

Témalabor 2016

**Kooperatív intelligens
rendszerek**

Bevezető-1

Dobrowiecki Tadeusz
Mészáros Tamás

MAS – Multiagent Systems

Az a másik (ágens, ember)

- „**hasznos**”, „**barát**”, ...

van számomra hasznos információja,

amit csinál, annak eredménye, nekem hasznos,

van erőforrása, ami nekem kell és esetleg elkérhető,

van kapacitása (feltehetően szándéka is) velem foglalkozni,
átvállalni tőlem valamilyen terhet, ...

...

- „**ellenség**”

működésemet, funkcióimat megzavarja,

erőforrást (helyet, időt, lehetőséget, ...) „elvesz”,

információt ront, torzít, megsemmisít, ...

...

- „**semleges**”

majdnem minden közös

környezetben a véges

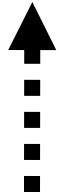
erőforrások miatt

Konfliktusok

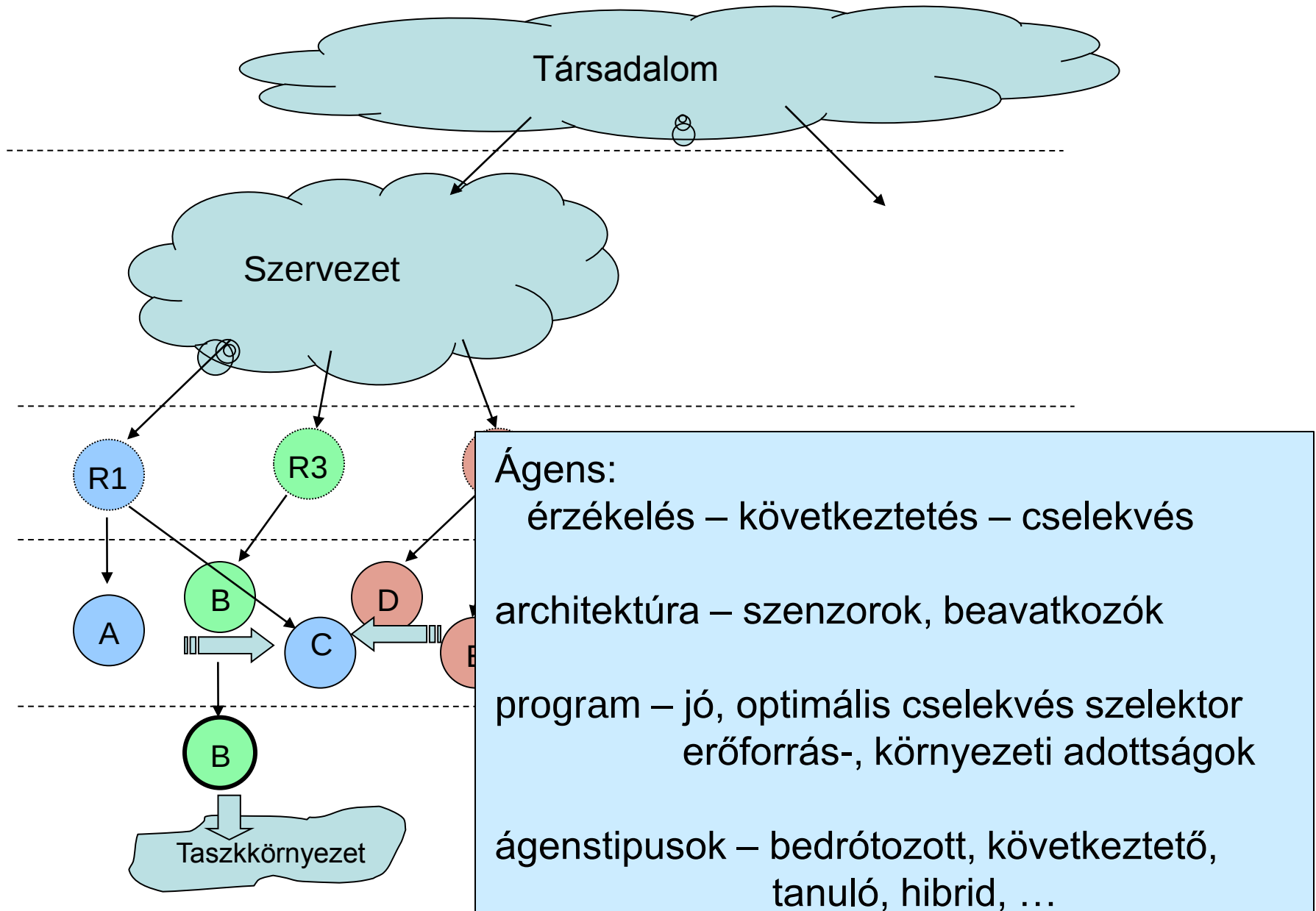
Kommunikáció

Együttműködés

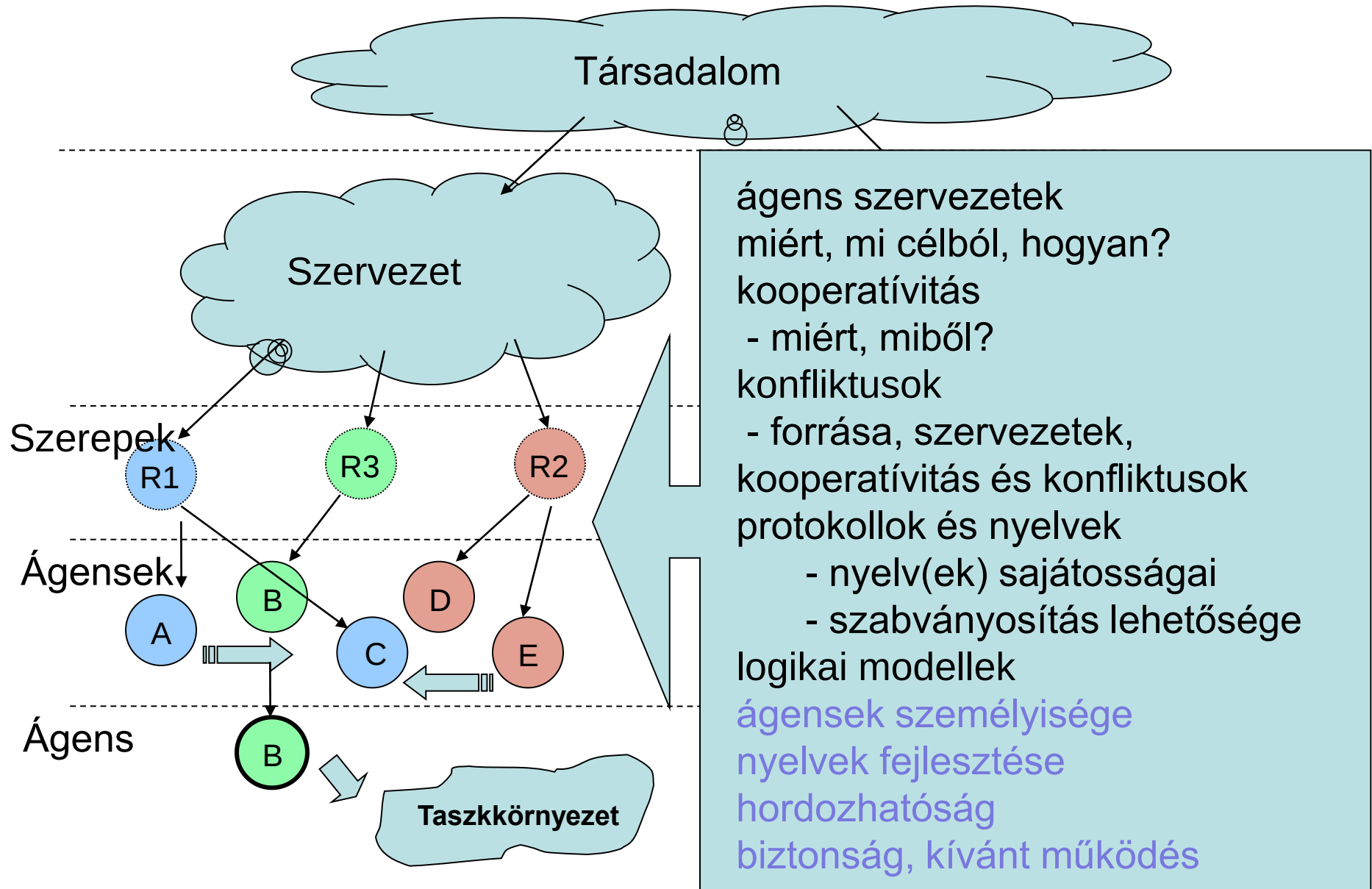
Konfliktus-feloldás



MAS: a szervezet



MAS: a szervezet



Ágensekről - több

Ágensek képességeiről részletesebben

kitartó (persistent) - folyamatosan konzisztens belső állapot

autonóm - kontroll a belső állapot és akciók felett, **önálló**

reaktív - érzékeli a környezetének változásait és reagál azokra

szociális - kapcsolatban áll emberekkel, ill. más ágensekkel

kommunikáló - képes információt cserélni

kezdeményező (pro-active) cél-orientált, opportunista, **(mobilis)**

(következtető, tanuló, adaptív)

párbeszédre képes - ágens megosztja-e a céljait?

igazmondó, jóindulatú - megkísérel teljesíteni mások kéréseit

Kommunikáció egy cselekvésfajta: kikövetkeztethető, megtervezhető,

...

Kommunikációnak **szemantikus értelmezése** van:

üzeneteket meg kell érteni (adott kontextusban),

miért jöttek, miért ilyenek, hogyan kell rájuk reagálni...

Ha cselekvésfajta, akkor vannak **előfeltételei** és **következményei**,
mik azok?

Ágens architektúrák

reaktív (ugrótábla)	helyzet → cselekvés
deliberatív (célorientált)	valamilyen (1' rendű) „logika”
hibrid (réteges)	reaktív - deliberatív

BDI – Belief, Desire, Intention (gyakorlati humán következtetés, 1987)

belief – hiedelem – információs attitűd,
az ágens által rendelkezett információ reprezentálása.

desire (goal) - kívánság (cél) – motivációs attitűd,
célállapot reprezentációja – a cselekvés végrehajtásának az oka.

intention (plan) – szándék (terv) – deliberatív attitűd,
a cél elérésének eszközei → **a jövőbeli cselekvések**

Ágensek képességeiről részletesebben

... ágens leírása olyan elvek alapján, amiket többnyire emberre alkalmaznak:

ágens **tud/ elhisz** dolgokat, **szándékai**, **kívánságai**, **céljai** vannak, ...

ágens **köteles** valamit ..., **emocionális** állapotai vannak, ...

Intencionális megközelítés

egy bonyolult rendszer viselkedésének magyarázata v. jóslása anélkül, hogy a működését megértenénk (ember, mint **fekete doboz**)

információs attitűd: tudás, hiedelem

kölcsönös információs attitűd (azt hiszem, ő tudja, hogy én azt hiszem, ...)

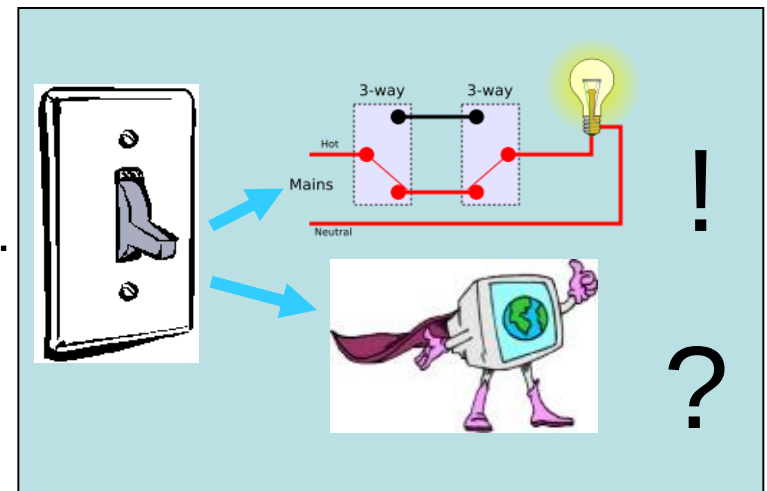
pro-attitűd: szándék, kötelesség, ...

kölcsönös pro-attitűd: csoport-szándék, ...

attitűdök modalitásai (akar, tervez, ...)

cselekvések, idő reprezentációja

Cselekvések: „**fizikai**”
 „**kognitív**”
 „**kommunikatív**”



Modalitások (1' logika kiterjesztése): *Júlia azt hiszi, hogy P*
P = Holnap esni fog

Szintaxis? Naív és **helytelen** átírás: *Hiszi(Júlia, P)*.

Szemantika? 1' logika állításai extenzív 'igazság-funkcionálok' –
 csak a komponensek igazságértéke, pl. A ÉS B

P	Hiszi(Júlia, P)	Hiszi(Júlia, P)	Hiszi(Júlia, P)	Hiszi(Júlia, P)
Hamis	Hamis	Hamis	Igaz	Igaz
Igaz	Hamis	Igaz	Hamis	Igaz

Az érték nem függ a P értékétől, csak Júlia „tudásszerző” képességeitől.

Az 1' rendű logikát ki kell terjeszteni:

- **külső nyelv/ belső nyelv**, ... *Júlia azt hiszi, hogy holnap esni fog.*

Hiszi(Júlia, [holnap esni fog]). már két argumentumú predikátum
 de *Hiszi(Júlia, [Hiszi(Béla, [[holnap esni fog]])])*.

- **modális logika:**

Hiszi_{Júlia} holnap esni fog. *Hiszi_{Júlia}* – egy logikai operátor

de mi a szintaxis, szemantika?

Ágensszervezetek

Ágensszervezetek

Szervezet: *szerepek, relációk, tekintélystruktúrák* együttese

Ágensek miért szerveződnek?

Mert egy szervezet célokat szolgál

Célok: konkrét ...

absztrakt: valamilyen jellegű komplexitás csökkenése

(munka, következtetés, kommunikáció, keresés, ...)

Szervezeti önkialakítás

- betervezett $\Leftrightarrow$ tanult,

- fenntartás $\Leftrightarrow$ destabilizáció.

Nyílt - ágensek jönnek-mennek, felveszik a kommunikációt

előny: rugalmas, nyílt, hátrány: nem stabil, nem megbízható

Félig nyílt - kapuőrző (gate-keeper) ágensek, lehet csatlakozni, de

szervezeti korlátok felvállalásával

Félig zárt - „külső” ágens nem léphet be, belül inicializálható egy olyan

ágens, amely a “külső” ágens érdekeit képviseli, belül rugalmas

Zárt - MAS team struktúrák, minden tervezési fázisban dől el, nincs

lehetőség „külső” ágens bevitelére, csökkentett rugalmasság, megnőtt stabilitás és megbízhatóság

Szervezetek típusai:

Hierarchia

Holárchia

Koalíció

Team

Kongregáció

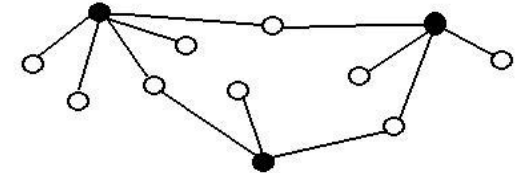
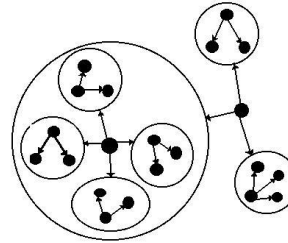
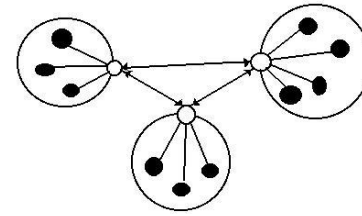
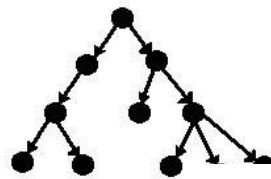
Közösség

Federáció

Piac

Mátrix

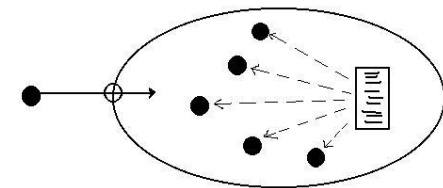
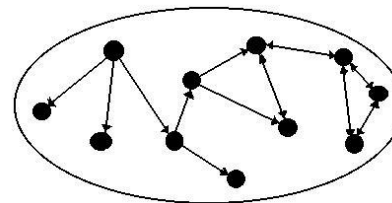
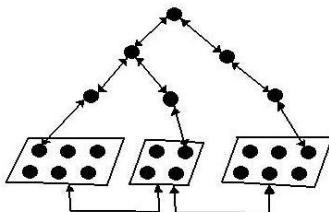
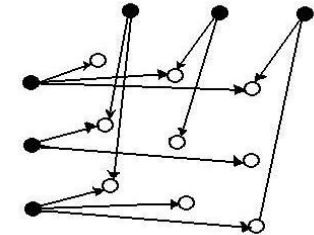
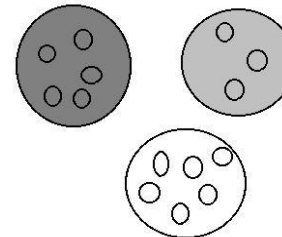
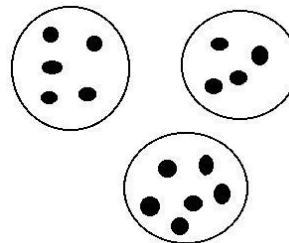
(Összeí ...



homogén $\Leftrightarrow$ heterogén ágensek

egyéni $\Leftrightarrow$ közös cél

elosztott $\Leftrightarrow$ központosított döntések



Paradigma	Kulcsjellemző	Előnyök	Hátrányok
Hierarchia	Dekompozíció	Sok köznapi területen alkalmazható, jól skálázható	Merev, szűk keresztmetszetek és késedelmek
Holarchia	Dekompozíció és autonómia	Használja ki a funkcionális egységek autonómiáját	Holonokat meg kell szervezni, nem jósolható hatékonyság
Koalíció	Dinamikus, célorientált	Erő a sokaságban	Rövid idejű haszon, kisebb, mint a szervezet létrehozásának költsége
Team	Kohézió csoport szintjén	Taszk-központú, nagyobb granuláltságu problémák	Megnőtt kommunikáció
Kongregáció	Hosszú életű, hasznosság	Megkönnyíti az ágensek felfedezését	Halmazok túlságosan korlátozóak
Közösség	Félig nyílt rendszer	Publikus szolgáltatások, jól definiált konvenciók	Potenciálisan komplex, szükségesekek közösség-orientált képességek
Federáció	Köztes(réteg) ágensek	Alkuszok, cél-eszköz illesztés, dinam. ágens-érdekszövetség	A közvetítők a szűk keresztmetszet
Piac	Verseny árazás révén	Központosítás miatt megnőtt hasznosság, árajánlat miatt megnőtt korrektég	Összejátszás, rossz indulatú viselkedés, a hozzárendelési döntések komplexitása magas
Mátrix	Többszörös menedzser	Erőforrás megosztás, többszörös befolyásolás	Konfliktusok lehetősége, megnőtt komplexitású ágensek szükségesekek
Összetett	Konkurens szervezetek	Több szervezeti stílus előnyeik	Megnőtt kifinomultság, több szervezeti stílus hátránya

Kapcsolattartás és együttműködés

Párbeszédek

párbeszéd fajták: **Walton és Krabbe osztályozás**

Párbeszéd típusa	Kezdeti helyzet	Résztevők célja	Párbeszéd célja
Rábeszélés (Persuasion)	Vélemény-különbség	Rábeszélni az ellenfelet	Problémát letisztázni
Kivizsgálás (Inquiry)	Bizonyítás igénye	Megtalálni és verifikálni a tényállást	Bizonyítani (pro, v. kontra)
Tárgyalás (Negotiation)	Érdekkonfliktus	Megkapni, amire legjobban vágyik	Értelmes megállapodás
Informálódás (Information seeking)	Információ igénye	Megszerezni, vagy megadni információt	Információcsere
Mérlegelés (Deliberation)	Dilemma, gyakorlati döntés	Célokat és cselekvéseket koordinálni	A rendelkezésre álló legjobb teendő meghatározása
Veszekedés (Eristic)	Személyes konfliktus	Verbálisan támadni	Konfliktus mélyebb okának a feltárása

Együttműködés = Megosztás + Kommunikáció

Mit lehet megosztani:

tudás, adat, eredmény, konklúzió, hipotézis,

általában 'homogén' közösségek („tudásban egyenlők”),

feladat, cél,

általában 'strukturált' közösségek (**specializálódás**).

Együttműködési protokollok

- **globális koherencia** működésben (**közös kontextus kialakítása**)
azonban **autonómia meg nem sérítése**
- **megosztott célok, közös feladatok** azonosítása
azonban szükségtelen protokollok **kerülése**
- tudás- és bizonyíték **fuzionálása** (ezt mind jó lenne tudni biztosítani)
- **feladatokat megfelelő képességekkel párosítani**

protokoll $\Rightarrow$ informális

$\Rightarrow$ formális $\Rightarrow$ leírása **A(gent extended)UML**, stb.

$\Rightarrow$ logika segítségével

protokoll verifikálás:

logikai biztonság tulajdonság (**safety property**): 'meglegyen a cél'

 élénkség tulajdonság (**liveliness property**): 'legyen mozgás'

heurisztikus: szimulációk

Protokollok

zárt szervezet (hierarchia, team, közösség, ...)

üzenetváltás szekvencia

merev (mechanikus, eltérés nem lehetséges)

nem kiterjeszthető („bedrótzott”)

közösség erősen strukturált, megjelenik benne **főnöki szerep**

taszk megosztás folyik, tip. protokoll: **Master/ Slave** protokoll

közösség gyengébben strukturált, megjelenik benne **aszimmetrikus**

menedzseri, vállalkozói szerep

taszk megosztás folyik, tip. protokoll: **Vállalkozási Hálók**

(Contract Nets) protokoll

nyílt szervezet (kongregáció, piac, ..., web, e-kereskedelem, ...)

hiedelem-, cél alapú, rugalmas

egyenlősi közösség, nagyjából szimmetrikus hatások:

információ, eredménymegosztás folyik,

érvelés alapú tárgyalási protokoll, **aukció, szavazás, ...**

gyengén strukturált közösségek, megjelenik a **döntnöki** szerep

információ-megosztás folyik: konfliktusos helyzetek kezelése

speciális protokollokkal

Master/ Slave protokoll

1. - Master a kapott feladatot dekomponálja és Slave ágenseknek osztja ki,
2. - Slave ágensek a feladatukat megoldják és a megoldásukat a Masterrel közlik,
3. – Master a teljes feladat megoldását összerakja és továbbítja a felhasználó felé.

