

# Multi ágensű robotrendszerek

## Önszerveződő rendszerek

### Alapok

Multi-ágensű mobilrobotrendszerek

# MAR történelem

- Kezdetek a 80' évek vége felé:
  - Kezdeti kutatások főleg japán kutatókhoz köthetők: 87' – Fukuda: dinamikusan rekonfigurálható robotrendszerek, 89' – H. Asama: önműködő és osztott vezérlésű robot-rendszerek tervezése
- A komolyabb kutatások a 2000-s évektől datálhatók, amikor a kooperatív tanulási lehetőségekkel kapcsolatban folytak kutatások a megosztott mesterséges intelligenciával (DAI) kapcsolatban

# A MAR előnyei

- Hatékonyabb és pontosabb lokalizálás, ha az ágensek egymás között kicserélik az információkat
- Amennyiben „olcsóbb” ágenseket tudunk előállítani (kínai tömeggyártás) bevezethetjük a redundáns rendszereket, ebből következik a rendszer immunitásának növekedése, nagyobb hibatűrés.

## ○ A MAR tulajdonságainak összefoglalása:

- Szélesebb körű feladatmegoldás
- Nagyobb hatékonyság
- Jobb rendszerszintű teljesítés
- Nagyobb hibatűrés
- Robusztusabb rendszer / kisebb gazdasági költségek / könnyebb fejlesztési lehetőségek
- Osztott érzékelés és cselekvések
- Adott a velejáró párhuzamosság

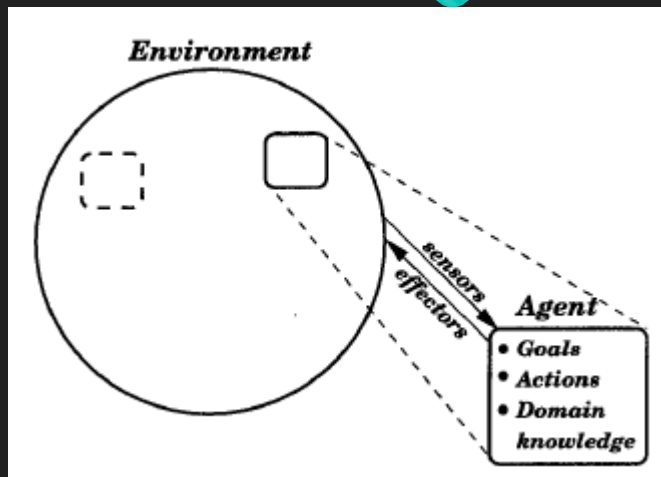
# Az ágens definíciója

- „Egy számítógépes autonóm rendszer, amely megadott feladatok halmazát képes teljesíteni egy komplex dinamikus környezetben” [P. Maes, 1995]
- Magyarázatok:
  - A környezettől függően az ágensek különböző „formákat” vehetnek fel (lásd SW csomagok, melyek hálózaton közlekednek (**logikai** ágensek), vagy mobilrobotok, melyek **fizikai** ágensek ...)
  - A fizikai ágensek, amelyek valós környezetben mozognak – általában robotok, mobilrobotok.
  - Az ágensek feladata különböző lehet:
    - Befejező művelet, vagy részfeladat, amit végre kell hajtani
    - Részleges megerősítése valaminek, vagy megjutalmazása valaminek,...feladat optimalizálás,...tanulás.
    - Cselekedhetnek belső kényszer hatására (program utasítás), vagy motiváltság hatására (energiafelvétel, ha odaér a dokkolóhoz)
- A felsoroltak alapján megkülönböztetünk:
  - **Gyenge** ágenseket (gyenge teljesítésű)
  - **Erős** ágenseket (hatékony teljesítésű)

