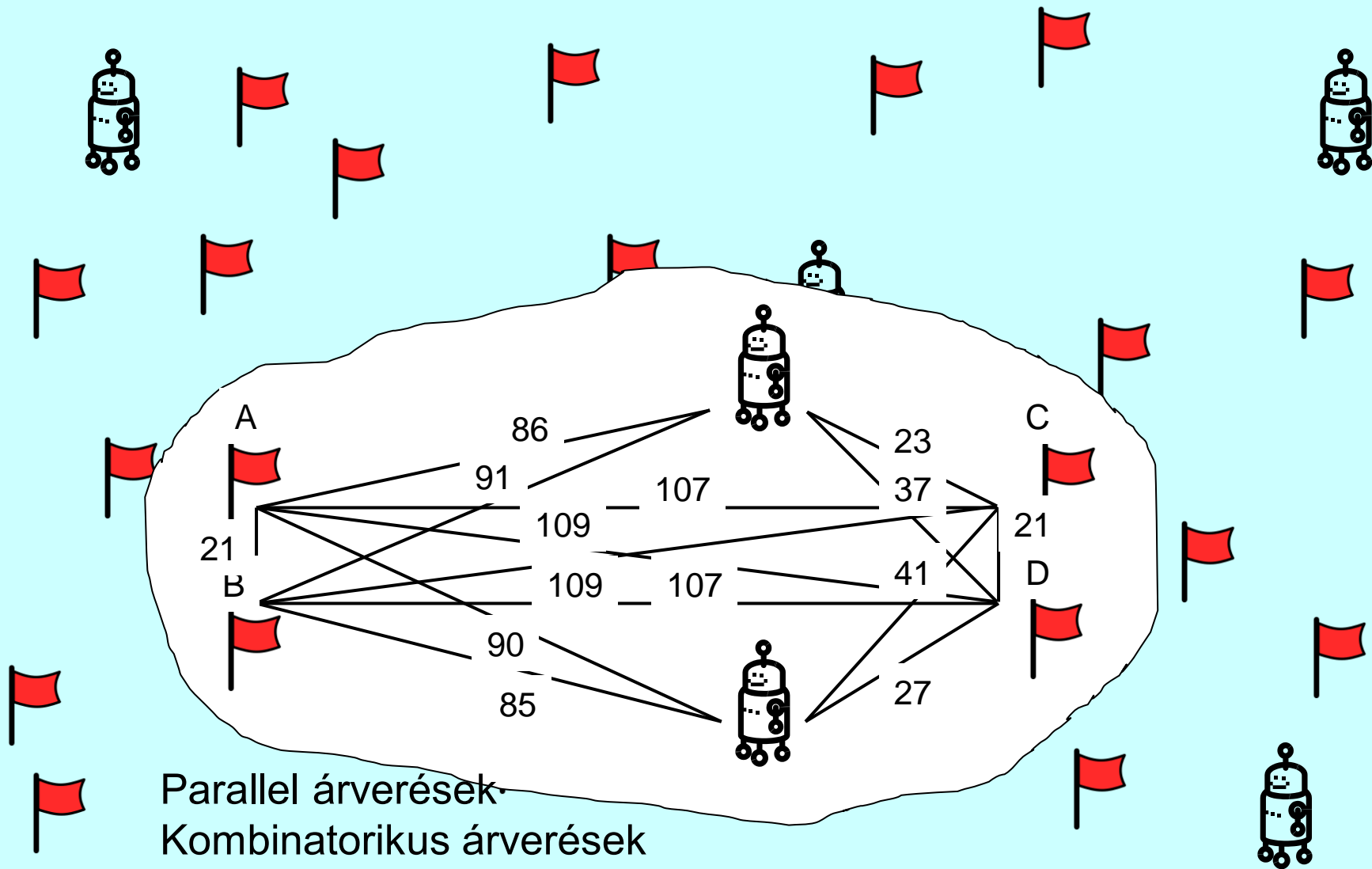


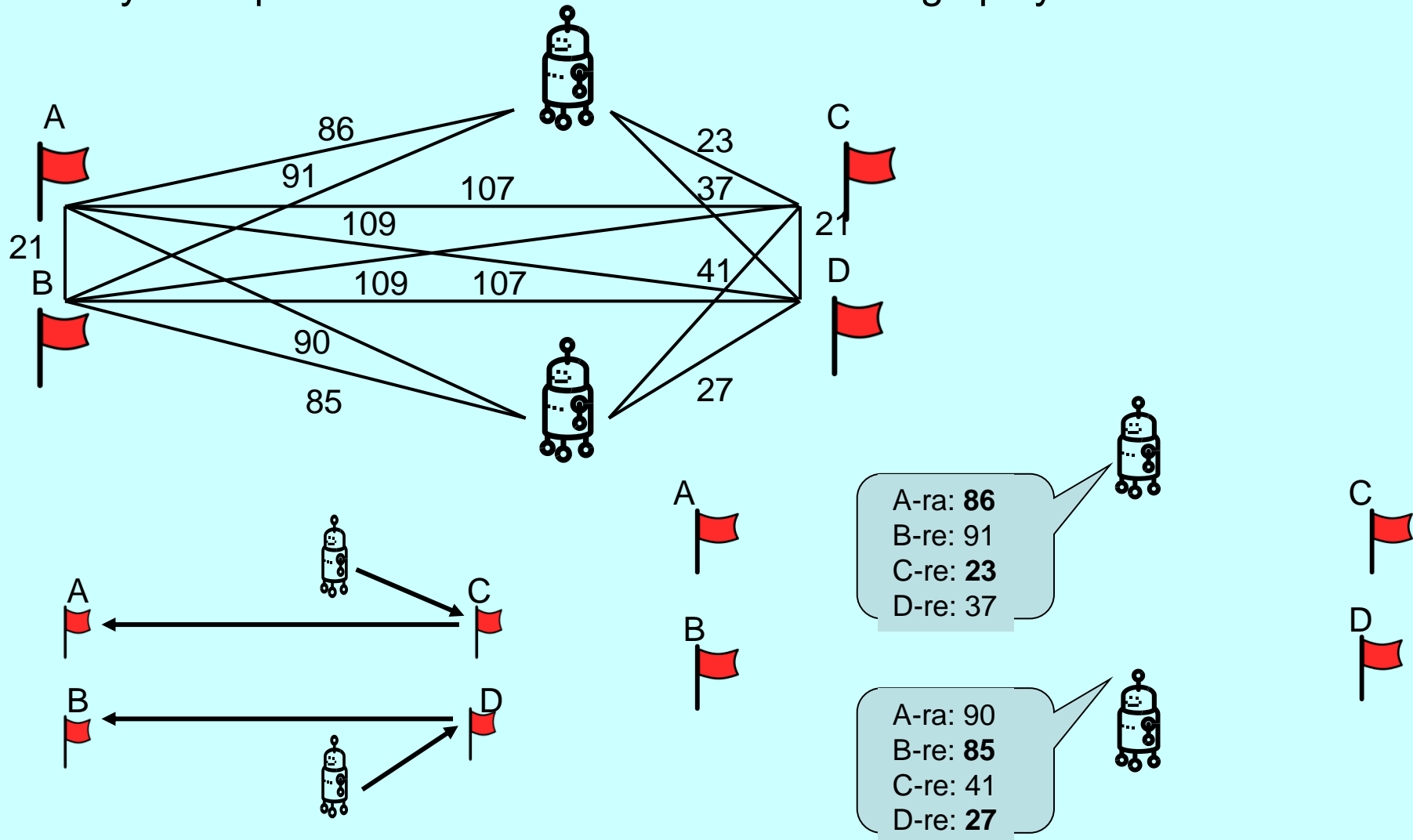
Együttműködés versengés közepette – koordinálás + feladatmegosztás árverésekkel (2)

Koordinálás árverésekkel

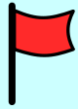


Parallel árverések
Kombinatorikus árverések
Szekvenciális árverések

Parallel árverés: 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.



(Pozitív és negatív) 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

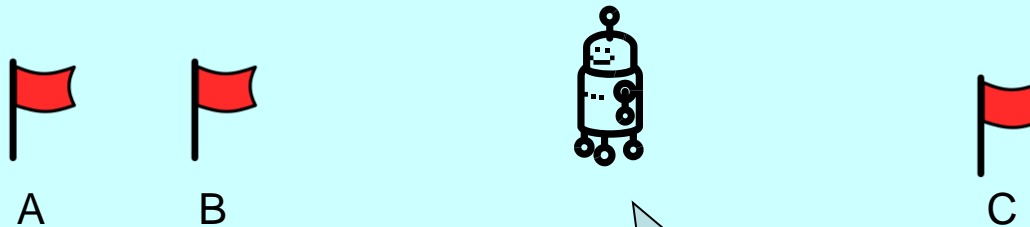
Min pályaköltség (C): 4

Min pályaköltség (B és C): 12

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

Ideális kombinatorikus árverés

Kölcsönhatás figyelembevétele



{A}-ra: 5	{A,B}-ra: 5
{B}-re: 4	{A,C}-ra: 13
{C}-re: 4	{B,C}-ra: 12
{A,B,C}-ra: 13	

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

Ideális kombinatorikus árverés

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

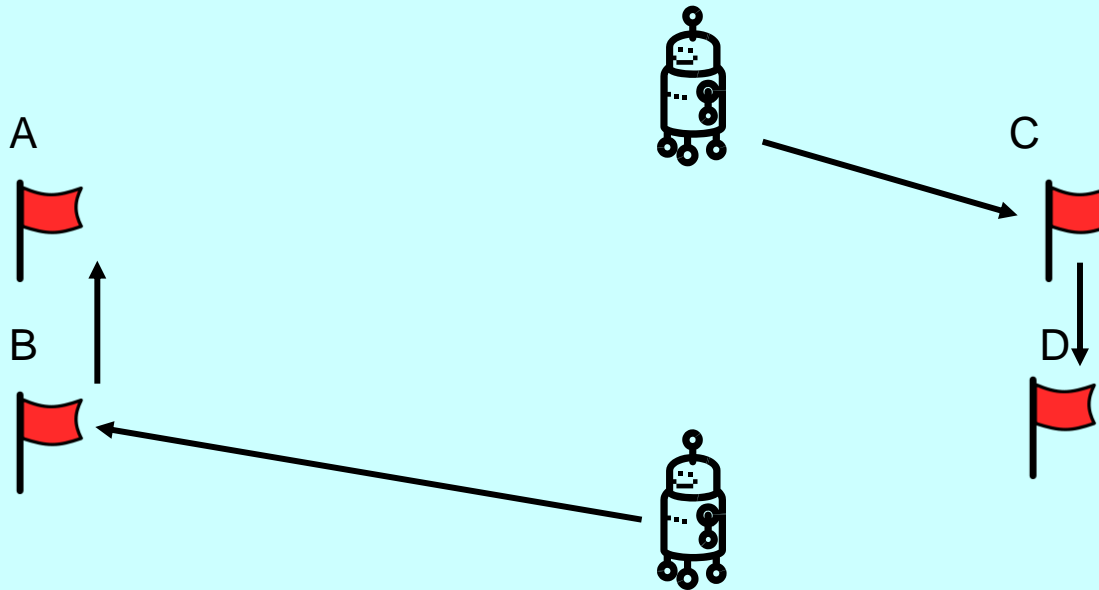
Ideális kombinatorikus árverés

{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 árverés



Az ideális kombinatorikus árverésből adódó **teamköltség minimális**, mert az minden kölcsönhatást vesz figyelembe a célpontok között, amitől egy **NP-nehéz** problémát kell megoldanunk.

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

Licitgenerálás, -kommunikáció és a győztes kiszámítása költséges.

Kombinatorikus árverés

Implementáció: **nehéz**

Decentrálizálás: **tisztázatlan**

Köteggenerálás: **drága** (lehet exp)

Licitgenerálás/ köteg: ok (exp)

Licitkommunikáció: **drága**

Aukció lebonyolítás: **drága** (exp)

Team hatékonyság: **nagyon jó** (optimális)
sok (minden) összhang/kötés figyelembe vétele

Használjuk ügyes köteggenerálást.

Különböző NP-nehéz problémák approximációja.

Közelítő kombinatorikus árverés

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

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

...

