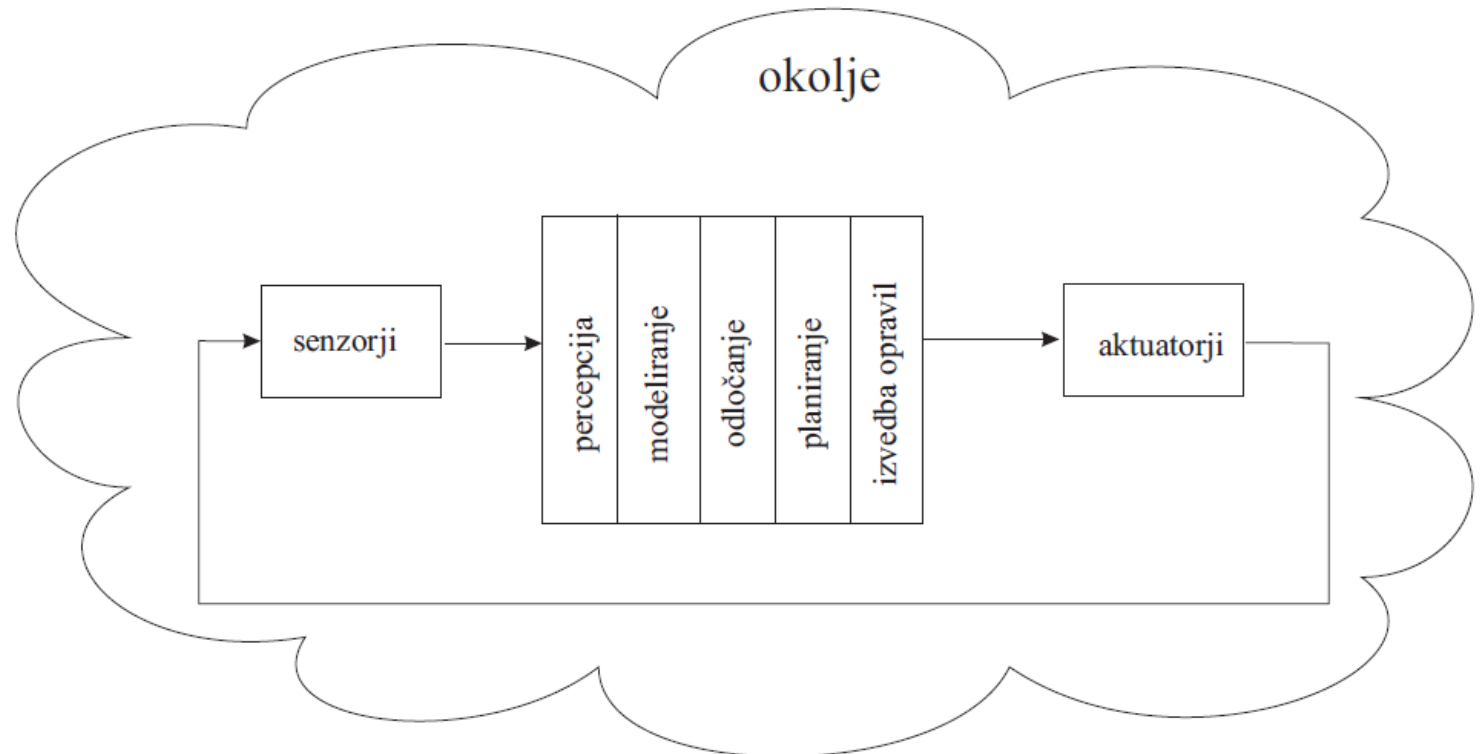
- Odzivni agent
- Paralelne (vzporedne ali vertikalne) strukture
- Princip zaznaj-deluj (SENSE-ACT), so brez simbolične predstavitve okolja in ne planirajo.
- Odzivni sistemi, njihova dejanja so reakcije na zaznave senzorjev.



# Kognitivni agenti (SPA)



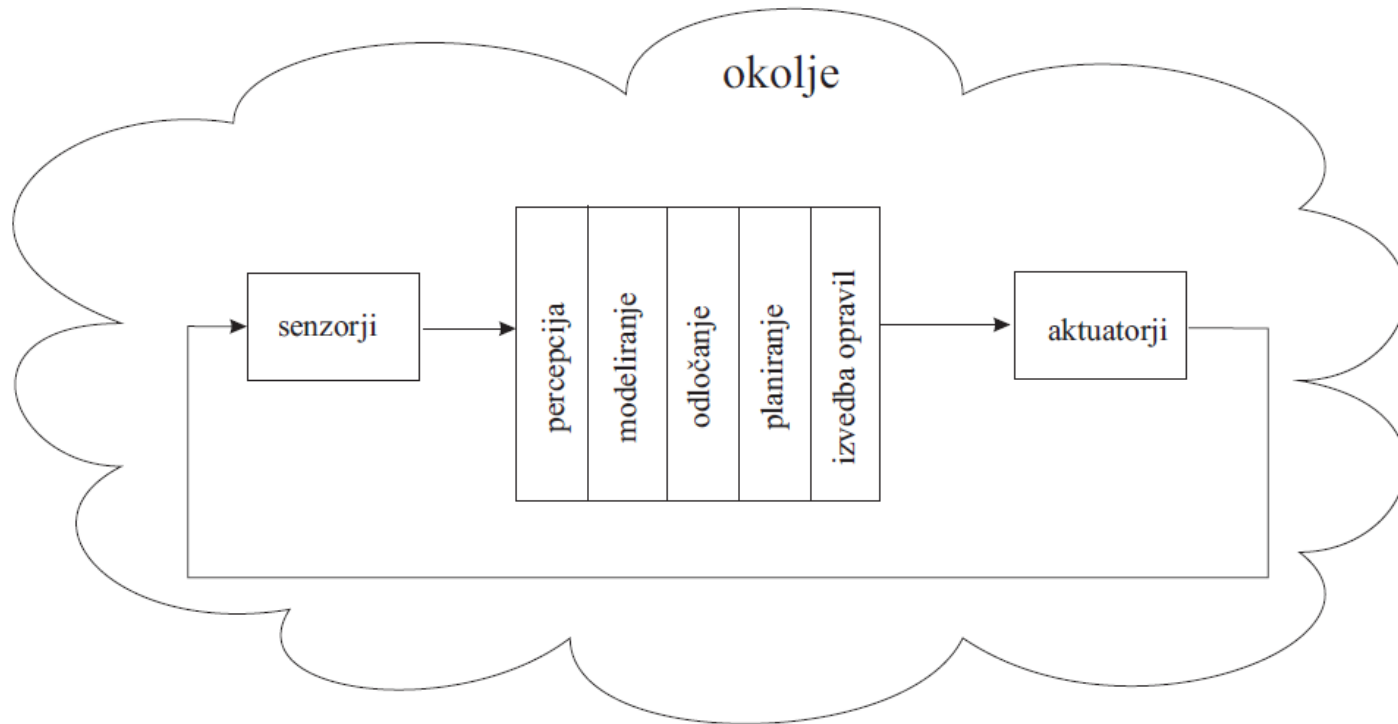
- Na osnovi zaznav naredi načrt reševanja problema
- Lahko odpove za neznan okolja saj model okolja, ki ga ima vgrajenega ne odraža dejansko okolje in zato planiranje ni ustrezno
- Za delovanje rabi veliko procesno moč -> počasnejši odziv na spremembe