Jellegzetességek: **a Master tudása lényegesen több**, mint a Slave ágensekké: a feladat dekomponálási elvei, a megoldás szintetizálásának képessége, a Slave ágensek képességi modellje.

Mater/Slave protokoll feladatáthárításával

1. Master a kapott feladatot dekomponálja, a Slave ágenseknek osztja ki, ...
3. S1 Slave megkér vmelyik más ágenszt (Sk-t), hogy az képes-e az S1-nek kiosztott feladatot megoldani,
4. Sk közli S1 ágenssel, hogy igen,
5. S1 közli a Masterrel, hogy „Sk ’tudja”,
6. Master átadja Sk-nak az eredetileg S1-nek szánt feladatot, ...
8. Master a teljes feladat megoldását összerakja, továbbítja

Jellegzetességek: a Master tudása továbbra is lényegesen több, mint a Slave ágensekké, de bizonyos „friss” tudásra feladat közben is tud szert tenni.

Ha az ágensekről alkotott elképzelése nem teljesen helytálló, az áthárítással az új, helyes információt megkapja, beépíti a folytatott protokollba, azaz **tanul. (később kevesebb „párbeszéd” kell)**. Slave tudása több, képes önértékelése, alprotokollokra (alkuszok), a protokoll rugalmasabb, dinamikus, bonyolultabb környezetben.

Vállalkozási háló protokoll (*Contract Nets*)

1. Menedzser ágens átveszi a felhasználótól a feladatot és lebontja kisebb „taszkokra”
2. Menedzser vállalkozót keres taszkjához, vagy taszkjának egyes részeihez
3. Szétküldi (broadcast) a taszk (probléma) leírását és kedvező ajánlatokra vár
4. Vállalkozók összemérik a meghirdetett taszk leírását a saját képességeivel (tudás modellel) és vagy nem reagálnak (azaz nemlegesen reagálnak), vagy beküldik a jelentkezésüket (milyen feltételek mellett vállalkoznak a feladatra, milyen minőségű megoldást képesek szállítani, stb.)
5. Menedzser választja ki a legjobbnak tűnő ajánlatokat és a feladatokat véglegesen kiadja elvégzésre
6. Vállalkozók a feladatait megvalósítják, a megoldásokat a Menedzsernek beküldik
7. A befutó megoldásokból a Menedzser összerakja a teljes megoldást és a megrendelőnek elküldi.

Jellegzetességek: **a feladatot végző ágens identitása előre ismeretlen**, a Menedzser tudása lényegesen több, mint a Vállalkozóké. A feladata a kapcsolat tartása a felhasználóval és a feladat dekompozíciója /megoldás szintézise. Nem kell tudnia a feladatot megoldani, viszont tudnia kell mérlegelni a beküldött ajánlásokat (mások modellje, feladat modellje, stb. alapján). **Minden vállalkozónak rendelkeznie kell problémamegoldó tudással, önmaga modelljével, hogy a vállalkozás lehetőségét hitelesen mérlegelni tudja. Szabad autonóm módon elutasítania is ...** **Lehetőség: a fokozatos romlás biztosítása** (szuboptimális viselkedés, ...)

VH protokoll iterációval

....

A beküldött javaslatok, ill. elutasítások alapján a menedzser arról kap képet, hogy az általa kiírt feladatok mennyire értelmesek (mennyire jó a feladat dekompozíciója egy adott közösség szempontjából). A Menedzser **átdolgozza** a feladat felbontását és **ismételten** ír ki versenytárgyalást, az ágensek képességeihez jobban illeszkedő taszkok elküldésével.

Jellegzetességek: **Menedzser tanul.** A rendszer jobb megoldás felé tart. A rendszer változó körülményekhez is igazodik (kieső vállalkozók, ...) (**hibatűrés, fok. romlás**)

VH protokoll rekurzióval

...(eredeti VH)...

Egy taszkra vállalkozó és a végrehajtásával megbízott ágens nem kezd bele, hanem a kapott feladatra (annak alkalmas dekomponálásával) maga ír ki VN protokollt.

A beküldött (rész)részmegoldásokból összerakja a vállalt feladat megoldását és azt az eredeti protokoll szerint átadja a Menedzsernek.

...(eredeti VH)...

Jellegzetességek: a **vállalkozó ágensnek** rendelkeznie kell az eddigieken túlmenően: **a feladat dekomponálási/ megoldás szintetizálási képességgel, igaz alacsonyabb bonyolultsági szinten, ugyanilyen szinten a beküldött javaslatok mérlegelési képességgel.**

Alkusz, mediátor protokollok

Az Interneten információt kereső ágens problémája, hogy **NEM ISMERI A CÍMZETTET** (az információforrás helyét). „**Lekérdezés címzett nélkül**”

A tényleges címzettet az alkusz, ill. alkuszok „közössége” ismeri.

Igénylő ágens → *kérés* → *Facilitator(ok)* (VH?)

Facilitator → *továbbítás* → *Alkusz(ok)* (VH?)

...

Alkusz → *továbbítás* → *Ontológia-szerver(ek)*

Alkusz ← „*lefordított kérdés*” ← *Ontológia-szerver*

Alkusz → *kérés* → (*Információforrás*) *agens(ek)* (VH?)

.....

Alkusz ← *válasz* ← (*Információforrás*) *agens*

Alkusz → *továbbítás* → *Ontológia-szerver*

Alkusz ← „*lefordított válasz*” ← *Ontológia-szerver*

Facilitator ← *továbbítás* ← *Alkusz*

Igénylő ágens ← *továbbítás* ← *Facilitator*

Megjegyzés:

- az igénylő ágens nem tudja a forrás címét, de nyelvezetét (fogalmi rendszerét) sem,
- az alkusz sem tudhatja minden információforrás nyelvi formátumát,
- ontológia szerver: a kérést az igénylő „nyelvéről” a forrás „nyelvére” tegye át,
- a facilitator: „sárga oldalak”, az igény-szolgáltatás relációk karbantartása egy lokális környezetben,
- metaprotokollok, protokollok ágyazása.

Együttműködő következtetés (eredmény- és taszkmegosztás)

a szokásos módon (pl. szabályalapú rendszerek) megtervezett rendszerek
- problémamegoldó képességük fokozása: a környezetükben lévő más hasonló rendszerek problémamegoldó képességeire támaszkodva.

Ágens:

saját lokális problémamegoldó tudás,
környezeti modell (environment model): a környezetbe ágyazott más
ágensek '**képességeinek**' (skills) és '**érdeklődési köreinek**' (interests) a
leírása (pl. DF-nél).

Ágens üzenetei:

felkérés (request),
válasz (response), és
közlés (inform) csere.

Célvezérelt következtetés (backward chaining): hipotézis, hogyan tovább?
'**képességek**' listája alapján a hipotézisről az azt igazolni tudó ágensnél
érdeklődik (request).

Adatvezérelt következtetés (forward chaining):
a tény levezetésekor '**érdeklődések**' listája alapján a tényt az érdekelt
részére elküldi (inform).

Együttműködés kényszere

Szavazási protokollok - közös preferencia kialakítása

Szavazás: Társadalmi választás – SCF social choice/ welfare function:

Minden ágensnek van saját preferencia listája $\{>_{Agi}\}$,
ennek alapján el kell jutni a közösségi preferenciához: $>^*$.

Szavazás: (a) szavazat (egy, több, pontozás, ...)
(b) szavazatszámlálási procedúra

Szavazáselmélet: racionális ágensekből irracionális közösség

alma $>_{János}$ körte, körte $>_{János}$ szilva $\Rightarrow$ „elvárt”, hogy alma $>_{János}$ szilva

Ami felé haladunk: egyéni racionális preferencia tranzitív,
de a szavazási mechanizmus révén kialakított
szociális (közös) preferencia NEM mindig tranzitív

Két jelölt esete

Többségi szavazás (TB), az a győztes, akinek legtöbb szavazata van.

Minősített többségi szavazás (MT), győztes, akié a szavazatok több, mint a fele.

	1cs	2cs
	20	24
1.	x	y
2.	y	x

Többségi szavazás kiválósága

(Kenneth) May tétel (1952)

Ha 2 alternatíva van, a TB egyetlen olyan döntési folyamat, ami az alábbi alapfeltételekkel konzisztens:

- **anonimitás**: minden szavazónak egyenlő a súlya
- **semlegesség**: átcímkezés egyéni preferenciákban
= u.a. átcímkezés az eredményben
- **erősen monoton**: holtverseny esetén, ha egyetlenegy szavazó x-nek kedvező módon megváltoztatja a preferenciáit, akkor x lesz a győztes, vagy
- **gyengén monoton**: ha x a győztes és egyetlenegy szavazó még inkább jobban felértékeli, akkor x marad a győztes.

Több jelölt? Tipikus kiterjesztés:

- **tiszta többségi szavazás:** győz, akinek legtöbb szavazata van
(erős jelöltek egymást kinyírják, gyenge jelölt győz kisebbség tud diktálni)
- **két forduló** (run-off, RO): győztes, ha minősített többséget kap,
ha nincs, a legjobb kettő egymással szemben sima többséggel (költséges)

	1cs	2cs	3cs	4cs
	20	24	26	30
1.	z	y	x	w
2.	x	z	y	z
3.	y	x	z	x
4.	w	w	w	y

TB szavazás: **w** győz 30 szavazattal
(kisebbségi jelölt!)

w egyenkénti felmérésben mindenkivel szemben alulmarad, mégis győz.

Kétfordulós: nincs minősített többségi győztes
két legjobb jelölt: **w** (30), **x** (26)
második forduló: **x** (70), **w** (30), **x** a győztes

Aki a **z** mellett vannak, „joggal” panaszkodhatnak, hogy miért éppen **x**, ha a többségnél $z \succ_i x$!?

Súlyozott rendezett szavazás - Borda szavazás (BC)

Alapvető probléma, „**Győztesből vesztes – paradoxon**”

$y \succ_{BC} x \succ_{BC} w \succ_{BC} z$

Tegyük fel, hogy kiderül, z érvénytelen! Tegyük z-t utolsónak, a rendezésnek maradnia kellene!

y és w megmérettetésében z egy irreleváns alternatíva.

Sérül a „irreleváns alternatívától való függetlenség” elve.

A döntés nem logikus, manipulálható.

	1	2	3	4	5	6	7	BC
w	3	3	0	0	1	1	3	11
x	2	2	3	3	0	0	2	12
y	1	1	2	2	3	3	1	13
z	0	0	1	1	2	2	0	6

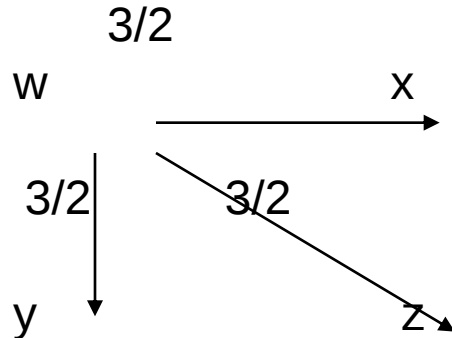
	1	2	3	4	5	6	7	BC
w	3	3	1	1	2	2	3	15
x	2	2	3	3	1	1	2	14
y	1	1	2	2	3	3	1	13
z	0	0	0	0	0	0	0	0

Condorcet győztes paradoxonja

A győztes a vesztesel szemben páronkénti megmérettetésben alulmarad:

$$\begin{array}{ll} x \succ_i y & 5 \\ y \succ_i x & 2 \end{array}$$

Condorcet győztes: páronként mindenkinél jobb:



	1	2	3	4	5	BC
w	3	3	1	1	1	9
x	2	2	0	3	3	10
y	1	0	2	0	2	5
z	0	1	3	2	0	6

w a Condorcet győztes

Sérül a Condorcet kritérium (ha van Condorcet győztes, akkor őt kell megválasztani!)

Szavazási protokollok – vizsgálati kritériumok

Többségi k. – ha létezik egy jelöltet támogató többség, győz-e ez a jelölt mindig, ha a többség őszintén szavaz?

Monotonitási k. – lehetetlen megbuktatni a győztes jelöltet úgy, hogy magasabbra értékeljük, vagy a győzelemhez juttatni a bukott jelöltet azzal, hogy alacsonyabbra értékeljük.

Konzisztencia (szeparabilitási) k. – ha a szavazókat két részre bontjuk, és mindkét részben ugyanaz a jelölt győz, győz-e a szavazók egész halmazában?

Részvételi k. – jobb-e mindig őszintén szavazni, vagy egyáltalán nem szavazni?

Condorcet k. – ha a jelölt páronként mindenki másnál jobb, győz-e mindig?

Condorcet vesztes k. - ha a jelölt páronként mindenivel szemben veszít, veszít-e mindig?

Irreleváns alternatívák függetlensége k. – ugyanaz-e az eredmény, ha egy nem győztes jelöltet beiktatjuk, ill. kiiktatjuk a jelöltek sorából?

Klónozott jelöltek függetlensége k. - ugyanaz-e az eredmény, ha a létező jelöltekkel azonos jelölteket adunk hozzá?

..... stb.

http://en.wikipedia.org/wiki/Voting_system

sort by:																							
	Majority (MC)	Mutual MC	Condorcet	Cond. lower	Smith/ ISDA	LRA	IRA	Cloneproof	Monotone	CC	IC	Reversal symmetry	Polytime/ Resolvable	Summable	ballot type	= rank	>2 rank	Lulu-no-harm/ Lulu-no-help	PBC:No favorite betrayal				
Approval	Rated (nb 1)	No	No (nb 2) (nb 2)	No	No (nb 2)	Yes	Yes (nb 4)	Yes (nb 5)	Yes	Yes	Yes	Yes	O(N)	Yes	O(N)	approvals	Yes	No		(nb 6)	Yes		
Borda count	No	No	No (nb 2)	Yes	No	No	No	No: teams	Yes	Yes	Yes	Yes	O(N)	Yes	O(N)	ranking	No	Yes	No	Yes	No		
Copeland	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No (nb 2)	teams, crowds	Yes	No (nb 2)	No (nb 2)	Yes	O(N ²)	No	O(N ²)	ranking	Yes	Yes	No (nb 2)	No	No (nb 2)		
IRV (AV)	Yes	Yes	No (nb 2)	Yes	No (nb 2)	No	No	Yes	No	No	No	No	O(N ²)	Yes	O(N!)	(nb 7)	ranking	No	Yes	Yes	Yes	No	
Kemeny-Young	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No (nb 2)	No: spoilers	Yes	No (nb 2)	No (nb 2)	Yes	O(N!)	Yes	O(N ²)	(nb 8)	ranking	Yes	Yes	No (nb 2)	No	No (nb 2)	
Majority Judgment (nb 10)	Rated (nb 11)	No (nb 12)	No (nb 2) (nb 2)	No	No (nb 2)	Yes	Yes (nb 4)	Yes	Yes	No (nb 12)	No (nb 14)	Depends (nb 15)	O(N)	Yes	O(N)	(nb 16)	scores (nb 17)	Yes	Yes	No (nb 18)	Yes	Yes	
Minimax	Yes	No	Yes (nb 19)	No	No	No	No (nb 2)	No: spoilers	Yes	No (nb 2)	No (nb 2)	No	O(N ²)	Yes	O(N ²)	ranking	Yes	Yes	No (nb 2)	(nb 19)	No	No (nb 2)	
Plurality	Yes	No	No (nb 2)	No	No (nb 2)	No	No	No: spoilers	Yes	Yes	Yes	No	O(N)	Yes	O(N)	single mark	NA	No	NA (nb 20)	NA (nb 20)	No		
Range voting	No	No	No (nb 2) (nb 2)	No	No (nb 2)	Yes	Yes (nb 4)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	O(N)	Yes	O(N)	scores	Yes	Yes	No	Yes	Yes		
Ranked pairs	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No (nb 2)	Yes	Yes	No (nb 2)	No (nb 14)	(nb 2)	Yes	O(N ⁴)	Yes	O(N ²)	ranking	Yes	Yes	No (nb 2)	No	No (nb 2)	
Runoff voting	Yes	No	No (nb 2)	No	No (nb 2)	No	No	No: spoilers	No	No	No	No	O(N)	(nb 21)	Yes	O(N)	(nb 22)	single mark	NA	No (nb 23)	Yes	(nb 24)	No
Schulze	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No (nb 2)	Yes	Yes	No (nb 2)	No (nb 14)	(nb 2)	Yes	O(N ²)	Yes	O(N ²)	ranking	Yes	Yes	No (nb 2)	No	No (nb 2)	
Random winner/ arbitrary winner (nb 25)	NA	NA	NA (nb 2)	NA	NA (nb 2)	Yes	Yes	No	NA	NA	NA	NA	O(1)	NA	O(1)	none	NA	NA	NA	NA	NA		
Random ballot (nb 26)	No	No	No (nb 2)	No	No (nb 2)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	O(N)	Yes	O(N)	single mark	NA	No	NA	NA	Yes		

Condorcet paradoxon: kollektív preferencia lehet ciklikus (nem tranzitív), annak ellenére, hogy minden egyedi preferencia tranzitív.

Mik az **értelmes követelmények**? **Kenneth Arrow**, 1951, Nobel díj 1972.

A a jelöltek, N a szavazók halmaza

Arrow tétel: ha $|A| > 2$ és $|N| > 3$, akkor az alábbi 3 feltétel inkompatibilis.

Pareto hatékonyság: ha az a alternatívát a b -nél minden szavazó jobban értékeli, akkor az a a b -nél jobb a kollektív megítélésben is.

nincs diktátor: nem létezik olyan egyed, amelynek preferenciái mindig érvényesülnek, a többiektől függetlenül.

irreleváns alternatívák függetlensége

Melyik feltételről mondjunk le? Melyikről le kellene mondani?

Gibbard–Satterthwaite tétel (1973)

$|A| > 3$: az alábbi feltételek egyike minden szavazási módszerre igaz:

- szabály diktatórikus (egyetlen szavazó meghatározza a győztest), vagy
- van olyan jelölt, aki szabályt alkalmazva soha nem győzhet, vagy
- a szabály manipulálható ([tactical voting](#)): bizonyos feltételek mellett egy szavazó, a szabály és mások preferenciái ismeretében, nem a tényleges preferenciái szerint szavazva, befolyásolhatja a szavazás kimenetelét (koalíció).

Hibrid szavazási protokollok és manipulálási komplexitás elmélet

Manipulálás – **szoftver ágensek** – több veszély, lehetőség

Egyszeri algoritmus tervezés, másolás nagy számú ágensnek

= stratégiai szavazás esélye, sikeressége nő

= nem befolyásolják emóciók, irracionalitás

Ágens – több számítási kapacitás, könnyebb hatékony manipulálást megtalálni

Ágens szavazása – megnövelt anonimitás, kevesebb fenntartás a közösségi megtorlással szemben

Manipulálás:

- Manipuláló információja a szavazókról: nem teljes, teljes
- Ki manipulál: egyén, koalíció
- Súlyozott, nem súlyozott szavazók
- Manipulálás célja konstruktív: győzelemre vinni valakit
 destruktív: vesztésre vinni valakit

Manipulálás számítási nehézsége ha elkerülhetetlen, legyen legalább exp. nehéz

Manipulálási komplexitás növelése - Hibrid szavazási protokoll: **Hyb(X_k , Y)**

- szavazat leadás x 1
- k lépés X protokollal, k db. jelölt eliminálása
- Y protokoll alkalmazása a maradék jelöltekre

Piac-alapú koordináció

Árverések

Egy, konkrét piaci árral nem rendelkező árú értékének empirikus meghatározása.

Általános furcsaságok:

- az árat a vevő, a szabályokat az eladó állapítja meg,
- az eladó (árverező) nem a tulajdonos,
- a tulajdonos esetleg fél megállapítani az árat.

....

Piac-alapú koordináció

Aukció tervezése

AUKCIÓ FORMATUMA

Nyílt, v. zárt (borítékolt)
Emelkedő, v. csökkenő
Szimultán, v. szekvenciális
Egyfordulós, v. több fordulós

LICITSZABÁLYOK

Ár megállapítási szabályok
Licit komponensei
Köteg, kombinatorikus aukció szabályok

LEBONYOLÍTÁS

Győztes és hozzárendelés megállapítása
Ki fizet és mennyit?
Időzítés

RÉSZVÉTELI SZABÁLYOK Résztvételi követelmények
Díjak

INFORMACIÓ Tételek/szolgáltatások
Licitek
Részrtvevők
Üzlettörténet

Ágenskoordináció
megszokott aukció típusai
Egyedi árú árverés
Csoportos árverés
Kombinatorikus árverés

Licit stratégiák

Melyik aukcióban részt venni?
Részvételnélkültség, aukció időtartama, licitálók száma.
Mikor licitálni?
Mennyit licitálni?
(ár és/vagy mennyiség)
Kölcsönhatások és skálázás eredménye.

Egyedi árverés Árverésvezető **egyetlenegy** árút kínál

Angol (emelkedő, be/ki, leütés)

Japán (emelkedő, végleges kilépés)

Holland (csökkenő, végleges kilépés)

...

Első-licites versenytárgyalás

Minden licitáló a feladat költségét jelentő számat nyújt be licitként.

A legalacsonyabban licitáló nyer, megkapja a feladatot, és beleegyezik, hogy a licitált költségen megvalósítja.

Másodlicites (Vickrey) versenytárgyalás

Protokoll u.a., csak a győztes beleegyezik, hogy a **feladatot a második legkisebb licit költségén** valósítja meg.

**Ösztönzés kompatibilis – ösztönzés igazságos licitre
(dominans stratégia)**

Csoportos árverés

Kombinatorikus árverés

Csoportos aukciók

Protokoll: Az árverező a feladatok egész halmazát ajánlja.

Minden licitálónak szabad a feladatok egy részére (részhalmazára), vagy az összesre licitálnia.

Az árverező a licitálókhoz egy, vagy több feladatot rendel hozzá, de minden licitálóhoz **legfeljebb egy** feladatot.