Dómén-független köteggenerálás

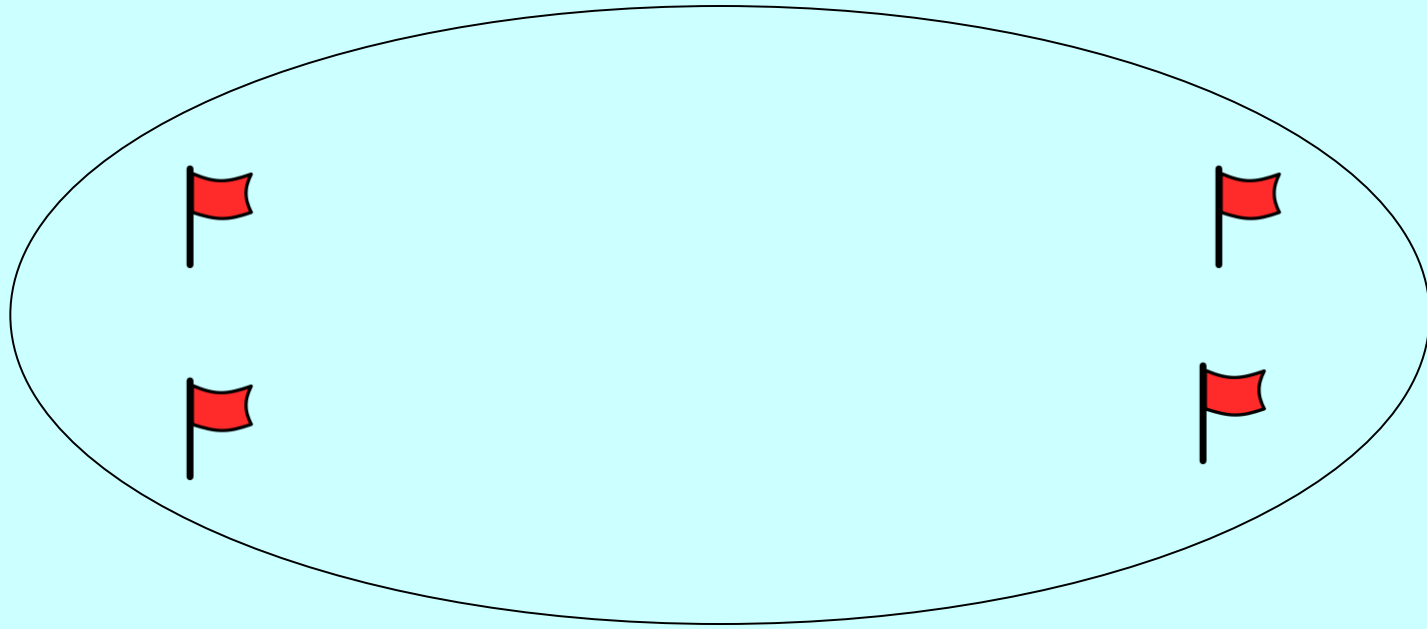
pl. **Három-Kombináció** - 3 vagy kevesebb célpontot tartalmazó kötegre licitálni

Dómén-függő köteggenerálás

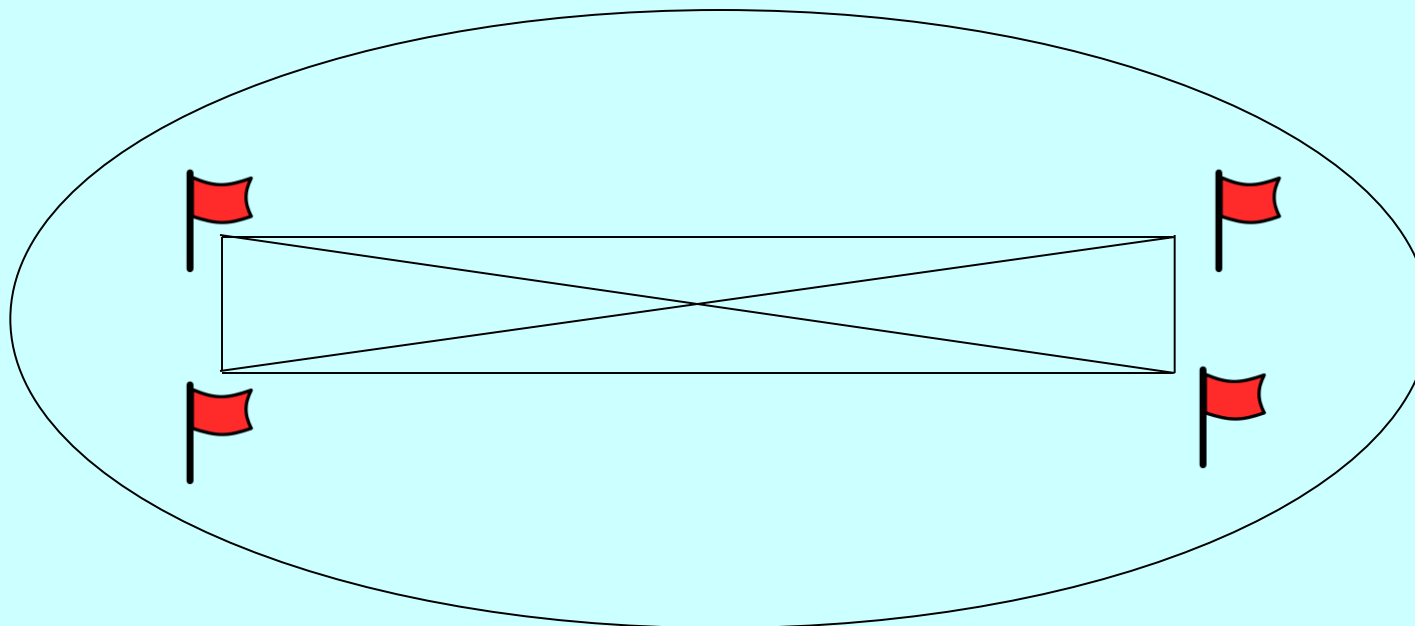
pl. **Graph-Cut** – teljes célpontgráf – gráf imételt szétvágása maximális vágás (közelítése) mentén.

Az ilyen kombinatorikus árverésből adódó **team költség alacsony**, de általában **szuboptimális**.

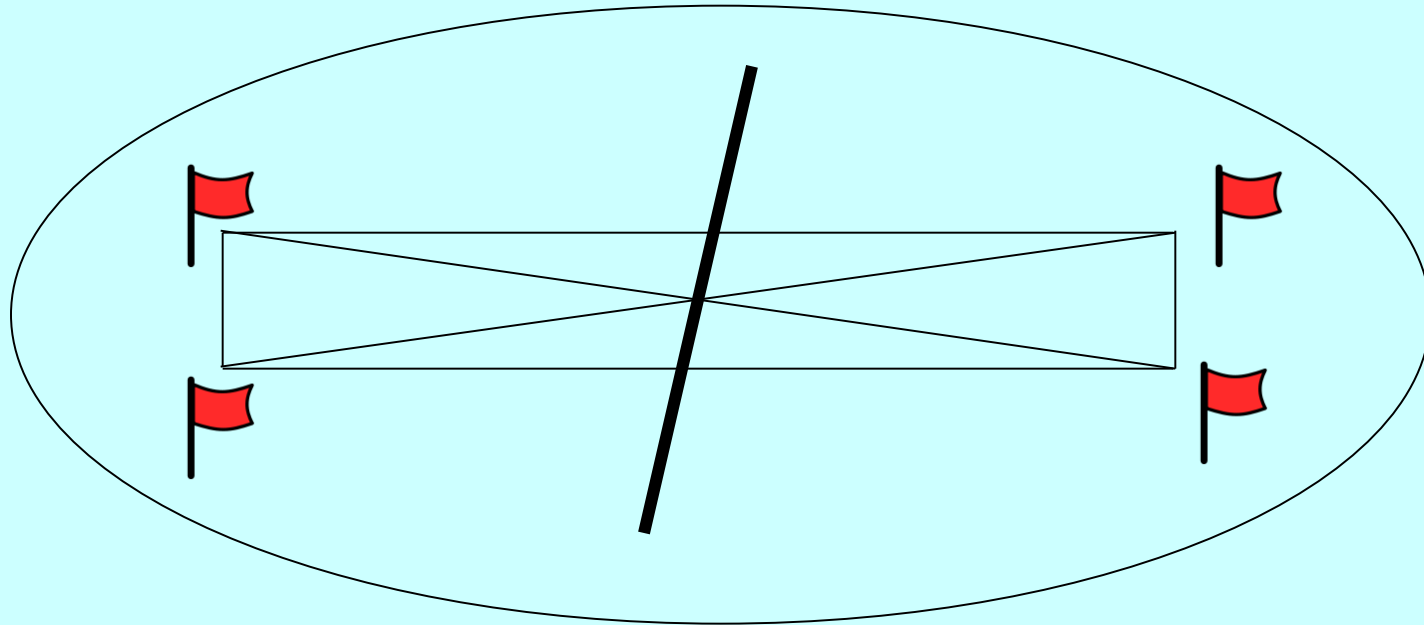
Kombinatorikus árverés - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus árverés - Dómén-függő köteggenerálás

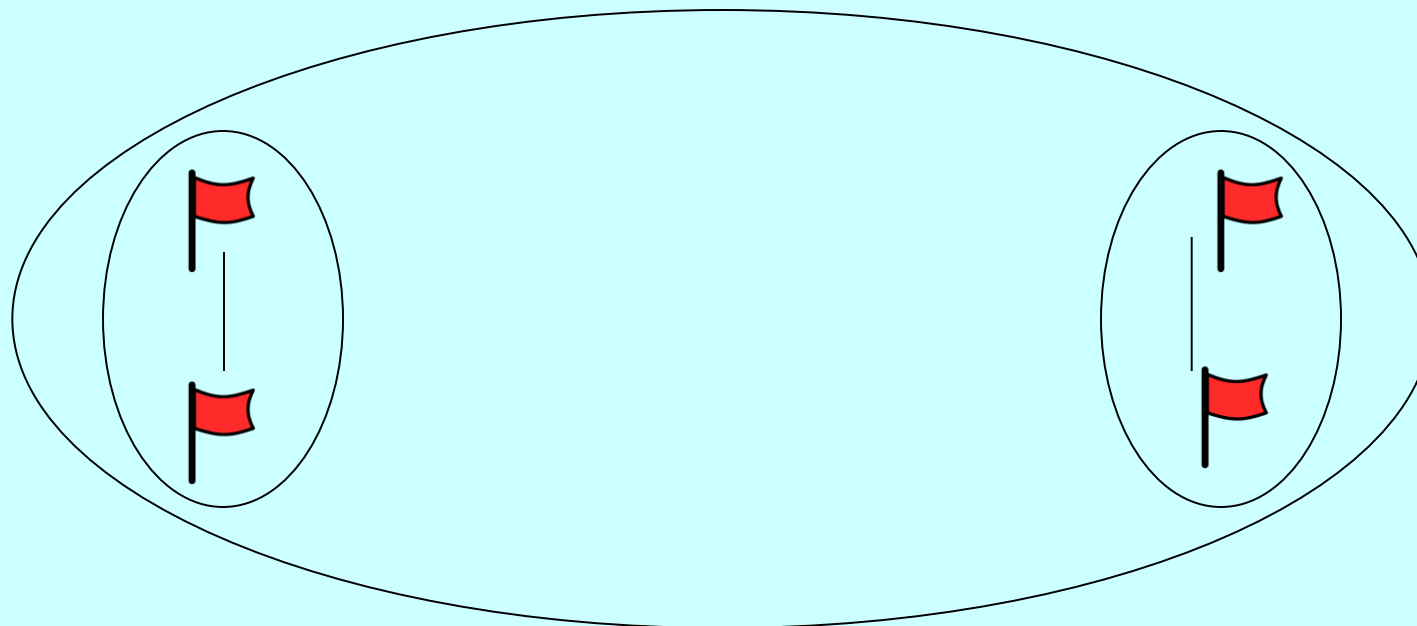


Kombinatorikus árverés - Dómén-függő köteggenerálás

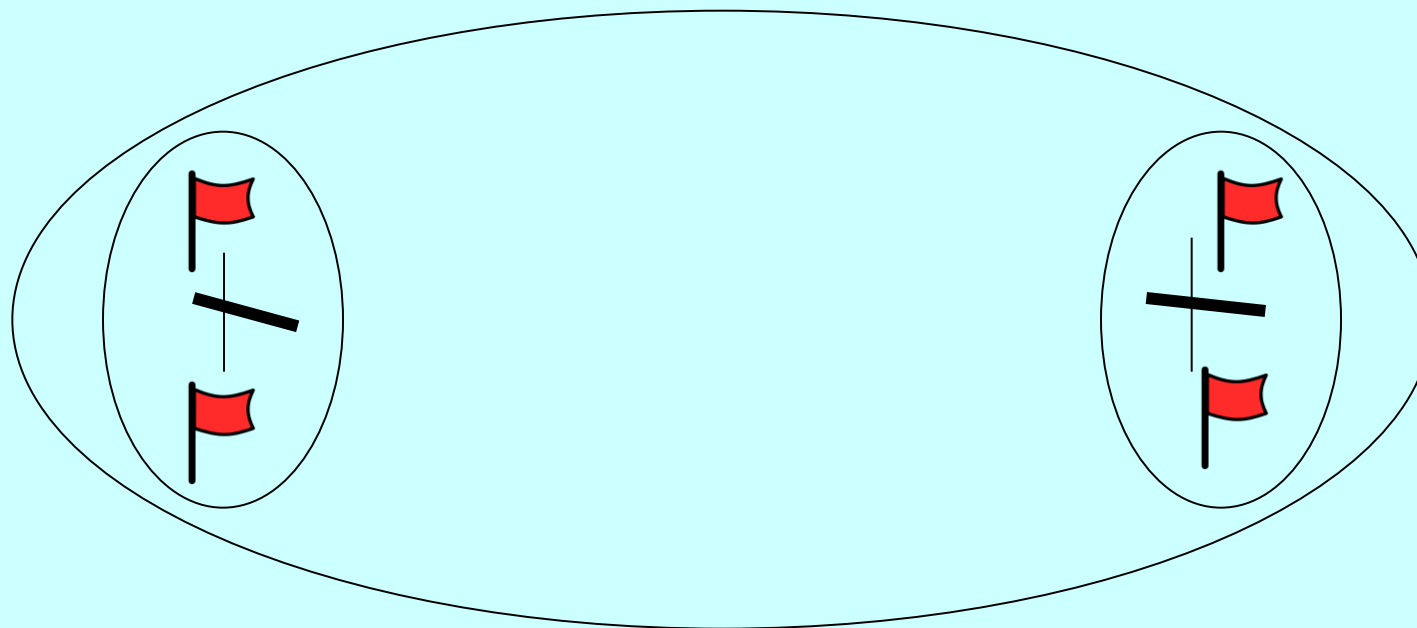


Vágás = két halmazzá, amik a gráf csúcsait particionálják.
Maximális vágás = maxcut = a két csúcshalmazt összekötő élek költségeit maximáló vágás.
Maximális vágás megkeresése NP-nehéz, de közelíteni lehet.