# Odzivni agenti (SA)



- Zaznave senzorjev povežejo z akcijami (preslikava senzor->akcija)
- Akcije so preddefinirane, večinoma so enostavna pravila
- Nimajo stanj, so brez spomina, brez modela okolice
- Ne planirajo akcij in niso zmožni učenja
- So preprosti in omogočajo hiter (trenuten) odziv



# Hibridni agenti



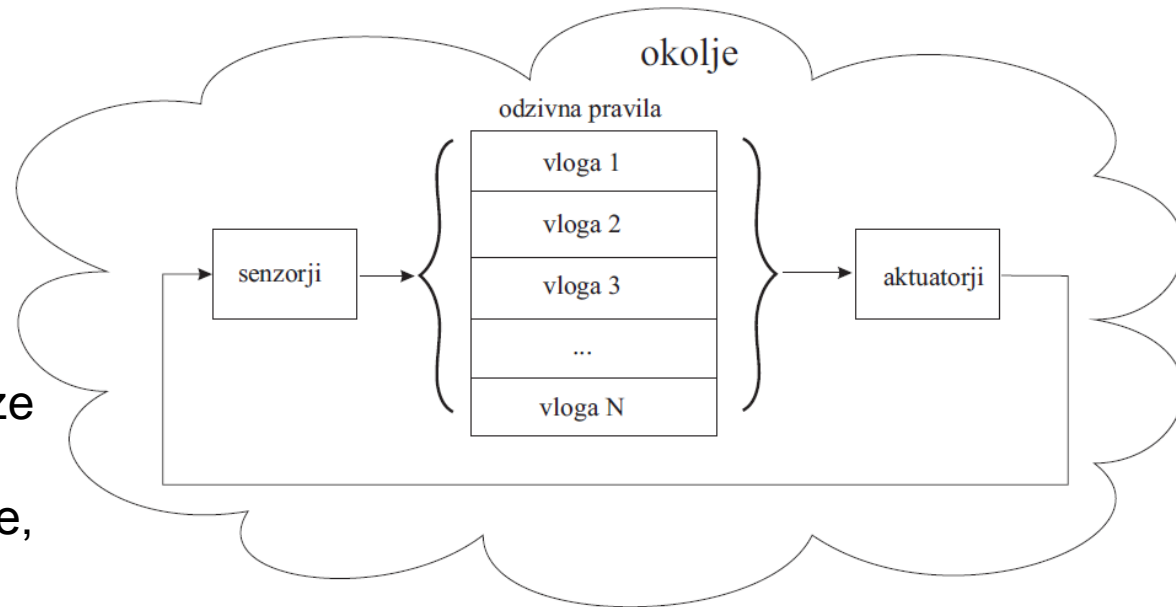
- Združujejo dobre lastnosti odzivnih in kognitivnih agentov
- Nimajo celote predstavitve okolja, zapomnijo si le pomembnejše parametre
- Boljša povezava zaznav z akcijami, primer: sledenje steni je lažje izvedljivo, če si agent zapomni, da je v bližini stene
- Adaptivnost - glede na pretekle izkušnje dopolnjuje svoje vzorce delovanja

# Odzivno vedenjski agenti



- Delujejo kot odzivni agenti
- Namesto enostavnih pravil uporabljajo vloge (behaviours)
- Vloga vsebuje znanje za izvedbo določene akcije – odziva na določeno vzbujanje. Npr.: Če agent zazna bližino stene, začne izvajati algoritem sledenja steni.
- Lastnosti:

- različne vloge za doseg različnih ciljev
- vloga lahko prejme vhodne informacije iz senzorjev ali drugih vlog in posreduje ukaze aktuatorjem
- vloge so lahko kompleksnejše, sestavljene iz različnih akcij (akcije: stop, naprej, levo, vloge: sledenje cilju, izogibanje ovir)



# Arhitekture delovanja agenta



- Kognitivne ("razmišljaj (planiraj), deluj")
- odzivne ("ne razmišljaj, reagiraj"),
- hibridne ("razmišljaj in deluj hkrati")
- vedenjske arhitekture ("razmišljaj na način kot deluješ").



- Agent je mobilni robot, ki želi iti skozi vrata, ki so zaklenjena. Agent lahko zazna bližino vrat in lahko zazna ključ za vrata. Zna se premikati v okolju.
- Kognitivni agent planira svoje delovaje, določi korake reševanja problema
  - Načrt odpiranja vrat:
  - Grem do mesta, kjer je spravljen ključ,
  - Vzamem ključ,
  - Grem do vrat,
  - Odprem vrata s ključem.
- Odzivni agent:
  - če sem pred vrati in imam ključ, potem odprem vrata.
  - če sem pred vrati in nimam ključa, potem poskusim odpreti vrata.
  - če se vrata ne odprejo in nimam ključa, potem grem iskat ključ.
  - če iščem ključ in vidim ključ pred sabo, potem vzamem ključ in grem proti vratom.

# Primer...



- Kognitivni agent vrata odpre hitreje z manj opravljenih akcij. ČE je vse idealno!
- Odzivni agent pa gre zmeraj do vrat, nato ugotovi, da nima ključa in ga gre iskat.
- Odzivni agent je bolj robusten, npr. vrata niso zaklenjena
  - V primeru, da so vrat odprta jih odpre in ne išče ključa
  - Kognitivni agent tega scenarija ne pozna, zato bo zmeraj šel najprej iskat ključ.