Protokoll előírhat meghatározott számú feladat-hozzárendelést, pl.:

(1) m db. feladat hozzárendelése, $1 \leq m \leq \# \text{licitáló}$.

(2) Minden licitáló kapjon egy feladatot ($m = \# \text{licitáló}$).

(3) Egyetlenegy nyerő feladat van ($m = 1$).

(2) esetén a hozzárendelés lehet optimális is.

Megszokott a mohó algoritmus: a legjobb licit díjazása megfelelő feladattal, a feladat és a licitáló eliminálása, amíg nem futunk ki feladatokból, vagy a licitálókból.

Kombinatorikus aukció

Az árverező egy T feladathalmazt ajánl.

Minden licitáló a **feladatok tetszőleges kötegeire (T részhalmazaira)** licitál, az árverező több licitálónak a kötegek kombinációját (T halmaz dekompozícióját) ítéli meg (de licitálóként legfeljebb egy köteget).

A hozzárendelésnek az árverező jövedelmét kell maximálnia.

Kötegek száma exponenciális $2^{|T|}$.

Győztes kiszámítása NP-nehéz.

De gyors optimális kiszámítása létezik, ami figyelembe vesszük a licithalmaz ritkasságát.

- Redukált kötegszám.
 - Árverező csak bizonyos kötegeket enged meg.
 - Licitáló: kötegklaszterek, limitált nagyságú klaszterek

Kombinatorikus aukció – nagyító alatt

licitálás - a licitáló képes a dolgok halmazaira licitálni

- azok száma exponenciális
- a licit tömör, informatív, implicit módon kódolt (kell!)

hozzárendelés

- licitek beérkezése után, a dolgok kiosztása a győzteseknek, valamilyen optimum szerint árverező jövedelme, globális hatékonyság, ...
- általában kezelhetetlen, NP-nehéz

fizetés

- mennyit fizessen a győztes, egyes esetekben nem amennyit ajánlott (mert nem pontosan azt a köteget kapja meg)
- fizetési szabályok befolyásolják az árverező jövedelmét és a licitálási szabályokat

stratégia

- aukció protokoll, hozzárendelési és fizetési szabályok rögzítése után a licitálók kialakíthatják személyes licitálási stratégiákat

Hozzárendelés

licitek = $B_i = (S_i, p_i)$

győztes licitek részhalmaza:

egymást kizárók, $\sum p_i \max$

x_i – a győztes licitek

címkéző bitje

minden tétel csakis egyszer kiosztva

Integer Programming Formalization

Maximize:

$$\sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Subject to:

$$\sum_{i|j \in S_i} x_i \leq 1, \text{ for each } j = 1 \dots m.$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \text{ for each } i = 1 \dots n.$$

Linear Programming Relaxation

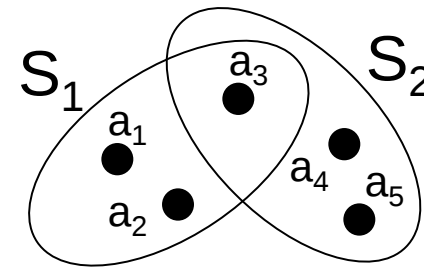
Maximize:

$$\sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Subject to:

$$\sum_{i|j \in S_i} x_i \leq 1, \text{ for each } j = 1 \dots m.$$

$$x_i \geq 0 \text{ for each } i = 1 \dots n.$$



x_i – a győztes tört licit,
a győztes S_i egy részét
kapja, $x_i \times p_i$ -t fizet

Valóban létezik „tört” aukció (nyersanyag, elektromos energia,
sávszélesség, ...)

Hozzárendelés

könnyen formalizálható **integer** programozásként = kezelhetetlen
relaxálás: **lineáris** programozási probléma = hatékony megoldása van
de nem biztos, hogy optimális

Alapvető probléma a licit kézben tartása

Minden szabad? Akármilyen köteggkombinációra, akármilyen értékítélettel?
Kompromisszum kell, de miben?

„Szabványosított” értékítéletekhez „szabványosított” licitnyelvek.
Garancia, hogy ha a licitáló értékítélete bizonyos matematikai tulajdonságú,
akkor a felkínált licitnyelven tömören, hatékonyan kifejezheti magát.

Licit szabályok = licit nyelv (szintaxis és szemantika)

Kompromisszum

- kifejező erő** - minden kívánt licitet kifejezni
 - fontos liciteket egyszerűbben kifejezni
- egyszerűség** - licitek kezelése egyszerű

Egy b licitnyelv **polinomiálisan interpretálható**, ha létezik polinomiális idejű algoritmus $\text{licit}(S)$ érték kiszámításához, tetszőleges S köteg esetén.

Licitáló értékelő modellje (ízelítő)

additív: $v(S) = |S|$

egyedi tétel: $v(S) = 1, S \neq \emptyset$

k-budzsé: $v(S) = \min(K, |S|)$

többségi: $v(S) = 1$, ha S min. $m/2$ tételt tartalmaz, más $v(S) = 0$

. ...

Licitnyelvek (ízelítő)

atomi licitek: $(S, p) \quad v(T) = p$, minden $T \supseteq S$, $v(T) = 0$ más T -re

OR licitek: $\{(S_1, p_1), (S_2, p_2), \dots\}$ implicit OR diszjunkt kötegekre
azaz akármilyen részhalmazban érdekelt.

XOR licitek: $\{(S_1, p_1), (S_2, p_2), \dots\}$ implicit XOR, azaz akármilyen,
de egy részhalmazban érdekelt.

OR-of-XOR licitek: ... **XOR-of-OR**stb.

$(\{a,b\},7) \text{ OR } (\{d,e\},8) \text{ OR } (\{a,c\},4)$ Licitáló jelzése, hogy számára:

$\{a\} = 0, \{a,b\} = 7, \{a,c\} = 4, \{a,b,c\} = 7, \{a,b,d,e\} = 15$

$(\{a,b\},7) \text{ XOR } (\{d,e\},8) \text{ XOR } (\{a,c\},4)$

$\{a\} = 0, \{a,b\} = 7, \{a,c\} = 4, \{a,b,c\} = 7, \{a,b,d,e\} = 8$

$(\{\text{rekamé}\},7) \text{ XOR } (\{\text{szék}\},5) \text{ OR } (\{\text{TV}\},8) \text{ XOR } (\{\text{könyv}\},3)$

Ha az aukciókban ágensok vesznek részt

aukció emberi környezetben „természetes” módon lefolytatható, mert mindenki „mindent lát, hall”, anélkül, hogy az információt szándékosan éppen számára továbbítanák (**emberi információs környezet homogén és multi modális**),

gépi környezetben (**gépi információs környezet egyenlőre lényegében diszkrét és unimodális**):

címzett üzenetek esetén az aukció globális volta nehezen tud érvényesülni, broadcast üzenetek esetén kérdés a megfelelő szinkronizálás (emberek „egyszerre” fogják az információt),

következésképpen a gépi aukció protokollok nem lehetnek pontos másai az emberi protokolloknak és önmagukban is viszonylag bonyolultak (ld. FIPA aukciós protokollok AUMML sémáit).

Együttműködés piaci modellje

Koordinálás aukcióval:

Ágens koordinálás Aukció

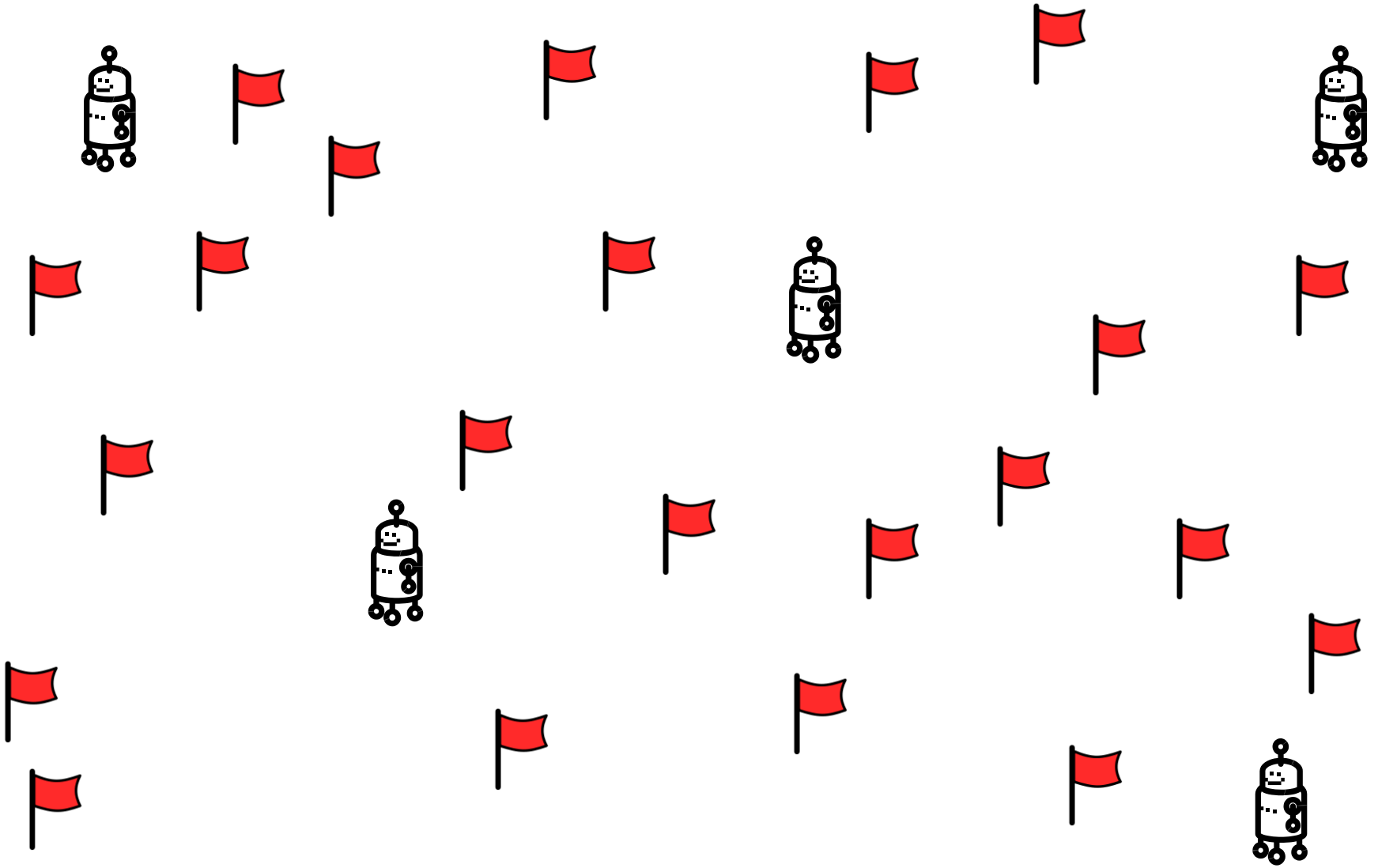
ágens	licitáló
feladat	licit objektuma
költség	pénz

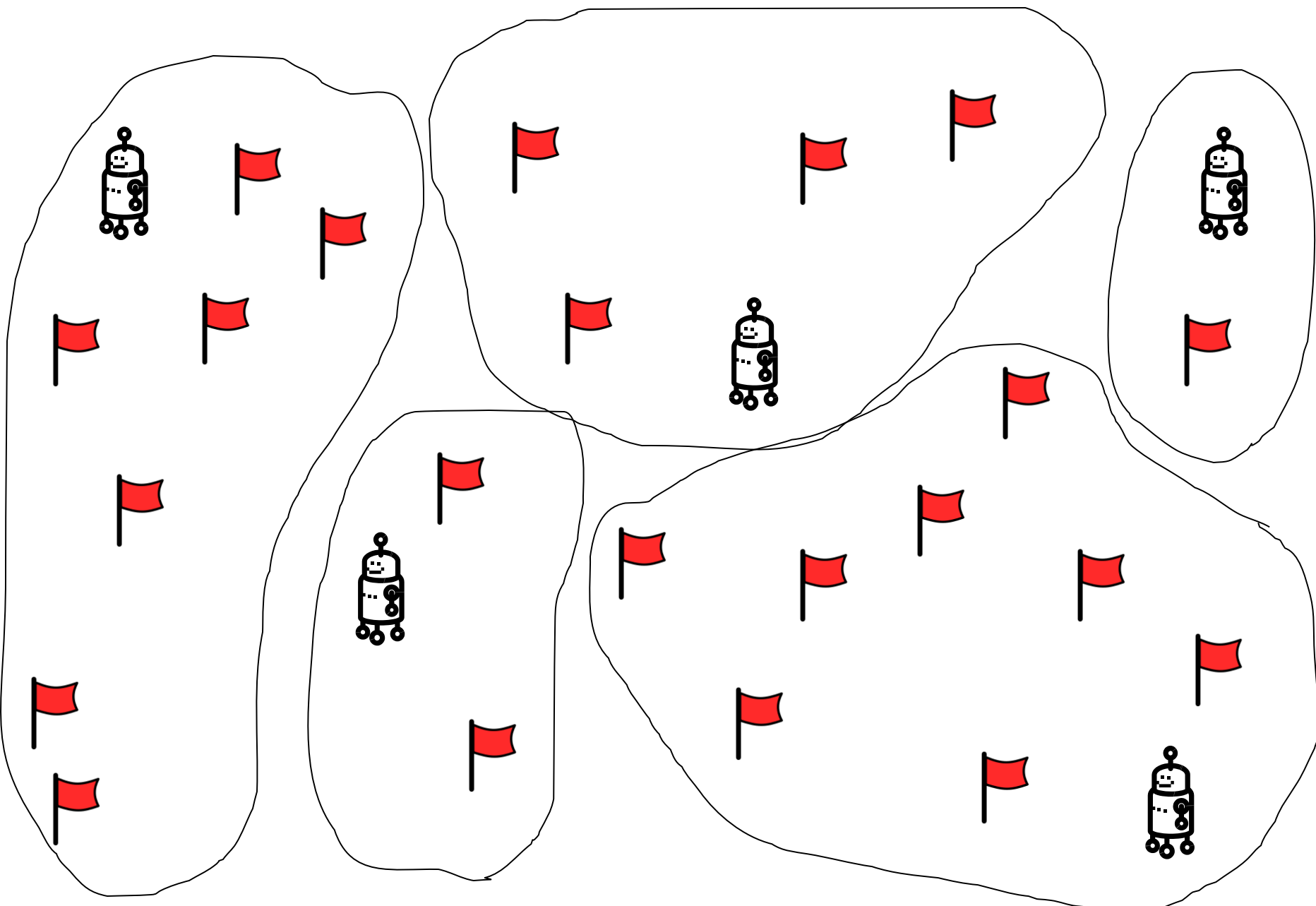
Miért éppen aukció?

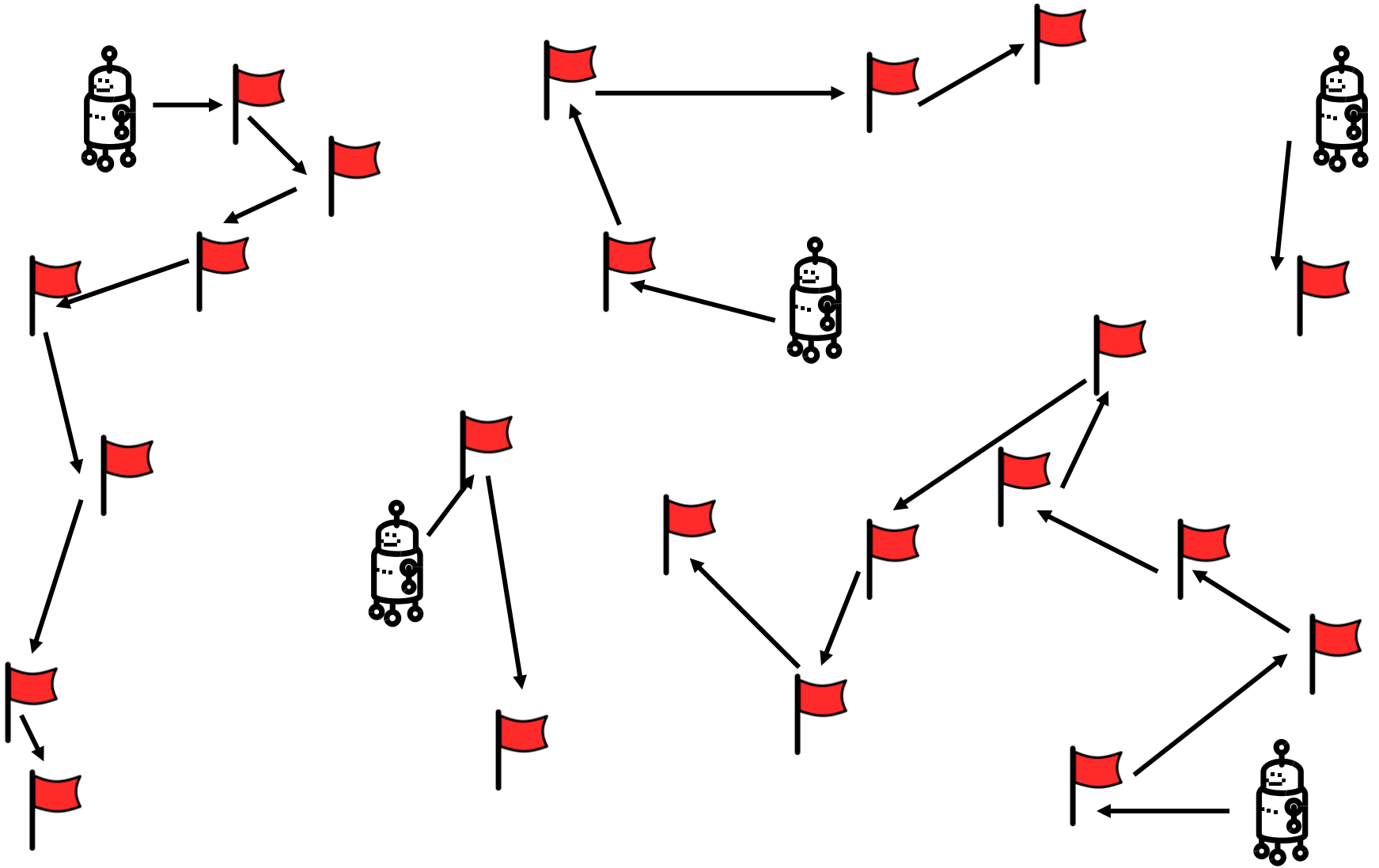
- ismeretlen értékű objektum értékesítése
- automatizálható
a tárgyalás komplexitását csökkenti
kedvező a számítógépes implementáció
- „tisztességes” megoldás benyomását kelti

Előnyök

- **rövid** az átfutása
- aukció **kommunikáció-hatékony**: információkat a licitekbe tömörítjük.
- aukció **számítás-hatékony**: liciteket parallel módon lehet generálni.
- aukciók **alacsony költségű** team-eket eredményeznek.
- aukciókat lehet használni akkor is, ha a terep (környezet), vagy a róla alkotott ágenstudás **változó**.







