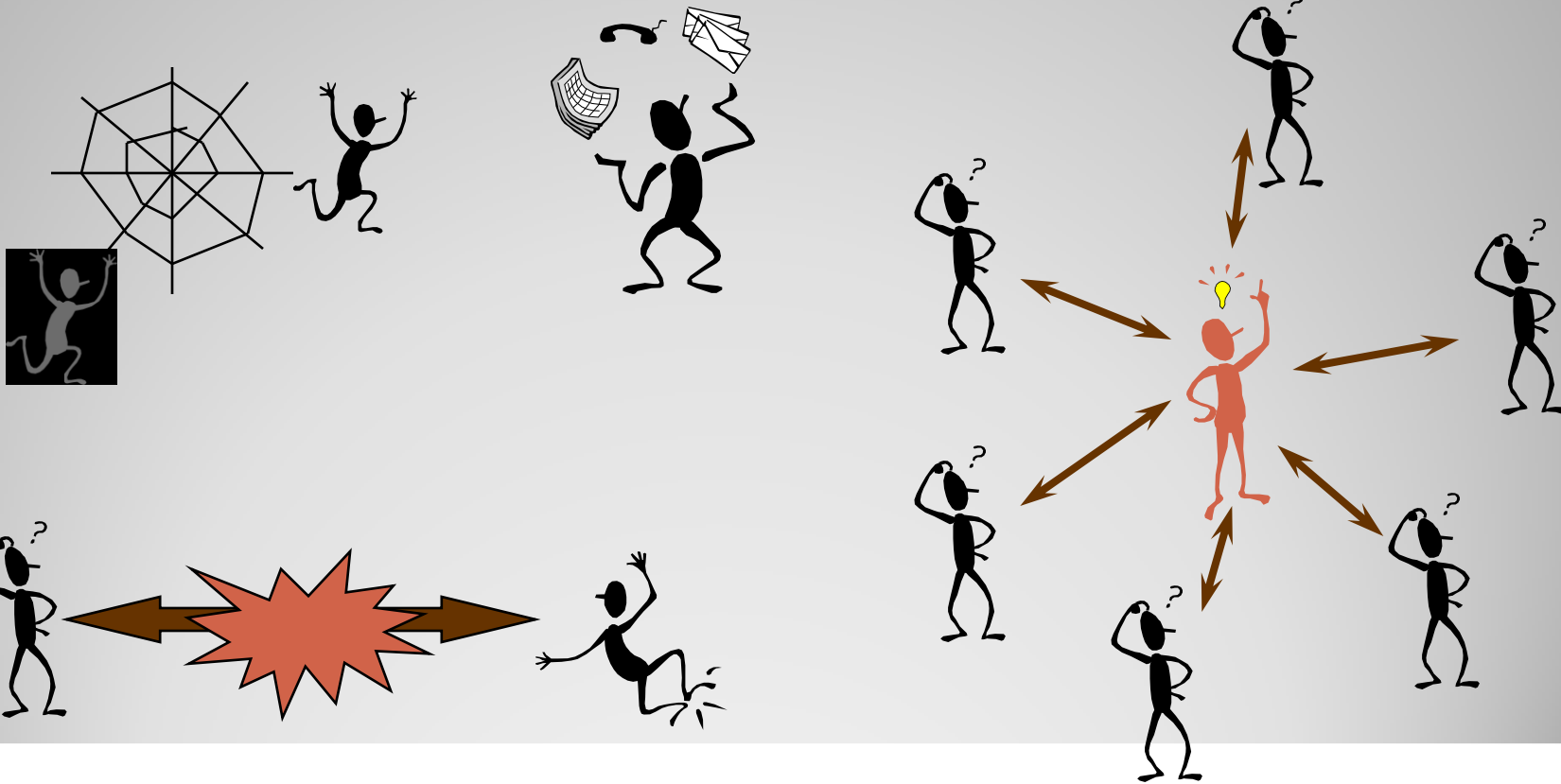


# Мултиагентни системи

гл. ас. д-р Веска Ганчева  
vgan@tu-sofia.bg

# Основни способности на интелигентен агент : мобилност и гъвкавост, умения да общуват, да си сътрудничат и да преговарят с други агенти



# Мултиагентна система

- Система, състояща се от множество автономни модули - агенти, които работят заедно за решаване на проблеми, които са извън техните индивидуални възможности.
  - Решаване на проблеми, които могат да бъдат твърде големи за един агент,
  - Осигуряване на по-добра скорост и надеждност,
  - Толериране на несигурни данни и знания.

# Мултиагентна и разпределена система

- *Агентите* в MAS се считат за автономни (т.е. независими, неконтролируеми), реактивни (т.е., в отговор на събития), проактивни (т.е. започване на действия по свое желание,) и социални (т.е., комуникативни). Всеки агент може да има своя собствена задача и / или роля. Агенти и мултиагентни системи се използват като метафора за моделиране на сложни разпределени процеси.
- *Разпределената система* се счита за колекция от независими подсистеми, които се изглеждат на потребителите на една система като единна система. Процеси и / или данни, може (или не може) да движат от хост на хост, да споделят информация и др.
- И двата подхода споделят идеята за «разпределеност». Областта на мултиагентните системи е свързана с **разпределени задачи**, разпределените системи са свързани с поддържане на **разпределена информация и процеси**.

# Видове мултиагентни системи

- Кооперативно разпределено решаване на проблеми или кооперативна мултиагентна система (CMAS)
  - Агенти, които са проектирани от един дизайнер. Агентите биха могли да действат за подобрене на системата, тъй като те могат да бъдат програмирани така от дизайнера, така че да доведат до увеличаване на ефективността на общата система, а не изпълнението на отделните агенти.
- Самостоятелно заинтересована мултиагентна система (SMAS)
  - Индивидуално мотивирани агенти, които са разработени от независими дизайнери. Следователно такива агенти се считат за сменящи се да постигнат собствените си интереси, конкурентни или некооперативни и могат да проявяват антагонистично поведение. Например набор от агенти за създаване на график за лична среща, където всеки агент се опитва да насрочи заседание в най-доброто време за своя собственик.

# Характеристики на мултиагентните системи

- среда;
- множество от агенти, представлящи активните единици в системата;
- множество от връзки, свързващи един обект с друг и така агентите помежду им;
- множество от обекти в тази среда, асоцииращи се с позиция в нея, които могат да се възприемат, създават, разрушават или модифицират от агентите;
- множество от операции, осигуряващи въздействието на агентите върху обектите;
- оператори със задачата за представяне на приложението на тези операции и реакцията на света на този опит за модификация.

# Мултиагентна система

- За да се разглежда една система като мултиагентна, трябва да са изпълнени следните условия:
- съвместна работа на автономни агенти, които заедно се опитват да постигнат определена цел или да удовлетворят определена функция. Всеки агент изпълнява своя част от решението на проблема и извежда/изпълнява резултата или го съобщава на други агенти.
- агентите трябва да притежават механизми на взаимодействие (комуникационни протоколи или механизми за взаимодействие със средата), които са независими от решавания проблем.
- Общата среда на работа за мултиагентните системи и разпределените системи са мрежите. Но мултиагентните системи не трябва да се отъждествяват с мрежите, защото в отделните възли те няма да могат да постигат цели или функции за удовлетворяване.

# Предимства на мултиагентни системи

- Успешно се прилагат при решаването на разпределени по своята природа проблеми;
- Подходящи са за задачи, които са големи за един централизиран агент, поради ограничените му ресурси;
- Намаляват се разходите за обработка, тъй като вместо използването на един мощен процесор, се работи с голям брой по-слаби и евтини;
- Организационната структура на агентите (роли, убеждения, действия) може динамично да се променя в отговор на новостите в средата.
- Позволяват взаимна връзка и работа на наличните интелигентни системи, като експертни системи, системи за вземане на решения, мрежови протоколи и др.



# Агенти в мултиагентна система

- Движат се, за да бъдат в състояние да се намерят взаимно и да осъществят достъп до ресурсите на околната среда (мобилност);
- Комуникират помежду си;
- Координират своите дейности;
- Преговарят, когато се намират в конфликт.

# (Мулти) агентни технологии

- Мобилност
- Комуникация
- Координация
- Преговаряне

# (Мулти) агентни технологии

## ✓ **Мобилност**

- Комуникация
- Координация
- Преговаряне

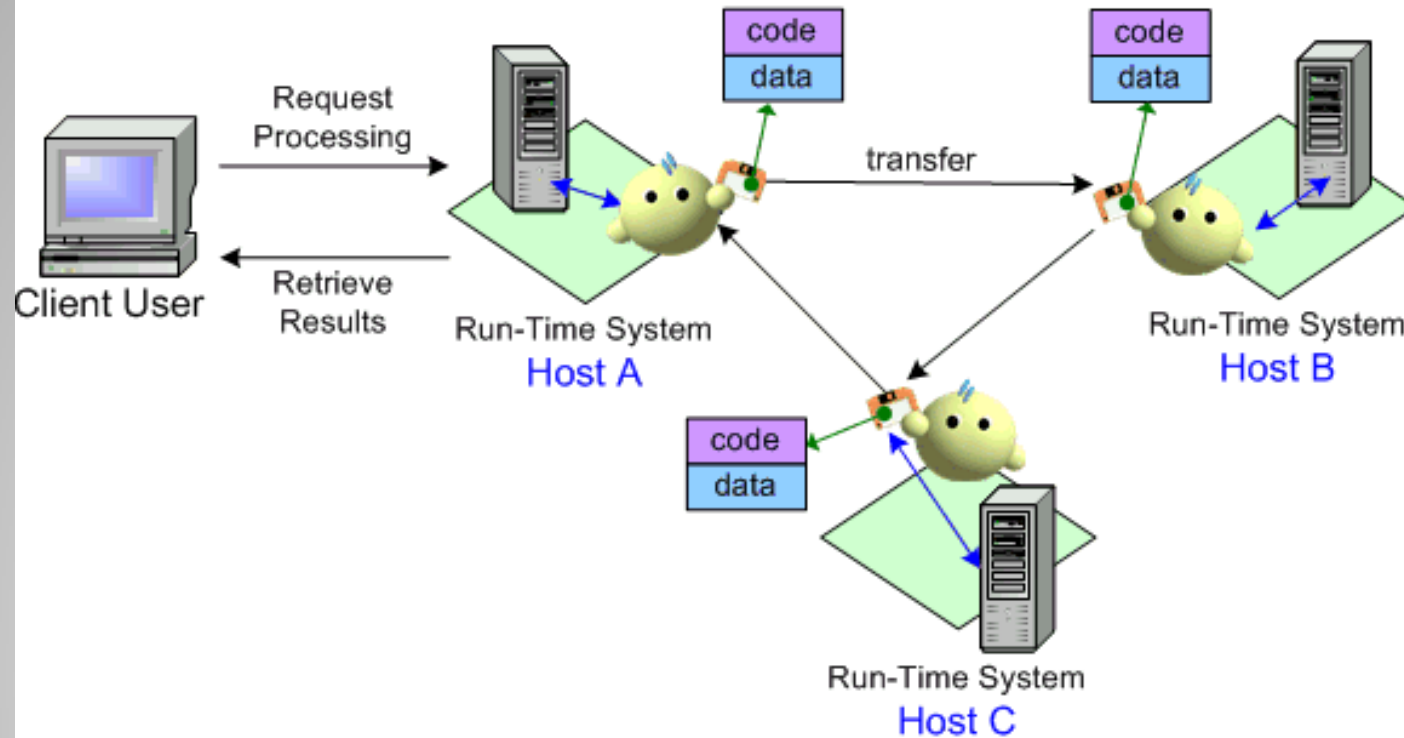
## Мобилен агент

“Мобилен агент е програма, която може да се премести от една машина на друга в хетерогенна мрежа. Програмата знае защо и избира кога и къде да се премести. Тя може да спре изпълнението си в произволна точка, да се премести на друга машина и да възобнови изпълнението си.”

# Мобилен агент

- Не всички агенти са мобилни. Един агент може да си стои на мястото и да комуникира чрез конвенционален начин - отдалечено извикване на процедура или съобщения.
- Агентите, които не могат да се придвижват са "стационарни агенти". Стационарният агент се изпълнява единствено на системата, на която е започнал. Ако се нуждае от информация, която не е на системата или взаимодействие с друг агент или система, използва отдалечено извикване на процедура.