# Az autonóm ágens definíciója

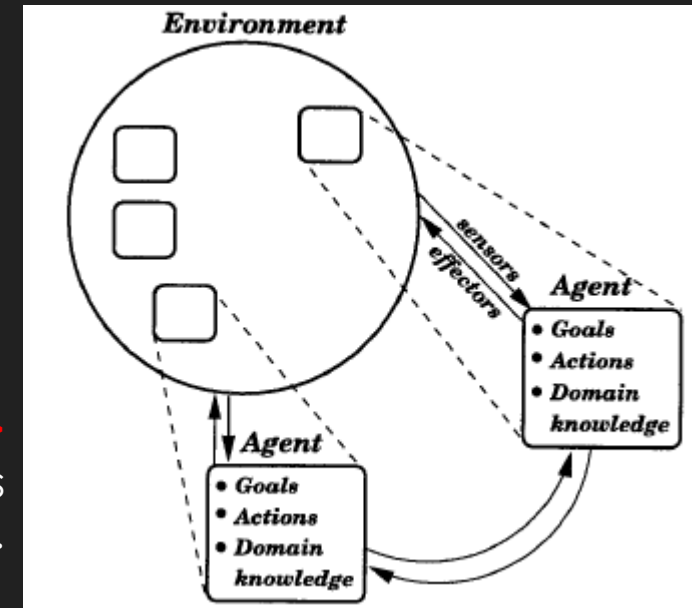
- „Egy ágens **autonóm**, ha teljesen önállóan cselekszik, önállóan dönt arról, hogyan hasznosítja az érzékelt adatokat, és hogyan dolgozza fel ezeket, majd továbbítja a motorok felé úgy, hogy teljes mértékben teljesüljön a kitűzött célfeladat” [P. Maes, 1995]
- Egy ágens **adaptív**, amennyiben a hatékonyabb célelérés érdekében képes megváltoztatni (feljavítani) a végrehajtó algoritmust.

# Szingle- vs. Multi-ágensű rendszerek



<- **Egy-ágensű** rendszer: az ágens csak önmagát és a környezetet **modellezi**, amennyiben egy másik ágens is megjelenik, azt úgy veszi, mintha a környezet része lenne (mozgó akadály)

**Multi-ágensű** környezet: az ágensek **egymást** is -> **modellezik**, figyelembe veszik egymás céljait és akcióit.



**Multi-ágensű rendszerek** használatának előnyei:

- Néhány környezet kimondottan ezt kívánja
- Skálázhatóság
- Párhuzamos feladatvégzés
- Robosztus
- Egyszerűbb programozhatóság
- „MI” tanulási algoritmusok fejlesztése

# Multi-ágensű robotika

A multi-ágensű robotrendszerek az együttműködés szempontjából, alapjában véve 2 csoportra oszthatók:

- **Kooperatív** rendszerek – az ágensek robotok
- **Kollaboratív** rendszerek – vegyes rendszerek, ahol humán ágensek is lehetnek a rendszerben.

# MAR rendszerezések

A **MAR**- re, többféle **osztályozás** is létezik, attól függően, milyen fő szempontokat kell figyelembe venni a rendszer építésénél, itt két kutató felosztását említeném meg:

Pl.: **Decker** szerinti kategóriák:

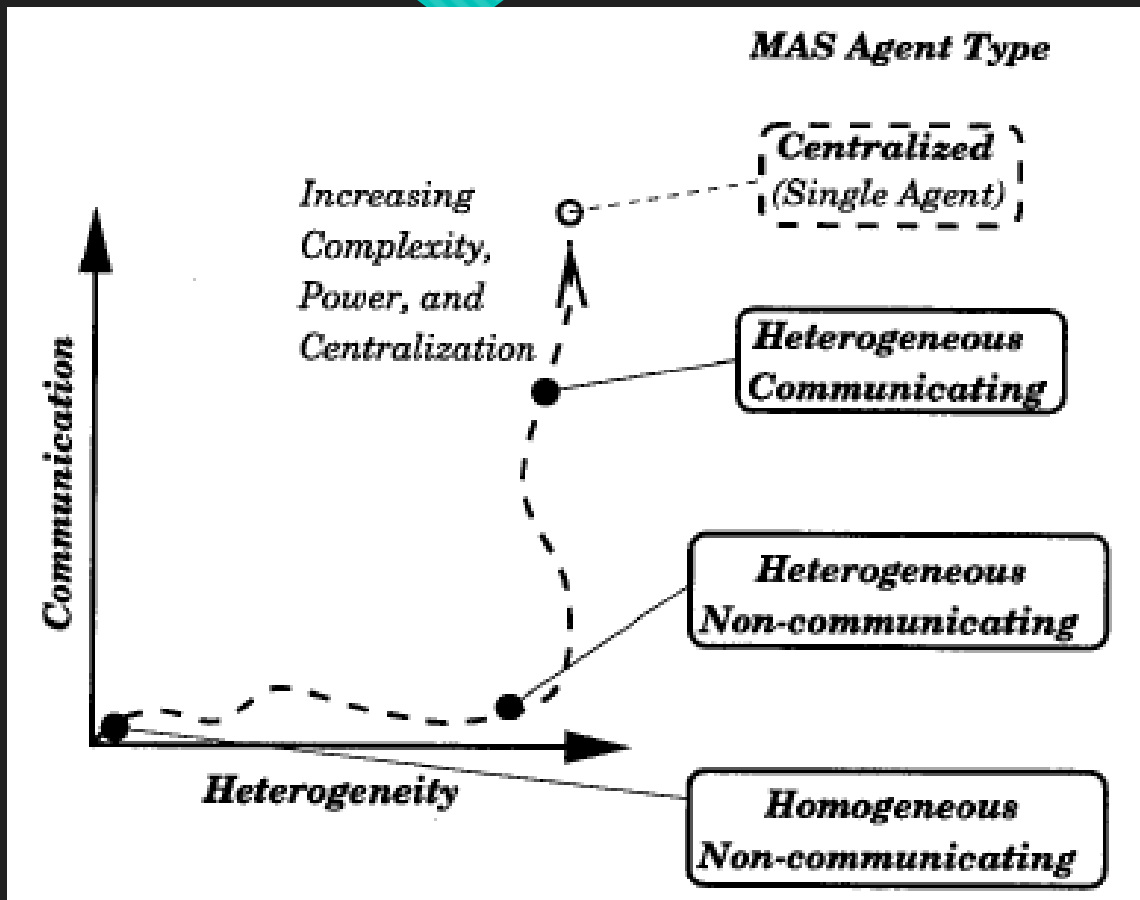
- A rendszer **szemcsézettség** (durva- kevés, nagy ágens, finom-sok kis ágens)
- Mennyire **heterogén** a rendszer (vannak **redundáns** ágensek, illetve **speciális** ágensek)
- Irányítás** alapján (**versenyző** vs. **nem-versenyző** ágensek; **csoport** (**homogén**) vagy **hierarchikus** (**heterogén**) felépítés, **állandó** vagy **mozgó** szerepkörök, ...
- Kommunikációs** lehetőségek (üzenőfal vs. egyéni üzenetek, **alacsony** vs. **magas**- szintű kommunikáció, **tartalom** alapú üzenetküldések, ...