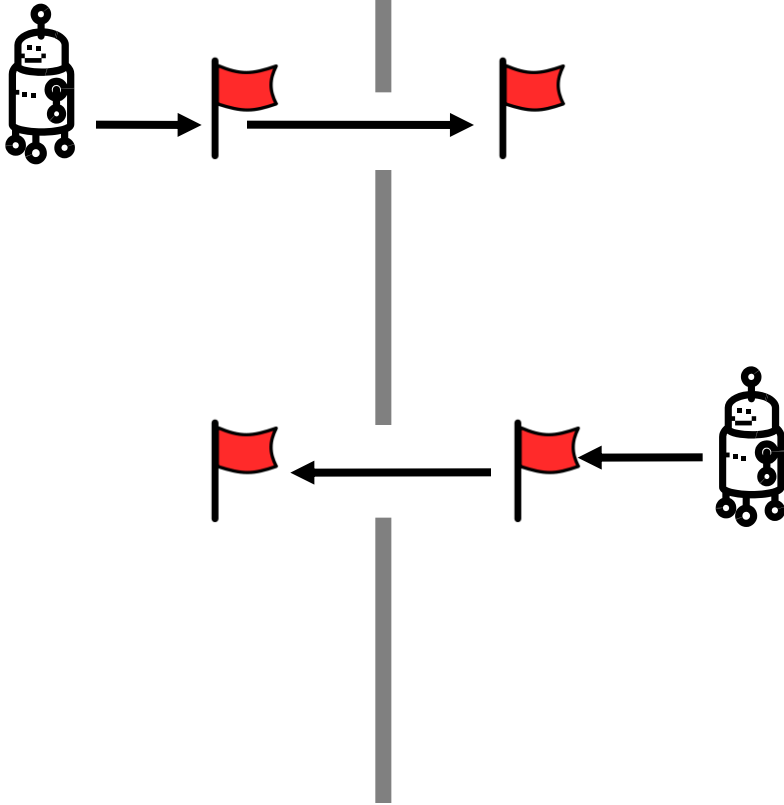
Többágenses taszkhozzárendelés/ pályatervezés

Ismert terep (hozzáférhető környezet)



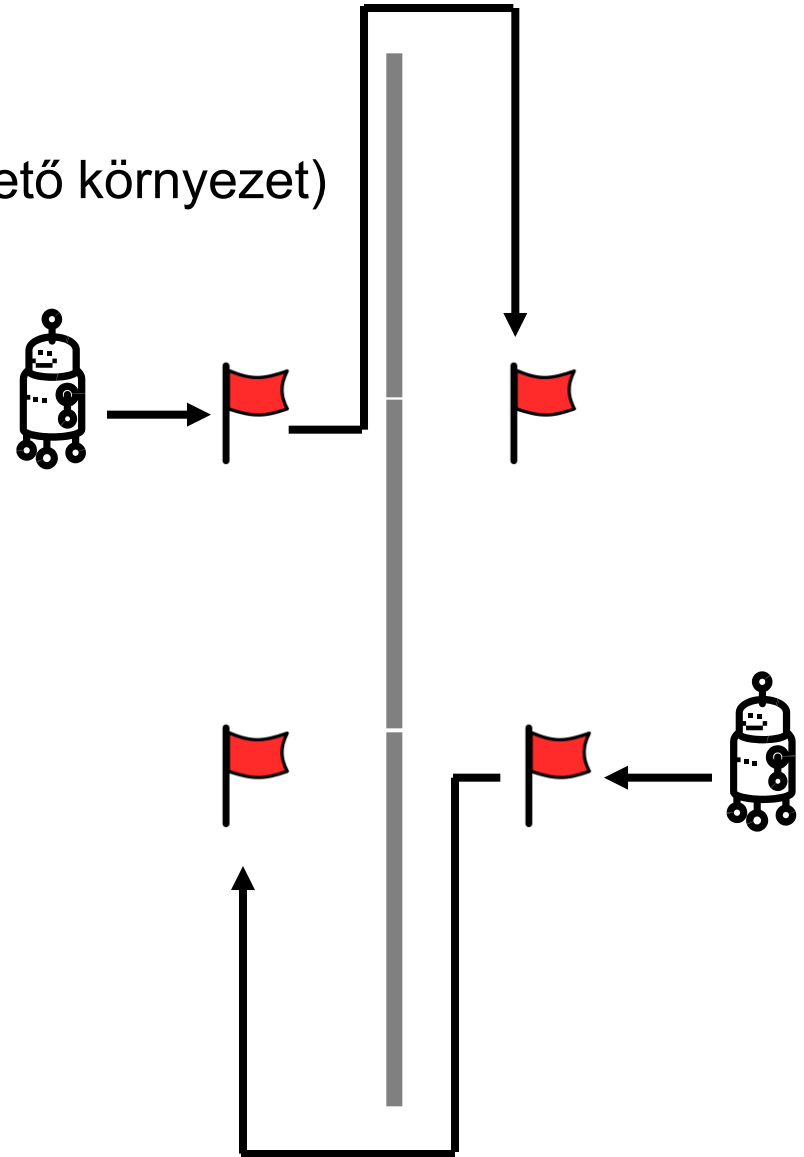
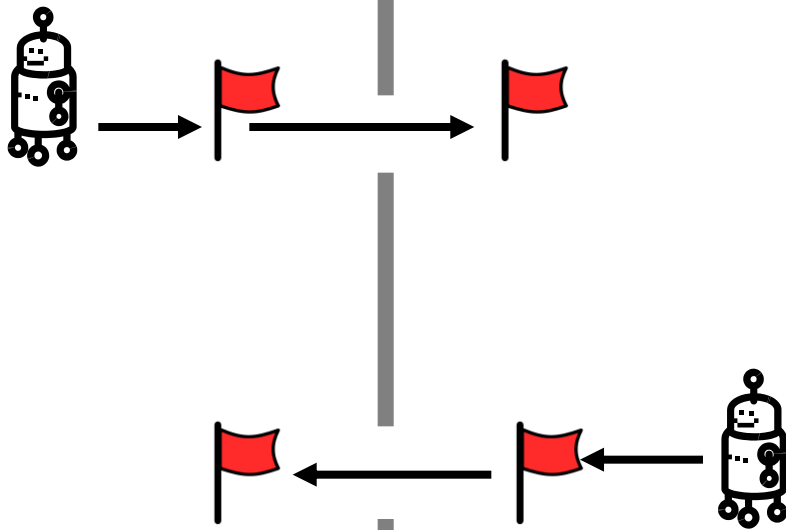
Többágenses taszkhozzárendelés/ pályatervezés

Ismert terep (hozzáférhető környezet)



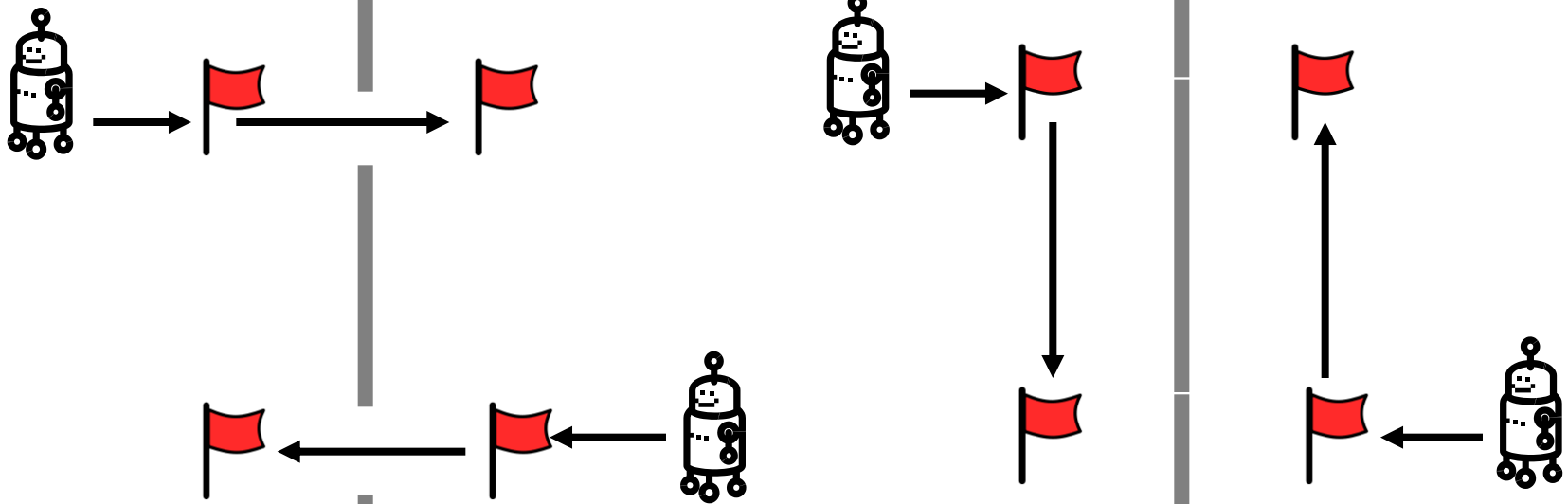
Többágenses taszkhozzárendelés/ pályatervezés

Ismert terep (hozzáférhető környezet)



Többágenses taszkhozzárendelés/ pályatervezés

Ismert terep (hozzáférhető környezet)



Hogyan érhetjük ezt el?

Koordinálás aukciókkal

Parallel aukciók

Kombinatorikus aukciók

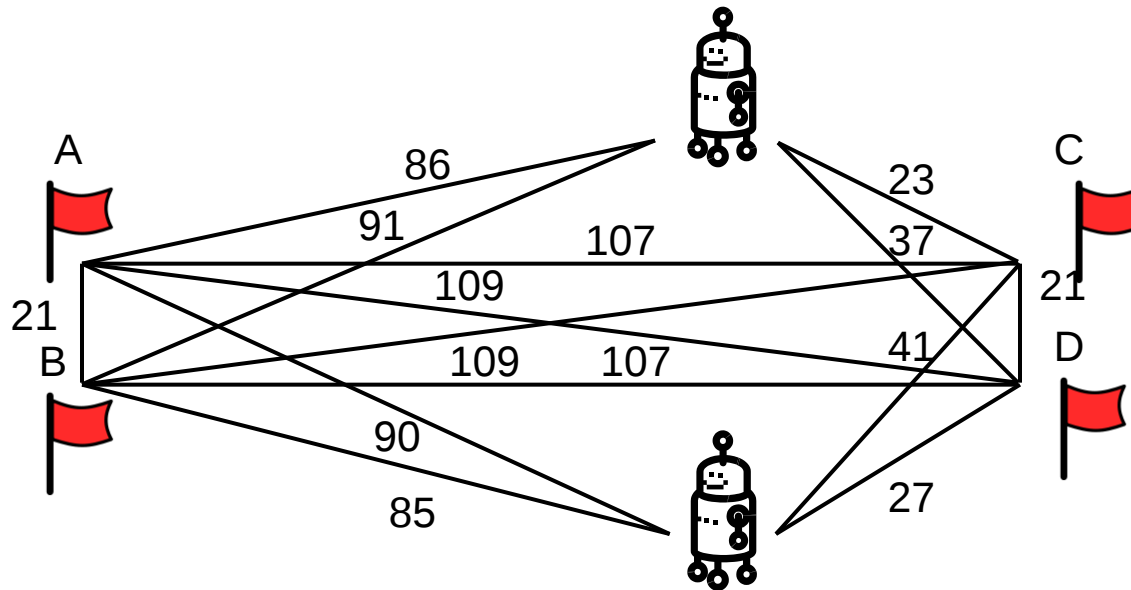
Szekvenciális aukciók

Parallel aukció:

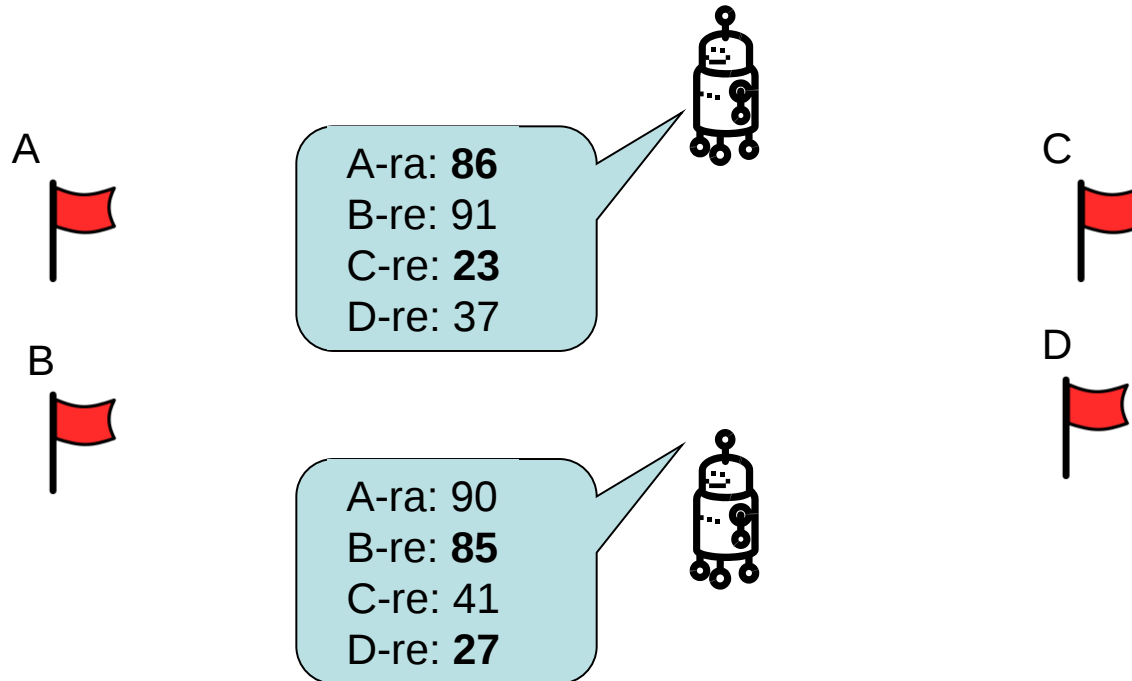
Minden ágens licitje másoktól független és egyidejű.

A célpontra legkevesebbet licitáló ágens nyer.

Minden ágens meghatározza az elnyert célpontokat összekötő minimális költségű pályát és elkezdi követni.

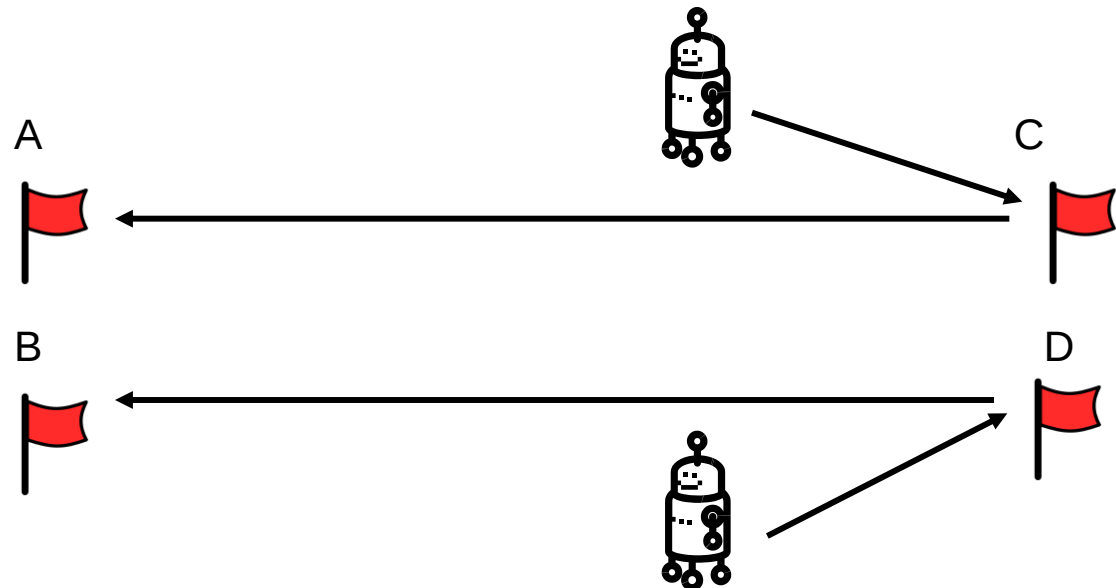
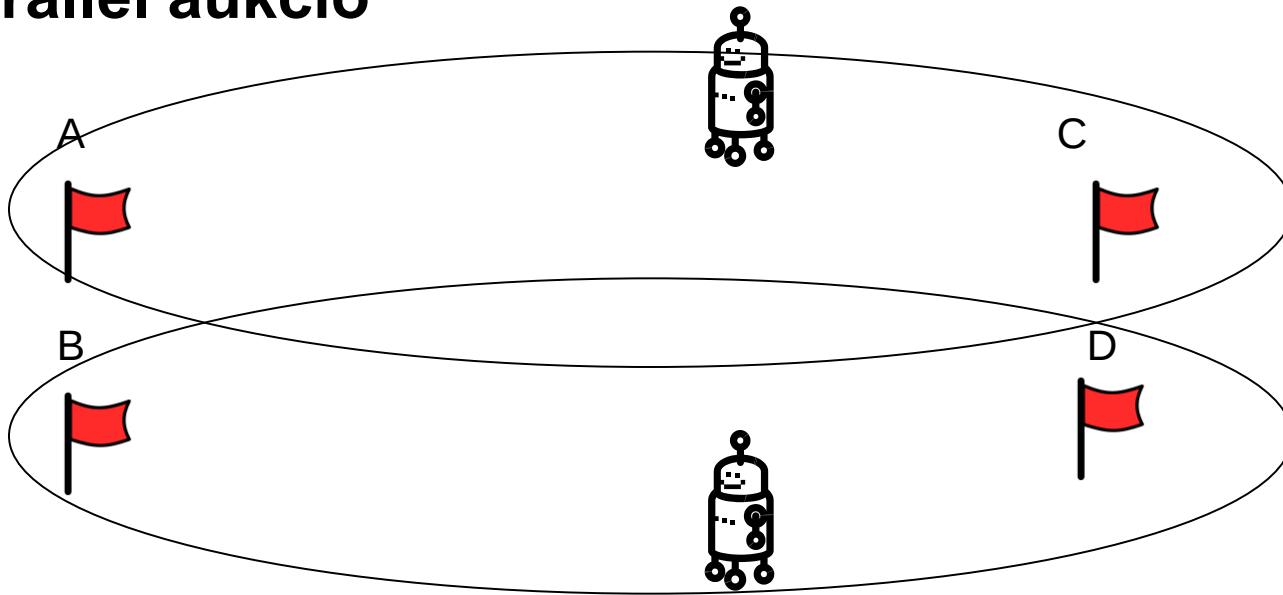


Parallel aukció

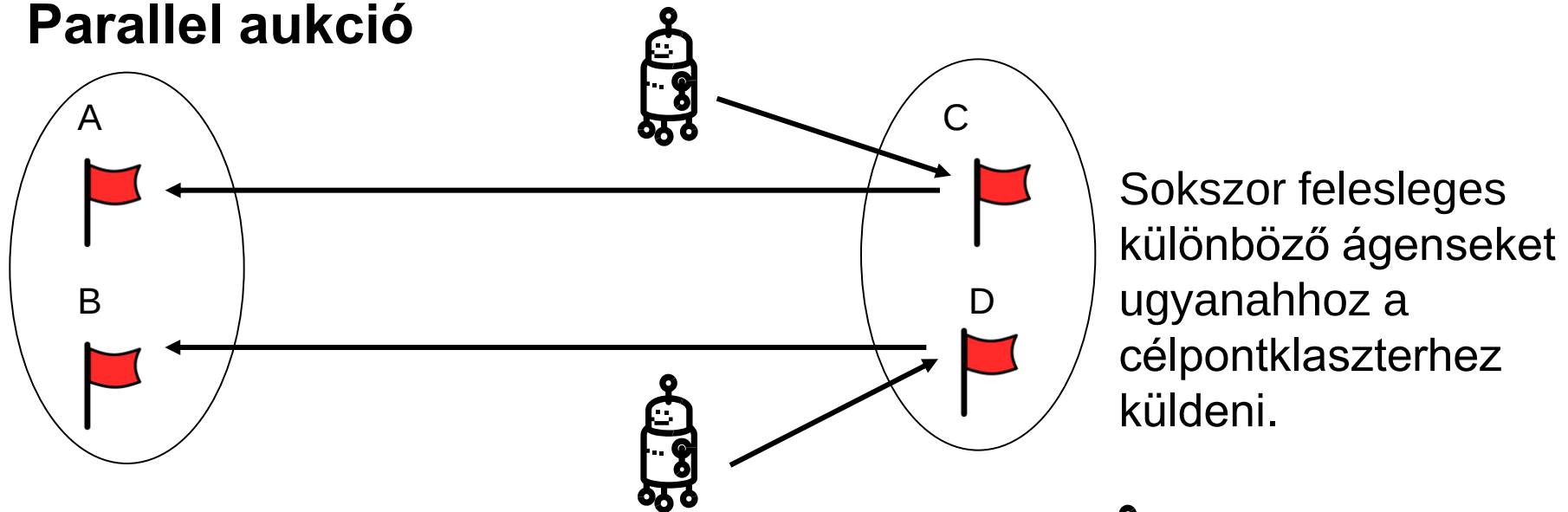


Minden ágens a célpont eléréséhez az adott helyzetéből kiindulva a minimális költségű pályát licitálja.

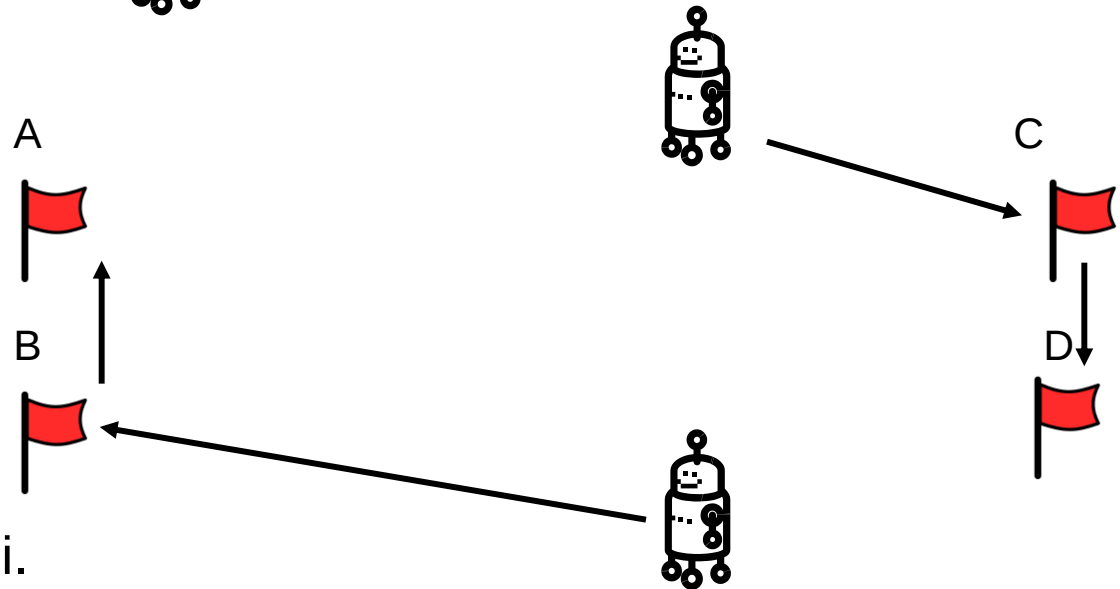
Parallel aukció



Parallel aukció



A minimális team költséget nem sikerült elérni.
Parallel aukciókból származó **team költség magas**, mert a célpontok közötti **kölcsönhatást** figyelembe nem tudja venni.



Kölcsönhatások



A



B



Min pályaköltség (A): 5

Min pályaköltség (B): 4

Min pályaköltség (A és B): 5

Min pályaköltség (A és B) < Min pályaköltség (A) + Min pályaköltség (B)



B



C

Min pályaköltség (B): 4

Min pályaköltség (C): 4

Min pályaköltség (B és C): 12

Min pályaköltség (B és C) > Min pályaköltség (B) + Min pályaköltség (C)

Parallel aukció:

Implementáció: egyszerű

Decentralizálás: egyszerű

Licitgenerálás: olcsó

Licitkommunikáció: olcsó

Aukció lebonyolítás: olcsó

Team hatékonyság: **gyenge**
kölcsönhatások nincsenek figyelembe véve

Ideális kombinatorikus aukció:

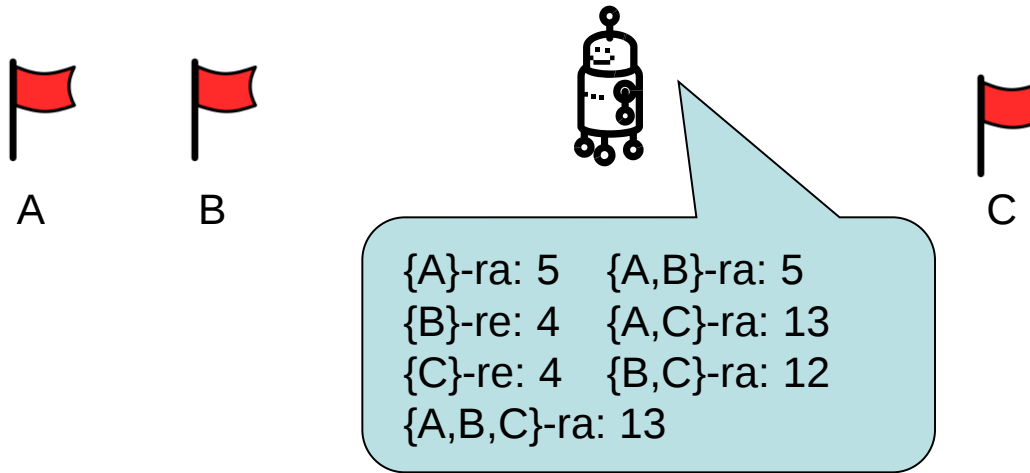
Minden ágens **minden** célkötegre (= részhalmazra) licitál.