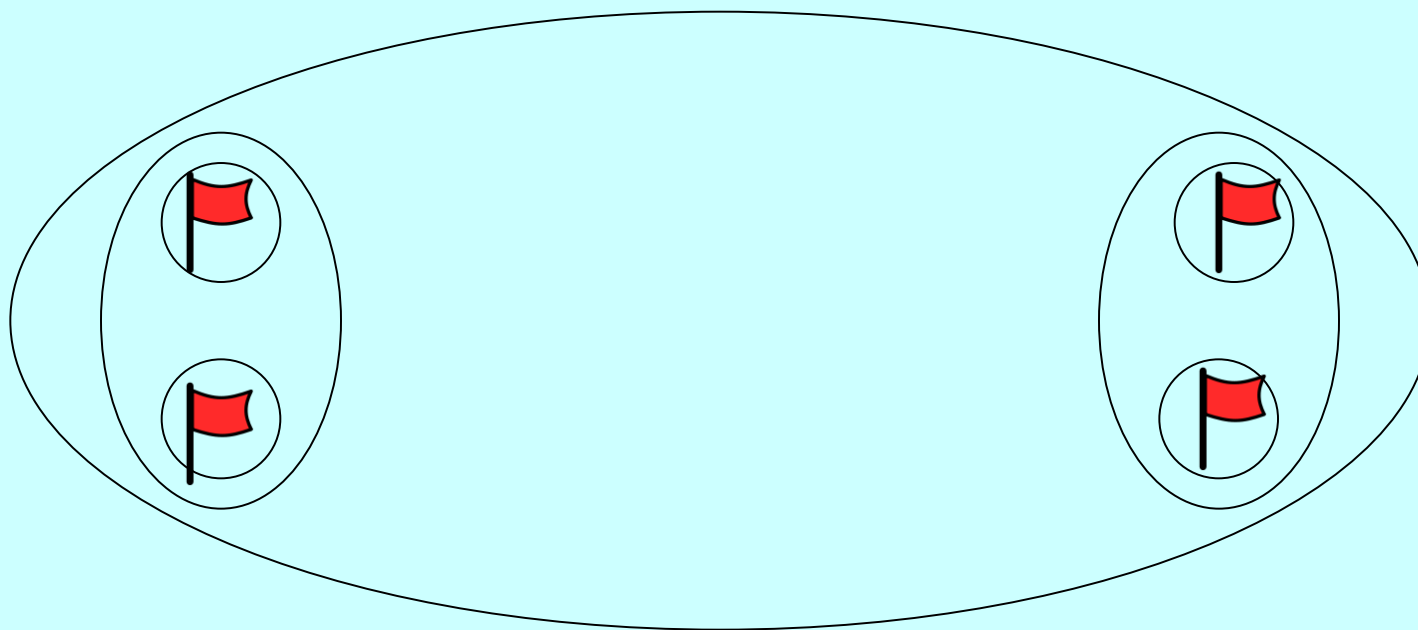
Kombinatorikus árverés - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus árverés - Dómén-függő köteggenerálás



Kombinatorikus árverés - Dómén-függő köteggenerálás



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

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

Kombinatorikus árverés

Kísérletek ismert terepen

3 ágens, ismert terep, 5 db. célpont klaszter á 4 célpont

Team SUM

Parallel árverés	427
Kombinatorikus árverés	
Három Kombináció heur.	248
Graph-Cut heur.	184
Optimális (ideális, IP)	184

Szekvenciális (robotikus) árverés

Körönként csak egy célpont kell el.

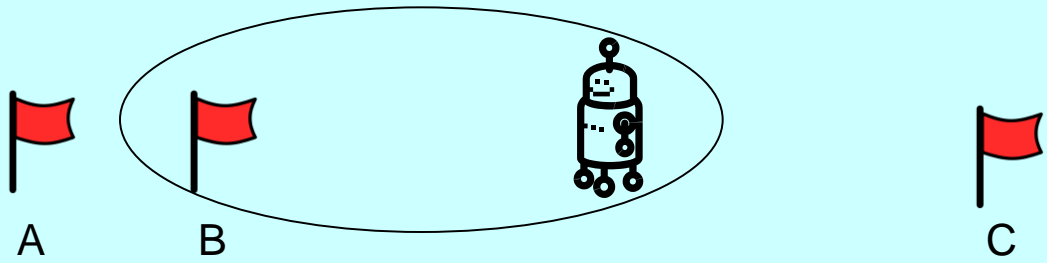
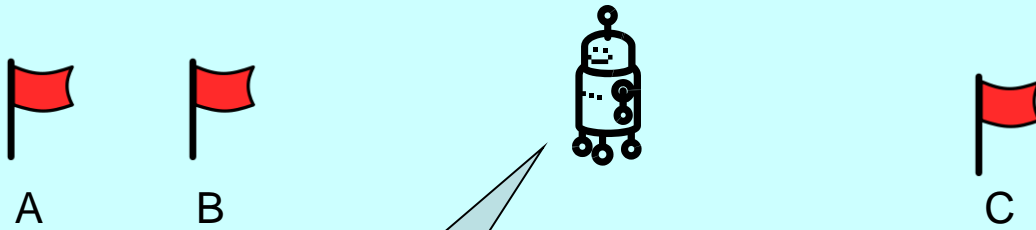
Egy licitkörben minden ágens az összes, a mások által el nem nyert célpontra licitál.

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**).

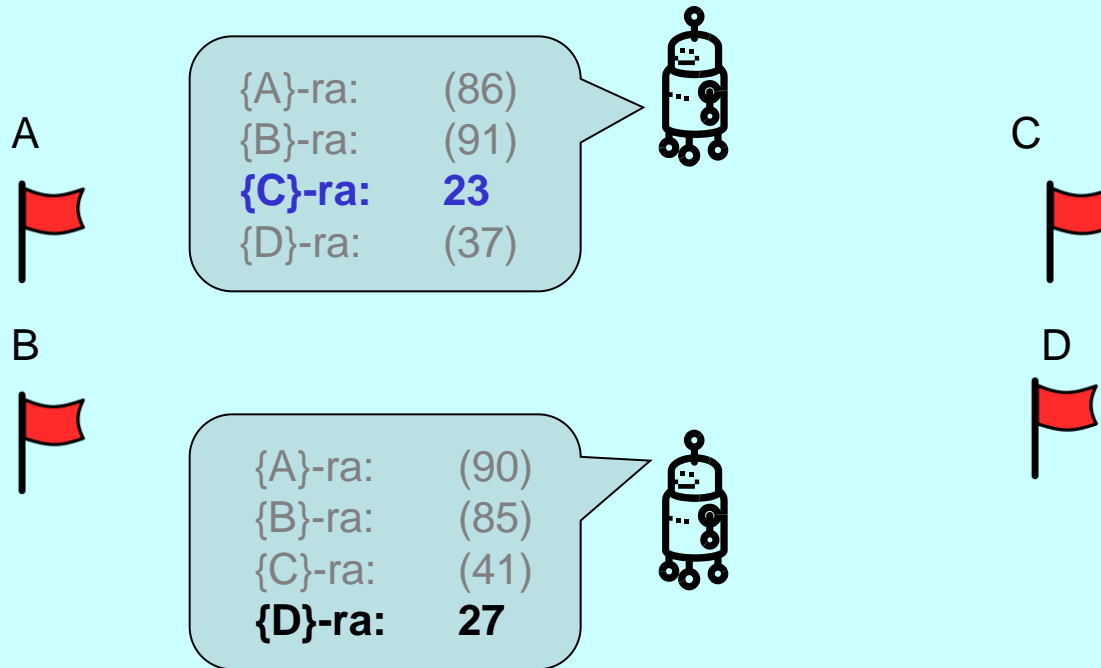
A győztes az ágensekre és a célpontokra nézve **minimális licit**.
(A licitáló ágens elnyeri az adott célpontot)

Néhány licitkör elteltével ágensek minden célpontot elnyernek.

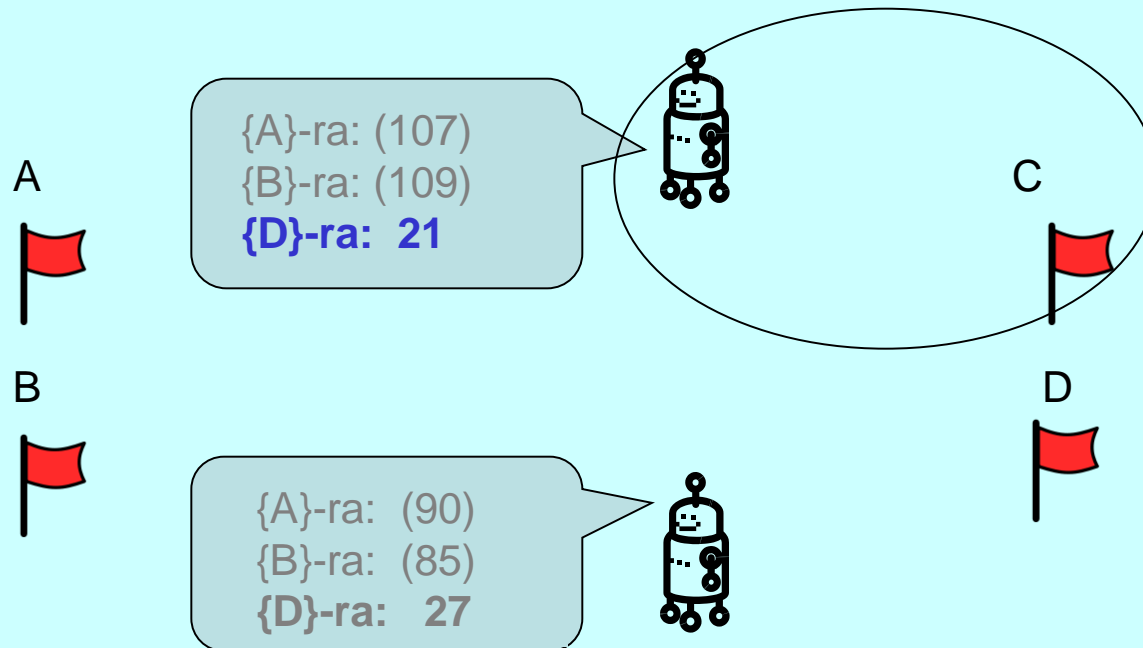
Minden ágens a elnyert célpontokhoz kiszámítja a költség minimál pályát és elkezdi azt követni.