# Мобилен агент: концепция

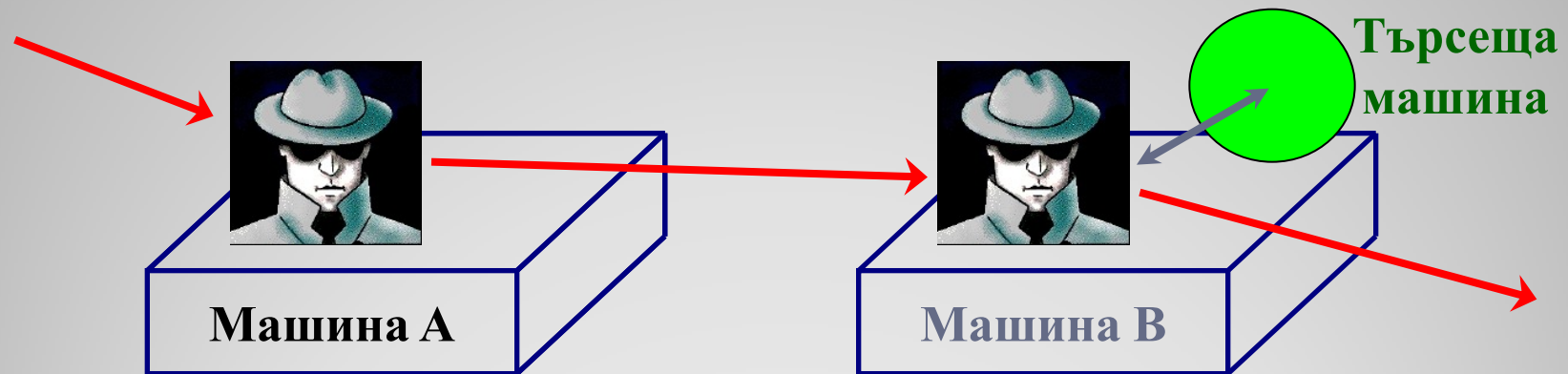


# Предимства на технологията за мобилни агенти

- Ефективност
- Редуцира се мрежовия трафик
- Динамична адаптация
- Справяне с огромни обеми от данни
- Поддръжка на хетерогенни среди
- ...

# Мобилен агент

**Агент:** Програма, която действа самостоятелно от името на даден потребител (обикновено комуникира с други агенти)

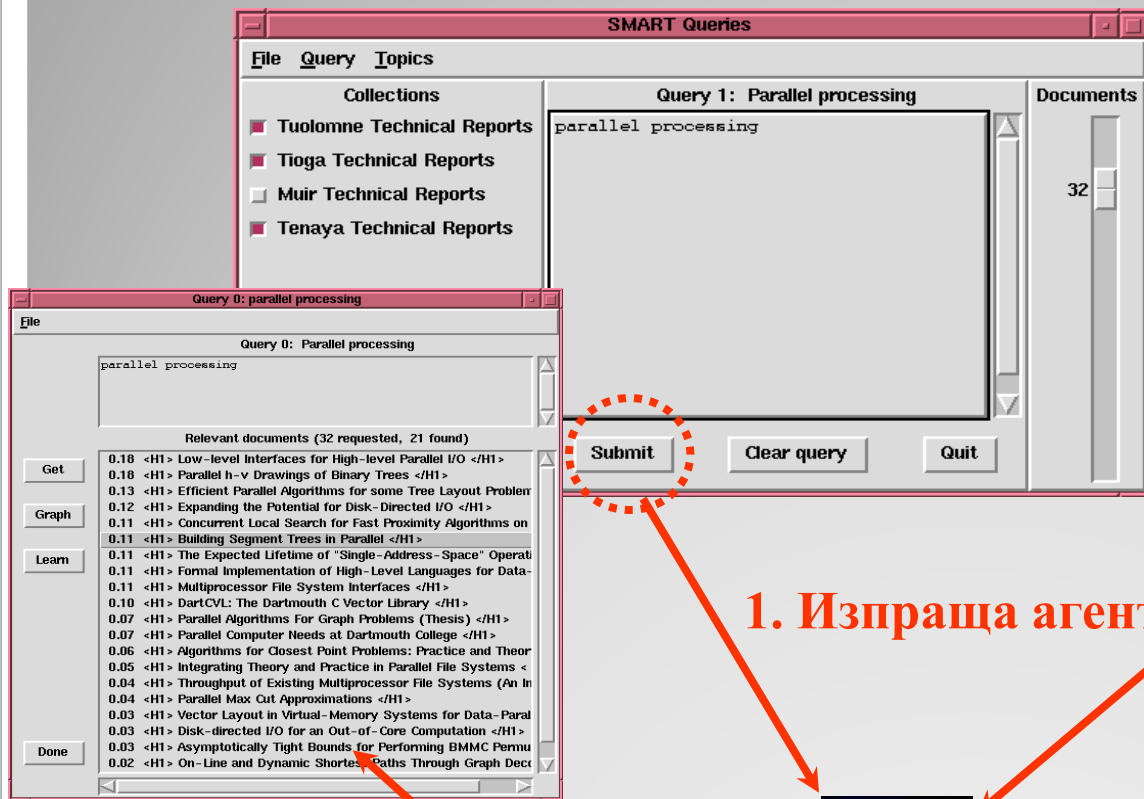


**Мобилен агент:** Агент, който

- се премества от машина на машина
- в хетерогенна мрежа
- по време на собствен избор



# Мобилен агент

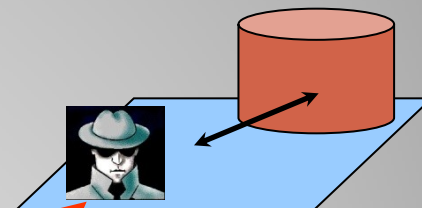


1. Изпраща агент

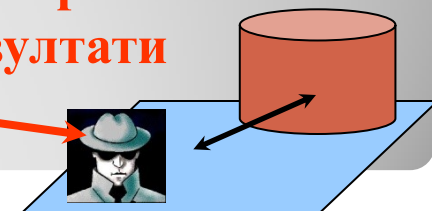
2. Изпраща child агенти / събира частични резултати

3. Връща обединени и филтрирани резултати

Динамично избран прокси сайт



Машина 1

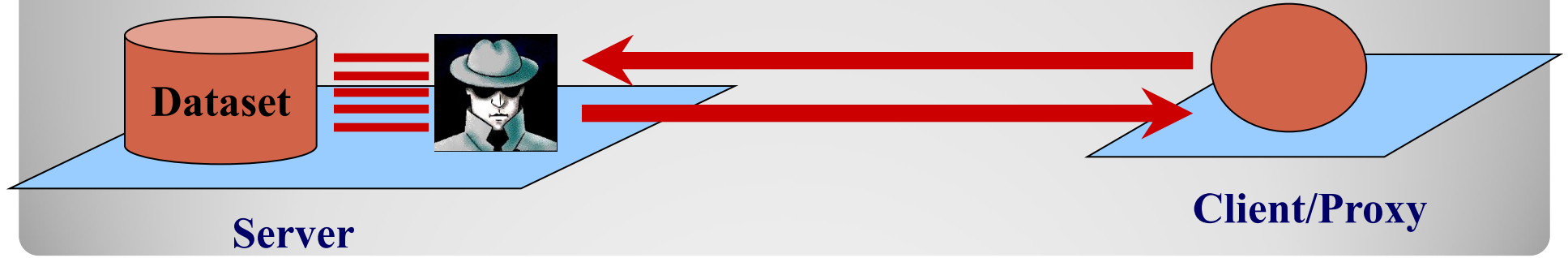


Машина n

**Защо мобилни агенти?**

# Причина 1: Намаляване на трафика

Текстови документи,  
числени данни и др.



# Причина 1: Намаляване на трафика

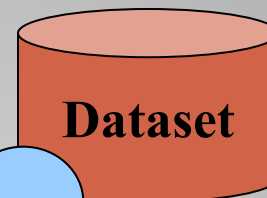
Използван трафик е количеството данни, които могат да се предават в определен период от време



Динамично избран прокси сайт



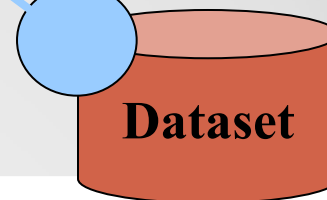
Ако на отдалечени хостове се съхраняват много големи обеми от данни, се преместват изчисленията по-близо до данните, а не данните към изчисленията.