Minden ágens legfeljebb egy köteget (de több feladatot) nyer.

Minden feladat kap végrehajtót.

Minden ágens a elnyert célpontokhoz kiszámítja a költségminimális pályát és elkezdi követni.

Ideális kombinatorikus aukció: Kölcsönhatás



Minden ágens a kötegben foglalt minden célpont eléréséhez az adott helyzetéből kiindulva a minimális költségű pályát licitálja.

Ideális kombinatorikus aukció: Példa

A



B



{A}-ra: 86
{B}-ra: 91
{C}-ra: 23
{D}-ra: 37
{A,B}-ra: 107
{A,C}-ra: 130
{A,D}-ra: 160
{B,C}-ra: 132
{B,D}-ra: 144
{C,D}-ra: 44
{A,B,C}-ra: 151
{A,B,D}-ra: 165
{A,C,D}-ra: 153
{B,C,D}-ra: 151
{A,B,C,D}-ra: 172



C



D



{A}-ra: 90
{B}-ra: 85
{C}-ra: 41
{D}-ra: 27
{A,B}-ra: 106
{A,C}-ra: 148
{A,D}-ra: 146
{B,C}-ra: 150
{B,D}-ra: 134
{C,D}-ra: 48
{A,B,C}-ra: 169
{A,B,D}-ra: 155
{A,C,D}-ra: 155
{B,C,D}-ra: 157
{A,B,C,D}-ra: 176



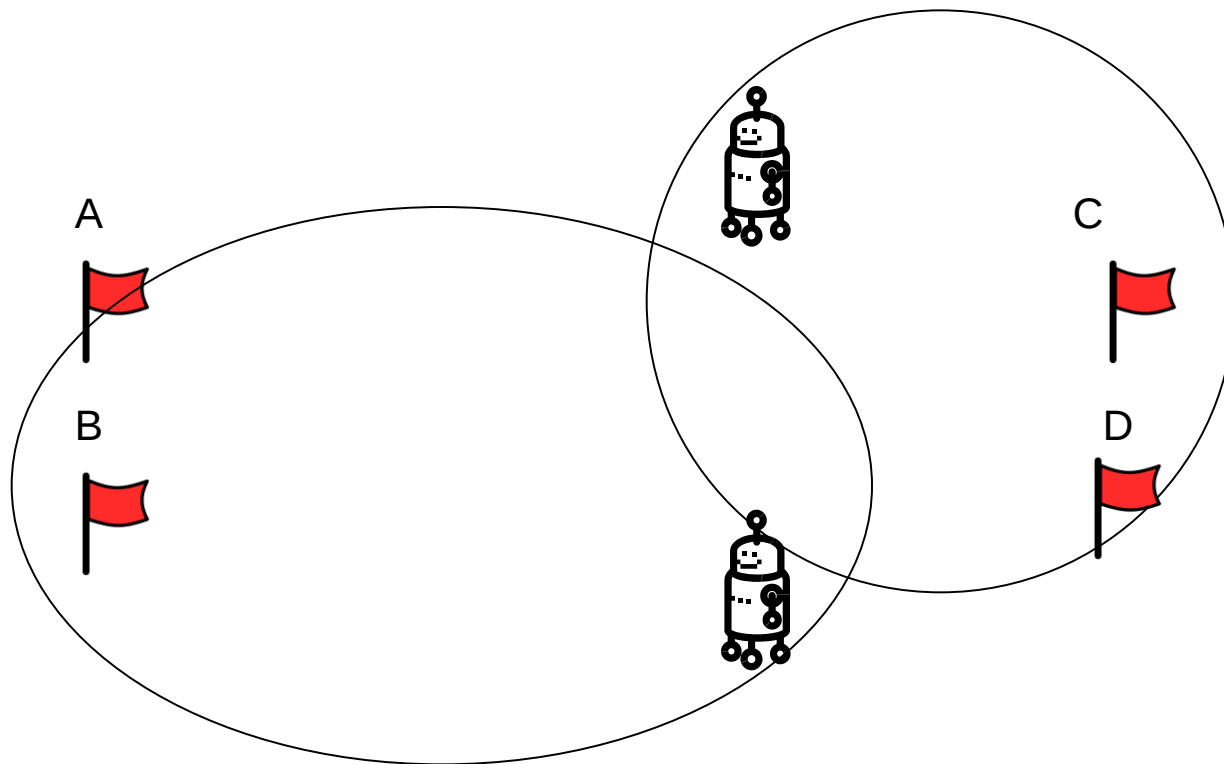
Ideális kombinatorikus aukció: Példa

{A}-ra: 86
 {B}-ra: 91
{C}-ra: 23
 {D}-ra: 37
 {A,B}-ra: 107
{A,C}-ra: 130
 {A,D}-ra: 160
{B,C}-ra: 132
 {B,D}-ra: 144
{C,D}-ra: 44
{A,B,C}-ra: 151
 {A,B,D}-ra: 165
{A,C,D}-ra: 153
{B,C,D}-ra: 151
{A,B,C,D}-ra: 172

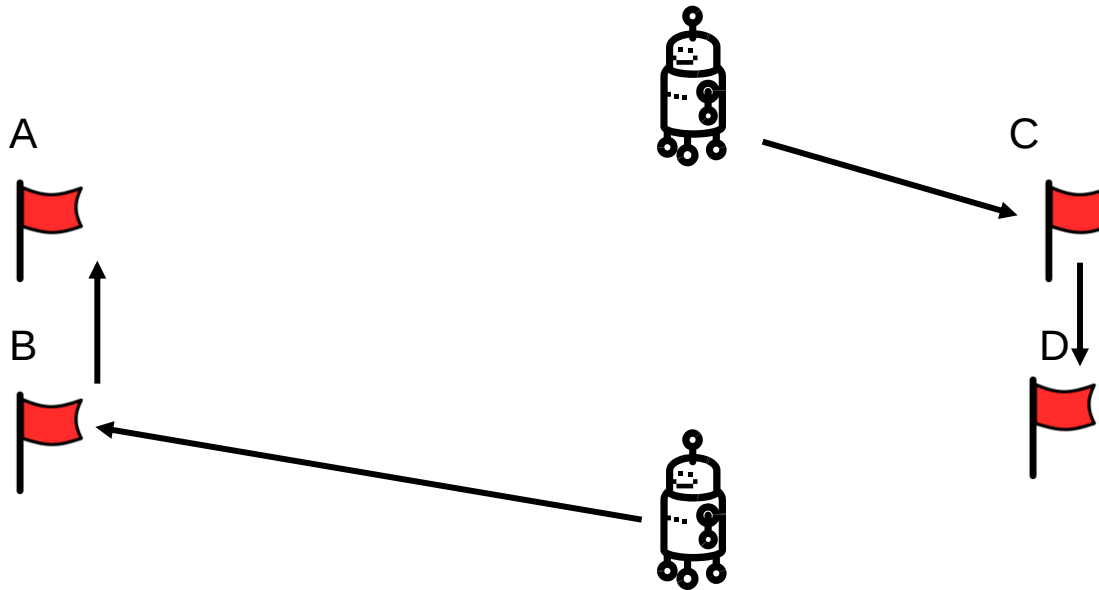
{A}-ra: 90
{B}-ra: 85
 {C}-ra: 41
{D}-ra: 27
{A,B}-ra: 106
 {A,C}-ra: 148
{A,D}-ra: 146
 {B,C}-ra: 150
{B,D}-ra: 134
 {C,D}-ra: 48
 {A,B,C}-ra: 169
{A,B,D}-ra: 155
 {A,C,D}-ra: 155
 {B,C,D}-ra: 157
 {A,B,C,D}-ra: 176

-	{A,B,C,D}	176
{A}	{B,C,D}	243
{B}	{A,C,D}	246
{C}	{A,B,D}	178
{D}	{A,B,C}	206
{A,B}	{C,D}	155
{A,C}	{B,D}	264
{A,D}	{B,C}	310
{B,C}	{A,D}	278
{B,D}	{A,C}	288
{C,D}	{A,B}	150
{A,B,C}	{D}	178
{A,B,D}	{C}	206
{A,C,D}	{B}	238
{B,C,D}	{A}	241
{A,B,C,D}	-	172

Ideális kombinatorikus aukció: Példa



Ideális kombinatorikus aukció: Példa



Ideális kombinatorikus aukcióból adódó **team költség minimális**, mert minden kölcsönhatást vesz figyelembe a célpontok között, ami egy **NP-nehéz** probléma megoldása.

A licitek száma **exponenciális** a célpontok számában.

Licitgenerálás, -kommunikáció és a győztes kiszámítása költséges.

Kombinatorikus aukció

Minden ágens **néhány** célkötegre (= halmazra) licitál.

Minden ágens legfeljebb egy köteget nyer.

Minden ágens a elnyert célpontokhoz kiszámítja a költség minimális pályát és elkezdi követni.

Ilyen kombinatorikus aukcióból adódó **team költség alacsony**, de **szuboptimális** lehet.

Licitgenerálás, -kommunikáció és a győztes kiszámítása még mindig (viszonylag) költséges.

Licit stratégiák

Melyik kötegre licitálni nagyban feltáratlan, mert egy jó köteggenerálási stratégia feladatfüggő.

Jó köteggenerálási stratégiák:

- Kis számú** köteget generálni

- A megoldásteret **lefedő** kötegeket generálni

- Jövedelmező** kötegeket generálni

- Kötegeket **hatékonyan** generálni ... ????

Kombinatorikus aukció

Dómén-független köteggenerálás

Buta köteggenerálás esetén minden kötegre licitálunk.

HÁROM-KOMBINÁCIÓ

3 vagy kevesebb célpontot tartalmazó kötegre licitálni

Megjegyzés: Lehet, hogy az összes célpont hozzárendelése nem lesz lehetséges.

Dómén-függő köteggenerálás

Okos köteggenerálás célpontok klasztereire licitál.

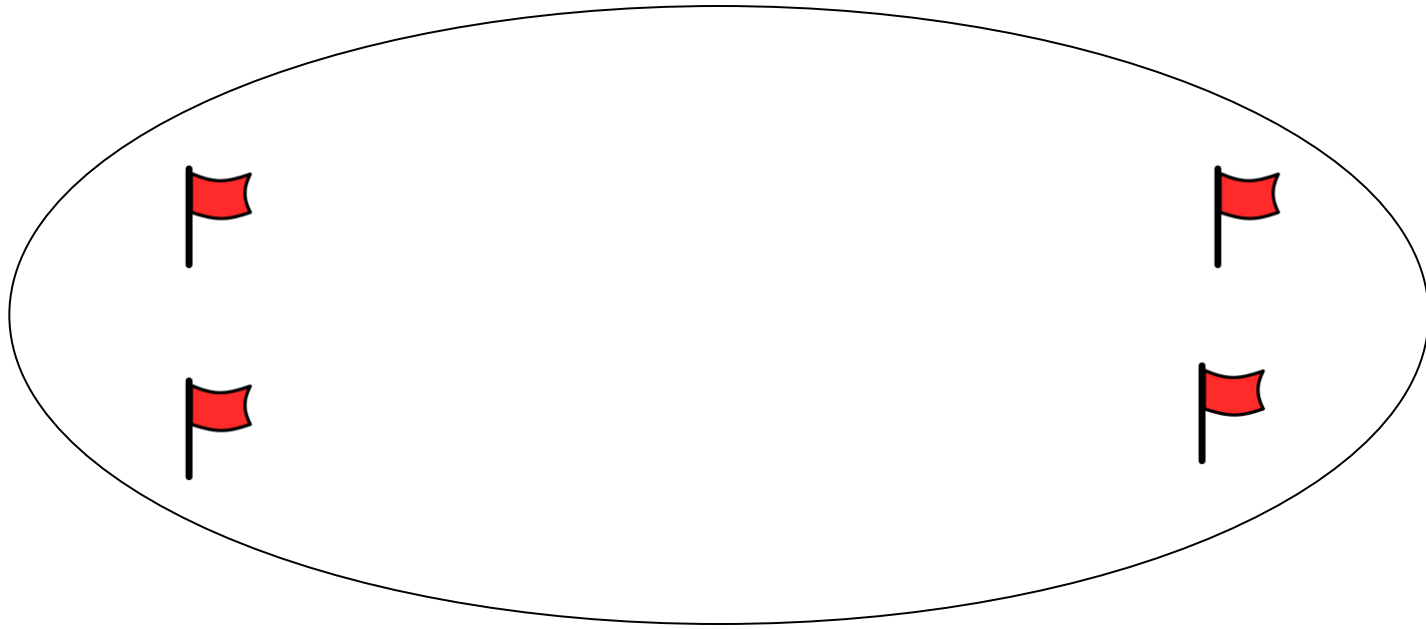
GRAPH-CUT

Kezdjük az összes célpontot tartalmazó köteggel.

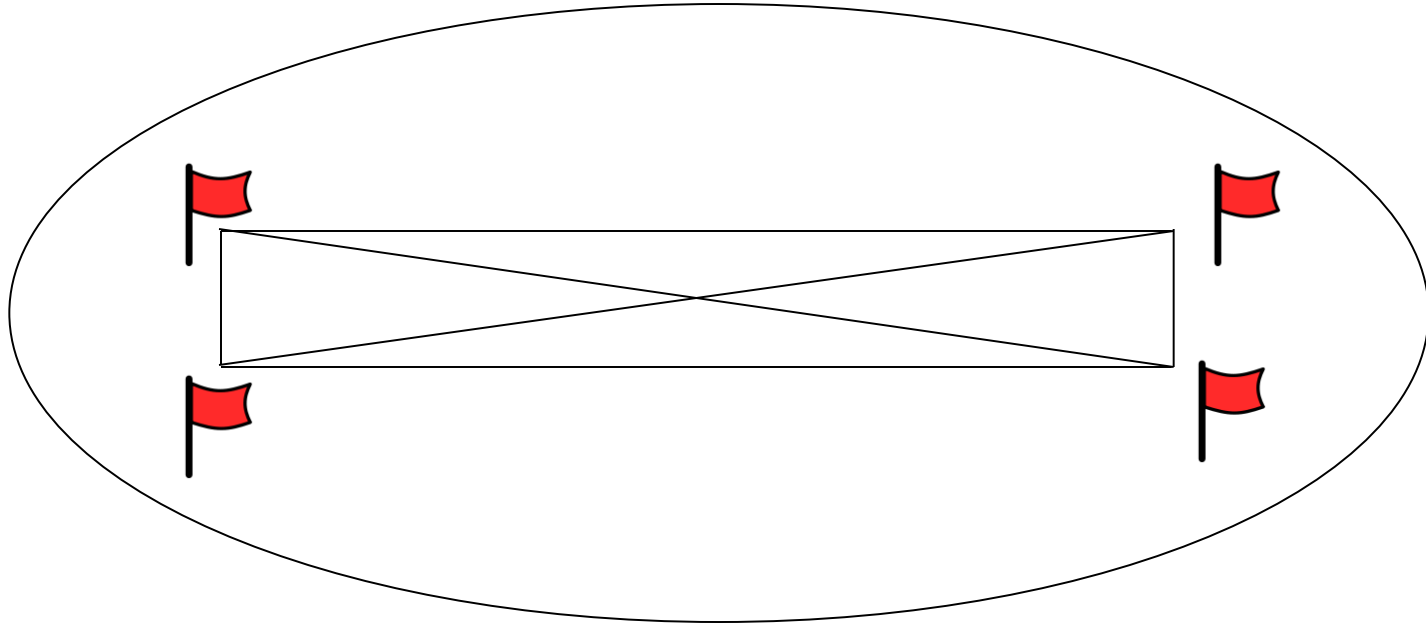
Építsünk egy teljes gráfot, melynek csúcsai a kötegbeli célpontok és élek költsége a csúcsok közötti pályaköltség.

Vágjuk a gráfot ketté a maximális vágás (közelítése) mentén. Ismételjük az eljárást (kétszer) mindkét részgráf célpontjai esetén.

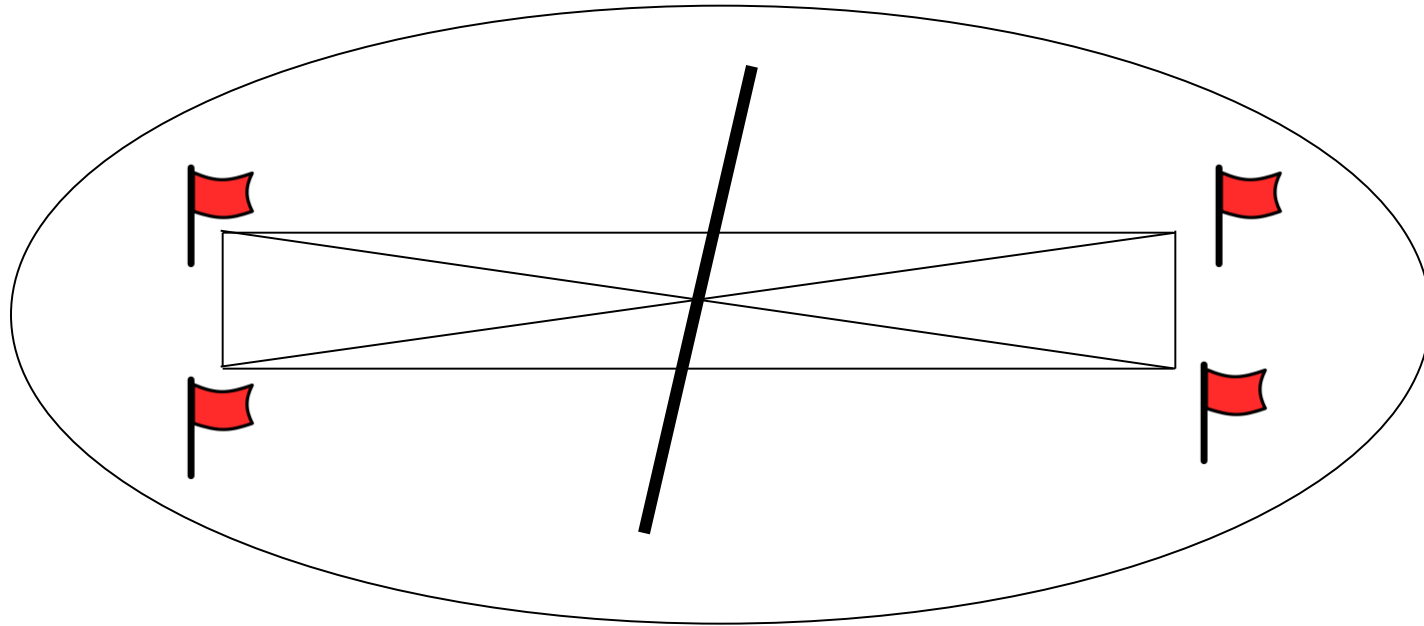
Kombinatorikus aukció - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus aukció - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus aukció - Dómén-függő köteggenerálás

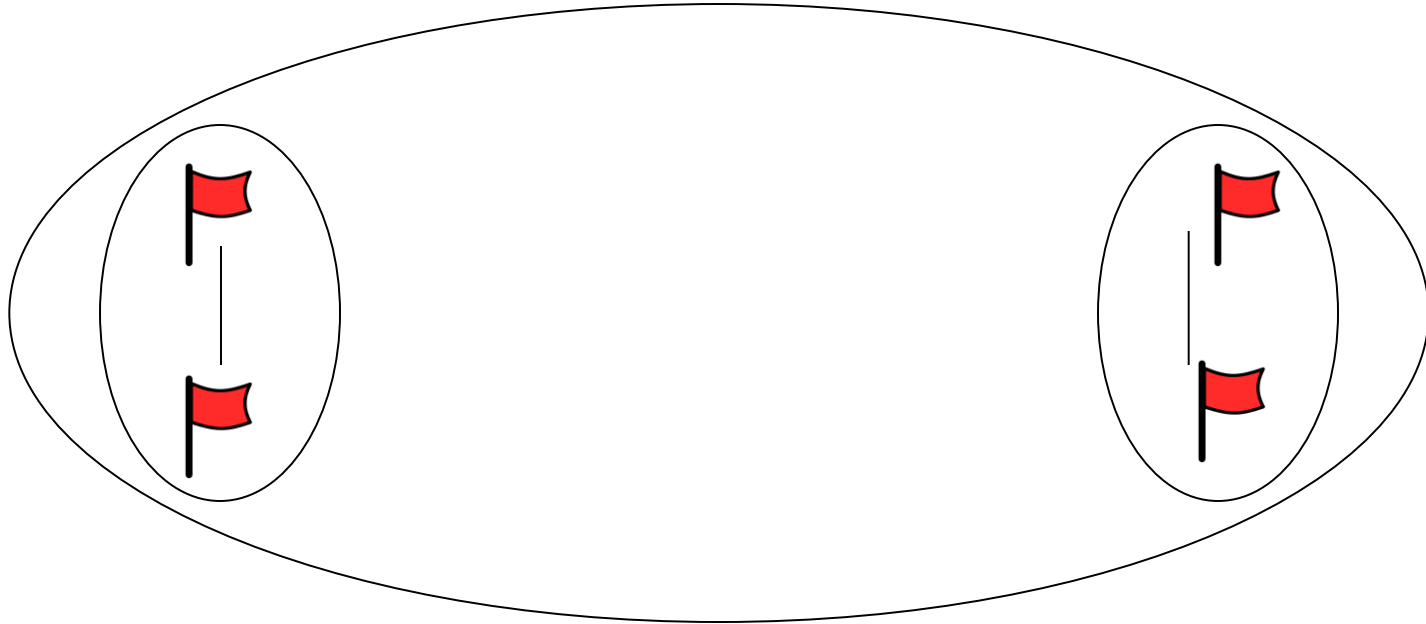


Vágás = két halmazzá, ami a gráf csúcsait particionálja.