- Možnih je več izvedb vedenjske arhitekture:
  - **Tekmovalna shema**, kjer se vzporedno delujoče vloge izračuna svoje akcije. Vloge med seboj tekmujejo. Vloge so ovrednotene glede na nek kriterij, ki poda njihovo uspešnost. Pri končni izvedbi akcije se bolj (ali izključno) upoštevajo vloge z večjo uspešnostjo. Potreben je nek koordinator za izvedbo končne akcije.
  - **Vsebovana shema** ima vloge organizirane po pomembnostih oziroma prioritetah. Gre za dekompozicijo delovanja agenta na več takih vlog. Vse vloge se izvajajo hkrati uporabljajo senzorje in računajo akcije za aktuatorje. Vloge, lahko svoje delovanje onemogočijo, če na podlagi info. senzorjev ni izpolnjen pogoj za njihovo delovanje. Vloga z višjo prioriteto lahko onemogoči izvajanje vlog z nižjo prioriteto. Veljavna vloga z najvišjo prioriteto določa novo akcijo.

# Tekmovalna shema

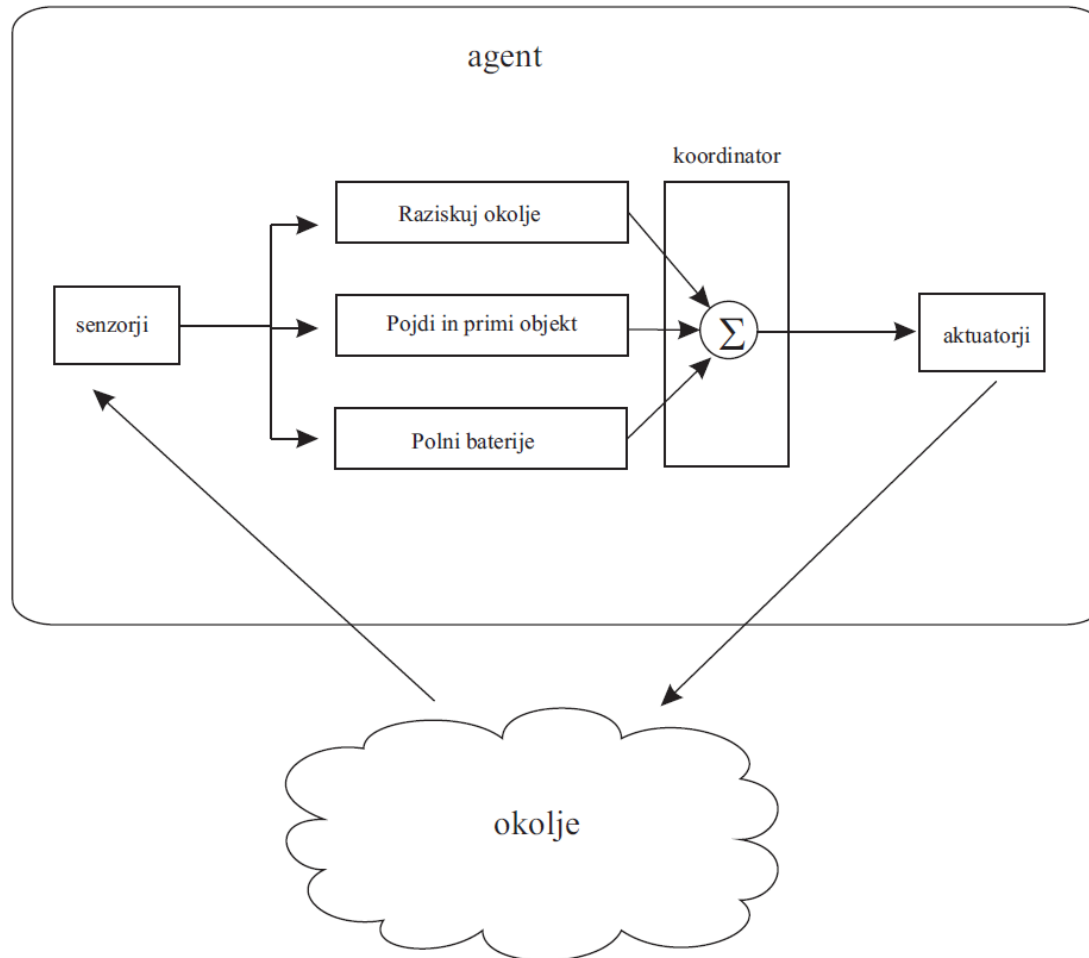


- (Competitive architecture, motor shema architecture)
- Na podlagi uspešnosti koordinator združi prispevke posameznih vlog v novo akcijo.
- Sam koncept izvedbe je lahko podoben kot pri planiranju poti s potencialnim poljem. Npr.: imamo dve vlogi vožnja proti cilju in izogibanje oviram. Obe vlogi generirata svojo akcijo (želeno smer pomika in hitrost), koordinator pa jih združi na podlagi bližine ovire in cilja.

# Tekmovalna shema...



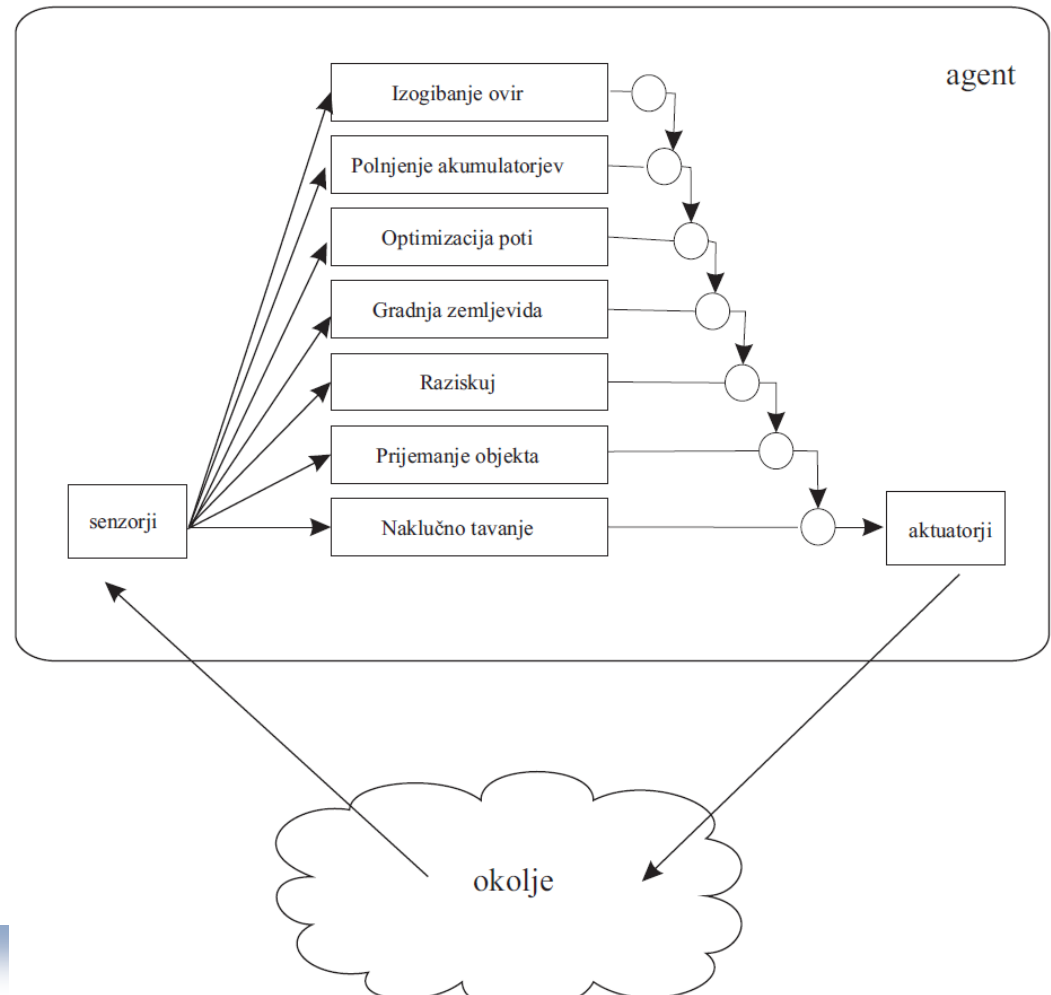
- Primer agenta, ki tava po okolju, ko zazna predmet gre ponj, če mu zmanjka energije pa polni akumulator.