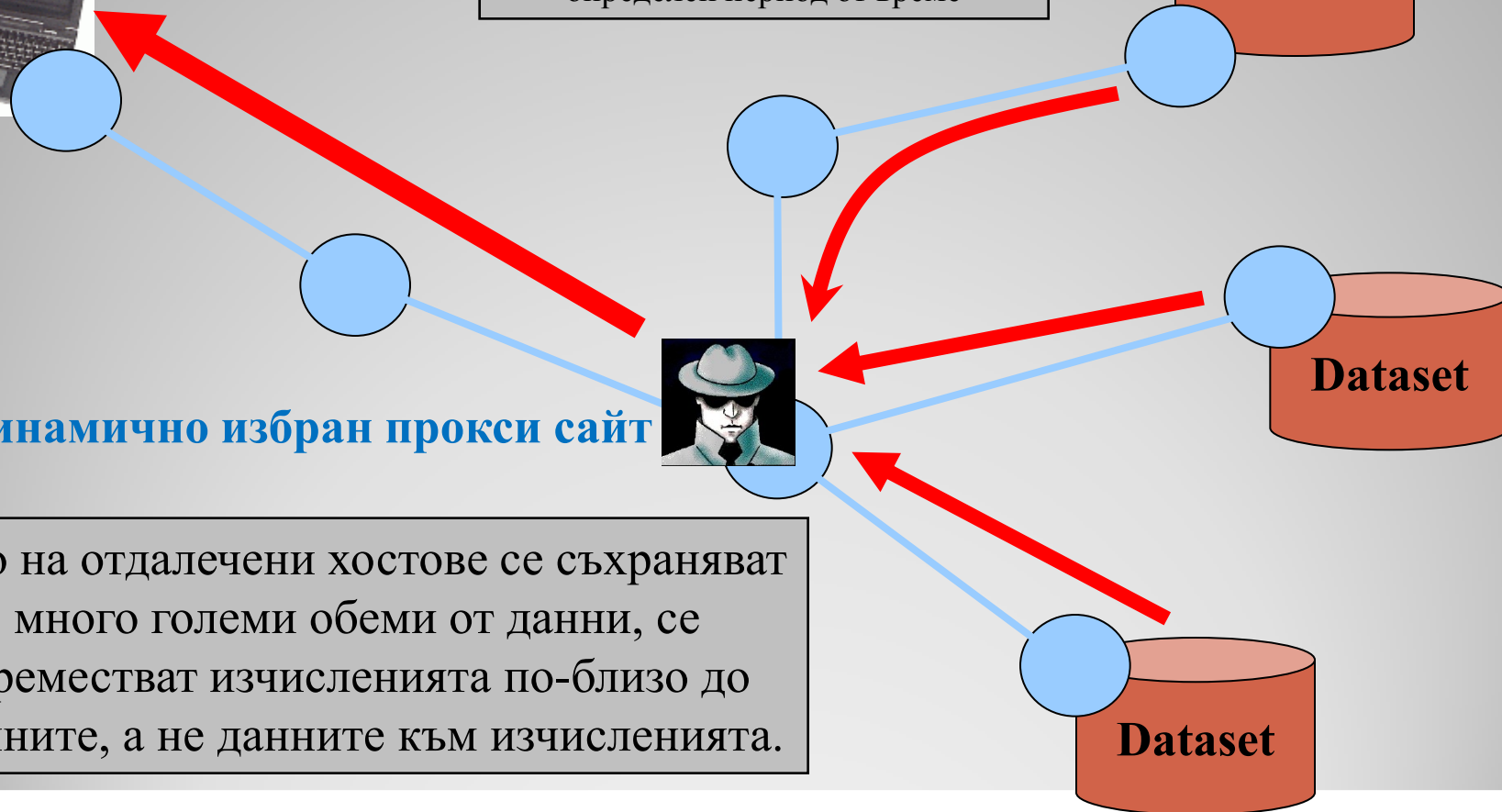
Dataset



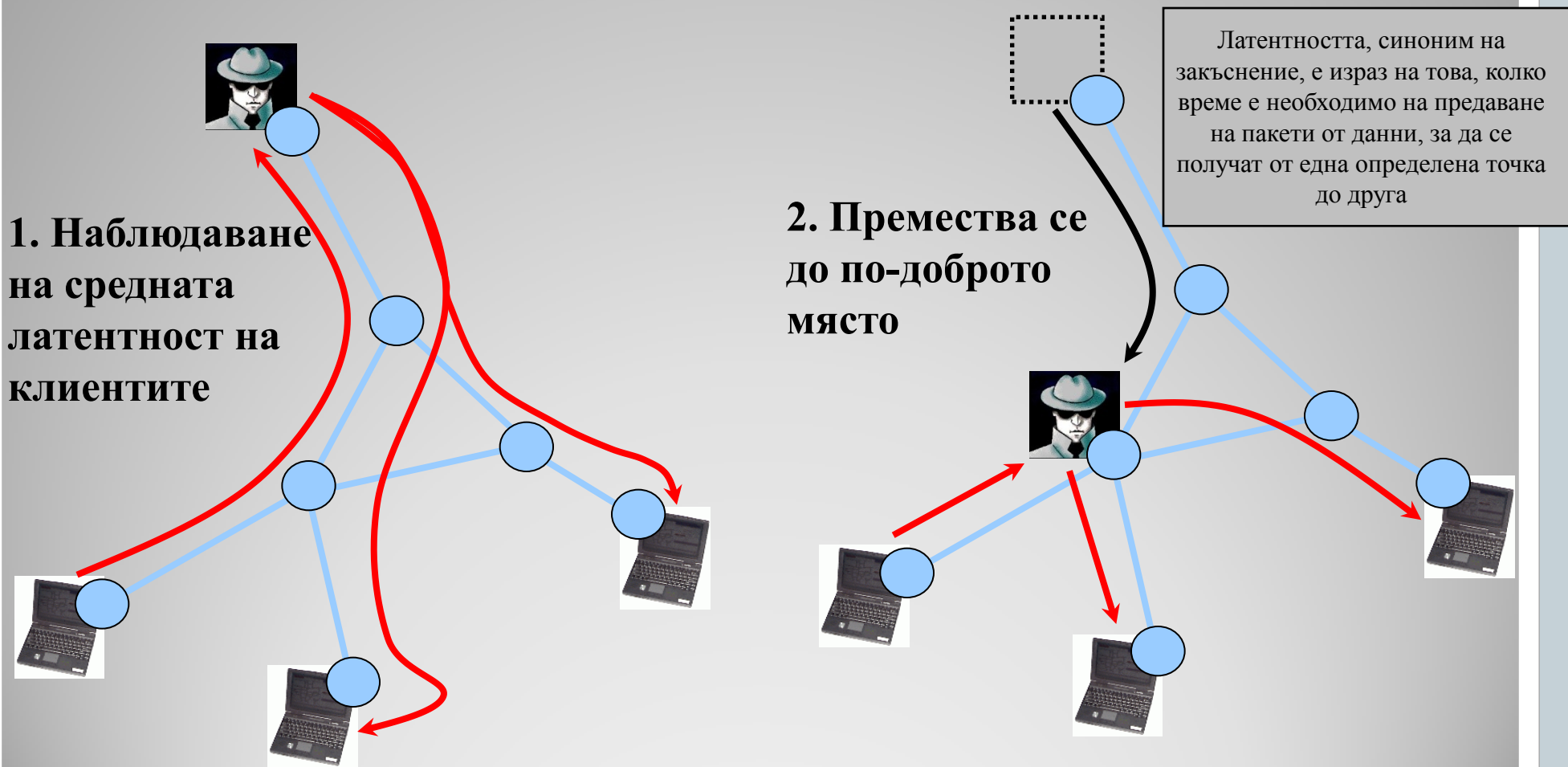
Dataset



Dataset



# Причина 2: Намаляване на латентността



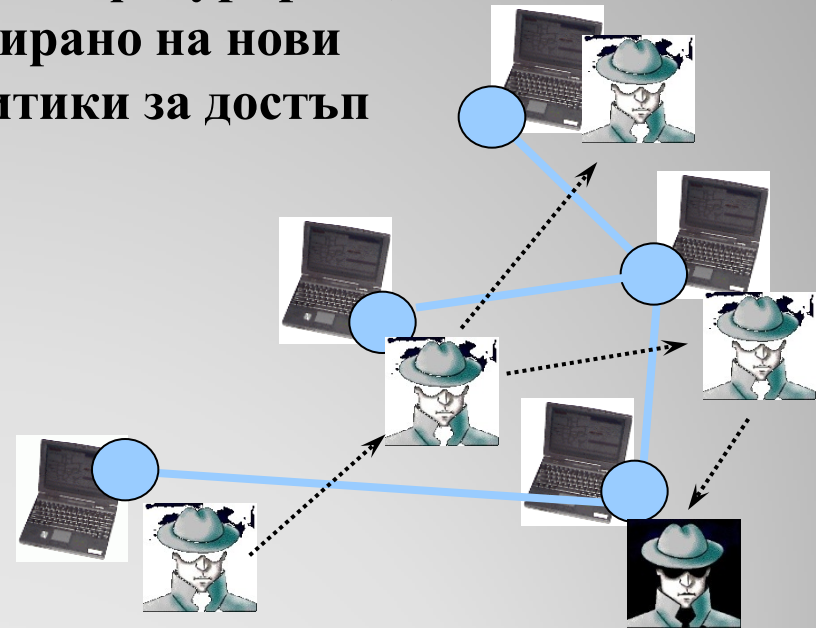
Ако е необходимо да се координират много разпределени изчислителни процеси в мрежата, се премества координиращата единица (контролер) по-близо до изчислителни процеси.

# Причина 3: Политики

## 1. Конфигуриране, базирано на стари политики за достъп



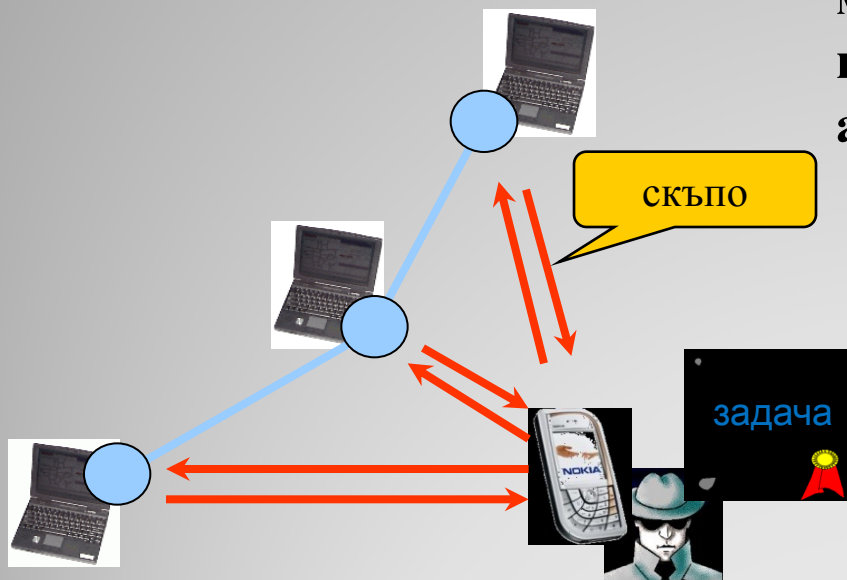
## 2. Преконфигуриране, базирано на нови политики за достъп



Когато се обменят данни в разпределена система, всеки хост е собственик на код, който изпълнява някои политики (напр. за контрол на достъпа и сигурността), необходими за правилно кодиране на изходящите данни и интерпретиране на входящите данни. Въпреки това, тъй като политиките се развиват, за да удовлетворят нарастналите изисквания, е троваво (дори и невъзможно) да се надстроят правилно. Мобилните агенти могат да се движат до отдалечени хостове, за да преконфигурират "каналите", въз основа на нови политики.

# Причина 4: Действа автономно и асинхронно

1. Мобилен клиент, изпълняващ задача

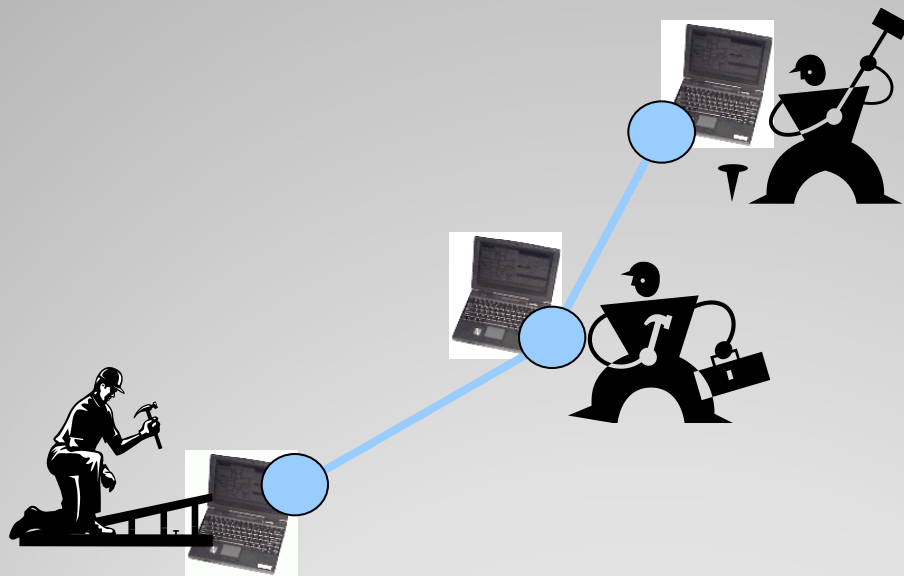


2. Мобилният клиент се мести в мрежата, за да изпълни задачата автономно



Мобилните устройства често разчитат на скъпи или слаби мрежови връзки. Задачи, които изискват непрекъсната отворена връзка между мобилното устройство и фиксирана мрежа, вероятно не са икономически или технически осъществими. За да се реши този проблем, задачите могат да бъдат вградени в мобилни агенти, които могат да бъдат изпратени в мрежата. След като са изпратени, агентите стават независими от процеса, който ги е създал и могат да работят асинхронно и автономно. Мобилното устройство може да се свърже по-късно, за да събере агентите.

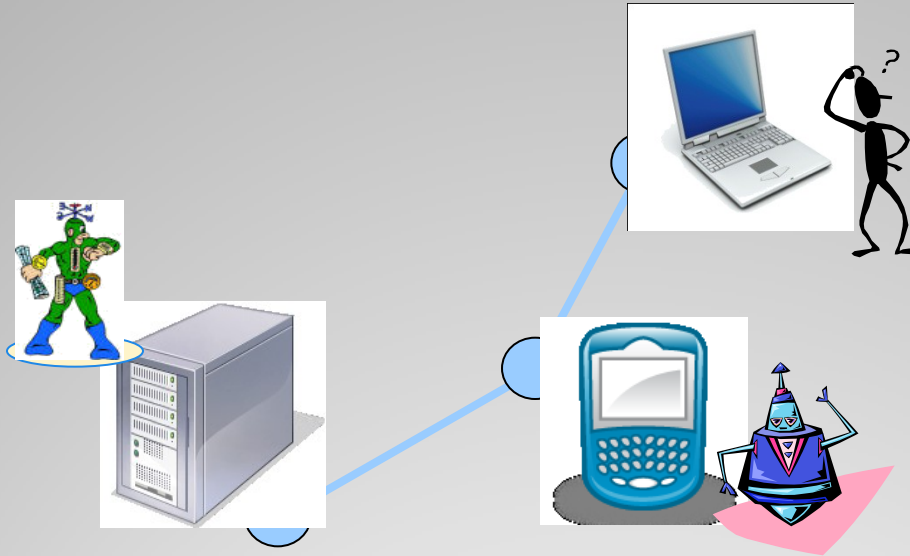
# Причина 5: Динамична адаптация



Мобилните агенти могат да усетят своята среда за изпълнение и да реагират самостоятелно на промените. Множество мобилни агенти имат уникалната способност да се разпределят сред хостовете в мрежата, за да поддържат оптимална конфигурация за решаването на даден проблем.