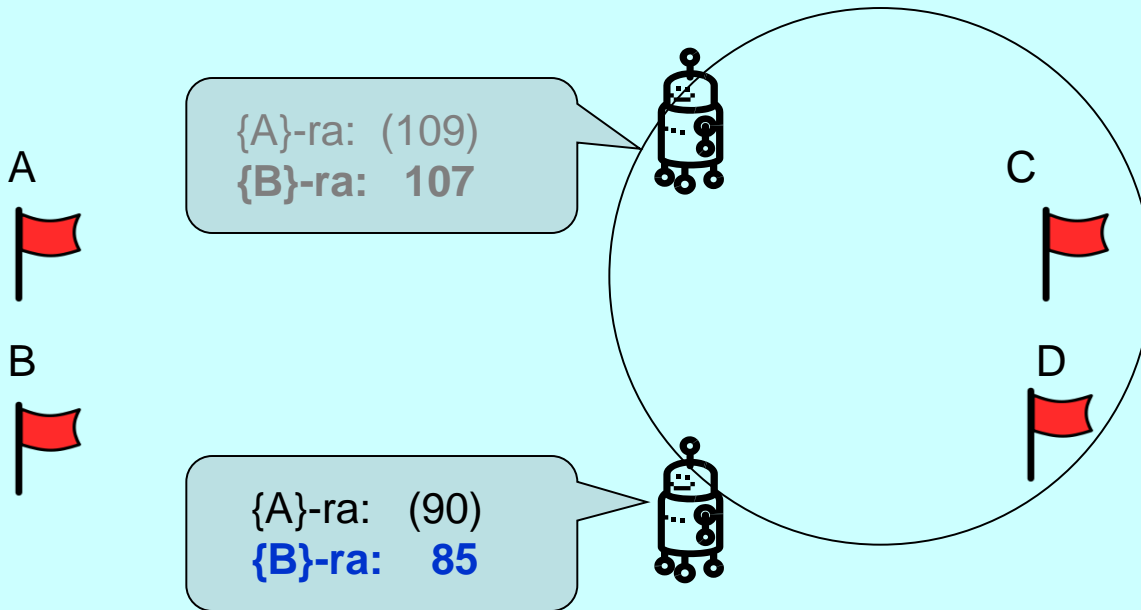
Szekvenciális árverés (MiniSum)



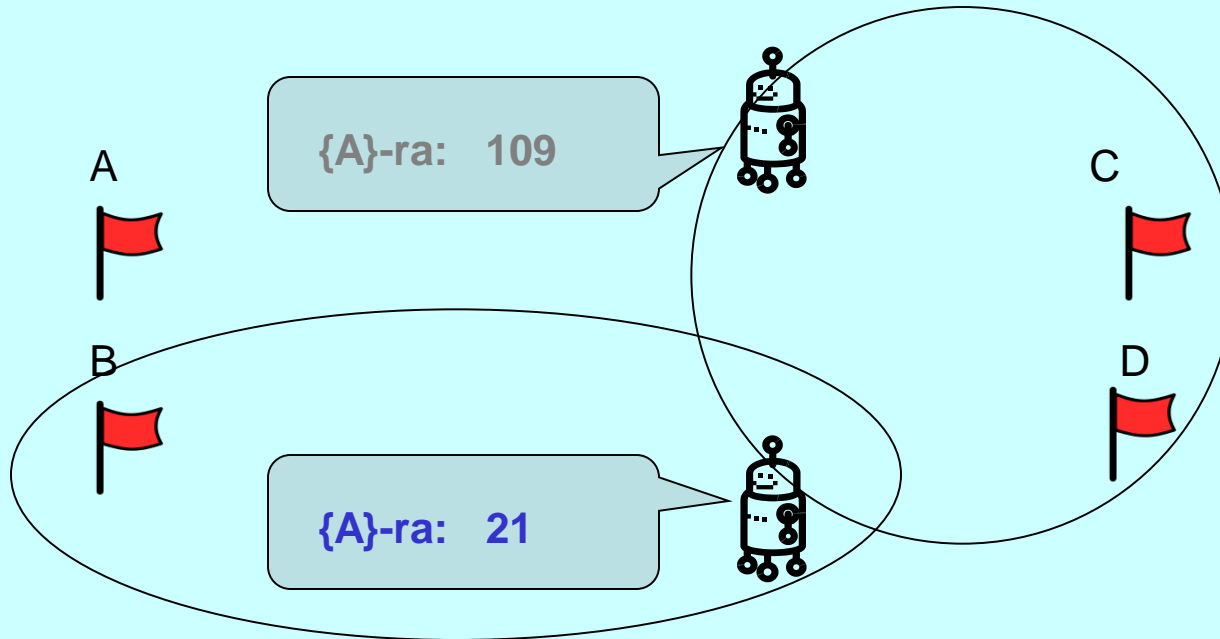
Szekvenciális árverés (MiniSum)



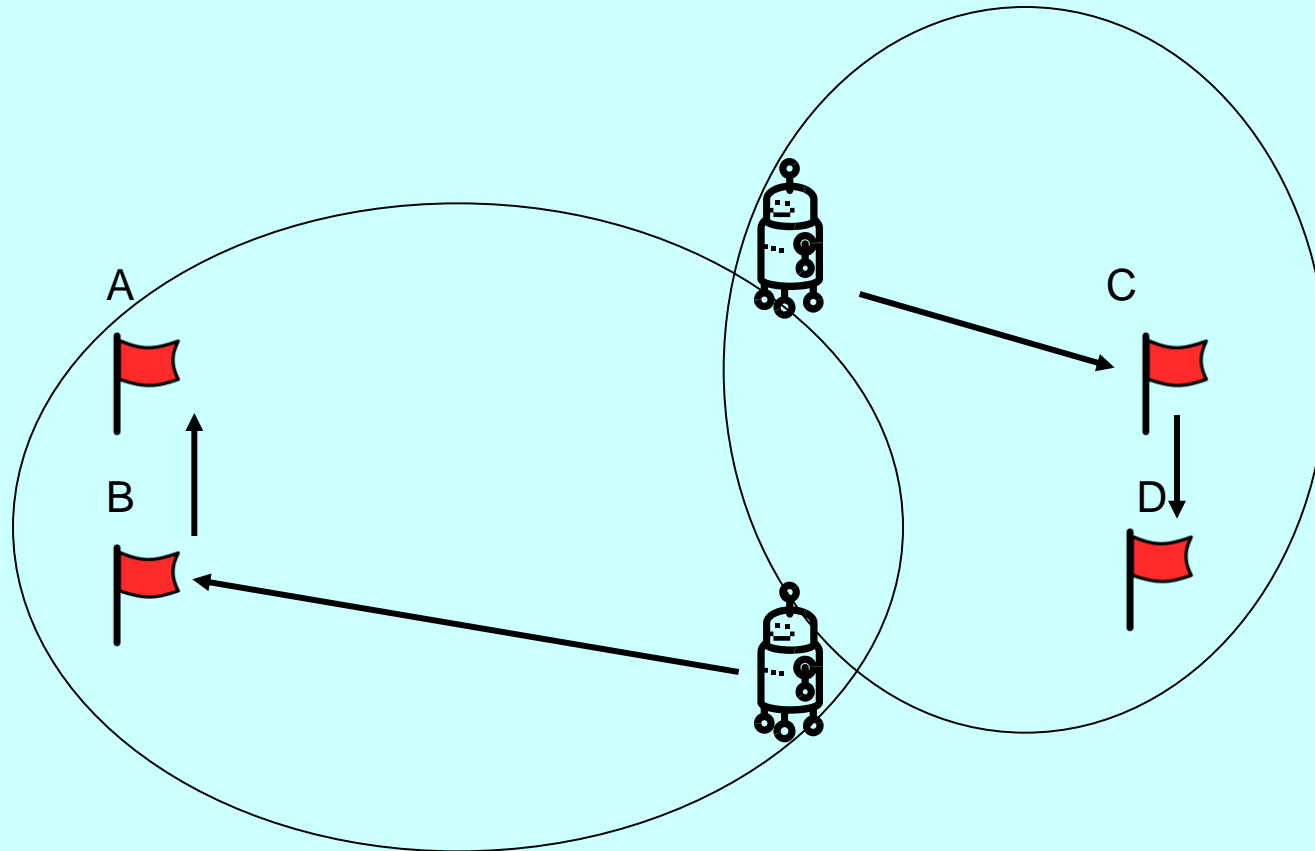
Szekvenciális árverés (MiniSum)



Szekvenciális árverés (MiniSum)



Szekvenciális árverés (MiniSum)



A licit

{A}-ra: (86)
{B}-ra: (91)
{C}-ra: 23
{D}-ra: (37)

{A}-ra: (90)
{B}-ra: (85)
{C}-ra: (41)
{D}-ra: 27

{A}-ra: (107)
{B}-ra: (109)
{D}-ra: 21

{A}-ra: (109)
{B}-ra: 107

{A}-ra: (90)
{B}-ra: (85)

{A}-ra: 21

A hozzárendelések

Felső ág

Alsó ág

C = 23

D = 21

B = 85

A = 21

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

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

(példában a jelezni nem szükséges licitek zárójelben vannak).

Licitszabályok származtatása

Az a győztes, amely mellett a team költség legkevesebbet nő.

MiniSum: Összpályaköltség minimálása a team-re nézve. *Teljes energia, távolság, valamilyen erőforrás minimálása. Pl. bolygófelszín kutatása.*

MiniMax: Maximális pályaköltség minimálása ágensekre nézve. *Teljes feladatvégzési idő minimálása (makespan). Pl. objektum-felügyelet.*

MiniAve: Átlagos érkezési idő minimálása az összes célpontra nézve. *Átlagos kiszolgálási idő minimálása (flowtime). Pl. Search and Rescue*

Pályalicit (“direkt megközelítés”) , ill. **falicit** (“indirekt megközelítés”)
(Pl. min. költségű feszítő fa = P, min. költségű pálya = NP)

Pályák: mindegyik költség kiszámítása NP-nehéz
közelítés: beszúrási heurisztika

Fák: MiniSum – minimális feszítő erdő P,
MiniMax – minmax feszítő erdő NP,
MiniAve – triviális erdő = csillagséma,

Fa-pálya konverzió: shortcutting, heur. max. 2 x opt., P, (jobb közelítés = sokkal nehezebb)

n db r_1, \dots, r_n ágens, m db még nem kiosztott t_1, \dots, t_m célpont
Az eddig kiosztott célok partíciója ágensenként: $T = (T_1, \dots, T_n)$,
A team hatékonyságát optimalizáló $f(g(r_1, T_1), \dots, g(r_n, T_n))$ függvény,
ágensek $g(.,.)$ hatékonysága alapján,

$PC(r_i, T_i)$ az i -edik ágens min. pályaköltsége T_i partícióban (**Path Cost**)
 $STC(r_i, T_i)$ min. kummulatív célpontköltség minden T_i -beli célpontjára
(**Sum per Target Cost**)

$$\text{MiniSum} = \min_T \sum_j PC(r_j, T_j)$$

$$\text{MiniMax} = \min_T \max_j PC(r_j, T_j)$$

$$\text{MiniAve} = \min_T 1/m \sum_j STC(r_j, T_j)$$

$$1.5 \text{ opt} \leq \text{MiniSum} \leq 2 \text{ opt}$$

r_i ágens licitje: különbség = team hasznosság(hozzárendelés + ő győzelme)
- team hasznosság (nélküle)

$$f(g(r_1, T'_1), \dots, g(r_n, T'_n)) - f(g(r_1, T_1), \dots, g(r_n, T_n)), \quad T'_i = T_i \cup \{t\}, \quad T'_j = T_j \quad i \neq j$$

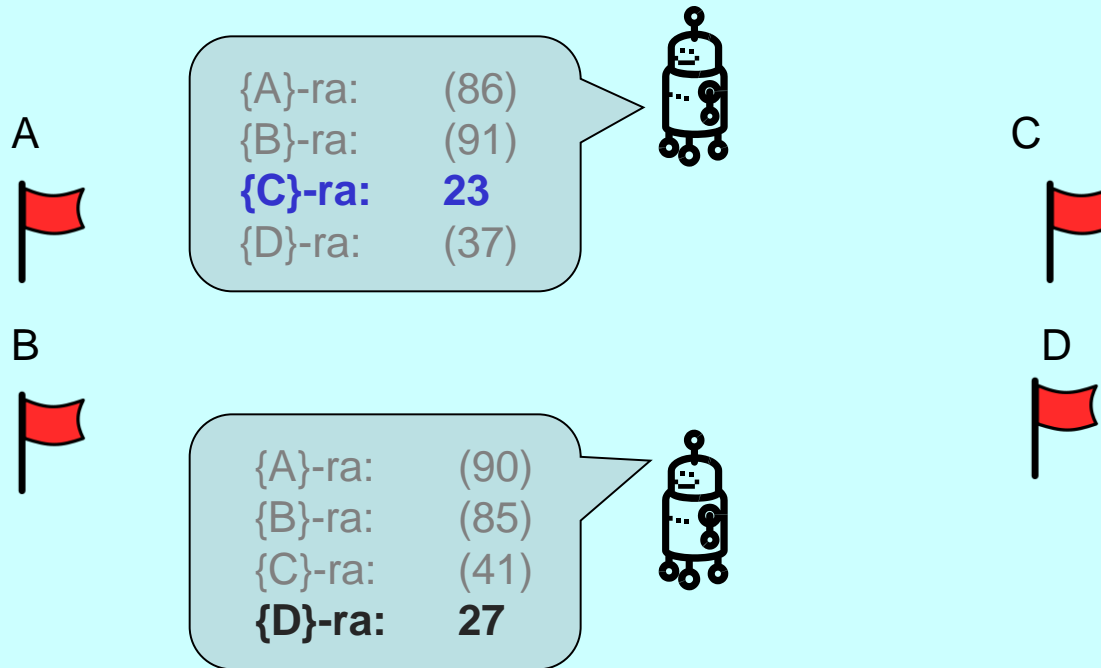
BidSumPath: **$PC(r_i, T'_i) - PC(r_i, T_i)$**