**Parunak**, csak 3 osztályozási szempontot vett figyelembe:

- Rendszerfunkciók** figyelembe vétele alapján történő osztályozás
- Ágensek felépítése**
- Rendszer felépítése** (centralizált, de-centralizált, hibrid)



# Az előzőek alapján a következő rendszer felosztásokat állíthatjuk fel:



Ahol:

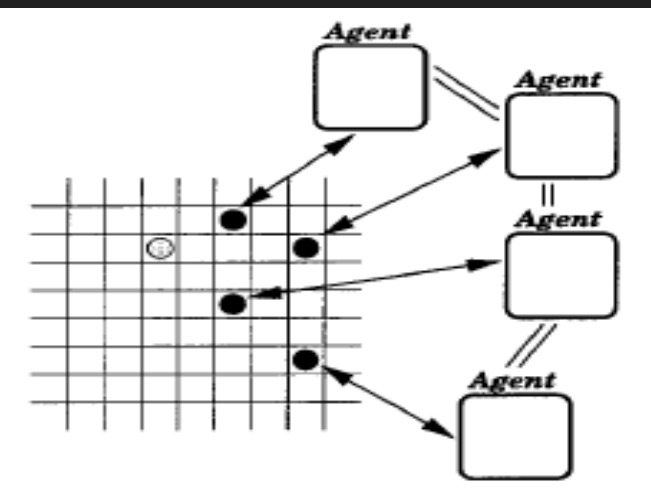
- **Homogén, nem-kommunikáló rendszer (ágensek):**
  - Azonnal cselekvő vs gondolkodó
  - Lokálisan vs globálisan gondolkodó
  - Modellezi a többi ágens állapotát
  - Hat a többi ágens viselkedésére
- **Heterogén, nem-kommunikáló rendszer (ágensek):**
  - Versenyző vs nem-versenyző (jól teljesítő)
  - Fejlődő ágensek (jutalmazások)
  - Modellezése a többi ágens céljainak, tetteinek, állapotának
  - Tápellátás menedzselése
  - „Társadalmi” megállapítások betartása
  - Feladatkörök megállapítása
- **Heterogén, kommunikáló rendszer (ágensek):**
  - Megértik egymást
  - Megtervezett kommunikáció
  - Versenyzés, nem-versenyzés megtervezése
  - Kötelezettség/nem-kötelezettség vállalások
  - Hisznek a kommunikációnak

# Egyes rendszerek, ágensek jellemzése

## Homogén, nem-kommunikáló rendszer:

- **Minden ágensnek egyforma a belső modellje**, beépített céljaik, környezeti ismerete, és lehetséges akciói. Ugyanazon elvek alapján választják ki a végrehajtandó akciókat is. Esetleg néhány szenzorban térhetnek el egymástól.