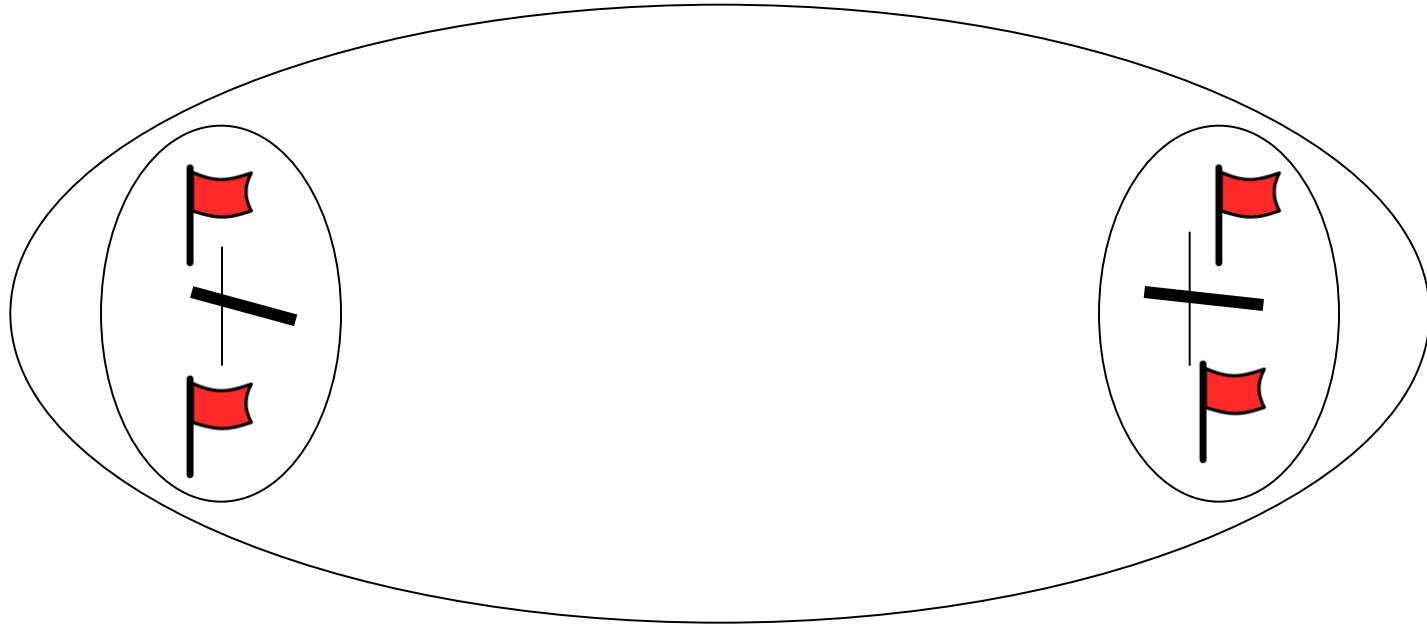
Maximális vágás = maxcut = a két csúcshalmazt összekötő élek költségeit maximáló vágás.

Maximális vágás megkeresése NP-nehez, de approximálni kell.

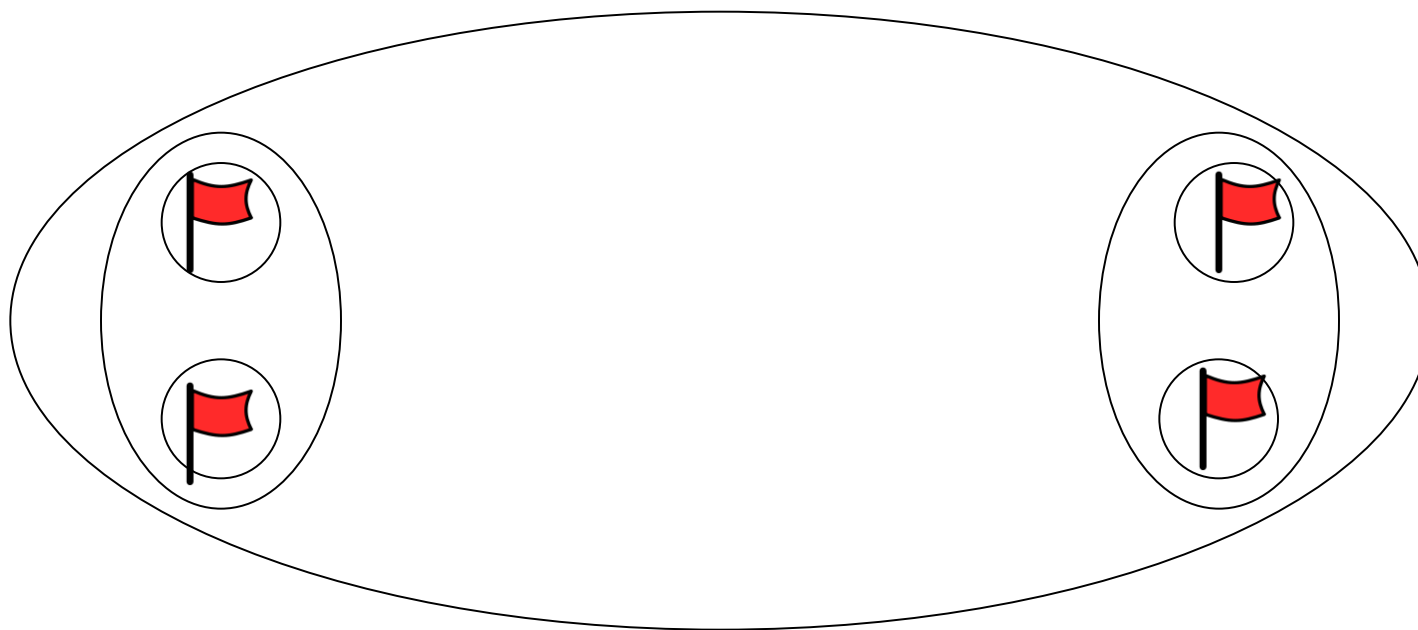
Kombinatorikus aukció - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus aukció - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus aukció - Dómén-függő köteggenerálás



Az alábbi kötegekre kell licitálni
(hierarchikus licit, ld. előbb)

$\{A\}, \{B\}, \{C\}, \{D\}$
 $\{A,B\}, \{C,D\}$
 $\{A,B,C,D\}$

Szekvenciális aukció

Parallel Aukció

Implementáció: egyszerű
Decentralizálás: egyszerű
Licitgenerálás: olcsó
Licitkommunikáció: olcsó
Aukció lebonyolítás: olcsó
Team hatékonyság: gyenge

Kombinatorikus Aukció

Implementáció: nehéz
Decentralizálás: tisztázatlan
Licitgenerálás: drága
Licitkommunikáció: drága
Aukció lebonyolítás: drága
Team hatékonyság: "optimális"

Szekvenciális aukció jó középút a parallel és a kombinatorikus aukció között.

Szekvenciális aukció

Néhány licitkör elteltével ágensok minden célpontot elnyernek.

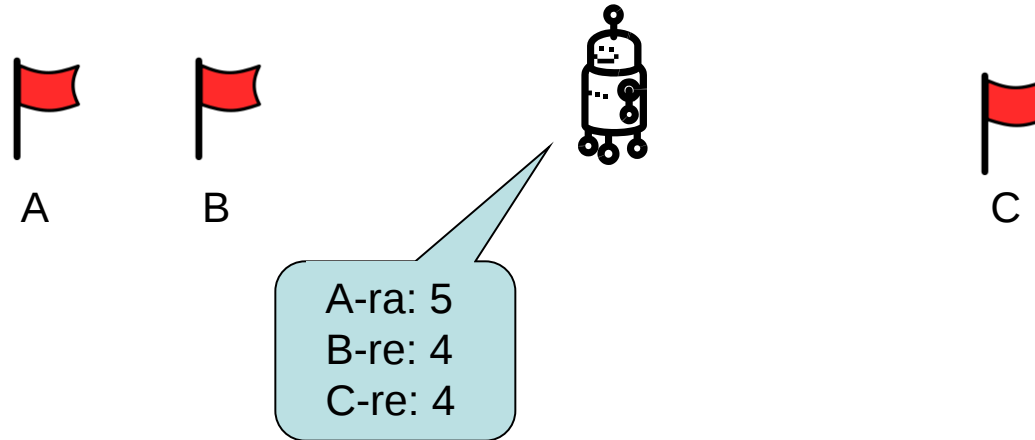
Körönként csak egy célpont kell el.

Egy licitkörben minden ágens **az összes**, mások által nem elnyert célpontra licitál.

A győztes az ágensokra és a célpontokra nézve **minimális licit**.
(A licitáló ágens elnyeri az adott célpontot)

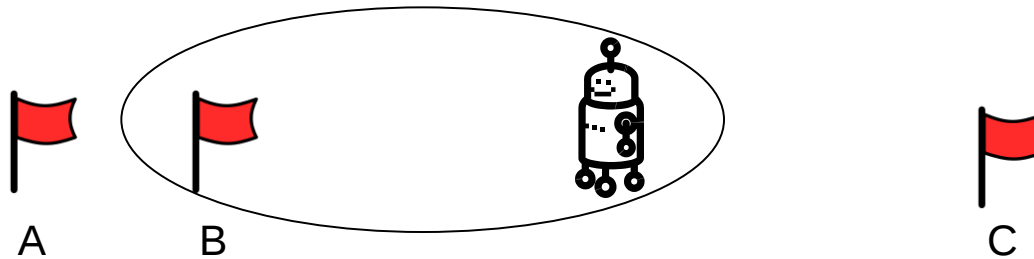
Minden ágens a elnyert célpontokhoz kiszámítja a költség minimál pályát és elkezdi követni.

Szekvenciális aukció – Kölcsönhatás



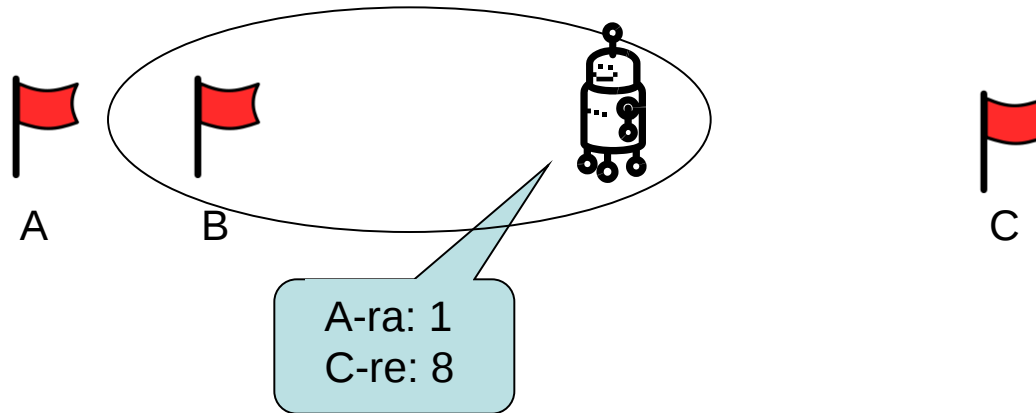
Minden ágens az új célpontra az adott pozíciójából kiinduló és az összes célpont meglátogatásához szükséges minimális költségű pályában jelentkező költségnövekményt licitálja, ha a célpontot történetesen ő nyerné meg. (**BidSumPath**).

Szekvenciális aukció - Kölcsönhatás



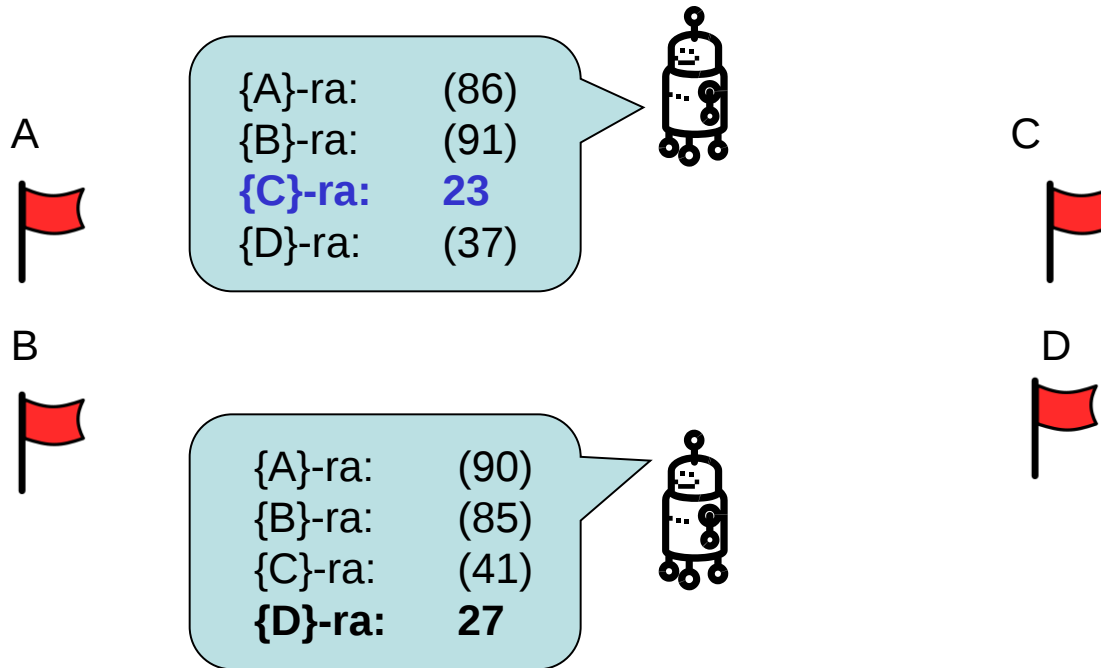
Minden ágens az új célpontra az adott pozíciójából kiinduló és az összes célpont meglátogatásához szükséges minimális költségű pályában jelentkező költségnövekményt licitálja, ha a célpontot történetesen ő nyerné meg. (**BidSumPath**).

Szekvenciális aukció - Kölcsönhatás

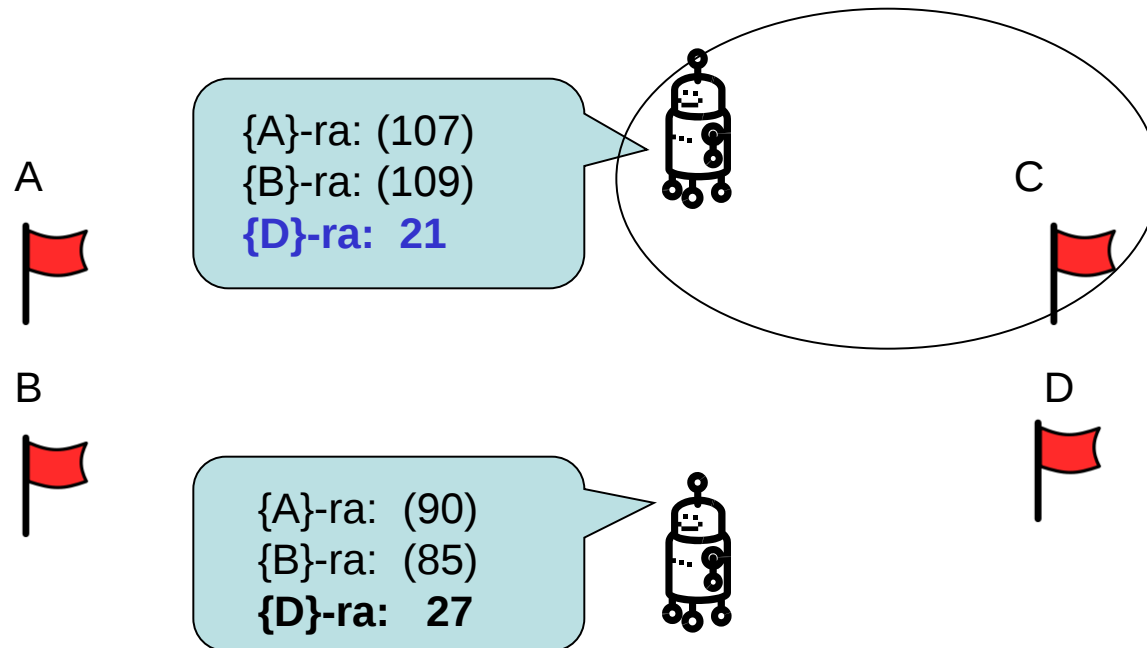


Minden ágens az új célpontra az adott pozíciójából kiinduló és az összes célpont meglátogatásához szükséges minimális költségű pályában jelentkező költségnövekményt licitálja, ha a célpontot történetesen ő nyerné meg. (**BidSumPath**).