BidMaxPath: **$PC(r_i, T'_i)$**

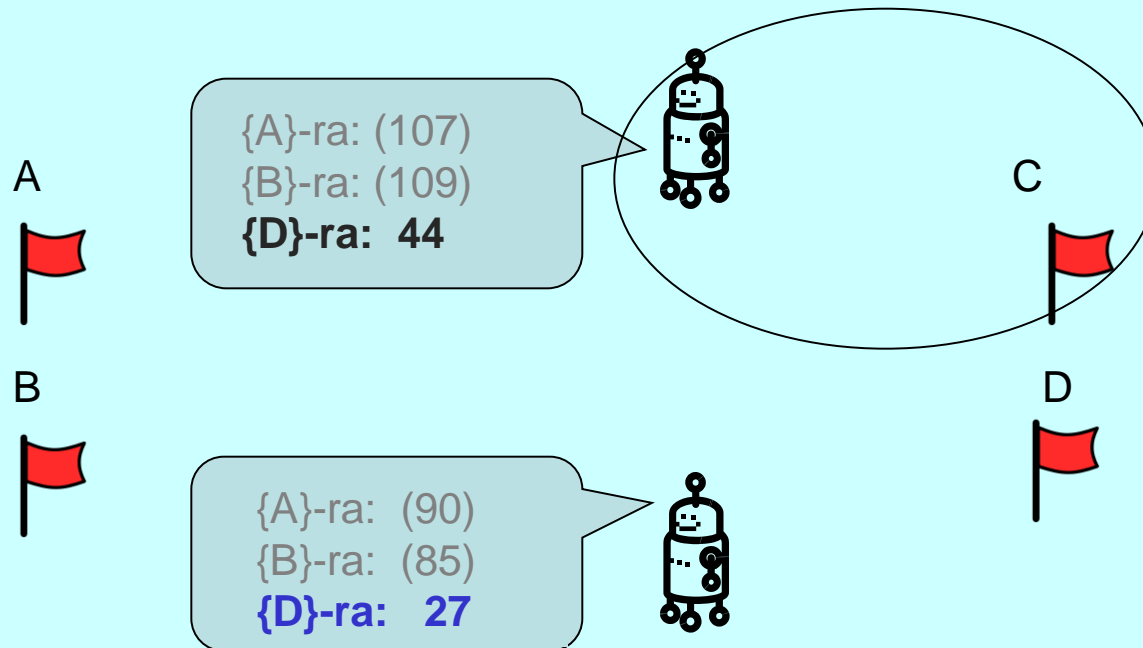
BidAvePath: **$STC(r_i, T'_i) - STC(r_i, T_i)$**

(fa licitek hasonlóan a minimális feszítő fa költségei alapján)

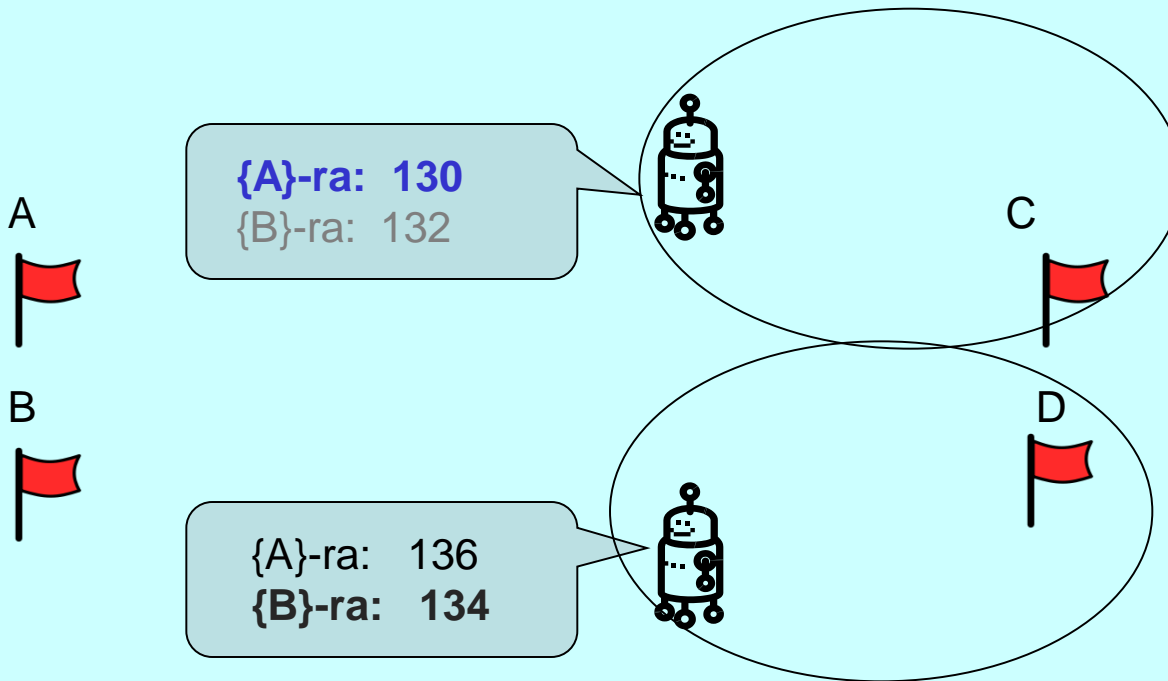
Szekvenciális árverés (MiniMax)



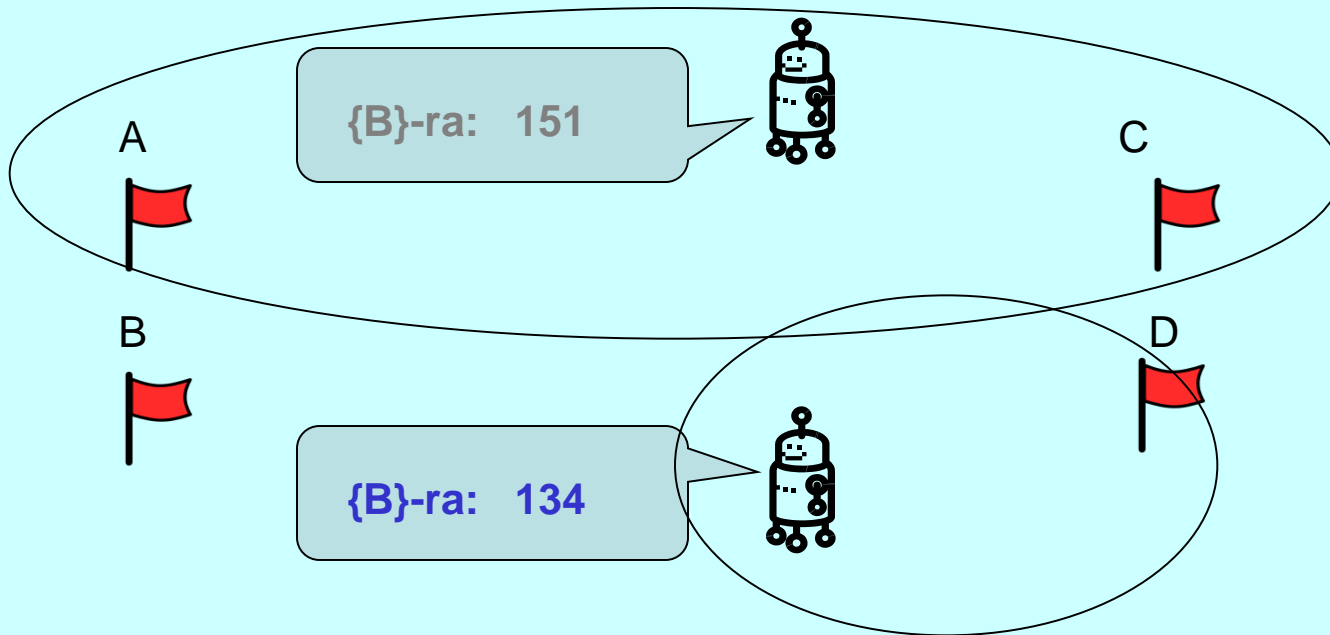
Szekvenciális árverés (MiniMax)



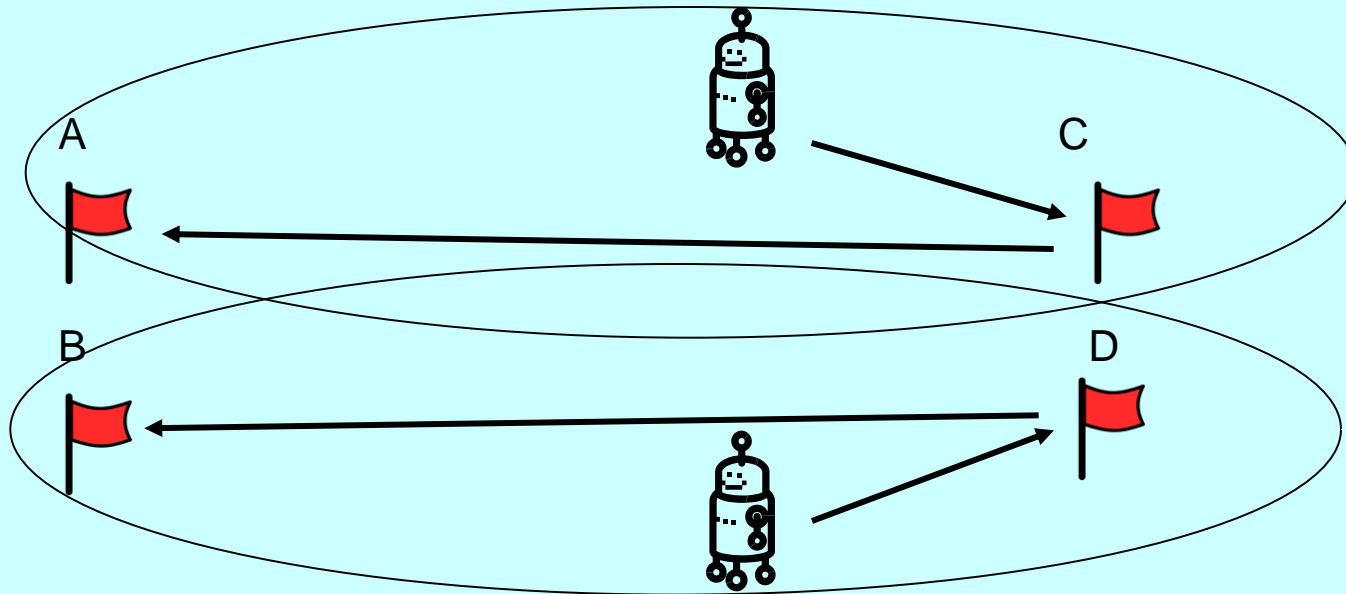
Szekvenciális árverés (MiniMax)



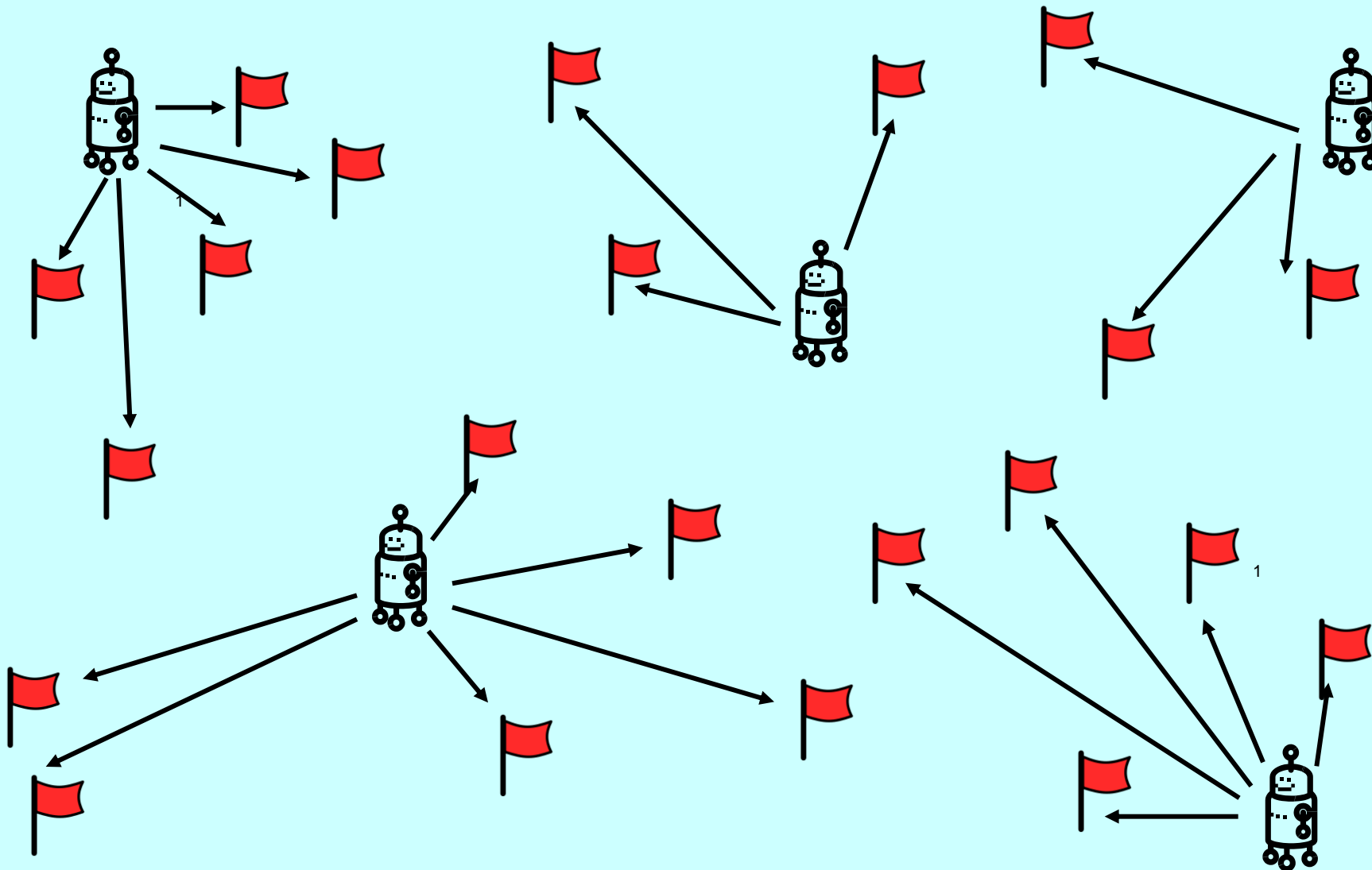
Szekvenciális árverés (MiniMax)