# Vsebovana shema



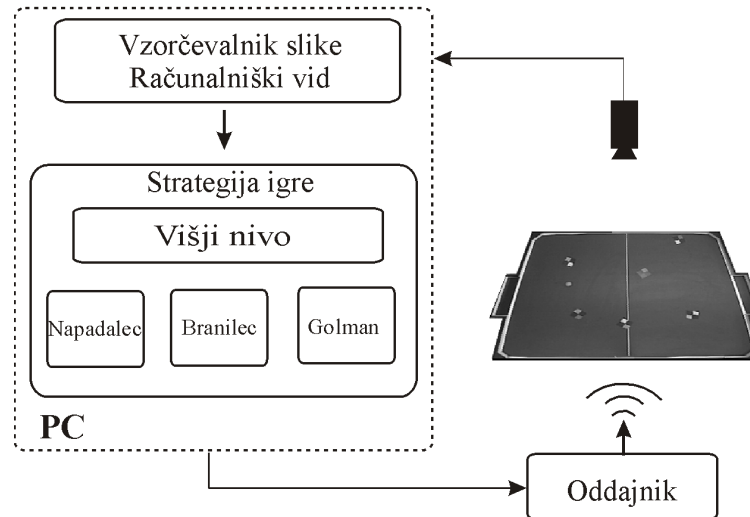
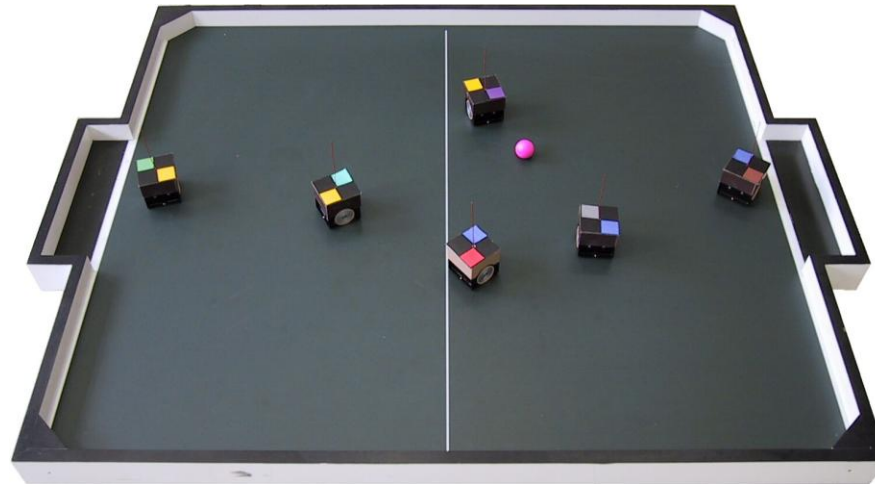
- (subsumption architecture)
- Vloge so organizirane po prioritetah, bolj prioriteta vloga (višje) lahko onemogoči izvajanje vlog z nižjo prioriteto (kar nakazuje krožec).
- Vloge z višjimi prioritetami so bolj abstraktne in lahko omogočajo izvedbo celotnega cilja.
- Nižjenivojske vloge pa so preprostejše in hitroodzivne.
- Dodaten koordinator ni potreben.