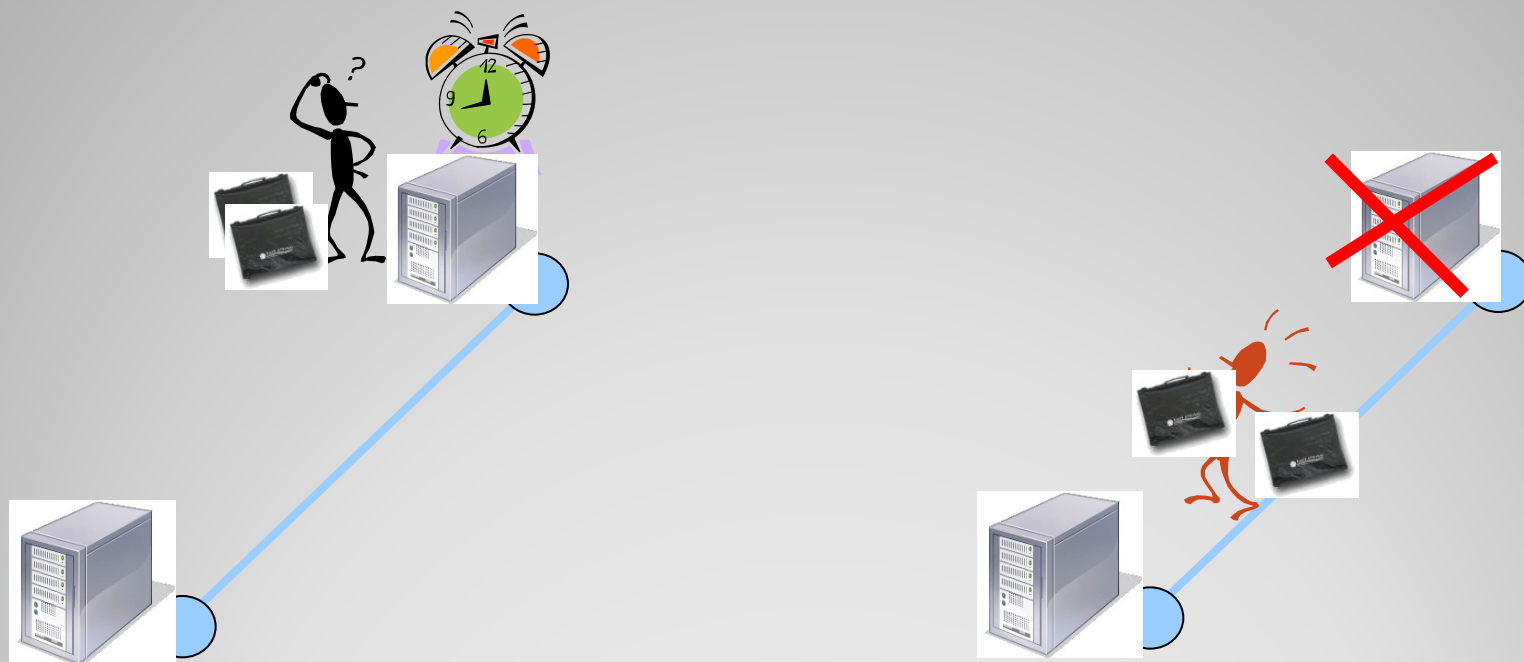


## Причина 6: Хетерогенни по природа



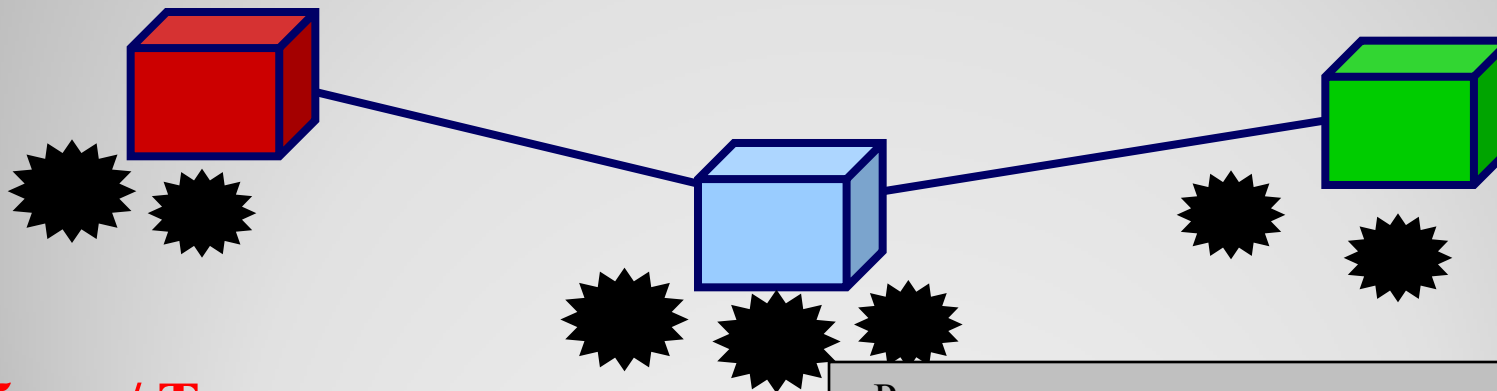
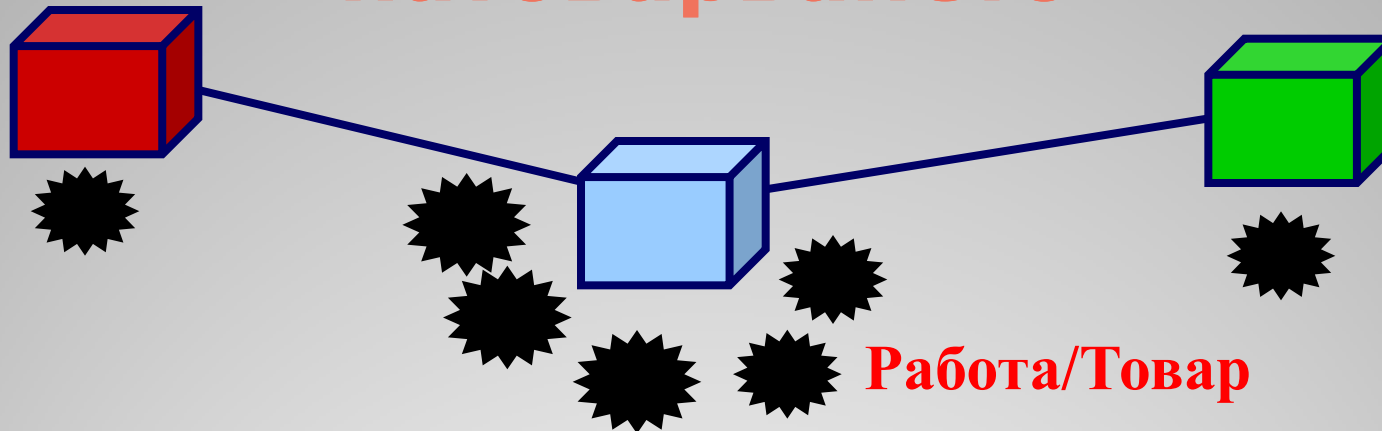
Мрежовите изчисления често са разнородни от хардуерна и софтуерна перспектива. Тъй като мобилните агенти са независими от компютърния и транспортния слой (зависими са само от средата за изпълнението), те осигуряват оптимални условия за безпроблемна интеграция на системата.

# Причина 7: Стабилни и толерантни към грешки



Мобилните агенти са способни да реагират динамично на неблагоприятни ситуации и е лесно да се изградят стабилни и отказоустойчиви разпределени системи. Ако хоста е спрян, всички агенти, изпълняващи си на тази машина са предупредени и имат време, да изпратят и продължат своята работа на друг хост в мрежата.

## Причина 8: Разпределение на натоварването



**Работа / Товар мигрира в хетерогенна мрежа от машини**

Разпределението на натоварването е свързано с разпределена обработка и комуникационна дейност, равномерно в компютърната мрежа, така, че нито едно устройство не е претоварено.

# Характеристики на мобилност

- Три възможности
  - Мобилен код
  - Мобилни изчисления
  - Мобилни състояния
- Възможни са различни комбинации



# Мобилен код

- **Мобилен код е софтуер**, получен от отдалечена система, пренесен през мрежата и свален и изпълнен на локалната машина без изрична инсталация или изпълнение от получателя.
- Примери: скрипт (JavaScript, VBScript), Java applets, ActiveX контроли, Flash анимации, Shockwave филми (и Xtras) и макроси, вградени в документи на Office.
- **Code on demand** тип мобилен код означава изпращане на изпълнима програма от сървърен към клиентски компютър след заявка от клиентски софтуер (напр. браузър).
- **Мобилни агенти** са еволюция на code of demand технологията и могат да избират да мигрират между компютри по всяко време по време на тяхното изпълнение.

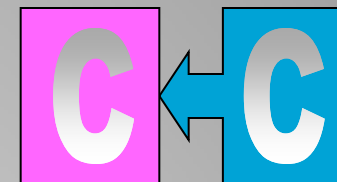
# Мобилни изчисления

- Еволюция на отдалечени изчисления
- Позволяват една система да стартира изчисления на друга система
- Използват ресурси на отдалечената система
  - CPU, памет
- Имат достъп до ресурси на отдалечената система
  - Файлове, бази данни и др.

# Мобилно състояние

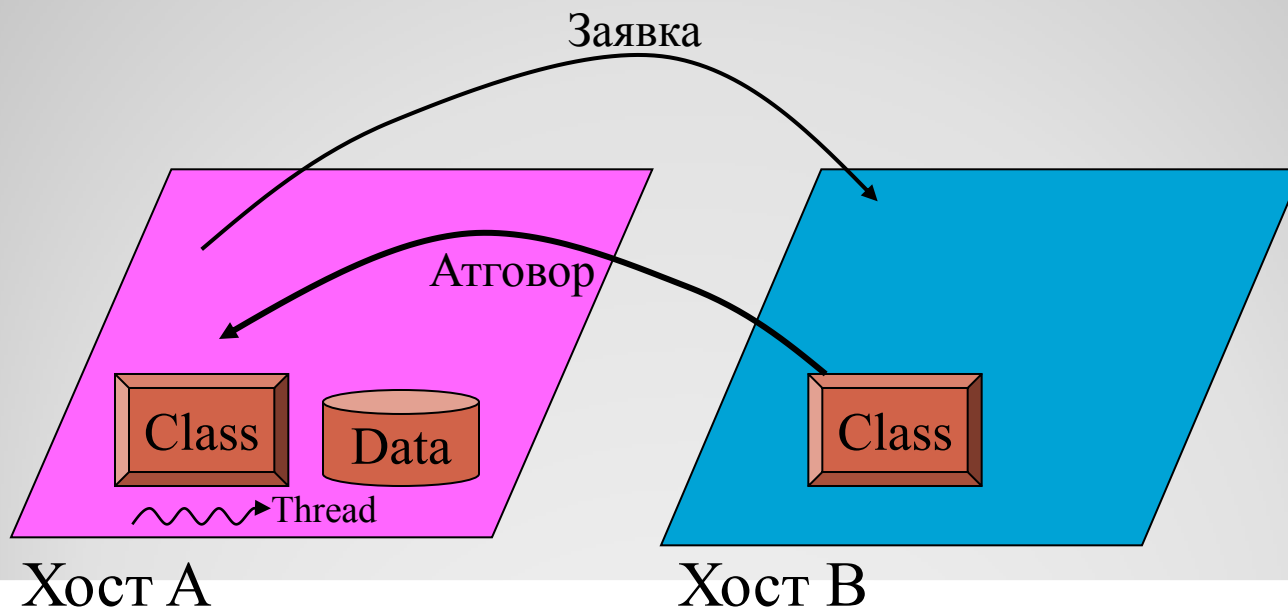
- Еволюция на прихващане на състояние
  - Checkpointing
- Позволява изпълнимото състояние на процеса да бъде прихванато и преместено
- Състоянието може да бъде специфично за машината или машинно независимо
- Може да съдържа
  - Състояние на една или множество нишки
  - Код

# Code-on-Demand (COD)



Клиента се свързва със сървър,  
изтегля клас, създава инстанция и  
нишки, които да изпълнят кода.

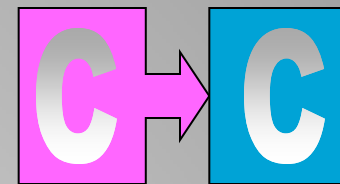
*Премества се: единствено код*



Пример: аплети



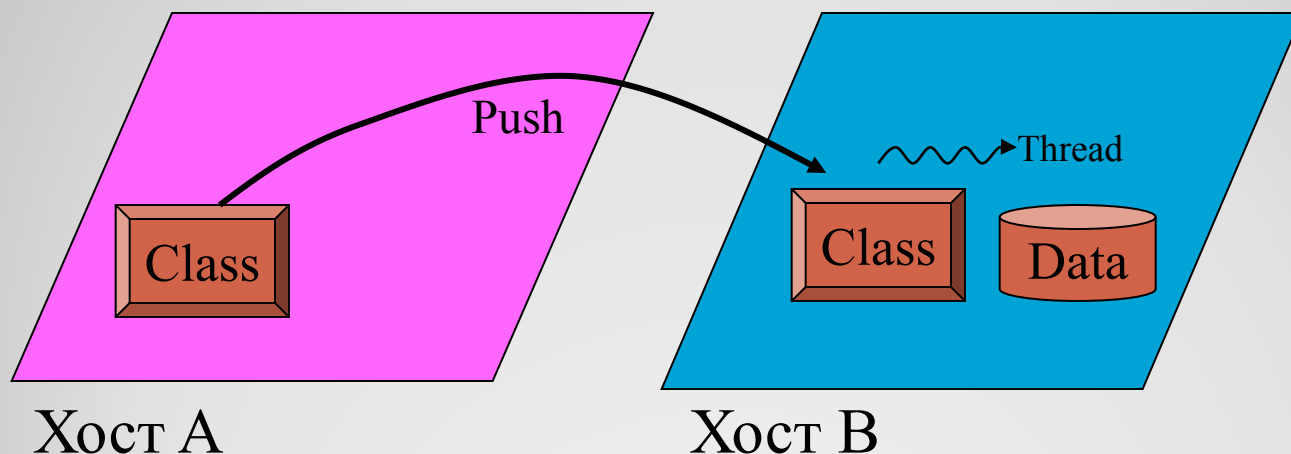
# Remote evaluation (REV)



Копира се класа на друг хост;

Създава се инстанция и нишка, която да изпълни кода.