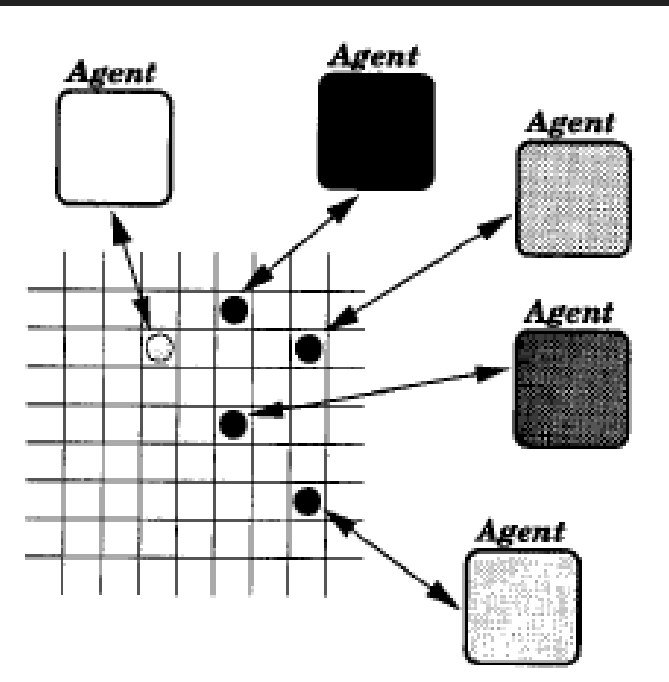
- Ebbe a rendszerbe tartoznak az **azonnal cselekvő** vs **gondolkodó** ágensek
  - **Azonnal cselekvő ágensek**: egyszerűen csak végrehajtják a soron következő utasítást, anélkül, hogy karbantartanák a belső modellt
  - **Gondolkodó** ágens: kiválasztják a legmegfelelőbb viselkedést, majd a végrehajtás után kiértékelik az akciót, majd ezen **értékelés** alapján lesz a következő kiválasztás



Az ágensek követik a „ragadozót” (lásd ábra), de egymásról, csak minimális információval rendelkeznek (max. érzékelik, mint mozgó akadály).

# Egyes rendszerek, ágensek jellemzése

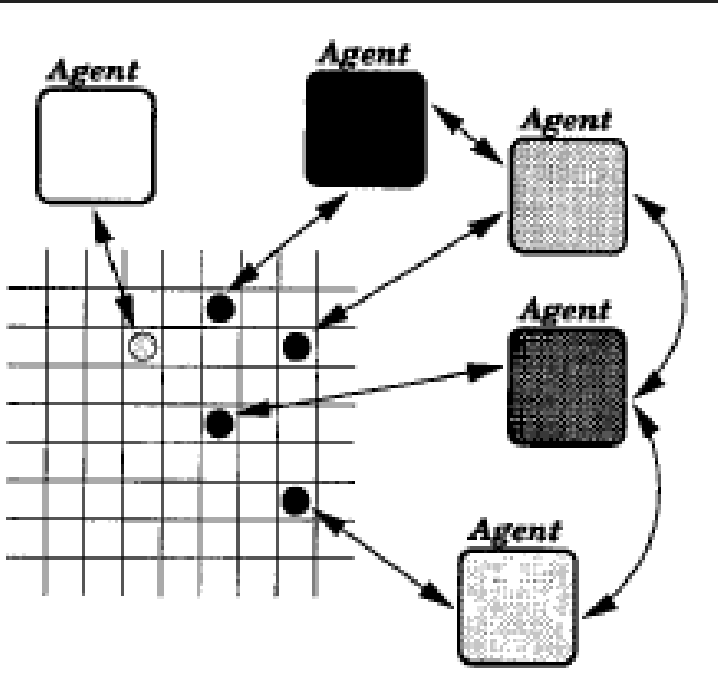
- **Heterogén, nem-kommunikáló rendszer:**
- Az ágenseknek különböző céljaik vannak, és különböző szintű ismereteik a környezetről. Lehetnek **versenyző, nem-versenyző** típusú ágensek, illetve **stabil tudásbázisú** vs fejlődő, azaz **adaptív**.



Az ágensek **különböző belső modellel** rendelkeznek (ezért egyik „ügyesebb” lehet, mint a másik), de egymásról keveset tudnak.