# Primer MAS – robotski nogomet



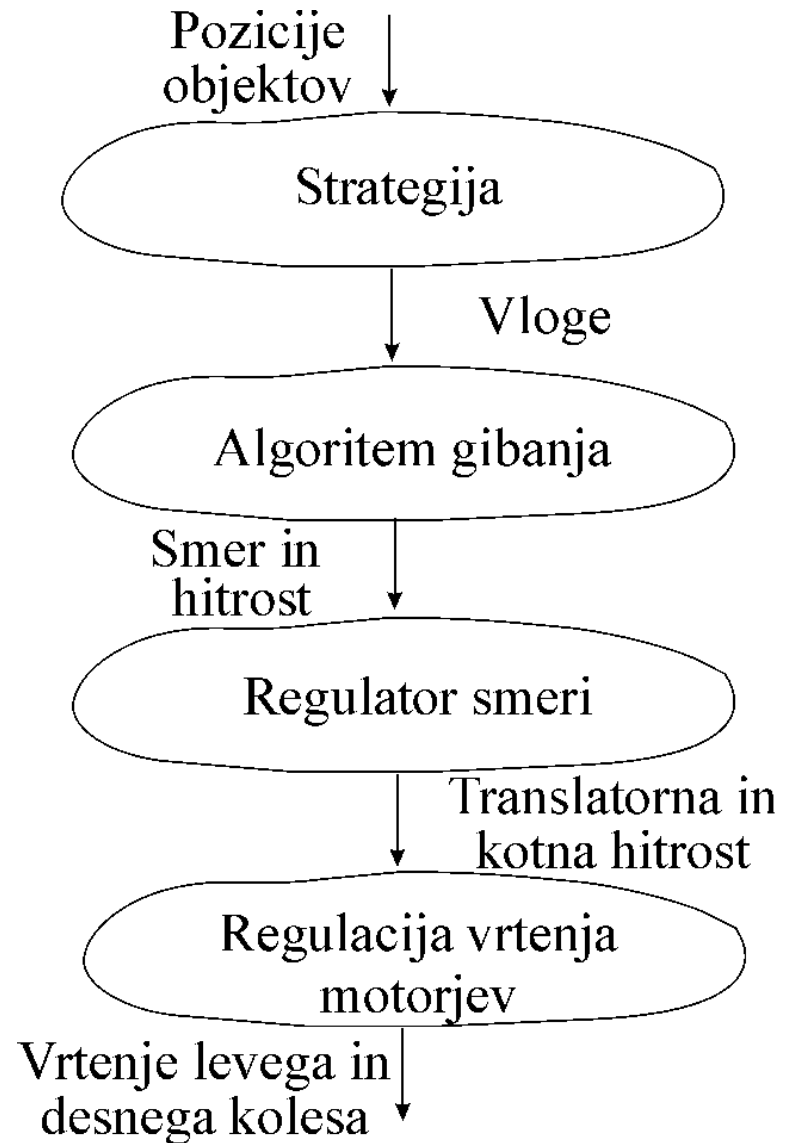
# Strategija igre



# Strategija igre



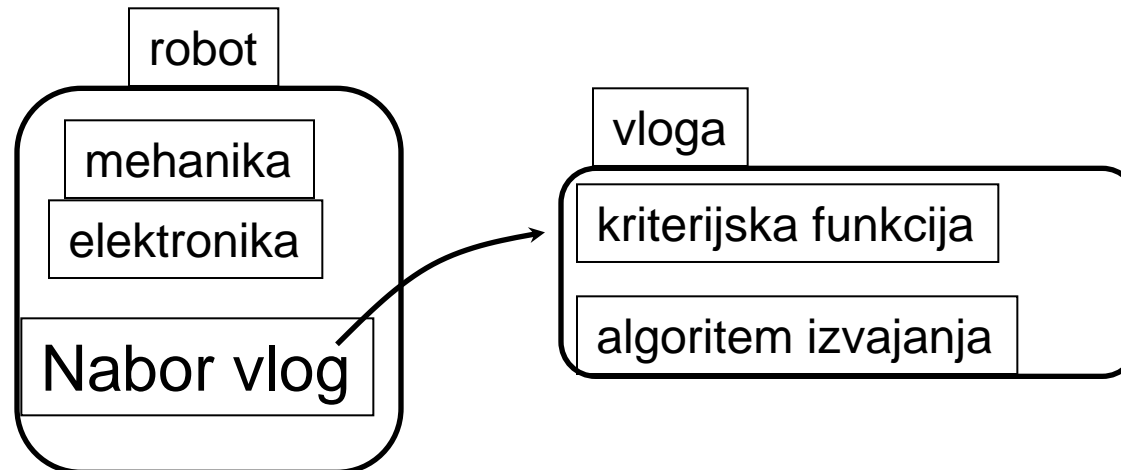
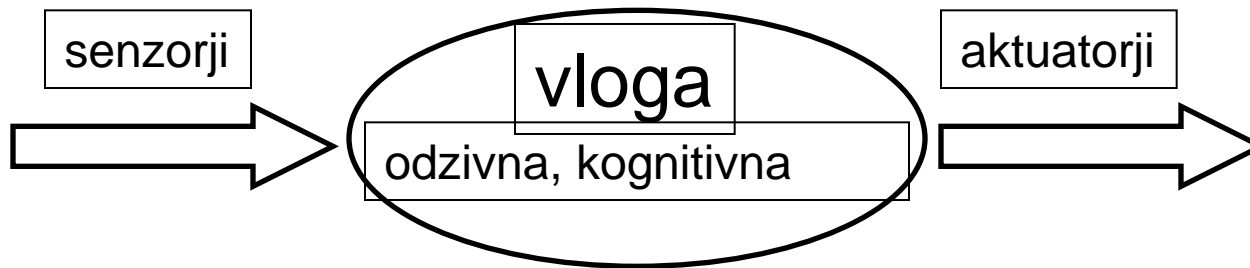
- Strategija:
  - kako voditi agente s skupnim ciljem (RN preigrati nasprotnika)
  - obnašanja agentov
  - kateri cilji
  - kakšni poudarki in na kaj (obramba, napad)
  - njihovo sodelovanje t.j. kako s skupnim delom rešiti probleme na poti k skupnemu cilju