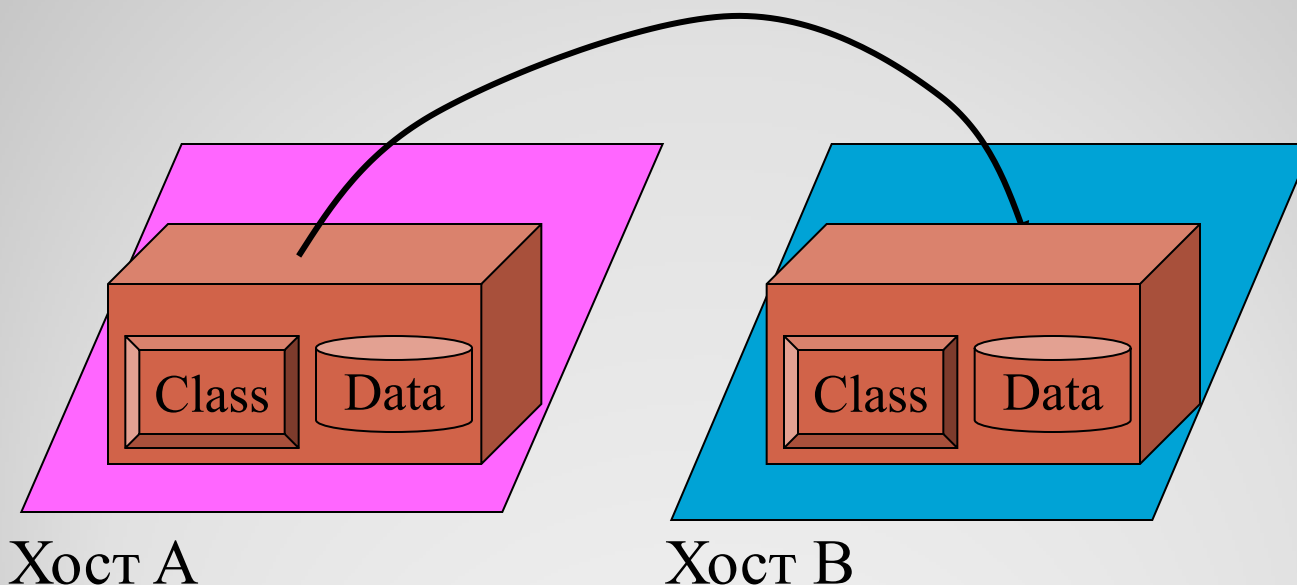
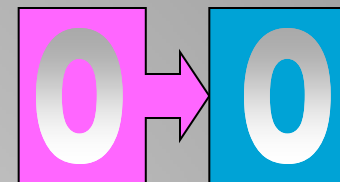
*Премества се: единствено код*



# Мобилен обект (МО)

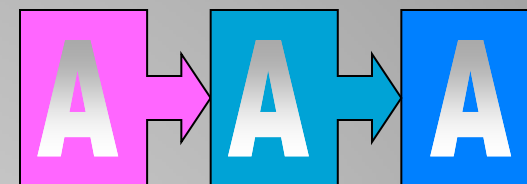
Премества се един обект на друг хост;  
по решение на контролиращата единица.

*Премества се: код, данни.*



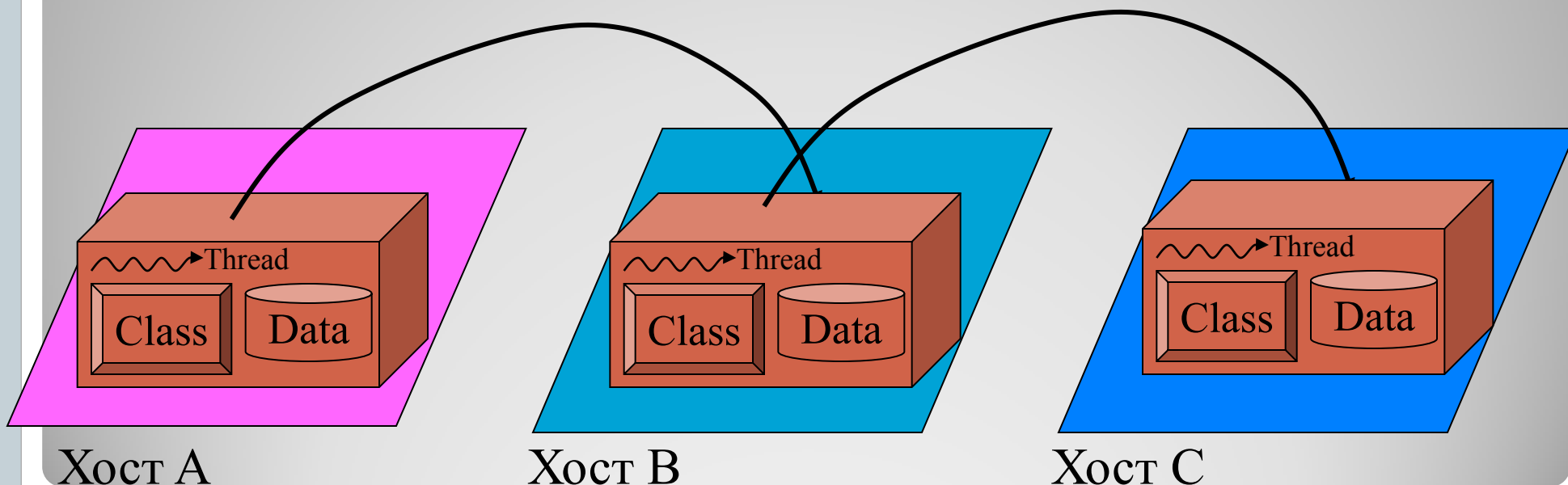
Пример: load balancing

# Мобилен агент (МА)

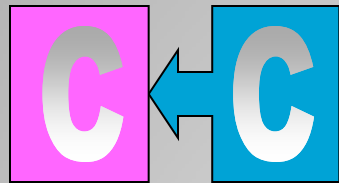


Една нишка, стартирана в един обект, която се премества автономно: когато и където избере.

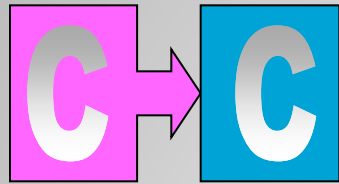
*Премества се: код, данни, нишка.*



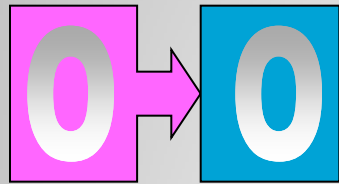
# Мобилен код в много форми



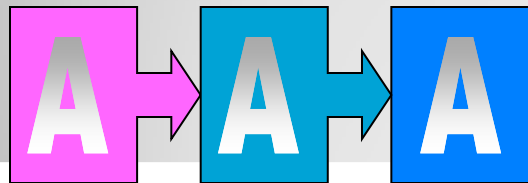
Code on Demand (COD)



Remote Evaluation (REV)



Mobile Object (MO)

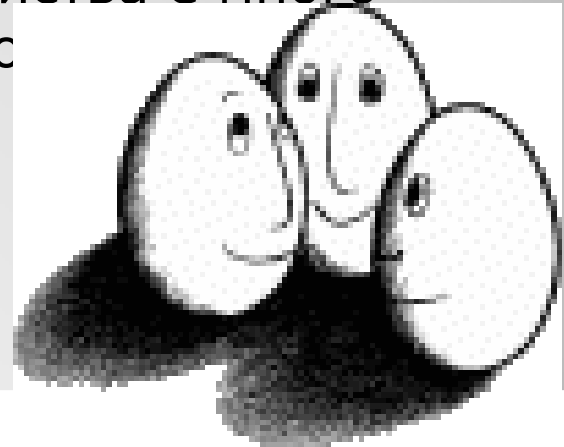
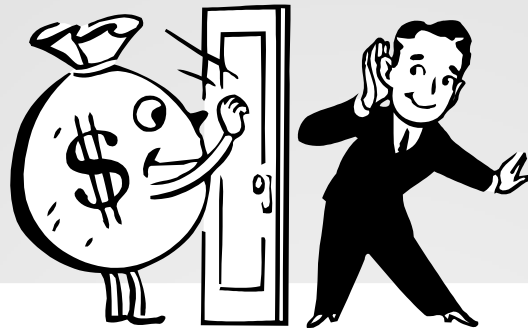
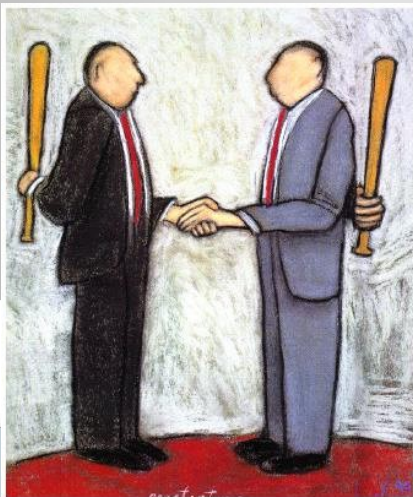


Mobile Agent (MA)

**Кога се използват  
мобилни агенти?**

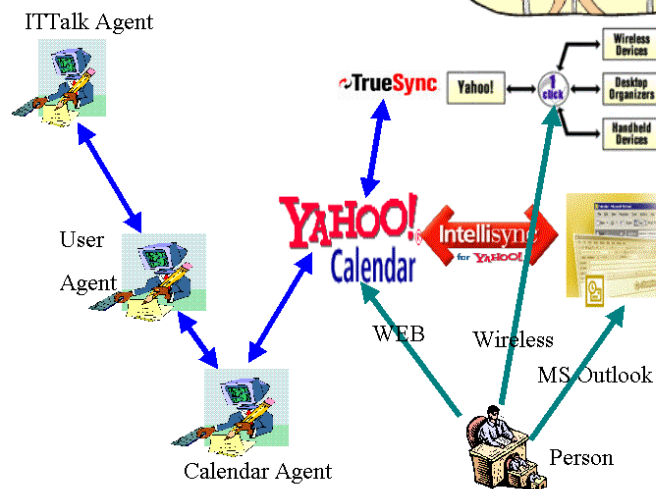
# Мобилни агенти в e-Commerce

- Мобилния агенти са много подходящи за електронната търговия. Търговската сделка може да изисква достъп в реално време до отдалечени ресурси, като борсови котировки и дори може би агент-агент преговори. Различните агенти имат различни цели и прилагат различни стратегии за постигането им. Да си представим агенти, олицетворяващи намеренията на техните създатели, действащи и преговарящи от тяхно име. Агентната технология за мобилни устройства е много привлекателно решение на този вид пр



# Мобилни агенти – персонални асистенти

- Мобилните агенти са способни да се изпълняват от отдалечени хостове, което ги прави подходящи като асистенти, изпълняващи задачи в мрежата от името на своите създатели. Отдалечените асистенти работят независимо от тяхната ограничена мрежова свързаност; техните създатели могат дори да изключите компютрите си. Например, за да насрочи заседание с други хора, потребителят може да изпрати мобилен агент да взаимодейства с агенти, представляващи всеки един от хората, поканени на среща. Агентите преговарят и установяват времето на срещата.





# МА в сигурна посредническа дейност

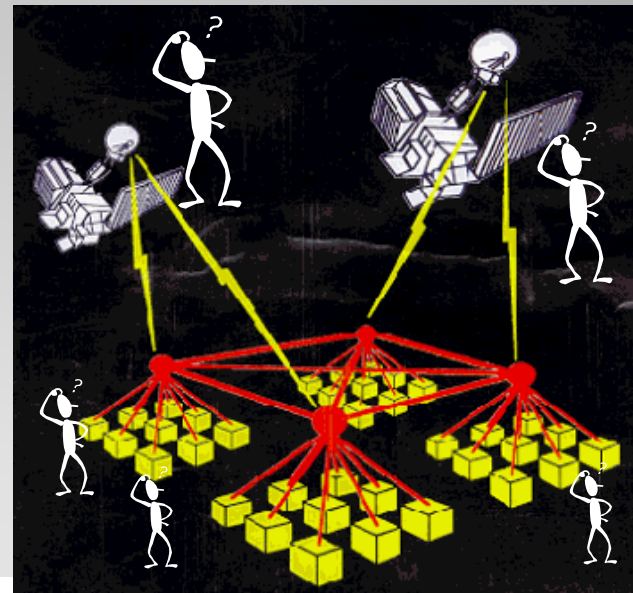
- Едно интересно приложение на мобилните агенти е в сътрудничество, при което не всички сътрудници са доверени. Страните биха могли позволят техните мобилни агенти да се срещнат по взаимно съгласие на сигурен хост, където сътрудничеството се осъществява без риск.