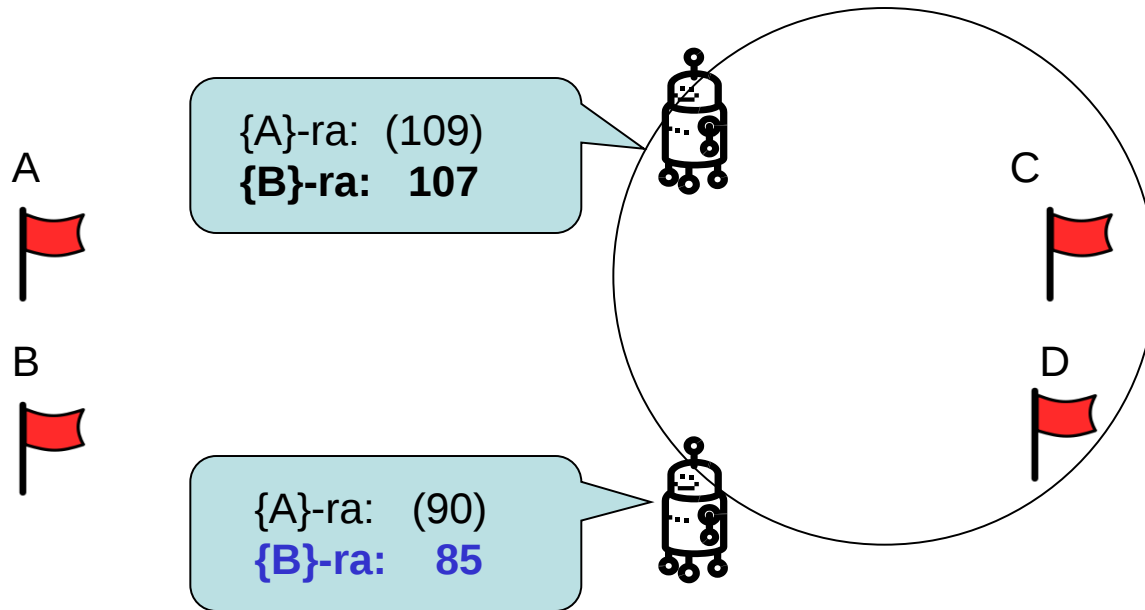
Szekvenciális aukció - Példa



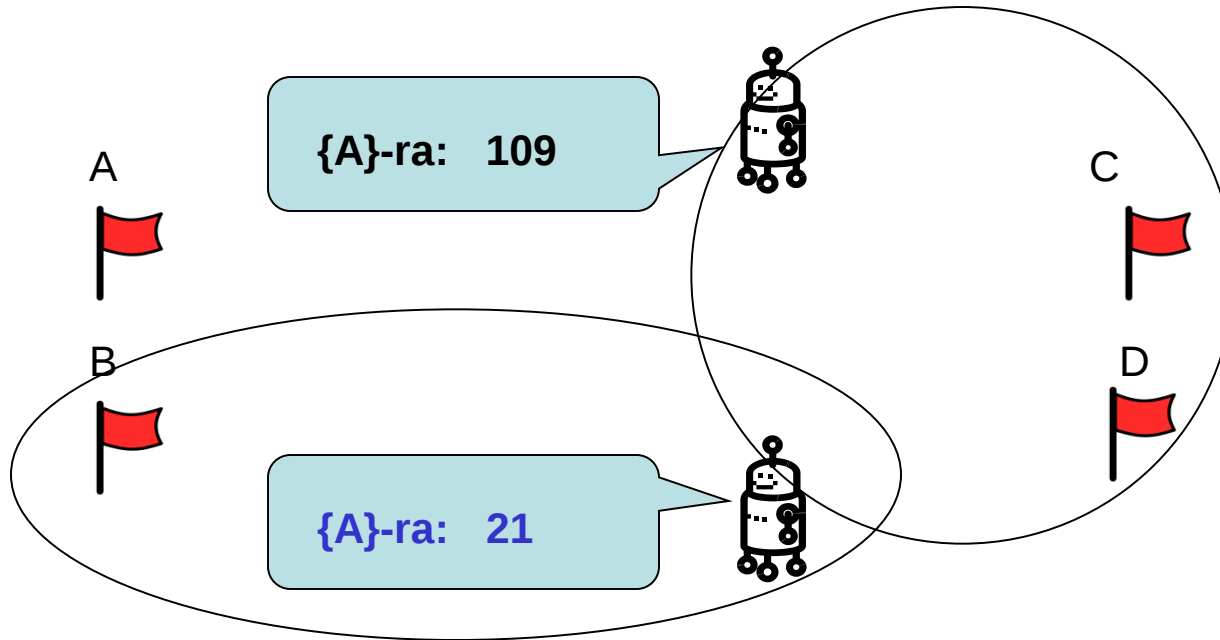
Szekvenciális aukció - Példa



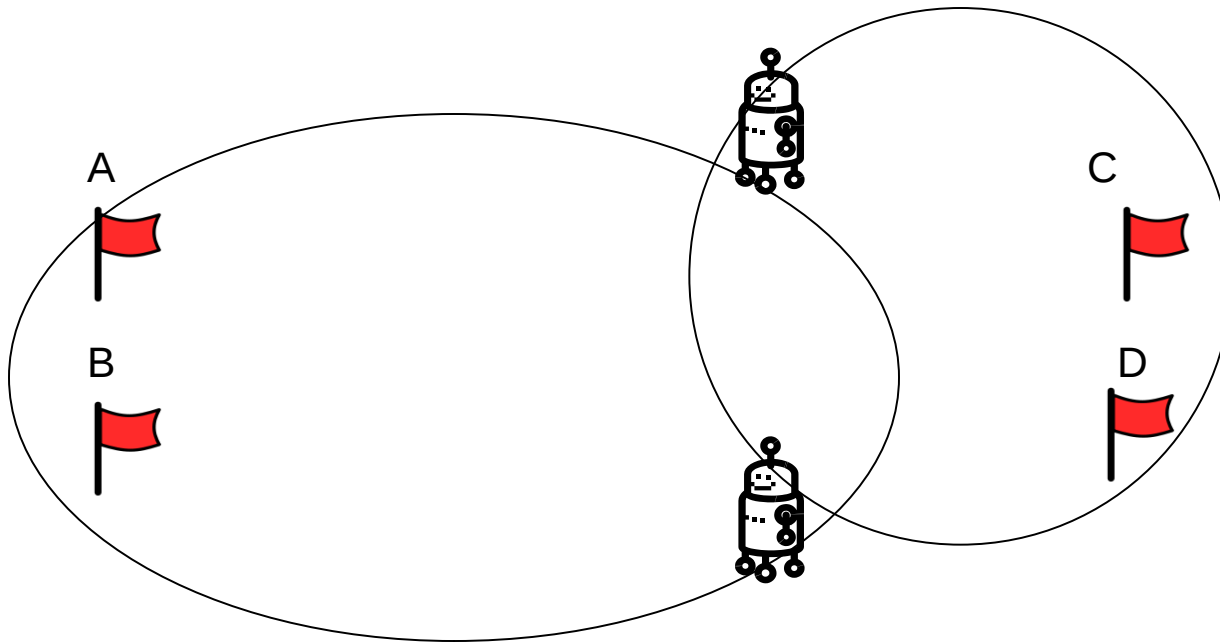
Szekvenciális aukció - Példa



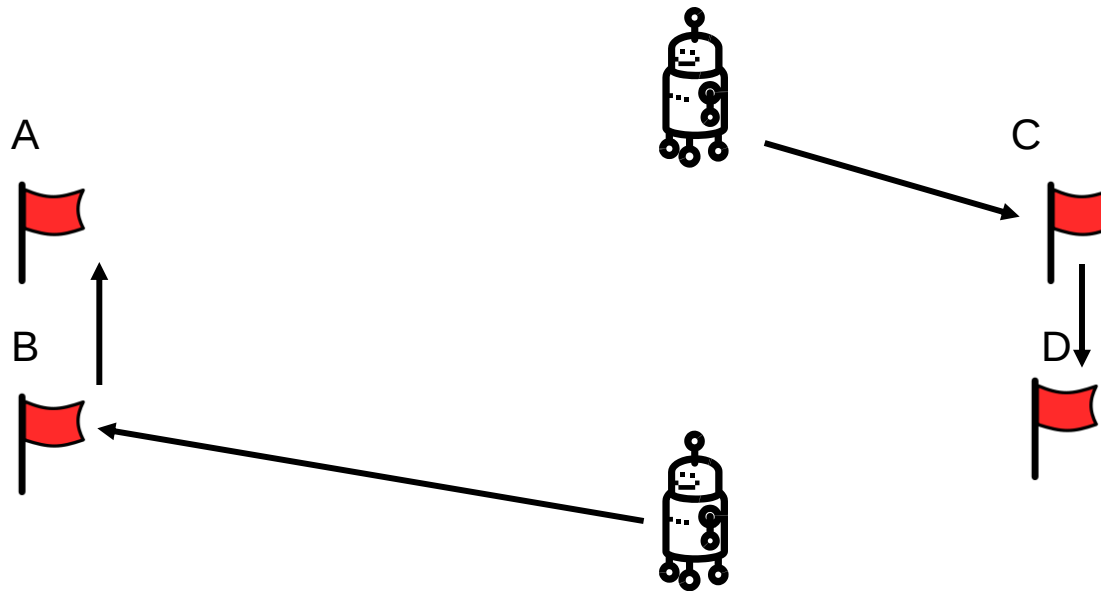
Szekvenciális aukció - Példa



Szekvenciális aukció - Példa



Szekvenciális aukció - Példa



Szekvenciális aukció

Minden ágensnek elegendő csak a minimális licitek egyikét jelezni.

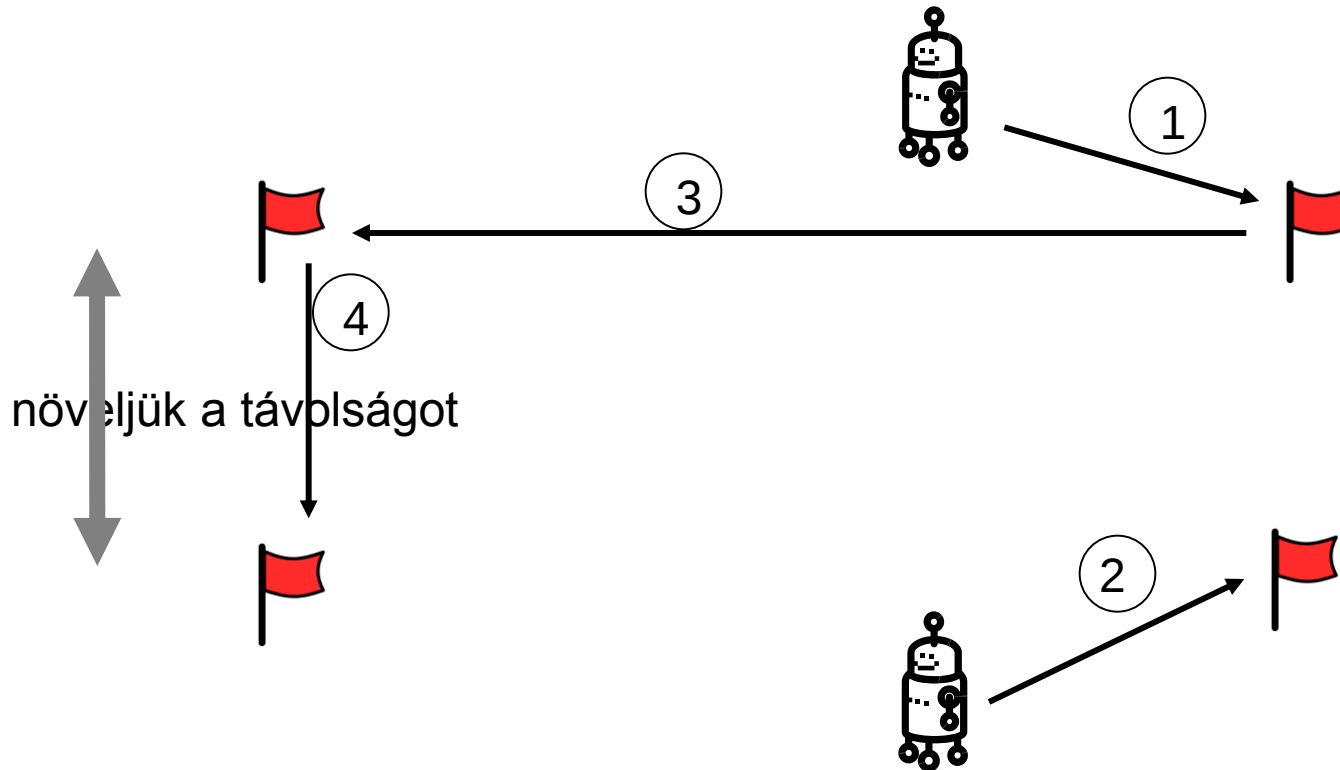
Minden ágensnek az új licitet csak akkor kell jeleznie, ha az eddig licitált célpontot valaki elnyerte. (vagy ő maga, vagy más ágens).

Minden ágens legfeljebb egy licittel jelentkezik körönként és a körök száma azonos a célpontok számával.

Így az összes licit száma nem több, mint a parallel aukciónál, és a licitkommunikáció olcsó.

(példában a jelezni nem szükséges licitek zárójel vannak).

Szekvenciális aukció - Példa



Szekvenciális aukcióból adódó team költség **nem szükségképpen minimális**, mert nem minden kölcsönhatás van figyelembe véve

Szekvenciális aukció

Implementáció: **viszonylag egyszerű**

Decentralizáció: **egyszerű**

Licitgenerálás: **olcsó**

Licitkommunikáció: **olcsó**

Aukció lebonyolítás: **olcsó**

Team hatékonyság: **nagyon jó**
kölcsönhatások egy része figyelembe vett

Szekvenciális aukció

Pályalicit szabályok származtatása

MiniSum

Pályaköltségek összegének minimálása az összes ágensre nézve

Teljes energia, távolság, valamilyen erőforrás minimálása

Alkalmazás: pl. bolygófelszín kutatása

MiniMax

Maximális pályaköltség minimálása az összes ágensre nézve

Teljes feladatvégzési idő minimálása (makespan)

Alkalmazás: objektum-felügyelet, bányatakarítás

MiniAve

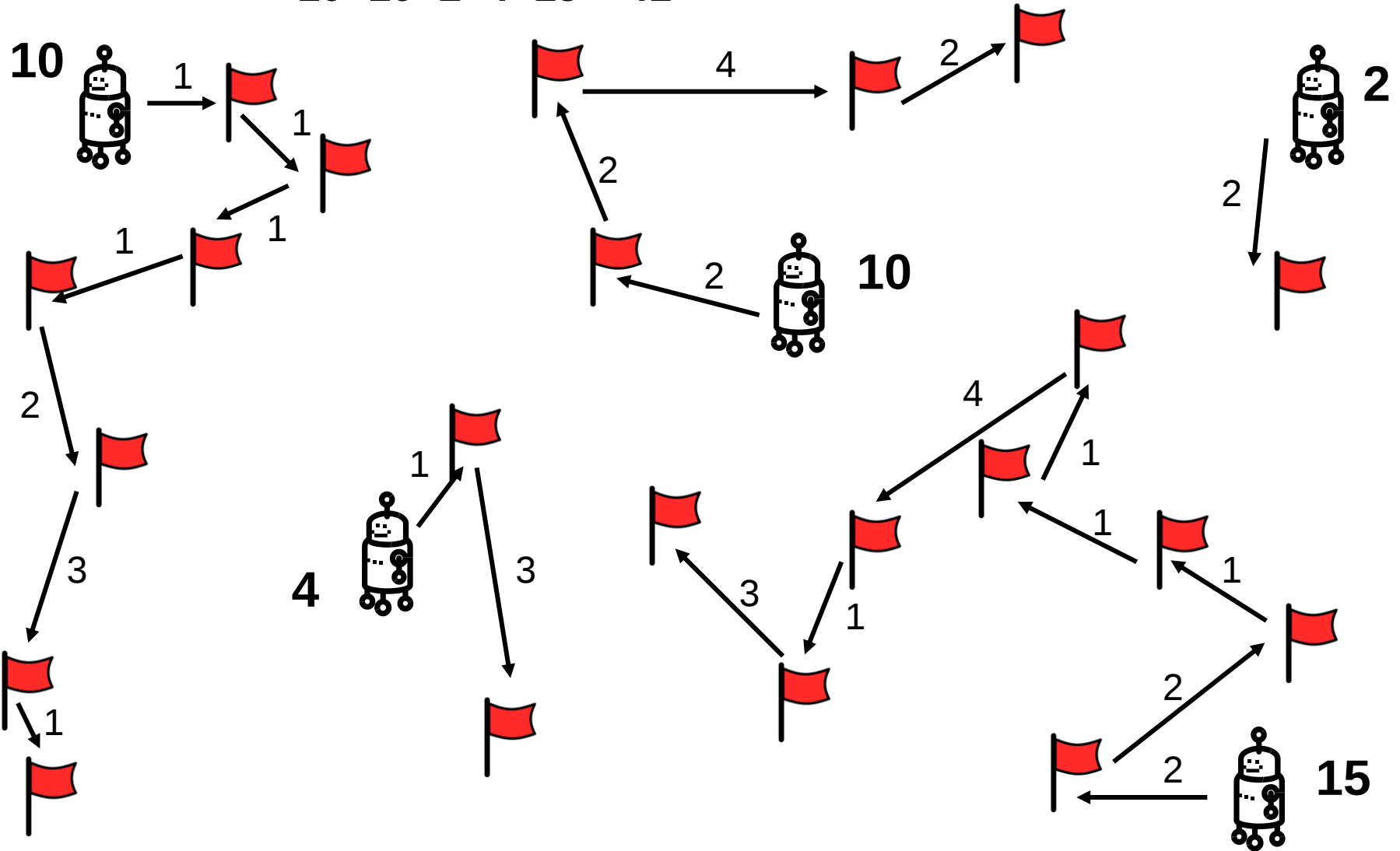
Átlagos érkezési idő minimálása az összes célpontra nézve

Átlagos kiszolgálási idő minimálása (flowtime)

Alkalmazás: search and rescue

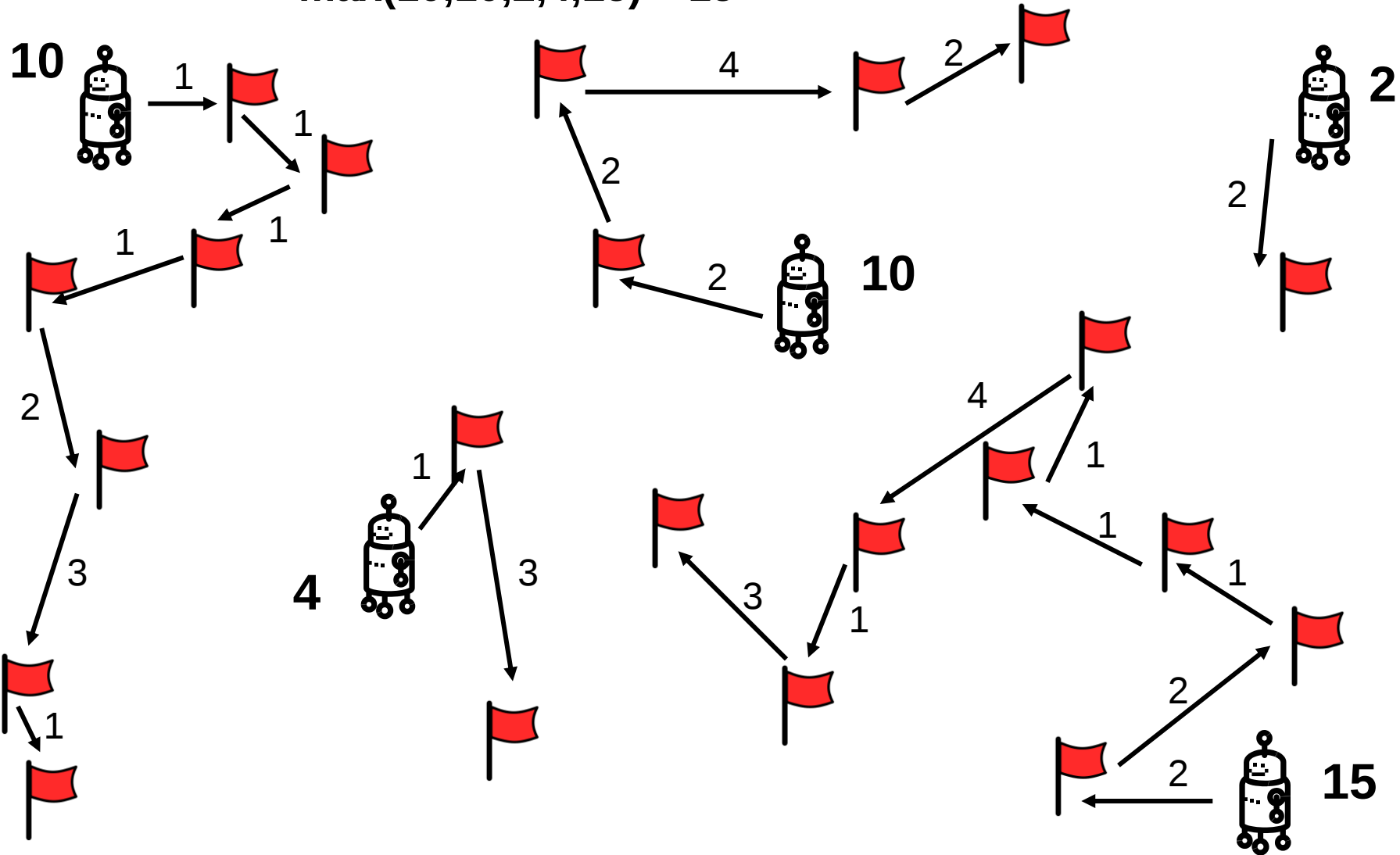
Tipikus koordinációs feladat: MiniSum Team célfüggvény

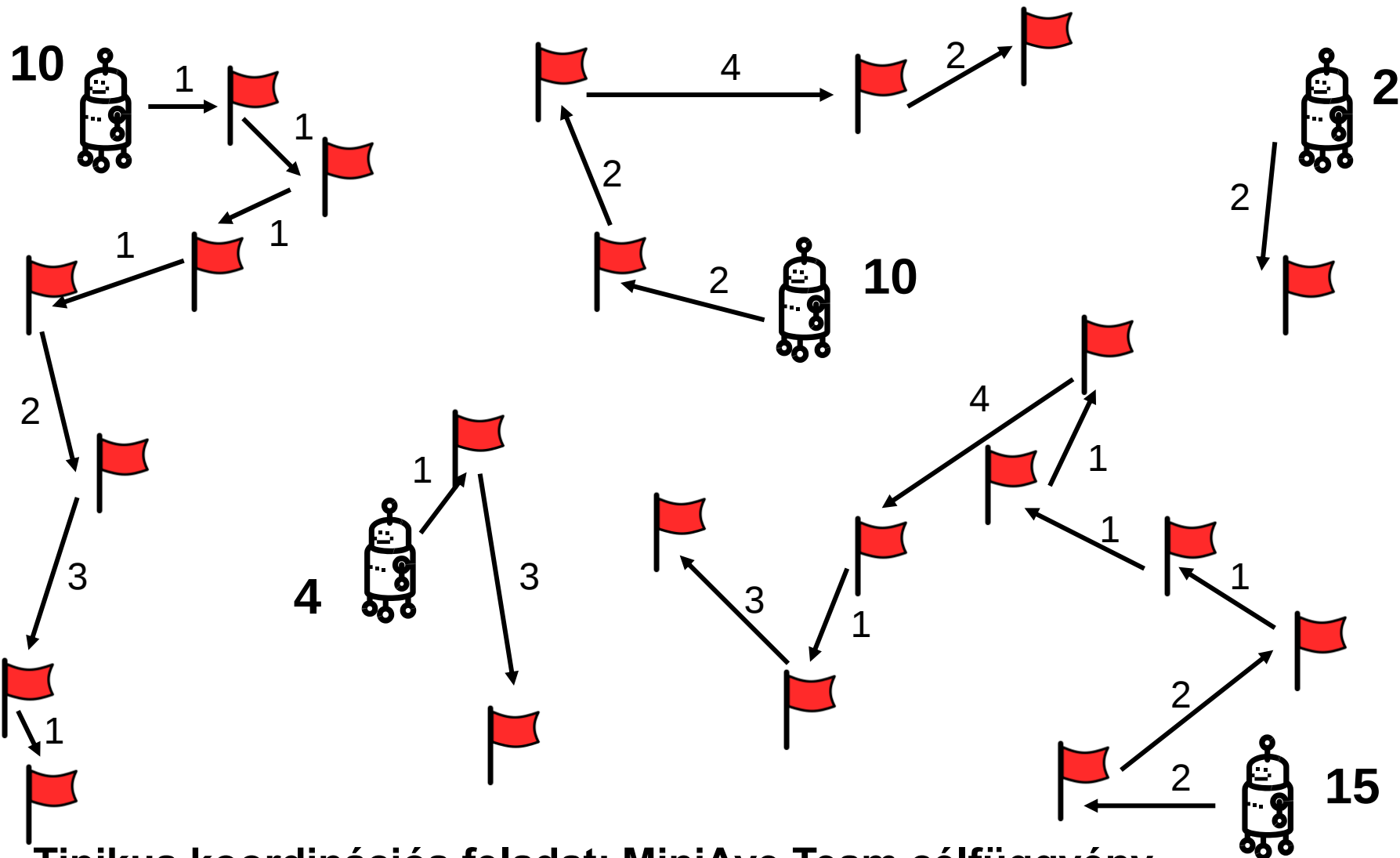
$10+10+2+4+15 = 41$



Tipikus koordinációs feladat: MiniMax Team célfüggvény

$\max(10,10,2,4,15) = 15$





Tipikus koordinációs feladat: MiniAve Team célfüggvény

$$(1+2+3+4+6+9+10+1+4+\dots)/22 = 5.8$$

Szekvenciális aukció

Analitikus eredmények n ágens és m célpont

költségarány = team költség licitból / minimális team költség

Bidding Rule	Team Objective					
	MINISUM		MINIMAX		MINIAVE	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
BIDSUMPATH	1.5	2	n	$2n$	$\frac{m+1}{2}$	$2m$
BIDMAXPATH	n	$2n$	$\frac{n+1}{2}$	$2n$	$\Omega(m^{1/3})$	$2m$
BIDAVEPATH	m	$2m^2$	$\frac{n+1}{2}$	$2m^2n$	$\Omega(m^{1/3})$	$2m^2$
BIDSUMTREE	1.5	2	n	$2n$	$\frac{m+1}{2}$	$2m$
BIDMAXTREE	n	$2n$	$\frac{n+1}{2}$	$2n$	$\Omega(m^{1/3})$	$2m$
BIDAVETREE	m	$2m$	$\frac{n+1}{2}$	$2mn$	$\Omega(m^{1/3})$	$2m^2$

Komplex feladatok kezelése

Elemi feladat – nem dekomponálható

Dekomponálható egyszerű feladat – elemi, v. dekomponálható elemi feladatokra, de egyetlen egy ágens hatáskörében

(pl. Mars rover: elhozni egy ásványmintát)