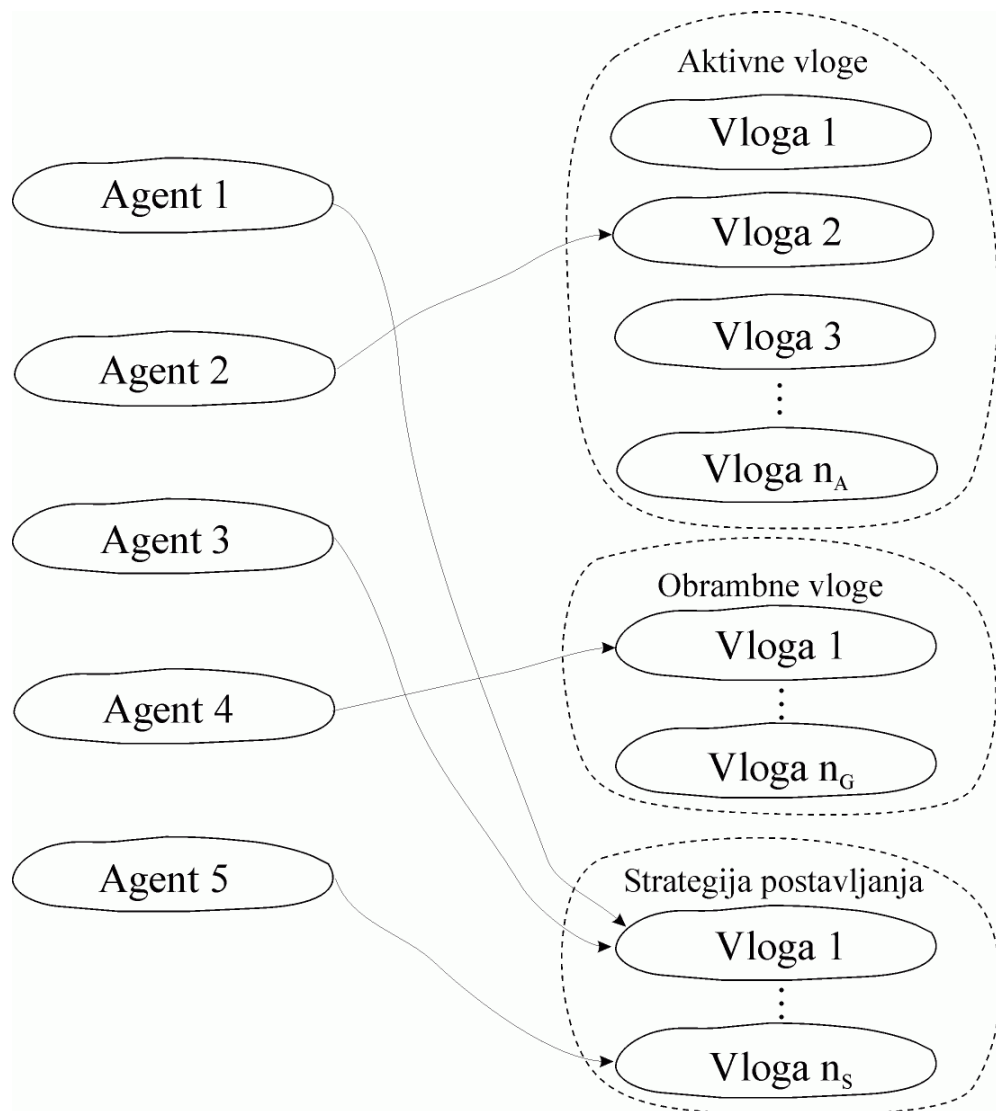
# Strategija, vloge

- Vedenjska robotika, vsak agent igra svojo vlogo





# Dodeljevanje vloge



- Strategija:
  - vsebina vlog
  - nabor vlog
  - prioritete vlog (zaporedje)
- Uspešnost moštva:
  - akcije v dobro moštva
  - nesebičnost agenta

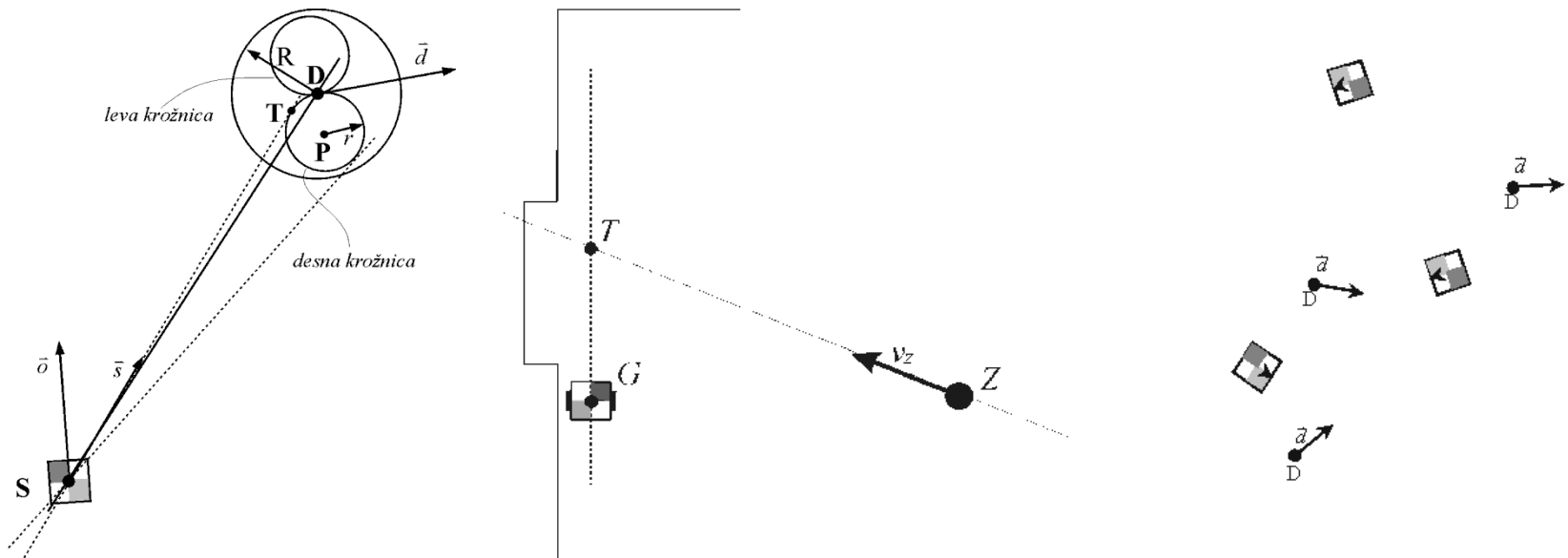


- Vsak agent si sam izbere svoje cilje – vloge
- Vsi agenti imajo isti nabor vlog kot tudi mehanizem dodeljevanja vlog
- Implicitna komunikacija (opazovanje in sklepanje) ter osnovna predikcija o tem, katera vloga soigralcem najbolj ustreza glede na globalne podatke o pozicijah, ki jih dobijo z eksplicitno komunikacijo
- Osnovni princip: Kaj bi storil jaz, če bi bil v koži soigralca / nasprotnika?



# Vloge

- Aktivne vloge: napadalec, prediktivni napadalec, kreator (dribler), strelec (šuter), vezni igralec, ...
- Branjenje gola: vratar, zbijanje iz kazenskega prostora, ...
- Strategija postavljanja: postavljači, levo krilo, center, desno krilo, ...



# Vloge...



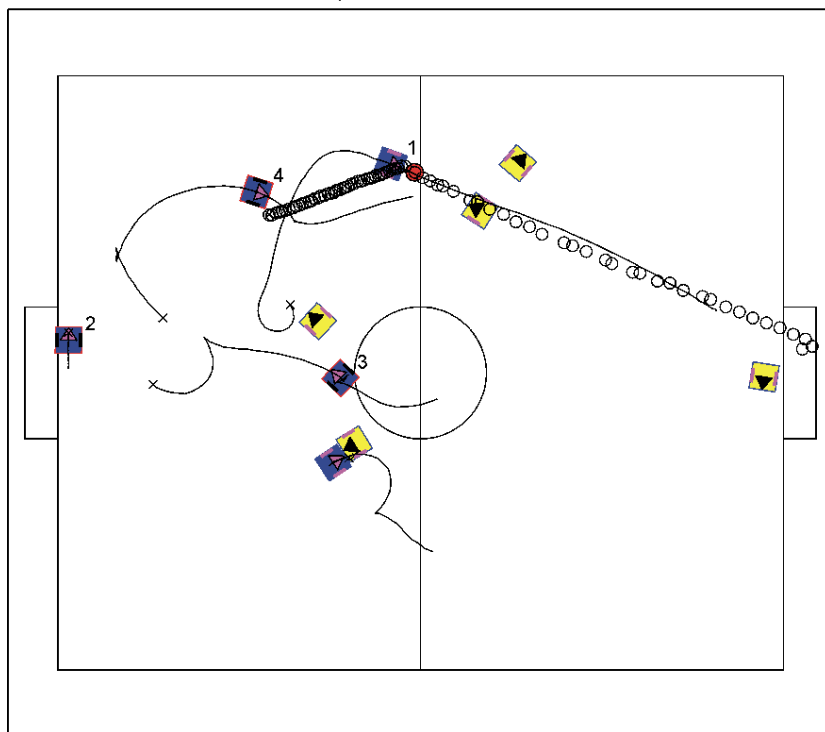
- Vlogam so dodeljene prioritete, z drugim zaporedjem vlog, dobimo drugačno strategijo igre (obrambno, napadalno,...)
- Vsaka vloga ima kriterijsko funkcijo, na podlagi katere se ovrednoti uspešnost agenta, če bi to vlogo izvajal.
- Vsakemu agentu se izbere vloga z najvišjo prioriteto, ki jo agent lahko najbolje izvede. Lahko je izbran le ena aktivna vloga (0,2,3,4,6,7,8), ena vloga vratarja (1), ostali agenti pa zavzamejo vloge za strateško pokrivanje igrišča (5,2).