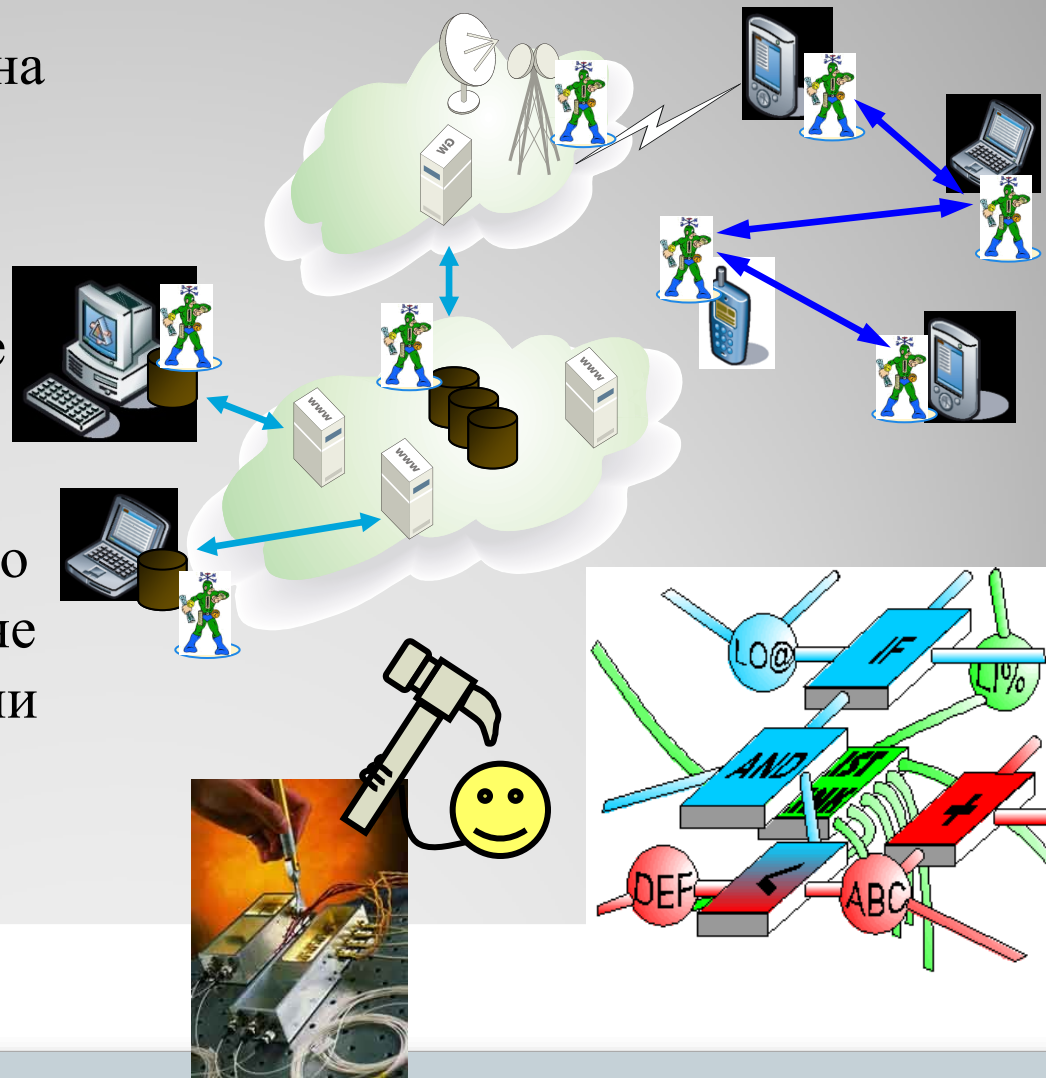
# МА за разпределено извличане на информация

- Вместо да се движат големи обеми от данни до търсещата машина, е възможно да се създадат търсещи индекси, да се изпратят агенти до отдалечените информационни източници, където те създават локално търсещи индекси, които по-късно могат да бъдат върнати обратно до системата. Мобилни агенти могат също да изпълняват разширени търсения, които не са ограничени от времето, в което компютъра, който ги е създал функционира.



# МА в телекомуникационните мрежови услуги

- Поддръжката и управлението на модерни телекомуникационни услуги се характеризират с динамично преконфигуриране на мрежата и персонализиране на потребителя. Физическите размери на тези мрежи и строгите изисквания, при които те действат водят до използване на мобилни агентни технологии за поддръжане гъвкави ефективни системи.



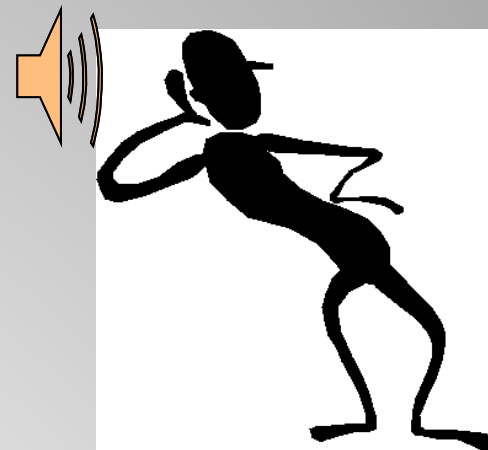
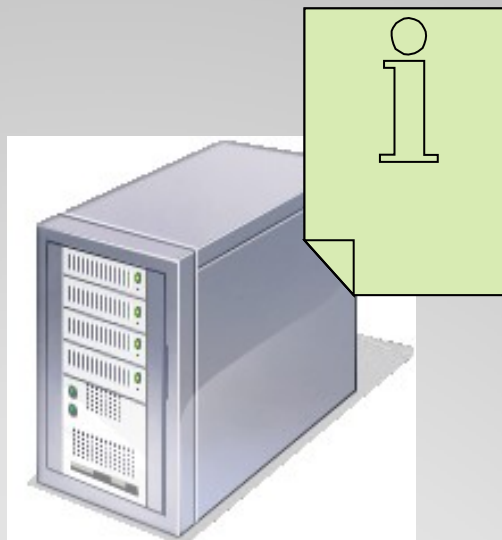
# МА приложения за управление на работния поток и групоеър

- Естеството на приложения за управление на работния поток включва поддръжка на потока от информация.
- Мобилните агенти са особено полезни тук, защото, в допълнение към мобилността, те осигуряват степен на автономност на елемента работен поток.
- Отделните обекти на работния процес напълно олицетворяват информация и поведение, необходимо е те да се движат чрез организация, независимо от каквото и да е конкретно приложение.



# МА приложения за мониторинг

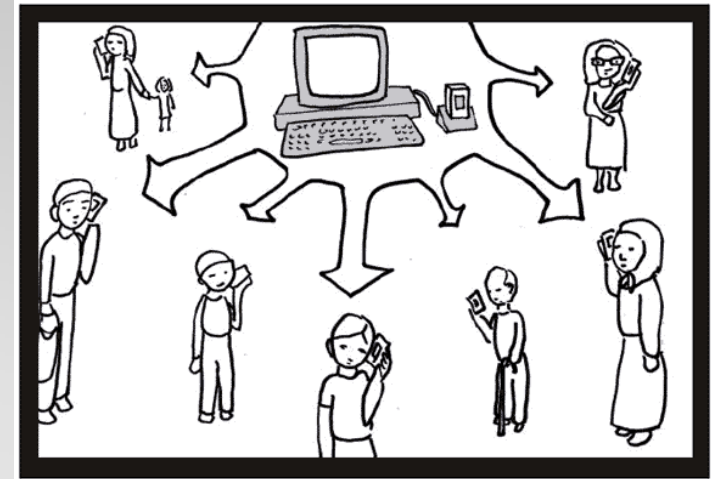
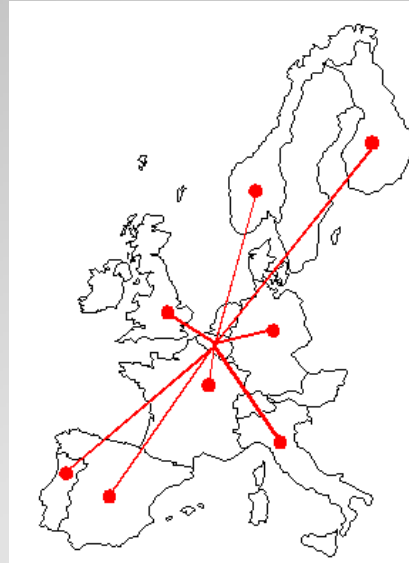
- Тези класически мобилни агентни приложения изтъкват асинхронния характер на тези агенти. Един агент може да следи даден източник на информация без да бъде зависим от системата, от която произхожда.
- Агентите могат да бъдат изпратени, за да чакат определени видове информация да станат достъпни.





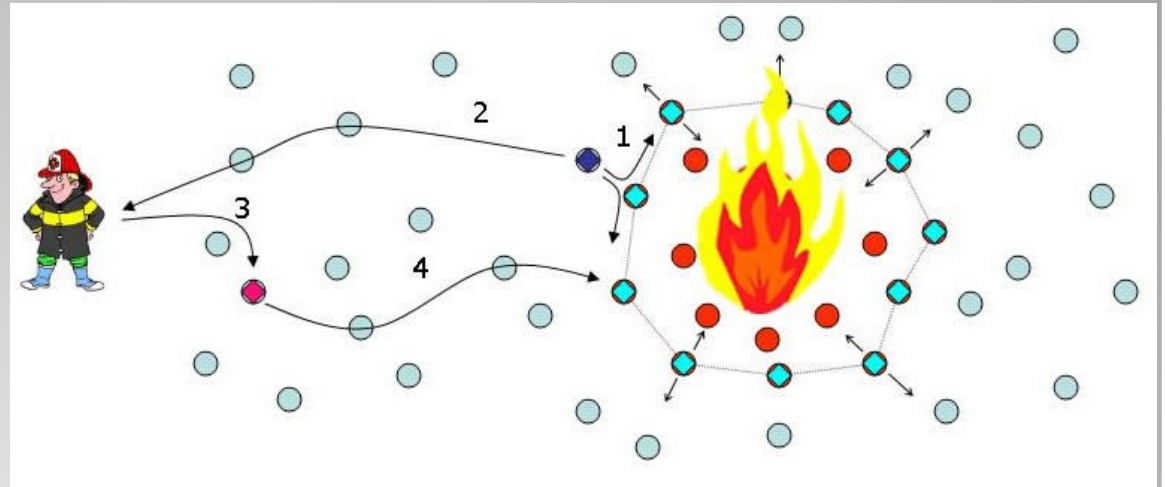
# МА приложения за разпространение на информация

- Мобилните агенти олицетворява т. нар. Интернет push модел.
- Агентите могат да разпространяват информация за продавачите, като новини и автоматични софтуерни актуализации.
- Агентите въвеждат нови софтуерни компоненти, както и процедурите за инсталиране директно до клиентските компютри, където те автономно актуализират и управляват софтуера.



# МА приложения в паралелната обработка

- Като се има предвид, че мобилните агенти могат да създадат каскада от клонинги в мрежата, друго потенциално използване на мобилните агентни технологии е да администрират обработка на паралелни задачи.
- Ако изчисленията изискват толкова много процесорна мощ, че трябва да се разпределят между множество процесори, инфраструктура от мобилни агенти може да бъде убедителен начин да се разпределят свързаните процеси.



Проследяване на горски пожар. (1) Агентът за откриване на огън открива огън и се клонира. Клонингът се превръща в агент за проследяване на огън и многократно се клонира, докато се формира един периметър. Веднъж формирани, агентите непрекъснато регулират периметъра от мигриращи и клониране. (2) Уведомлението се изпраща на пожарникар и го уведомява за местоположението на пожара. (3) Пожарникарът инжектира насочващ агент в мрежата, който го води по безопасен маршрут до огъня.

Source: *Agilla: A Mobile Agent Middleware for Wireless Sensor Networks*  
<http://mobilab.wustl.edu/projects/agilla/>

# (Мулти) агентни технологии

Мобилност

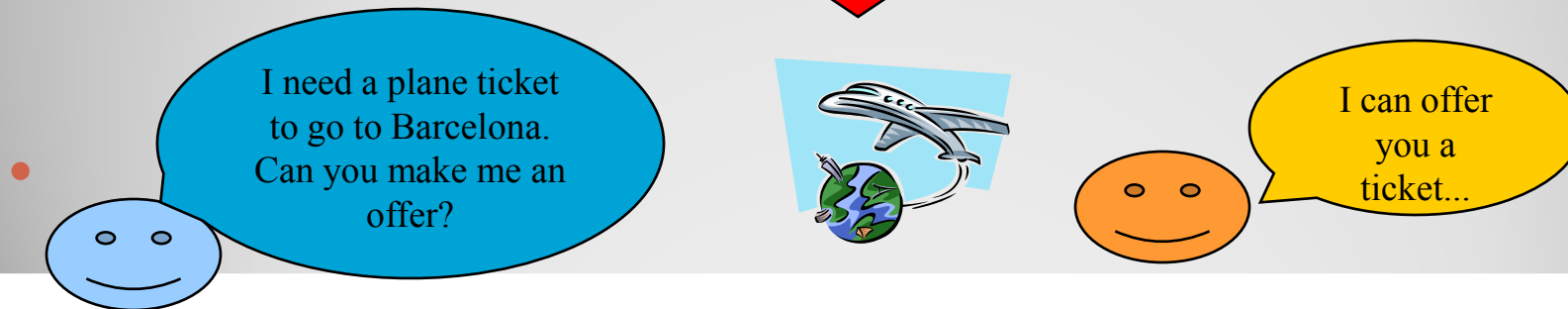
**Комуникация**

Координация

Преговаряне

# Взаимодействие

- Софтуерните агенти представляват една нова парадигма насочена към разпределени и разнородни приложения
- Парадигмата се основава на **взаимодействие** (социално поведение) на автономни, сътрудничащи си процеси, които могат динамично да променят поведението си
- Основата на взаимодействие е дадена от някакъв начин на комуникация

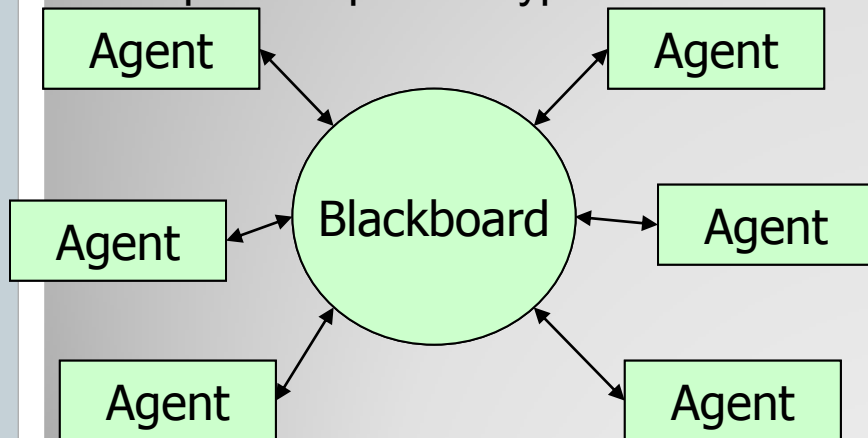




# Агент-агент комуникация

## Косвена комуникация (споделена памет)

- Информацията е налична за всички
- Няма директна комуникация
- Проста архитектура