Szekvenciális árverés (MiniMax)



Tipikus koordinációs feladat: **MiniAve** Team célfüggvény



Szekvenciális árverés

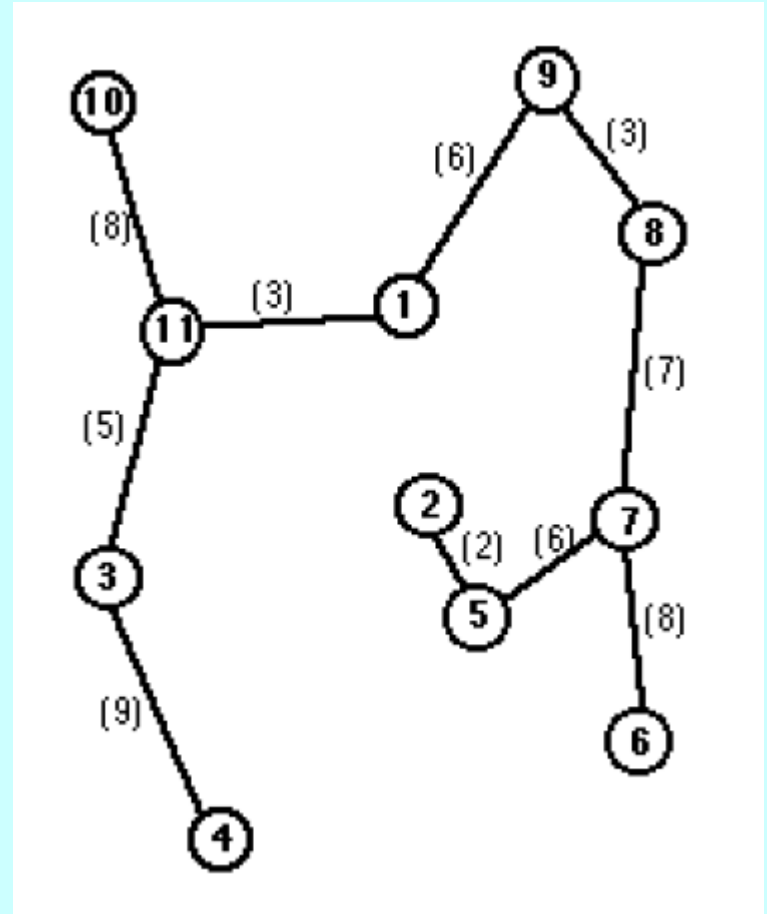
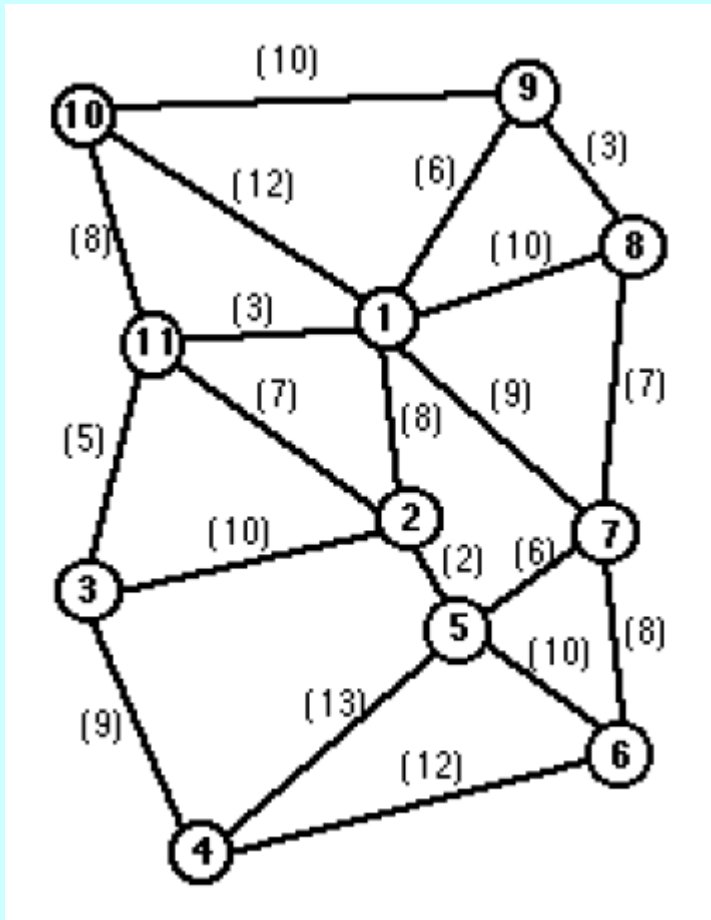
2 ágens, 10 **nem klaszter** eloszlású célpont, ismert terep 51 x 51

	SUM	MAX	AVE
BidSumPath	193.50	168.50	79.21
BidMaxPath	219.15	125.84	61.39
BidAvePath	219.16	128.45	59.12
optimális (IP) = ideális kombinatorikus árverés	189.15	109.34	55.45

2 ágens, 10 **klaszter** eloszlású célpont, ismert terep 51 x 51

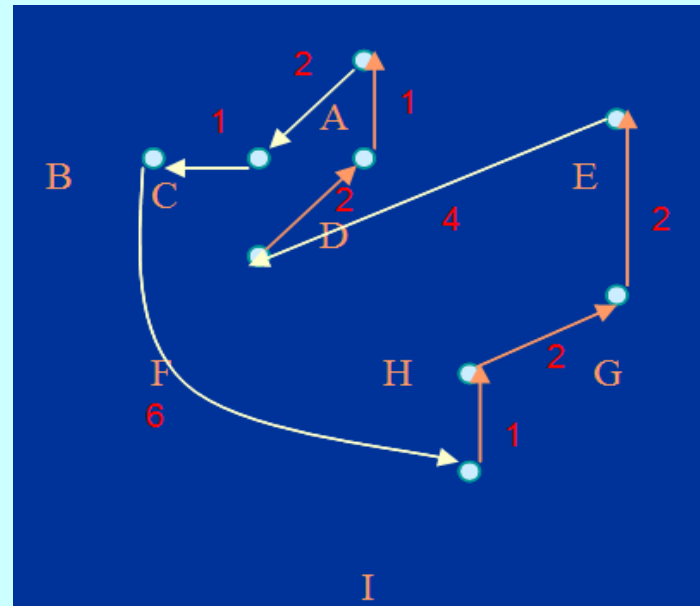
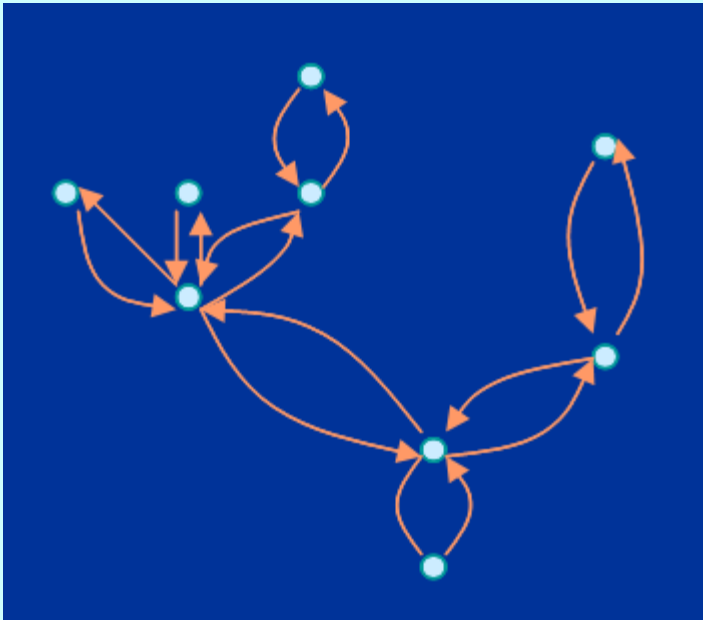
	SUM	MAX	AVE
BidSumPath	134.18	97.17	62.47
BidMaxPath	144.84	90.10	57.38
BidAvePath	157.29	100.56	49.15
optimális (IP) = ideális kombinatorikus árverés	132.06	85.86	47.63

Pálya és fa: minimális feszítő fa problémája



Utazó ügynök problémája – közelítő sémák

Shortcuts – mélységi bejárásból TSP pálya:
vissza nem a szülőre, hanem az első további
még nem meglátogatott ösre.



MFF pálya =< mélységi bejárás (h.szög egynl.) = 2 x MFF =< 2 x opt(TSP)

Komplex feladatok kezelése

Elemi feladat – nem dekomponálható

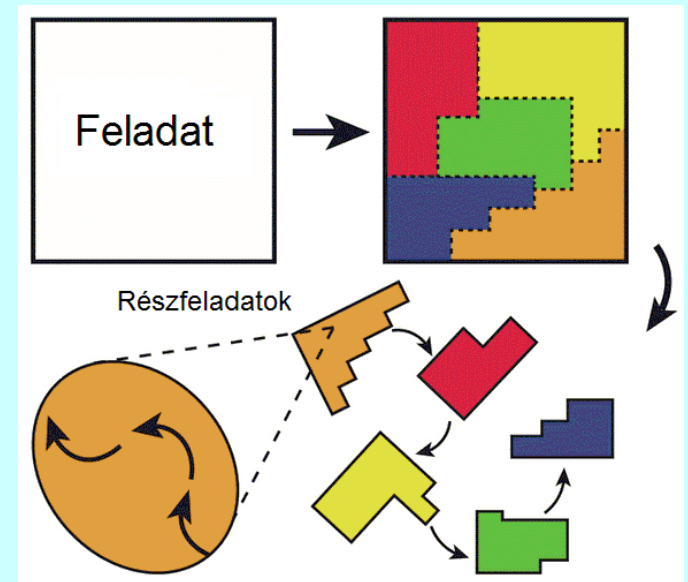
Dekomponálható egyszerű feladat – elemi, v. dekomponálható elemi feladatokra, de egyetlenegy ágens hatáskörében (pl. Mars rover feladata elhozni egy ásványmintát)