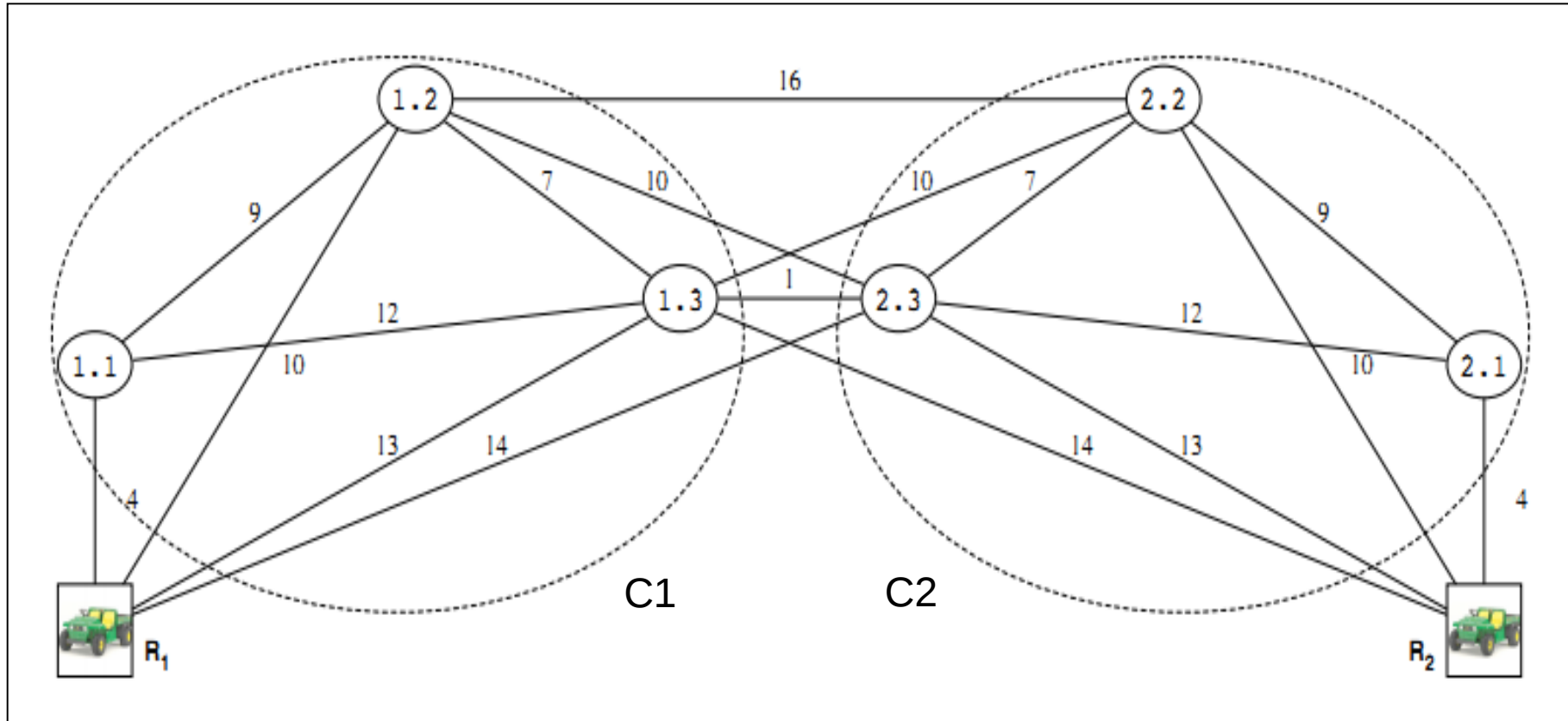
Egyszerű feladat – elemi, v. dekomponálható egyszerű feladat

Teljesen dekomponálható feladat – ha egyszerű feladatai véges számú lépésben kiszámíthatók

Összetett feladat – dekomponálható egyszerű, v. összetett feladatokra, de a dekompozíció (tetszőleges szinten) egyértelmű (csak egy létezik)
(pl. gyár: feldolgozási igények és gépek/ műveletek (job-shop scheduling))

Komplex feladat – többféle módon dekomponálható feladat, amelyhez legalább egy dekompozíció többágenses (pl. SAR feladatok)

Komplex feladatok dekomponálása és hozzárendelése



Un. **Generalized Multi-Depot TSP Problem – G-MD-TSPP(K):**

feladatgráf feladatklaszterekkel, néhány induló állomás, robotonként egy-egy pálya, klaszterenként pontosan K feladat meglátogatott valamely pálya által)

Komplex feladatok dekomponálása és hozzárendelése

A feladatnak **több lehetséges megoldási** stratégiája is lehet

A feladat leírása **absztrakt**

Gyakran kapcsolatos **NP-nehéz** problémák megoldásával

Stratégiák:

Dekomponálás- majd-hozzárendelés

hagyományos tervkészítő, stb.- egyszerű feladatok

egyszerű feladatok hozzárendelése, a végleges terv költsége ismeretlen

Probléma: hogyan tudjuk hatékonyan dekomponálni egy komplex feladatot, ha nem tudjuk melyik egyszerű feladatot melyik (milyen képességű) ágens fog végrehajtani?

Hozzárendelés- majd-dekomponálás

komplex feladatok hozzárendelése aukciókkal

minden ágens/robot a dekompozíciót lokálisan végzi

Probléma: hogyan tudhatjuk egy komplex feladat optimális hozzárendelését, ha még el sem döntöttük a dekomponálásának módját?

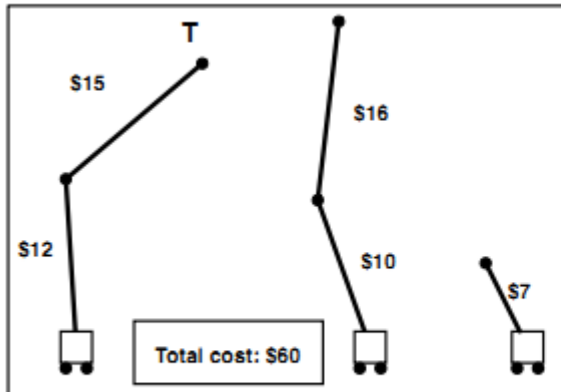
Dekomp.-majd-hozz.

Hozz.-majd-dekomp.

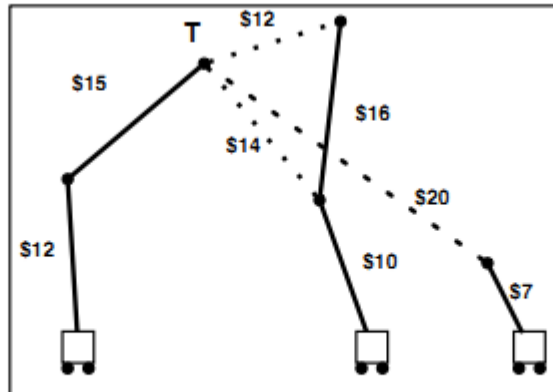
Optimum team hatékonyság?

Komplex feladatok hozzárendelése

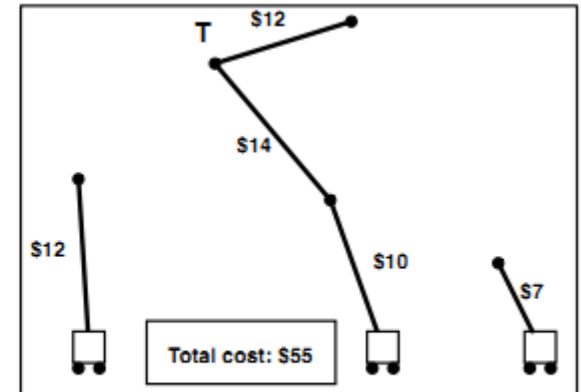
- feladatkereskedés



(a)



(b)



(c)

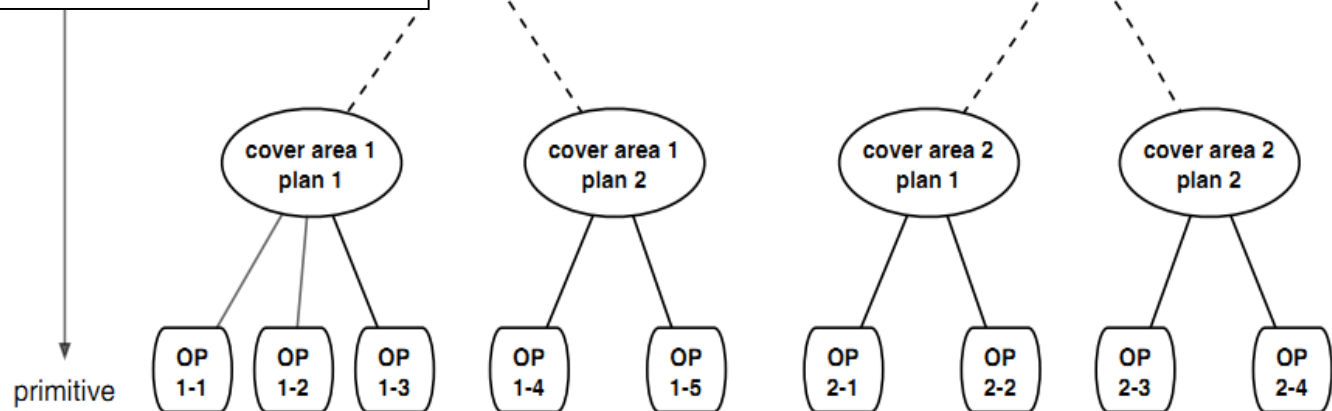
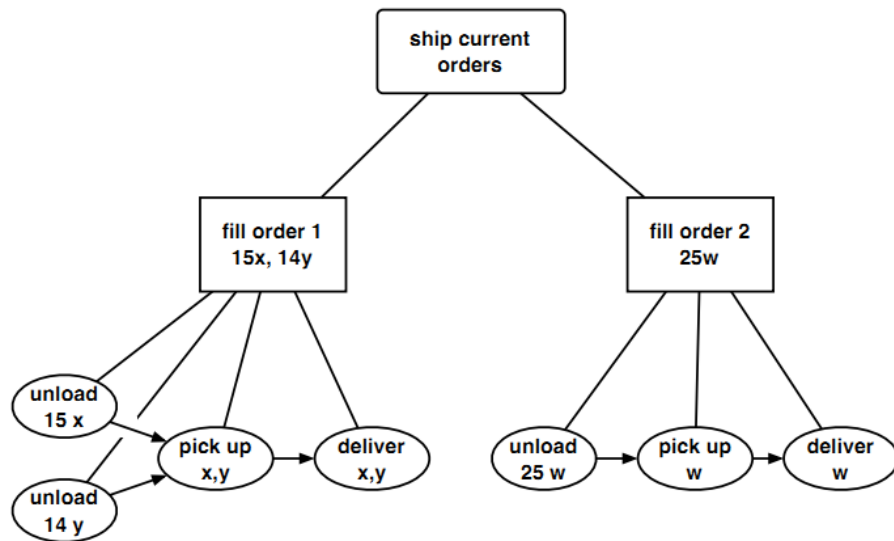
- Kiinduló hozzárendelés (60)
- „kritikus” feladatok újbóli eladása – hozzárendelés átszervezése (55)

Komplex feladatok hozzárendelése = Feladatfák

- Lazán csatolt feladatok AND/OR fák
- Részben rendezett feladatok, precedencia kényszerek
- Szoros koordinálás

AND OR fák:

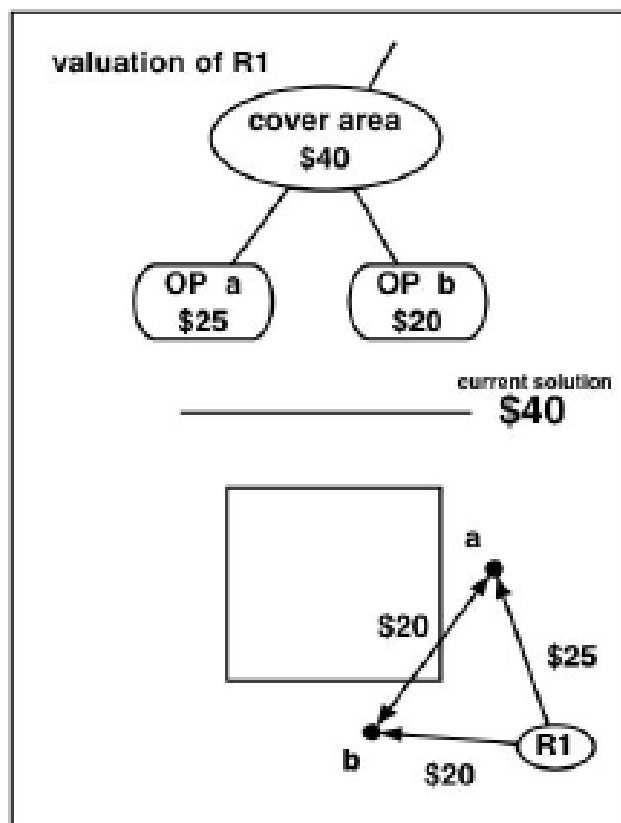
AND = dekompozíció
OR = alternatív tervek



primitive

Feladatfa aukciók (példa)

Elosztott megfigyelés



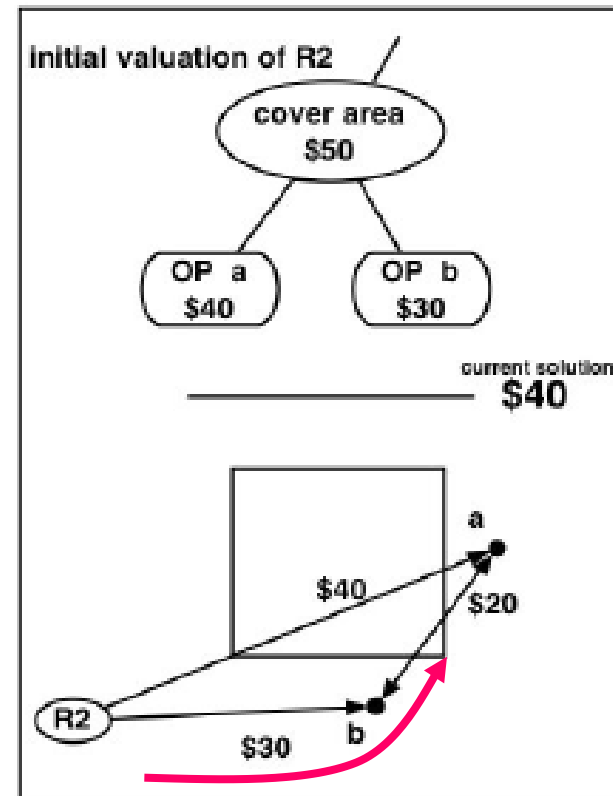
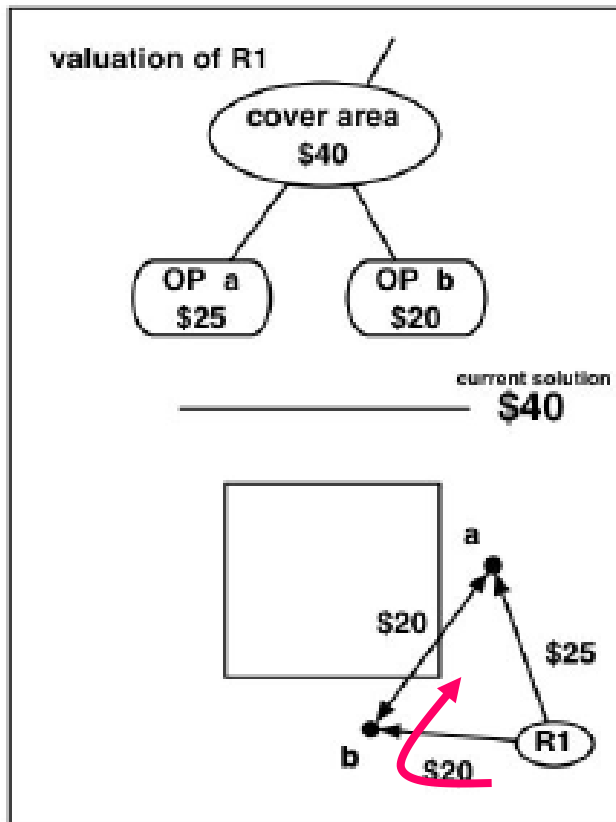
R1 nyert egy feladatfát
(40 a rezervációs ára).
Most próbálja rászózni másokra.
(l. pl. rekurzív VH)

Feladatfa aukciók (példa)

R1 árverez egy feladatfát (40 a rezervációs ára).

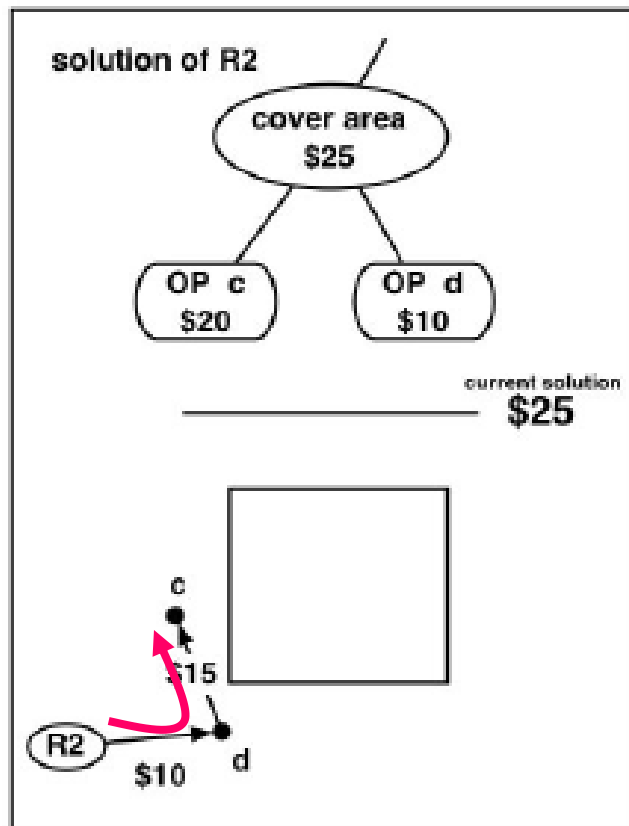
R2 szemszögéből a fa R1 szerinti dekomponálása túl drága.

R2 áttekintés nélkül nem versenyképes. R1 így hopen maradhat.

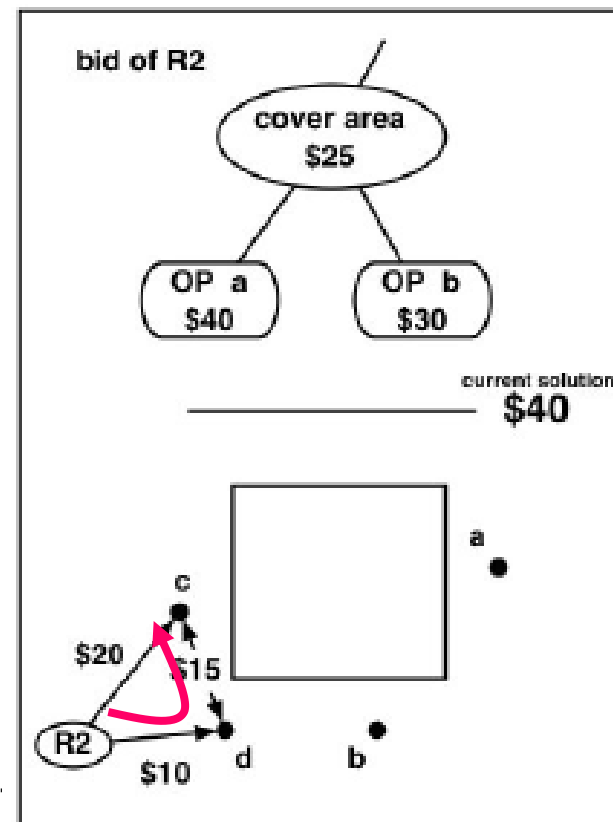


Feladatfa aukciók (példa)

De szerencsére R2 dekompozíciót vált és ezzel licitál. Mivel ez jobb, R2 elnyeri az R1-től az absztrakt felügyeleti taszkot, amit saját dekompozíciójával tervez végrehajtani. A globális megoldás költsége 40-ről 25-re csökkent.



áció és in

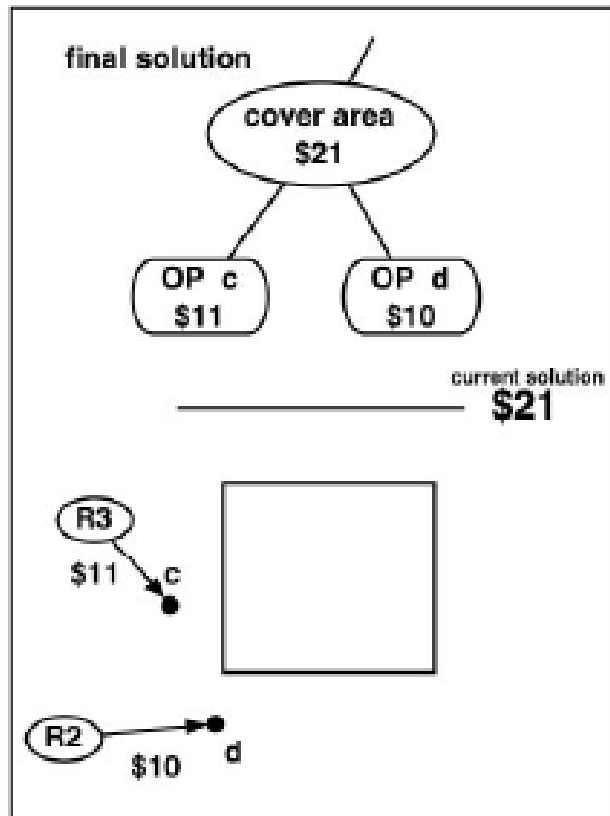


MIT

Feladatfa aukciók (példa)

Most R2 rendez további aukciót, hátha?

A 'c' feladatra R3 személyében talál jelentkezőt, aki azt kisebb költségen al(át)vállalja. A globális megoldás értéke (team hatékonysága) újra csökkent (nő) 25-ről 21-re.



Feladatfa aukciók

Robot aukció

lebonyolítás, ha egyedi ágensek az árverezők
ami nem kell el, az hozzárendelve marad az árverezőhöz
árverezőnek van rezervációs ára (ha ő maga megcsinálja)
licit értékelés: rezervációs ár – licit

Operator aukció (rendszer operator ágense)

felhasználó = új feladat

Operator = dekompozíció + aukció

nincs rezervációs ár, Operator nem tud feladatot ellátni

Aukció **alvállalkozás** a licitáló feladatot kap, de a fizetést a befejezése
és a teljesítés bejelentése után kapja
transzfer a licitáló megveszi a feladat végzéséhez való
jogot, amire prompt fizet.