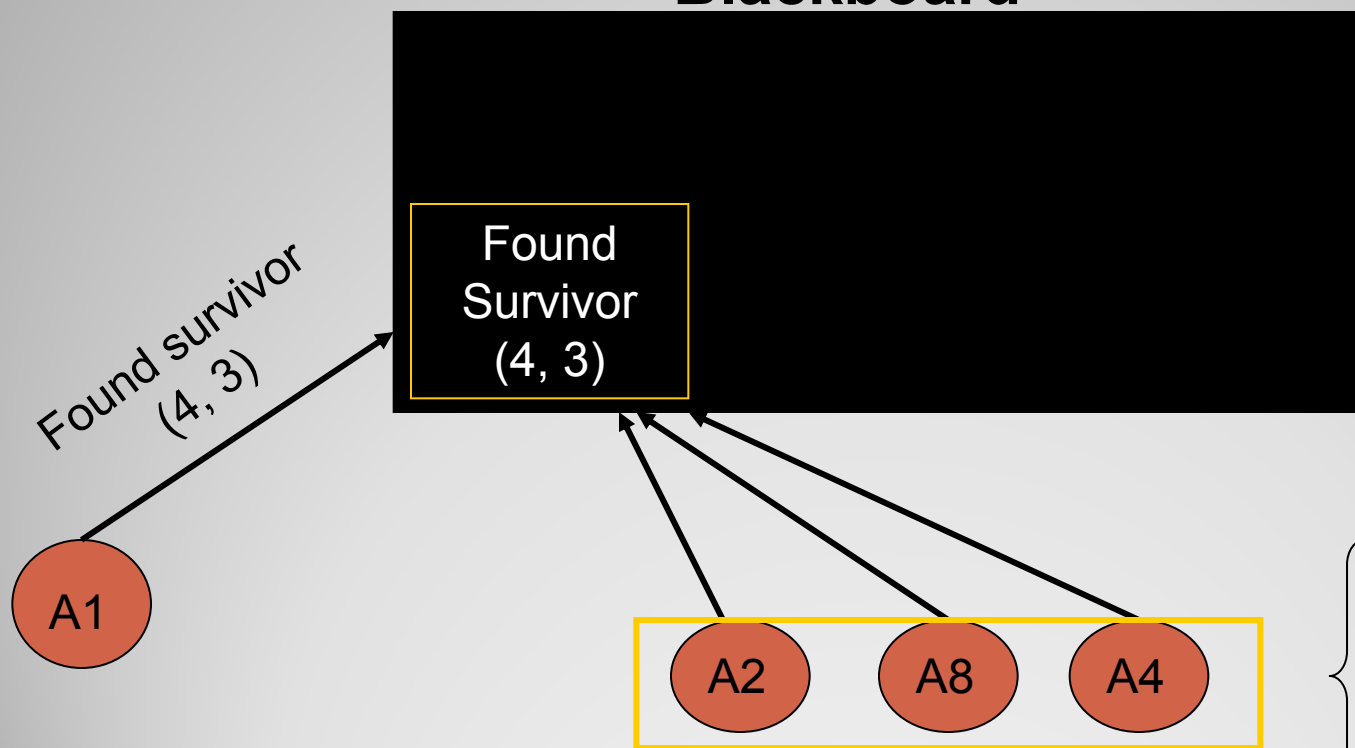
## Изпращане на съобщения

- Директна обмяна
- Общ език
- Кореспонденция - последователности от съобщения



# Споделена памет

## Blackboard



Четене на данни  
Могат да ги използват,  
игнорират или  
изтриват

# Споделена памет

- Предимства
  - Лесно разширява една МАС
  - Дефиниран комуникационен интерфейс
- Недостатъци
  - Управление
    - Права на достъп
    - Конкурентност
  - Информиращи агенти

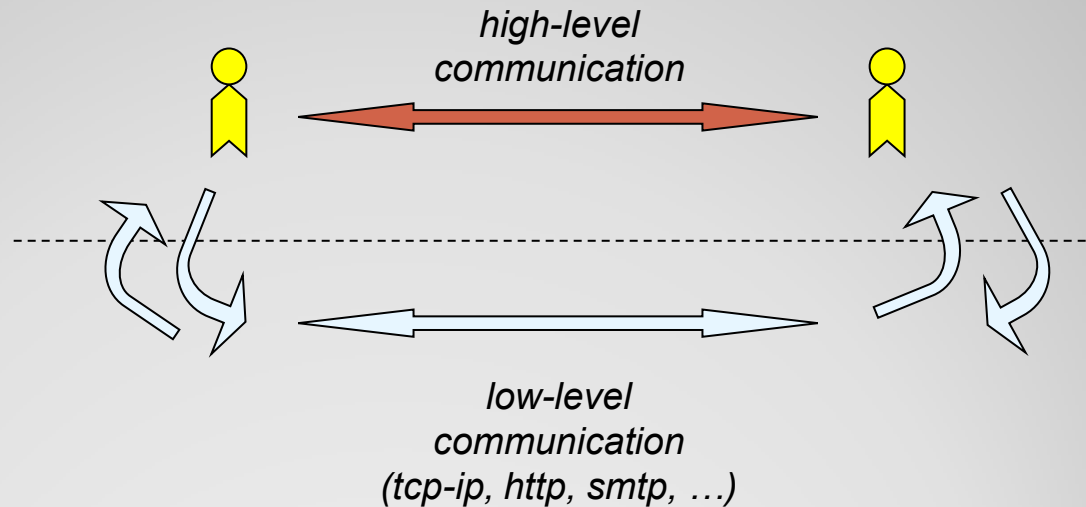
# Изпращане на съобщения

- Предимства
  - Могат да бъдат постигнати няколко типа на комуникации, напр. point-to-point или multicast или broadcast
- Недостатъци
  - Ако няма «справочна услуга съществува»
    - Трябва да се регистрира нов агент с други агенти
  - Необходимо е да се дефинира език за комуникация

# Комуникация на агенти

□ Способността за обмен на информация изисква

1. възможност за физическа обмяна на информация



2. общо разбиране

3. общи езици

4. стратегии / протоколи за взаимодействие

# Комуникация на агенти

## □ Способността за обмен на информация изисква

1. възможност за физическа обмяна на информация

### 2. общо разбиране

– обмен на знания изисква взаимно разбиране  
→ 2 keys

» Транслация между езиците

» Споделяне на семантично съдържание

- всеки агент има имплицитно предположение за своя  
собствена семантика

- преводът трябва да запази семантиката!

– За споделяне на знанията трябва да има обща семантика

– Могат да се споделят чрез “**общи онтологии**”

3. общи езици

4 стратегии / протоколи за взаимодействие

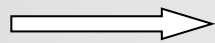
# Комуникация на агенти

□ Способността за обмен на информация изисква

1. възможност за физическа обмяна на информация
2. общо разбиране
3. общи езици

включва два вида езици

- език за съдържанието
- език за комуникация



**Agent Communication Language**

4. стратегии / протоколи за взаимодействие

# Комуникация на агенти

## □ Способността за обмен на информация изисква

1. възможност за физическа обмяна на информация
2. общо разбиране
3. общи езици
4. **стратегии / протоколи за взаимодействие**
  - Транспортен протокол
  - Протокол за високо ниво на координация
  - Ограничения върху валиден обмен



# KQML - Knowledge Query and Manipulation Language

- **KQML** - комуникационен език, ориентиран към съобщения, и протокол за обмен на информация и знания, **KIF** (*Knowledge Interchange Format*), **ACL**, **XML** (*Extensible Markup Language*) и др.
- **KQML** е както език от високо ниво, така и протокол за работа със съобщения. Той е независим както от използвания трансферен механизъм (*TCP/IP, SMTP или друг*), така и от основния използван език (*Prolog, Step или др.*). Той е със специална линейна структура, базирана на Lisp. Съдържа разширяемо множество от примитиви за дефиниране на допустими операции на агентите спрямо знанията и целите. Примитивите обхващат основата, върху която се развива преговарянето между агенти и други модели от високо ниво на взаимодействия.

# KQML - Knowledge Query and Manipulation Language

- Обхващат се следните главни групи действия:
  - добавяне на информация;
  - задаване на директиви на определен адрес;
  - потвърждение, че дадени действия ще бъдат изпълнени;
  - изразяване на дадено състояние;
  - декларативни.

# KQML - Knowledge Query and Manipulation Language

- Предимството на KQML се състои в това, че информацията, необходима за разчитане на съобщението се съдържа в него.

Протоколът дефинира следната структура :

- KQML-performative
  - :sender <word> - подател
  - :receiver <word> - получател
  - :language <word> - език
  - :ontology <word> - онтология
  - :content <expression> - съдържание

# KQML - Knowledge Query and Manipulation Language

- Този синтаксис е подобен на Lisp. Аргументите предшествани от „:“ (двуеточие) може да се подредят в произволна последователност. Примитивите са проектирани подобно на начина на говорене. Като резултат **KQML** формира съобщение, което е разбираемо за всеки агент. Примитивите *content*, *language*, *ontology* дефинират семантиката на съобщението, а *sender*, *receiver* и др. са необходими за предаване на съобщението от един към друг агент.

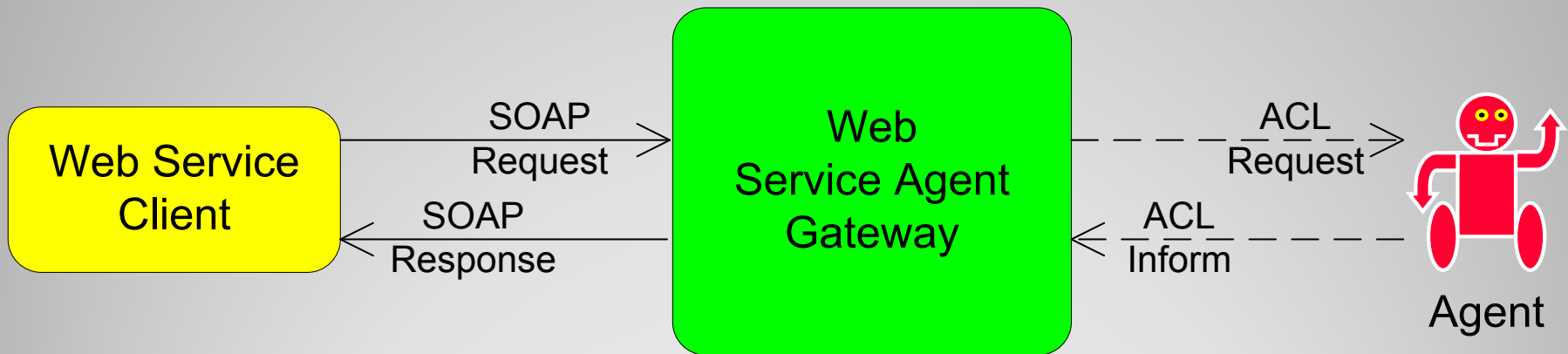
# KQML - Knowledge Query and Manipulation Language

- KQML е независим от:
  - Транспортния механизъм (http, tcp/ip, etc.)
  - Езиците за описание на съдържание (KIF, FIPA-SL, FIPA-CCL, etc.)