# Egyes rendszerek, ágensek jellemzése

- **Heterogén, kommunikáló rendszer:**
- Az ágensek mindenben különböznek egymástól, azonban egymással kommunikálnak, vagyis **egymás szenzor-adatait megosztják**, így szinte egy-ágensű rendszerként is viselkedhet a rendszer. A kommunikáció folytán az ágensek jobb képet kapnak a környezetről, effektívebb a munkavégzésük.



Az ágensek **különböző belső modellel rendelkeznek**, és még kommunikálnak is, így sokkal effektívebb a célfeladat elvégzése.

# Az előbbiekben leírt osztályozások alapján a következő viselkedés-betanító algoritmusok alkalmazhatóak:

- **Megerősített tanulás** (reinforcement learning), illetve ez multi-ágensű környezetre alkalmazva: MA-ű megerősített tanulás (MA - reinforcement learning)
- **Q- táblázatok, Q- függvények** alapján történő tanulások
- **Viselkedés alapú** robotrendszerek – **Markov döntéshozó** algoritmusok (behavioure based robotics)
- **Gráf alapú** viselkedések, útvonalkeresések:
  - **Dijsktra** algoritmus
  - **A\*, A\*\*** algoritmusok
- **Evolúciós** algoritmusok
- **Genetikus** algoritmusok (GA, PGA)
- **Neurális** hálózatok
- **Biológiai** alapokon kifejlesztett algoritmusok:
  - **Hangyaboj** alapú algoritmusok (ant-colony)
  - **Raj** elméletek (swarm technology)
- Egyéb **önszerveződő** rendszerek

# Kooperatív robotrendszerek

A kooperatív (robot)rendszerek fejlesztésével kapcsolatban a következő irányelveket kell figyelembe venni:

- **Centralizált** rendszerek (single master- multi slave)
- **Osztott rendszerek** (**DS** – distributive systems) (multi-master systems)
- **Osztott mesterséges intelligencia** (**DAI** – distributive artificial intelligence)
- **Biológia** (Ant Colony/Swarm Technology)

# Osztott rendszerek (**DS**)

A multi-ágensű rendszerek tanulmányozására alkalmazott első módszer. **Ez volt az elméleti alapja a kooperatív robotikának.** Jelenleg is megtalálható az irányításelméletben is, mint DCS-I, DCS-II rendszerek. A rendszer jellemzője, hogy „**multi-master**” alapon (domén) működik.

A megosztott irányítás **előnyei:**

- Rugalmasság
- Alkalmazkodóképesség
- Robusztusság

## ○ **Célja:**

- Az effektivitás növelése aminek két módszerét alkalmazzuk:
  - Növeljük az ágensek számát is, és ezzel a hatékonyságot
  - Nem növeljük az ágensek számát és így növeljük a hatékonyságot



# Osztott mesterséges intelligencia (**DAI**)

Két fő tanulmányterületre osztható:

- Osztott problémamegoldás (Distributed Problem Solving - **DPS**)
- Multi-ágensű rendszerek (**MAS**)
  - **DPS** – azzal foglalkozik, hogy a célfeladatot hogyan lehet részfeladatokra bontani és ezeket a részfeladatokat elosztani az egyes ágensek között úgy, hogy a feladatvégzés kapcsán szerzett tudásukat az ágensek megosszák egymás között, így fejlesztve tudásbázisukat és haladva a hatékonyabb megoldás felé.
  - **MAS** – a heterogén ágensek (ide tartozik a kollaboráció is) csoportjainak kollektív viselkedését vizsgálja, ellentétes célfeladatok teljesítésének esetében.



# Biológia

Inspirációként szolgált a kollektív viselkedés tanulmányozása során

- **Hangyaboj** kolóniák / méhek osztott munkavégzése / rajok tanulmányozása

Néhány tudós a klasszikus MI (mesterséges intelligencia) helyett az **alulról építkezés** elvét használta a kollektív robotikában, ahol az egyes önálló ágensek egyszerű viselkedésszabálybázissal rendelkeznek csak, mint pl.: a hangyák, vagy egyes rovarok.

Ebben a viselkedésbázisban vannak lefektetve az egyes „**akciók**”-ra való lehetséges válaszok „**reakciók**”, és ha az egyedek követik a definiált szabályokat (**Q-táblázat**), ebből bizonyos fokú önszerveződés alakul ki.

Ezek a rendszerek később „**önszerveződő rendszerek**” (self organizing systems) lesznek emlegetve.

# Tanulás, Fejlődés, Alkalmazkodás