Idx	Behaviour	Idx	Behaviour
0	attacker	6	straight kicker
1	goalie	7	get ball
2	defender	8	boki
3	predictive attacker	9	game start
4	ball guider	10	attacker2
5	space invader		

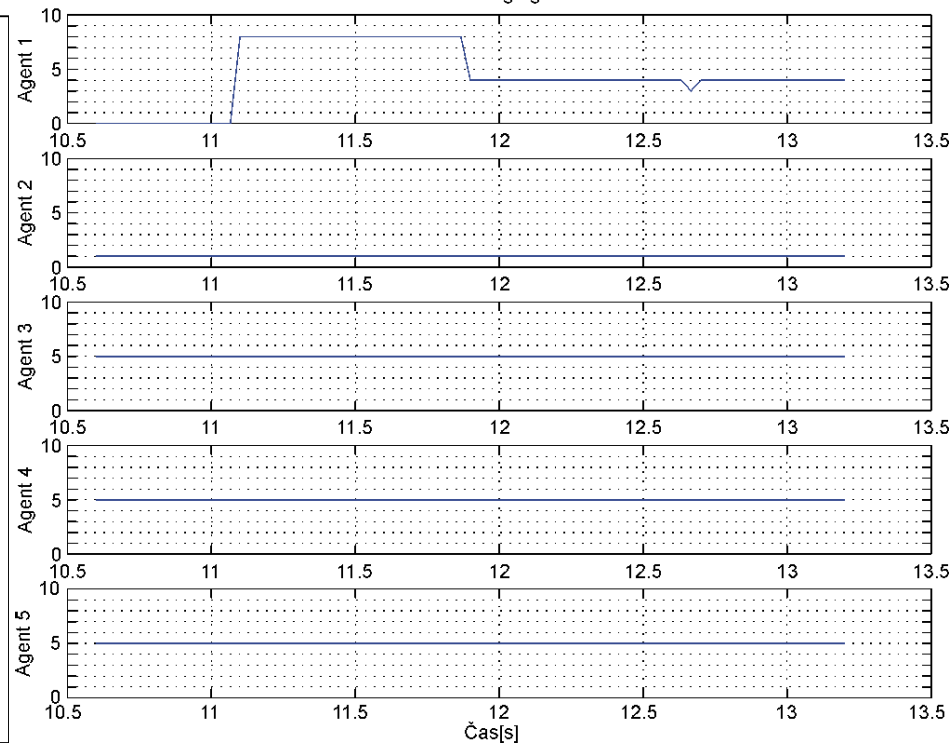
# Prikaz delovanja



Čas posnetka = 12.08s



Indeksi vlog agentov

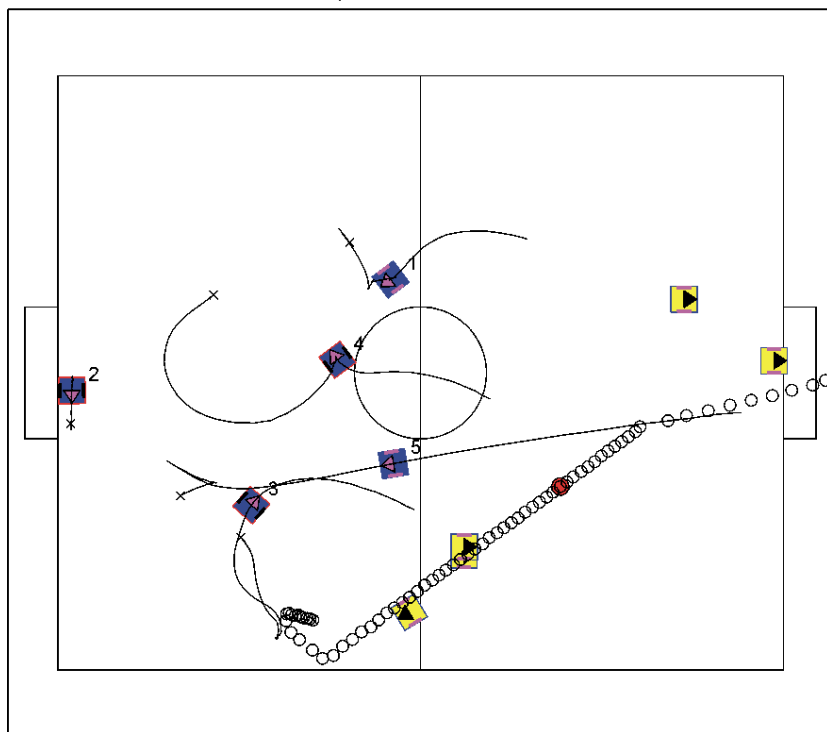


Idx	Behaviour	Idx	Behaviour
0	attacker	6	straight kicker
1	goalie	7	get ball
2	defender	8	boki
3	predictive attacker	9	game start
4	ball guider	10	attacker2
5	space invader		