Egyszerű feladat – elemi, v. dekomponálható egyszerű feladat

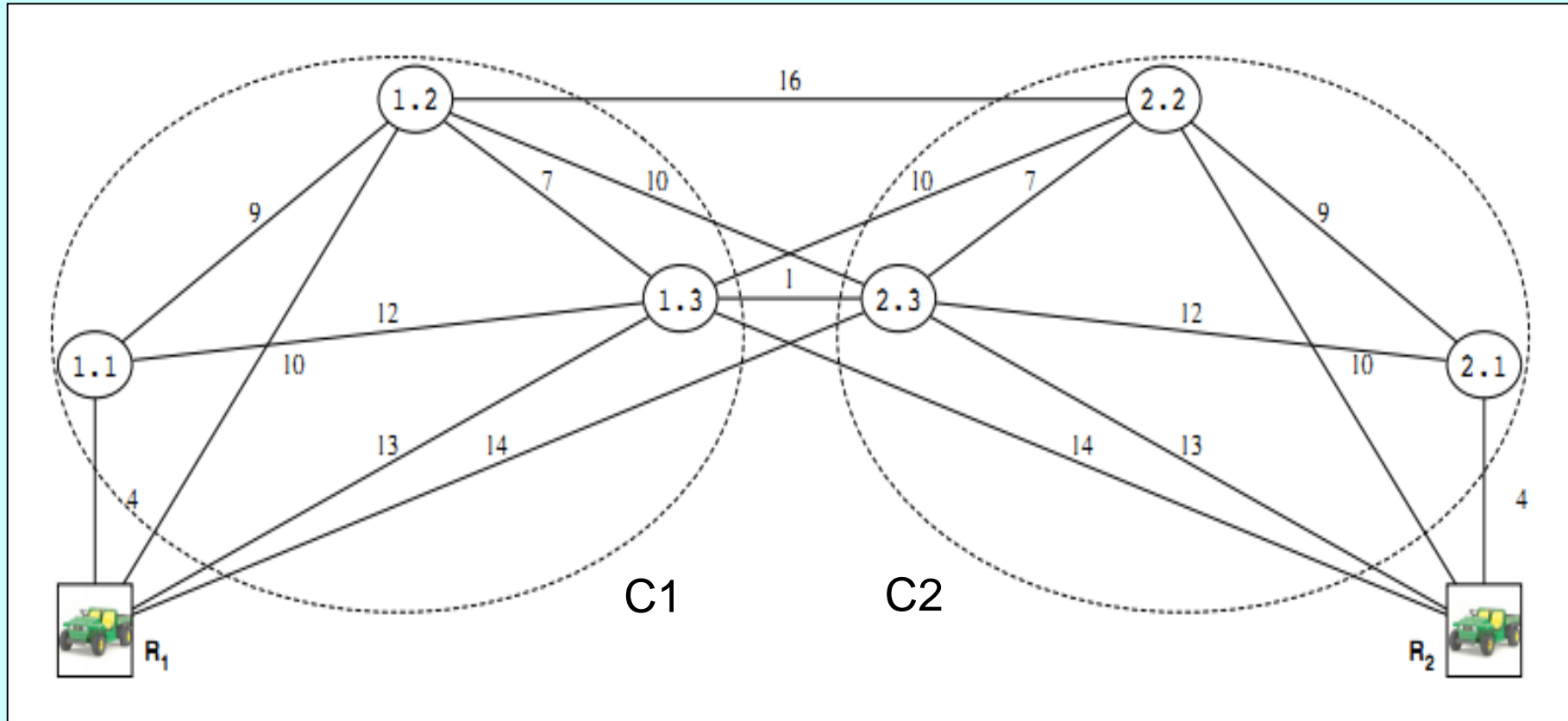
Teljesen dekomponálható feladat – ha egyszerű feladatai véges számú lépésben kiszámíthatók

Összetett feladat – dekomponálható egyszerű, v. összetett feladatokra, de a dekompozíció (tetszőleges szinten) egyértelmű (csak egy létezik) (pl. job-shop scheduling))

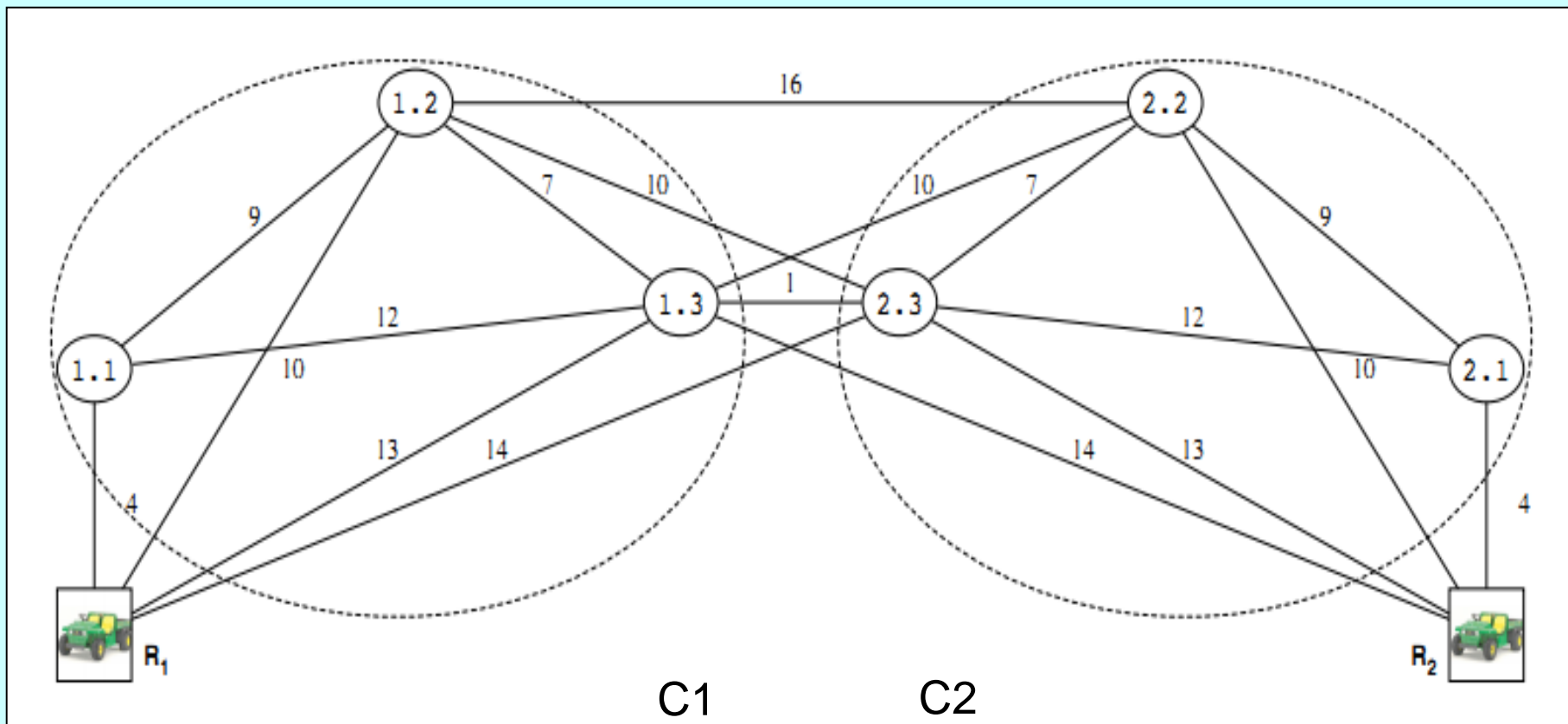
Komplex feladat – többféle módon dekomponálható feladat, amelyhez legalább egy dekompozíció többágenses (pl. SAR feladatok)



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 meglátogatva valamely pálya által)



G-MD-TSPP(1):

dekompozíció: C1, C2, (C1+C2)

hozzárendelés: (R1-C1)(R2-C2)

(R1-C2)(R2-C1)

(R1-(C1+C2))

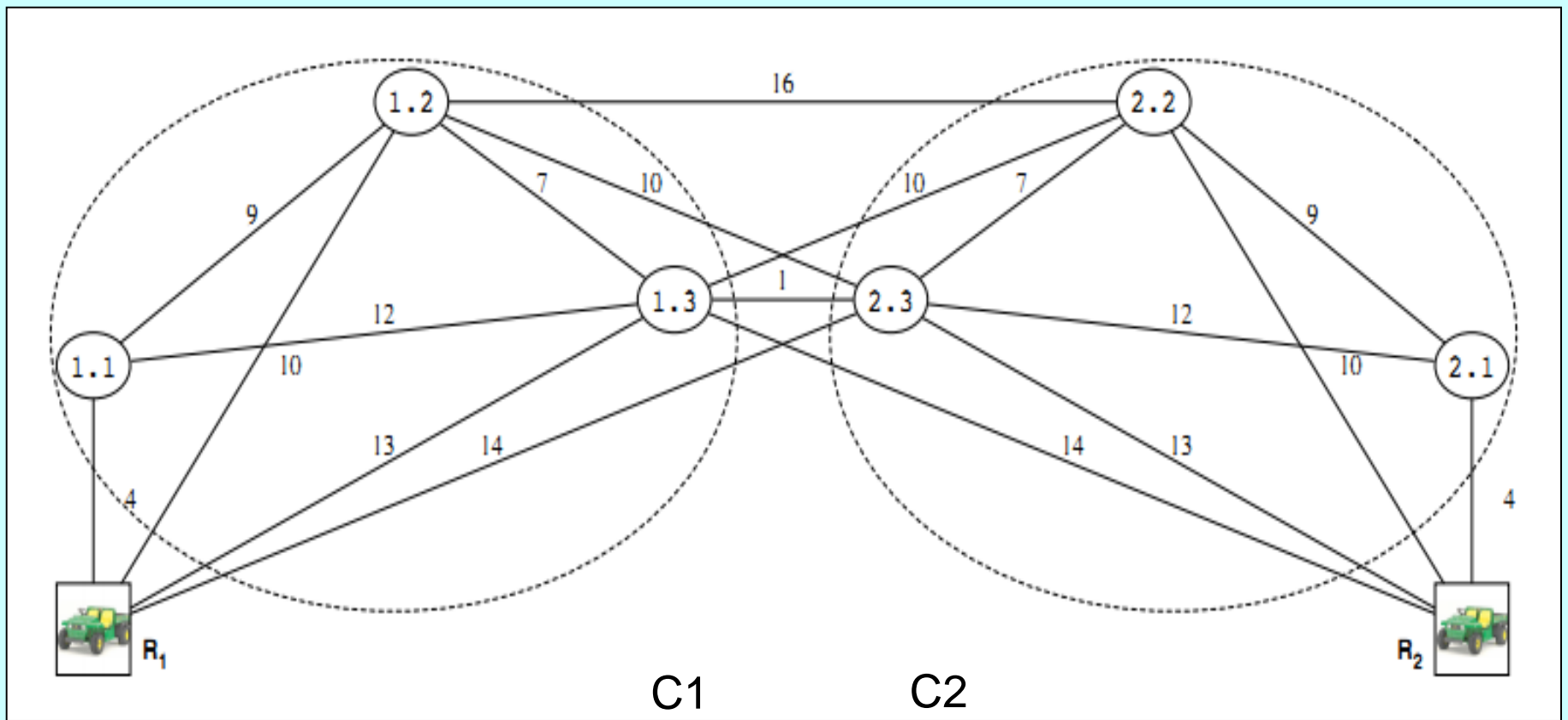
(R2-(C1+C2))

R1: 1.1 R2: 2.1 8

R1: 2.3 R2: 1.3 28

R1: 1.3, 2.3 14

R2: 2.3, 1.3 14



G-MD-TSPP(2):

dekompozíció: C1, C2, (C1+C2)

hozzárendelés: (R1-C1)(R2-C2)

(R1-(C1+C2))

(R2-(C2))

R1: 1.1, 1.2

R1: 1.1, 1.3, 2.3

R2: 2.1, 2.2 26

R2: 2.1 21

Stratégiák

Dekomponálás- majd-hozzárendelés

hagyományos tervekészítő, stb.- egyszerű feladatok
egyszerű feladatok hozzárendelése, a végleges terv költsége
előre 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 árverésekkel
(ld. szekvenciális árverés), minden ágens/robot a dekompozíciót
lokálisan végzi

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

Komplex feladatok hozzárendelése AND/OR fákbban

Licit lehet: - MinSum – MinMax ... jellegű

Licit korlátozása, pl. nem adható el egy csp., ha a szülője elkelt (a dekompozíció felett más uralkodik már)

Egy licitáló = csak egy csp. megnyerése (költség függ a létező kötelezettségtől)

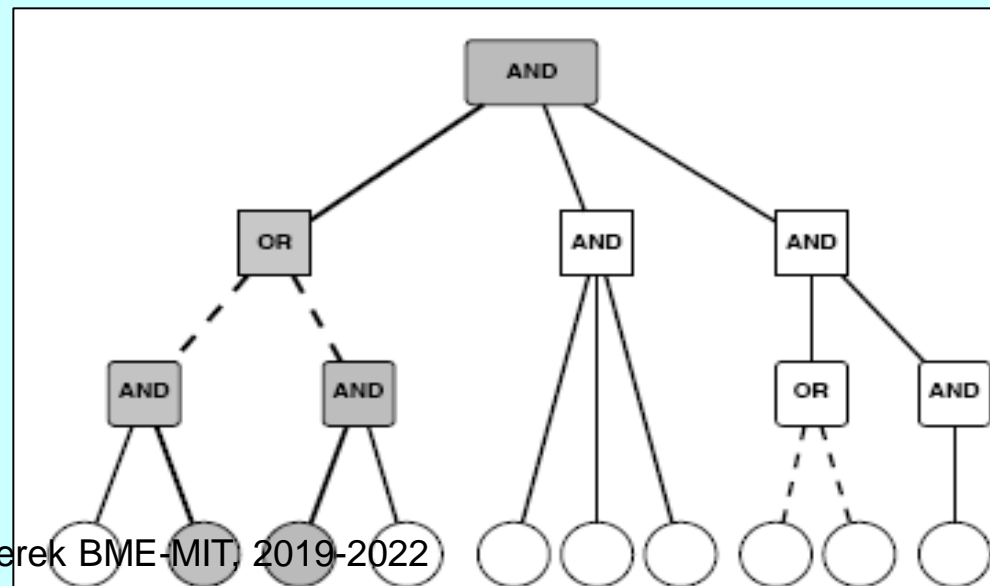
Licitnyelvek

one-node - levelek véletlen rendezésben, teljesített csp-ok kivonva, kifejező erő alacsony, megoldás nem optimális, de a lebonyolítás polinomiális

any-nodes – feladatok egy gyökér-levél pálya mentén, OR ágakkal

any-nodes - minden megy, NP-nehéz, valamilyen heurisztika szükséges

(Any-nodes: több csp licitje, de csak egy csp hozzárendelése, mert a hozzárendeléssel a többi csp értéke megváltozik és az árverés nem lesz hiteles)