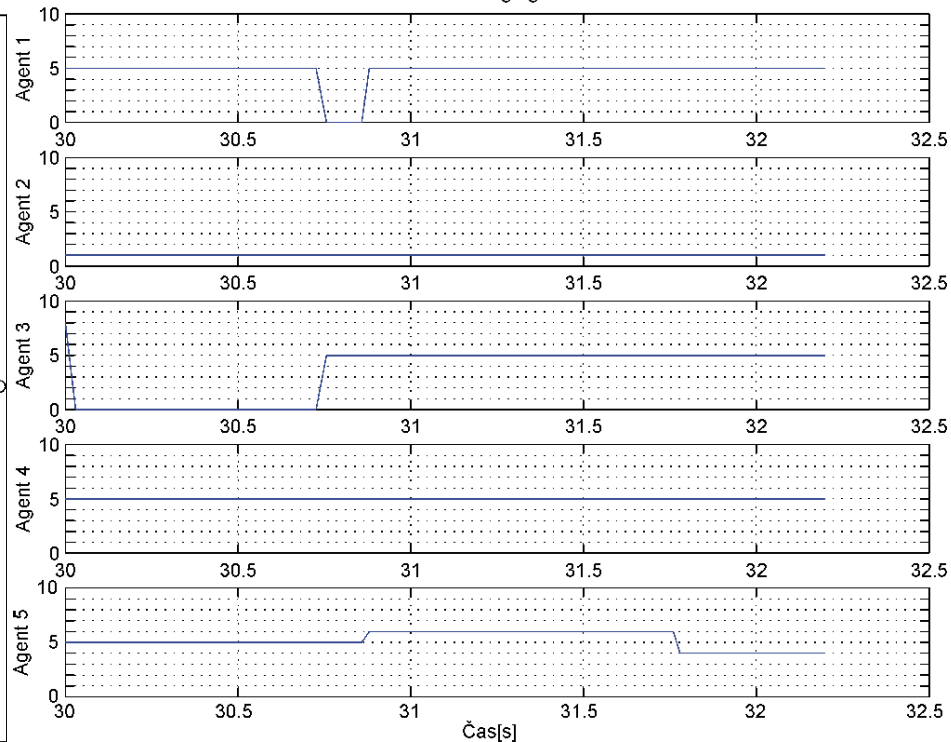
# Prikaz delovanja (2)



Čas posnetka = 31.51s



Indeksi vlog agentov

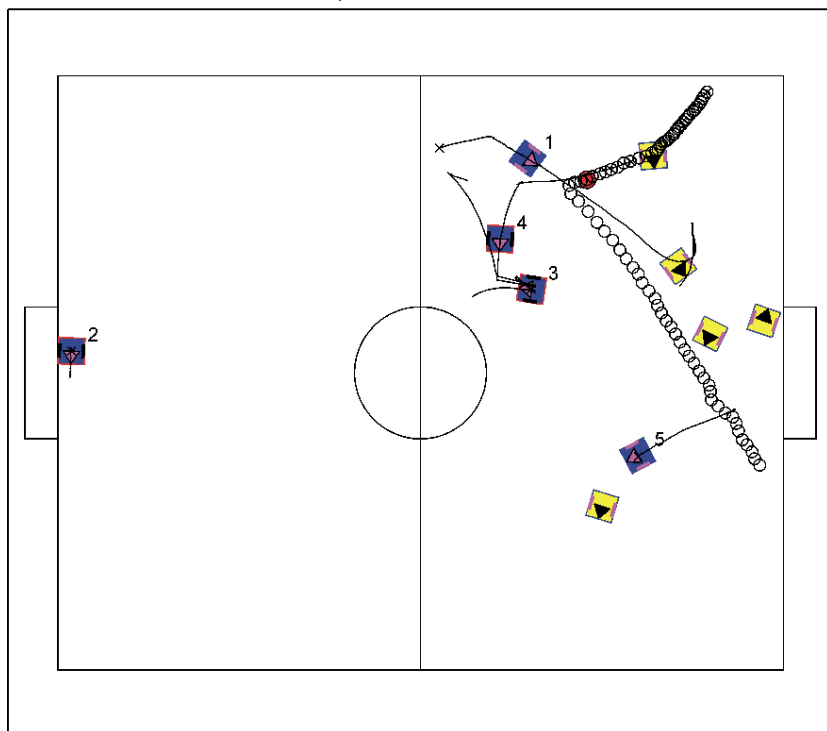


Idx	Behaviour	Idx	Behaviour
0	attacker	6	straight kicker
1	goalie	7	get ball
2	defender	8	boki
3	predictive attacker	9	game start
4	ball guider	10	attacker2
5	space invader		

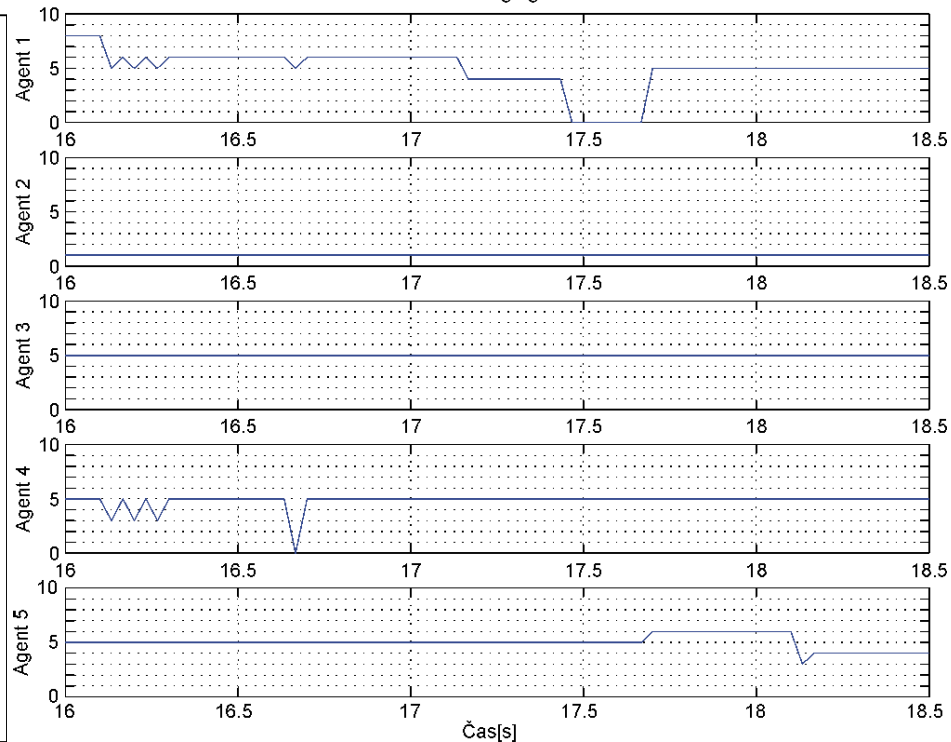
# Prikaz delovanja (3)



Čas posnetka = 17.16s



Indeksi vlog agentov



Idx	Behaviour	Idx	Behaviour
0	attacker	6	straight kicker
1	goalie	7	get ball
2	defender	8	boki
3	predictive attacker	9	game start
4	ball guider	10	attacker2
5	space invader		