Feladatfa árverések(a lényeg)

Kereskedés **feladatfákkal**

Tetszőleges helyen (a fában) lévő feladatra lehet licitálni

Első kör: licit az **árverező által elképzelt** tervre/dekompozícióra

Második (és további) kör: absztrakt feladatok dekomponálása

Elkerüli a hozzárendelés és dekomponálás túlságosan korai elkötelezettségét

Lehetőség van:

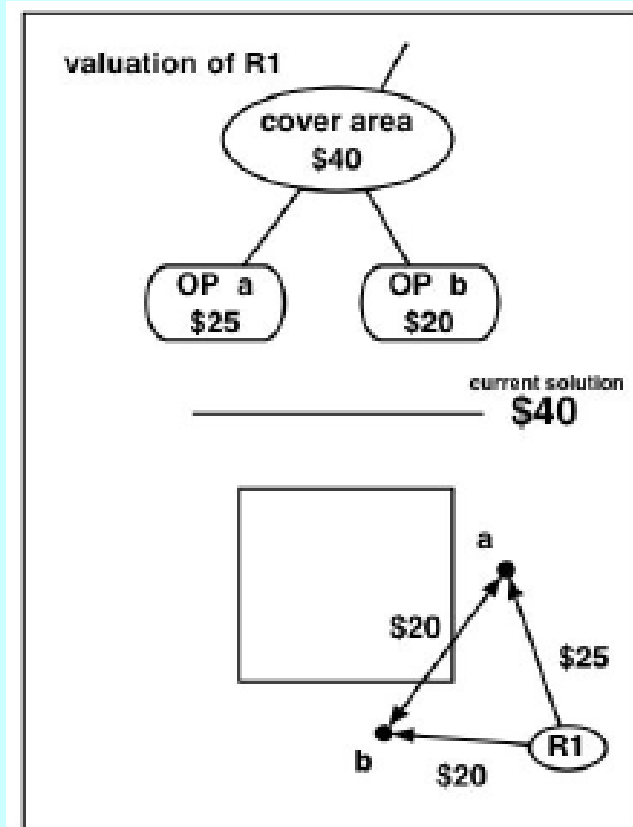
A feladatokat lehet **újból** hozzárendelni ill. dekomponálni

Komplex feladatok esetén ágensek **saját (dekompozíciós) terveivel** állhatnak elő

Komplex és egyszerű feladatokat meg lehet osztani (heterogén képességű) ágensek között

Feladatfa árverések – utólagos kereskedés fontossága

Elosztott megfigyelés



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

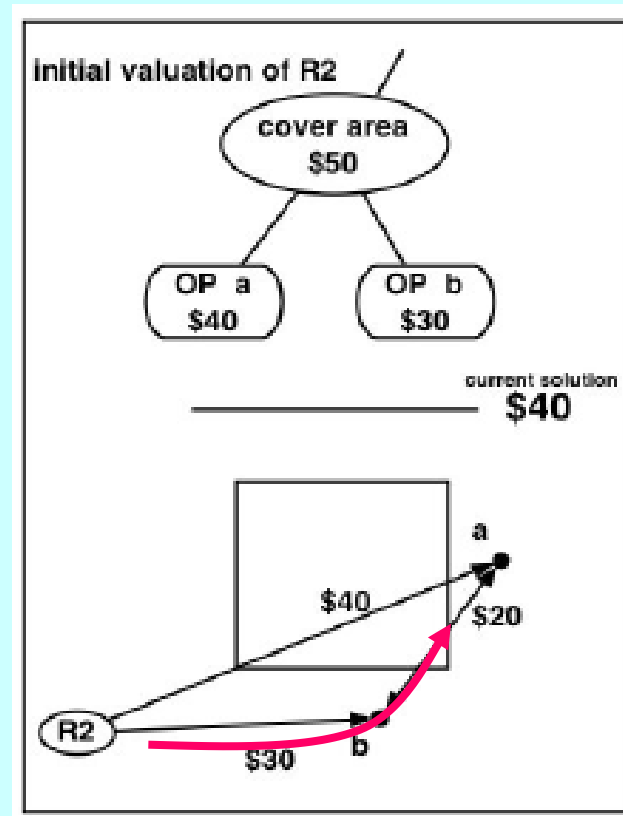
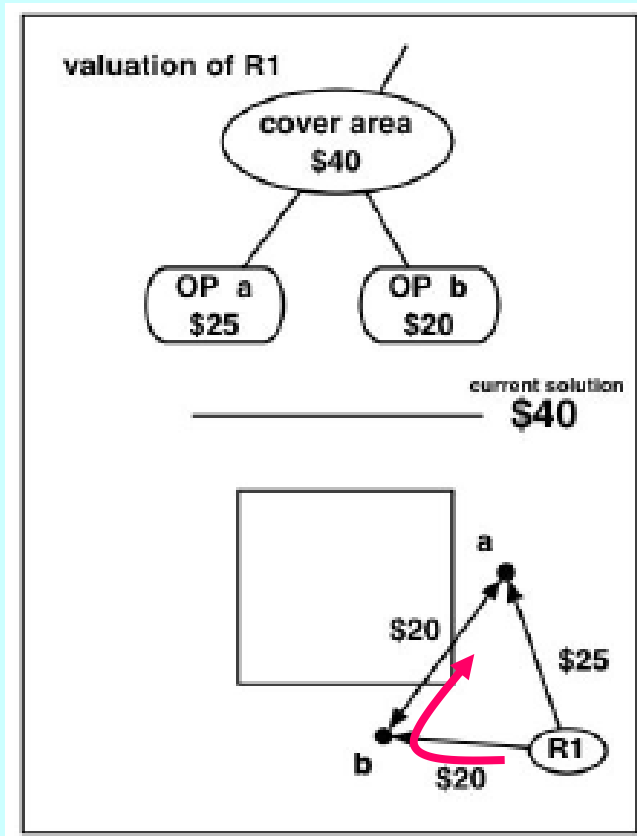
Feladatfa árverések – utólagos kereskedés fontossága

Az R1 elérverez egy feladatfát (40 a rezervációs ára).

Az R2 szemszögéből a fa R1 szerinti dekomponálása túl drága.

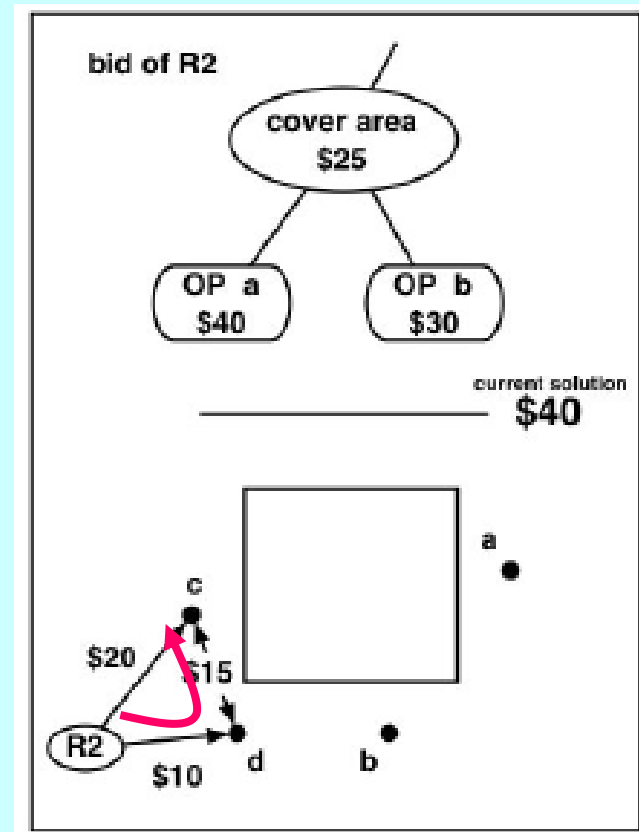
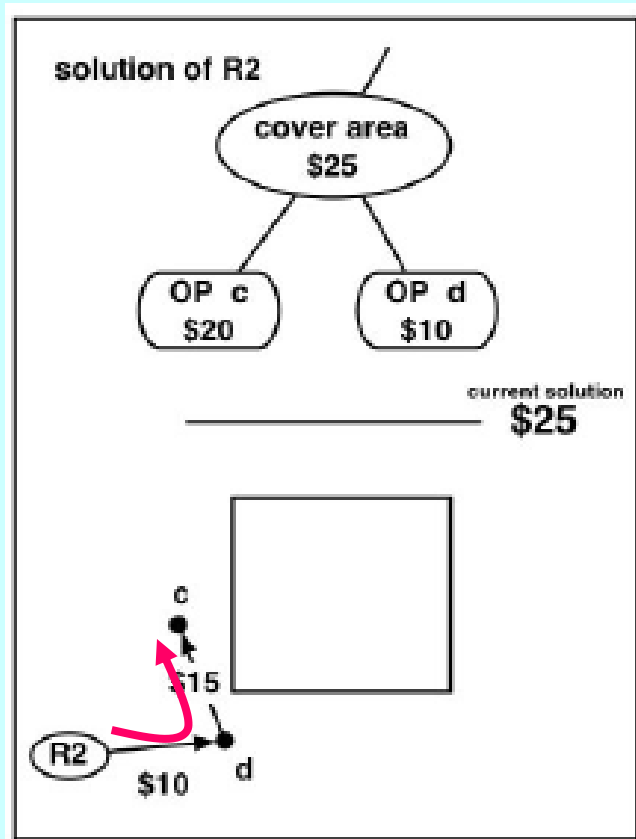
Az R2 **áttervezés nélkül nem versenyképes.**

Az R1 így hoppon maradhat.



Feladatfa árverések – utólagos kereskedés fontossága

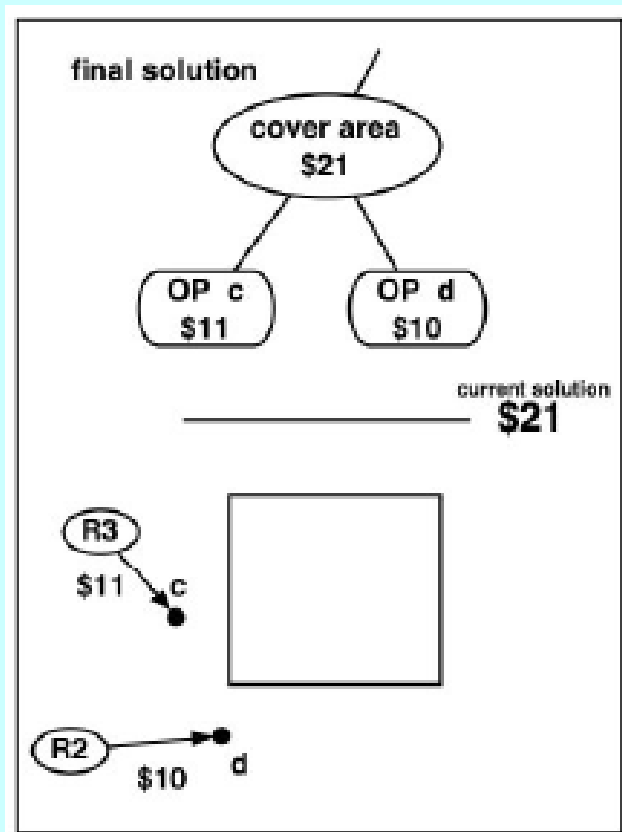
De szerencsére az R2 **dekompozíciót válthat**. Vált és ezzel licitál.
Mivel ez jobb, az R2 elnyeri az R1-től az absztrakt felügyeleti taszkot,
amit a saját dekompozíciójával tervez végrehajtani.
A globális megoldás költsége 40-ről 25-re csökkent.



Feladatfa árverések – utólagos kereskedés fontossága

Most az R2 rendez további árverést, hátha?

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



Megjegyzés:

Az R2-nek, az R3-nak „akarnia kell” a feladatot átvállalni a jobb team-összetétel érdekében.

Ezt valamilyen módon a részükre díjazni kell.

E-Gator platforms (CMU)

NAI – Named Areas of Interest

Op – Observation Points

Eredeti feladatfa-árverés
operátorral

Újrafelosztás peer-to-peer
árverésekkel