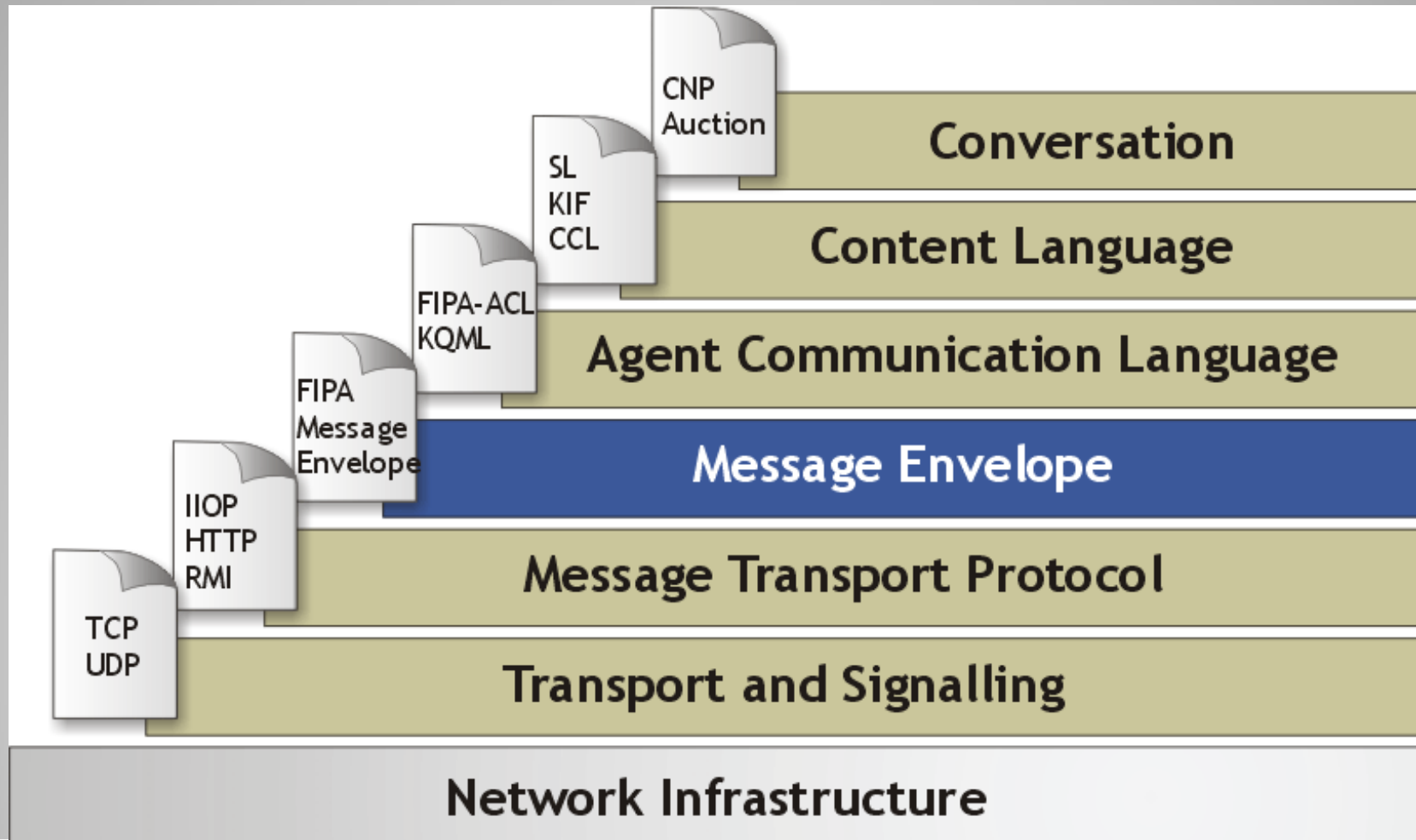
# KIF - Knowledge Interchange Format

- Друго специализирано средство за комуникация е **KIF** - декларативен език, базиран на изчисление на предикати.
- Синтаксисът на KIF може да се опише на 3 нива:
  - базови символи,
  - комбинация от символи като лексеми (думи) и
  - комбинация от лексеми като изрази.
- Могат да се използват функции и релации за числа, символи, стрингове и списъци.
- ACL обхваща около 20 базови типа комуникации и е създаден за представяне чрез семантични формули, изведени от разработки на David Sadek (1992).

# Комбиниране на агенти с традиционни Web услуги



# Обобщение





# Заклучение

- Агент-агент комуникацията е от основно значение за реализиране на потенциала на агент базираната парадигма.
- За агентите са от съществено значение стандартите за оперативна съвместимост.
  - Език за комуникация на агенти (Agent Communication Language) определя кои комуникативни действия да се използват.
  - Използва се език за съдържание за изразяване на формат за обменяните знания.
- Предефинирани протоколи на взаимодействие с цел да определи коя последователност от съобщения се очаква.

# (Мулти) агентни технологии

- Мобилност
- Комуникация
- Координация
- Преговаряне



## Защо е необходима координацията?

- Зависимости между действията на агентите.
- Глобални ограничения
  - Например време, пари или изчислителни ресурси.
- Никой отделно не разполага с достатъчно компетентност или ресурси за решаване на целия проблем самостоятелно.

# Основни механизми за координация

- **Взаимно регулиране.** Агентите са равнопоставени и споделят информация и ресурси за постигане на обща цел, настройвайки своето поведение към поведението на другите агенти. Използва се при малки групи от агенти. Броят на връзките и обема на информацията нарастват силно с увеличаване големината на групите.
- **Директно ръководство.** Един агент има някаква степен на контрол над другите и управлява информацията, ресурсите и поведението им.
- **Координация чрез стандартизация.** Установяват се стандартни процедури, които се следват от агентите. При взаимното регулиране те се прилагат чрез „одобрение“. При директното ръководство - чрез „задължаване“.
- **Координация чрез посредничество.** Посредникът работи за улесняване на намирането на информация като брокер (съветващ за споделяне на ресурсите) и като ръководещ.

## Основни механизми за координация

- Агентите реагират на различните ситуации чрез специфични действия.
- От разгледаните координационни механизми само два (*взаимно регулиране и координация чрез посредничество*) позволяват на агентите да са автономни, т.е. да имат свобода да правят избор и да определят действията си.
- Агентите, които имат някаква степен на автономност, могат да се кооперират с други агенти за собствена или споделена полза.

# Коопериране

- **Кооперирането** е координиране между непротиворечиви агенти, докато *преговарянето* е координиране между конкуриращи се или самостоятелни агенти. Според Ferber: Няколко агента се кооперират или са в такава ситуация, ако е налице едно от следните две условия:
  - добавянето на нов агент подобрява изпълнението на цялата система;
  - помага за избягване или решаване на потенциалните конфликтни ситуации.

# Коопериране

- Основни методи на коопериране са:
  - групиране и мултипликация,
  - комуникация,
  - специализация,
  - сътрудничество чрез споделяне на задачи и ресурси,
  - координация на действия,
  - резолюция на конфликти чрез преговаряне и арбитраж.

# Групиране и мултипликация

- При групирането агентите работят така сякаш се намират във физическа близост - в хомогенна единица в пространството или в комуникационна мрежа.
- Пример за този метод е групирането в животинския свят в стада, ята, рояци и др., с цел удовлетворяване на по-голяма част от потребностите.
- Опростяват се и навигационните проблеми.
- Групата може да се разглежда като разпределен организъм, всички членове на който работят както за собствена, така и за обща полза.
- Мултипликацията се разглежда като просто количествено нарастване на броя на агентите в една система. Основното нейно предимство е по отношение на подобряване на изпълнението и надеждността.



# Комуникация

- Агентите, свързани чрез комуникационна система, работят като единна система.
- Комуникацията разширява капацитета на агентите, позволявайки им да се възползват от информацията и ноу-хау-то, което имат другите агенти.
- Комуникацията е задължителна за кооперирането. Тя се създава като система за обмен на информация и предварително подаване на заявки.
- В когнитивните (интелигентни, притежаващи познавателни способности) агентни системи комуникациите се осъществяват чрез изпращане на съобщения, докато в рефлексните - чрез дифузия на сигнал в средата.

# Специализация

- Специализацията е процес, при който агентите все по-добре се адаптират към задачите си.
- Довеждането на една задача до висока степен на изпълнение предполага наличие на структурни и поведенчески характеристики на агентите, позволяващи ефективна работа.
- Агентите се специализират прогресивно в изпълнение на временно разпределената им роля чрез индивидуална адаптация.
- Специализацията носи предимства за групата като повишава капацитета ѝ по-бързо да решава сходни проблеми.

# Сътрудничество чрез споделяне на задачи и ресурси

- **Сътрудничество** са общите действия на няколко агента, работещи заедно по един проект.
- Разбирането на сътрудничеството се състои главно в отговор на въпроса „Кой какво прави?“ като част от общата работа.
- Използват се различни методи за разпределяне на задачите и средствата. При когнитивните агентни системи това става чрез механизми за търсене и предлагане на услуги. За рефлексните агентни системи също е възможно разпределяне на задачите, а самите агенти се специализират за изпълнение на конкретни от тях.

# Координация на действия

- Управлението на група агенти предполага изпълнение на допълнителни задачи, които не допринасят директно за целта, но които осигуряват най-добри условия за „плодотворните“ действия.
- В монолитните системи тези допълнителни задачи са част от системата на организация, а при МАС, където работата е разпределена, представляват координационни задачи.

# Резолуция на конфликти чрез преговаряне и арбитраж

- Арбитражът води до дефиниране на правила за поведение, които действат като ограничения за групата от агенти.
- Общият ефект от тях е ограничаване на конфликтите и защитаване на индивидуалностите и групата като цяло.
- Тези поведенчески ограничения могат да се приложат към високо развитите когнитивни агенти, които са в състояние да ги преценят. Когнитивните агенти обаче, по-често използват не арбитража, а разрешаването на конфликта чрез преговаряне.
- За рефлексните агенти тази техника е неприложима. Тяхното поведение се стартира от определени условия, така че то се регулира от силните ограничения, зададени от дизайнерите им.

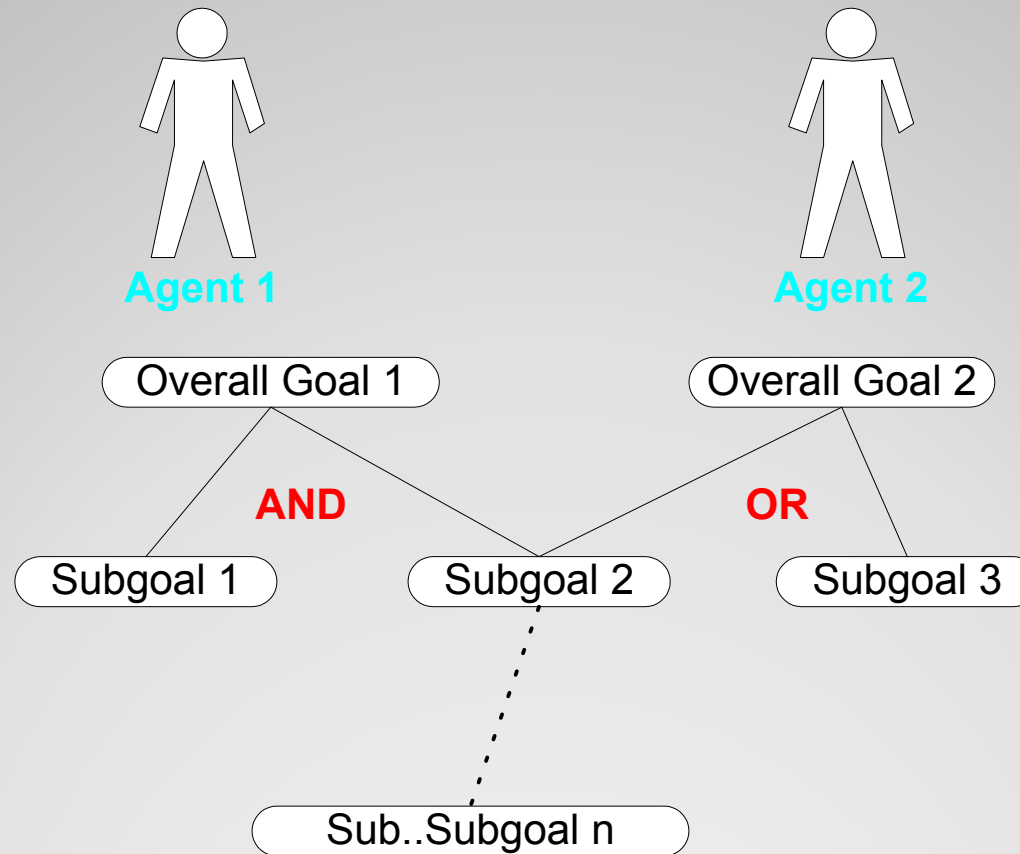
# Предимства на кооперирането

- Изпълняване на задачи, които не са по силите на един агент;
- Подобряване на продуктивността на всеки от агентите;
- Увеличаване на броя задачи, изпълнявани за определено време или редуциране на времето за изпълнение на задача;
- Подобряване използването на ресурсите.

# Стратегия

- Основната стратегия за коопериране е задачите да се декомпозират и след това да се разпределят.
- Такъв подход „разделяй и владей“ може да намали сложността на задачата - подзадачите изискват по-малки способности от агентите и по-малко ресурси.
- Декомпозиционният процес трябва да се съобрази с ресурсите и възможностите на агентите.
- Декомпозирането на задачите може да бъде направено от програмиста на системата в процеса на програмиране или от агентите, които ползват йерархично планиране или може да е присъщо на самото представяне на проблема (като в AND/OR граф).

# Координация като разпределен проблем за търсене на цел





# Степените на коопериране

- Пълна - агентите винаги се опитват да помагат на други агенти, които заявяват или се нуждаят от помощта им.
- Частична - агентите си помагат в определена степен.

## Разпределение на задачи и ресурси

- Техниките на разпределение използват подходи от традиционните разпределени системи, адаптирани към новите типове решавани задачи.
- Прилага се централизирано и децентрализирано разпределение за когнитивните агенти, които комуникират чрез съобщения, а за рефлексните агенти, използващи сигнали - специална форма, наречена „възникващо разпределение“.

# Централизирано разпределение

- Реализира се чрез стартиране на процедури при конвенционалните системи, а при МАС-чрез разпределяне от агент - „брокер“.
- Когато „брокерът“ е един, той има на разположение таблица с възможностите на всички агенти - „сървъри“ за изпълнение на задачи. Таблицата се актуализира от „сървърите“, които обявяват своите умения при включването им в МАС.

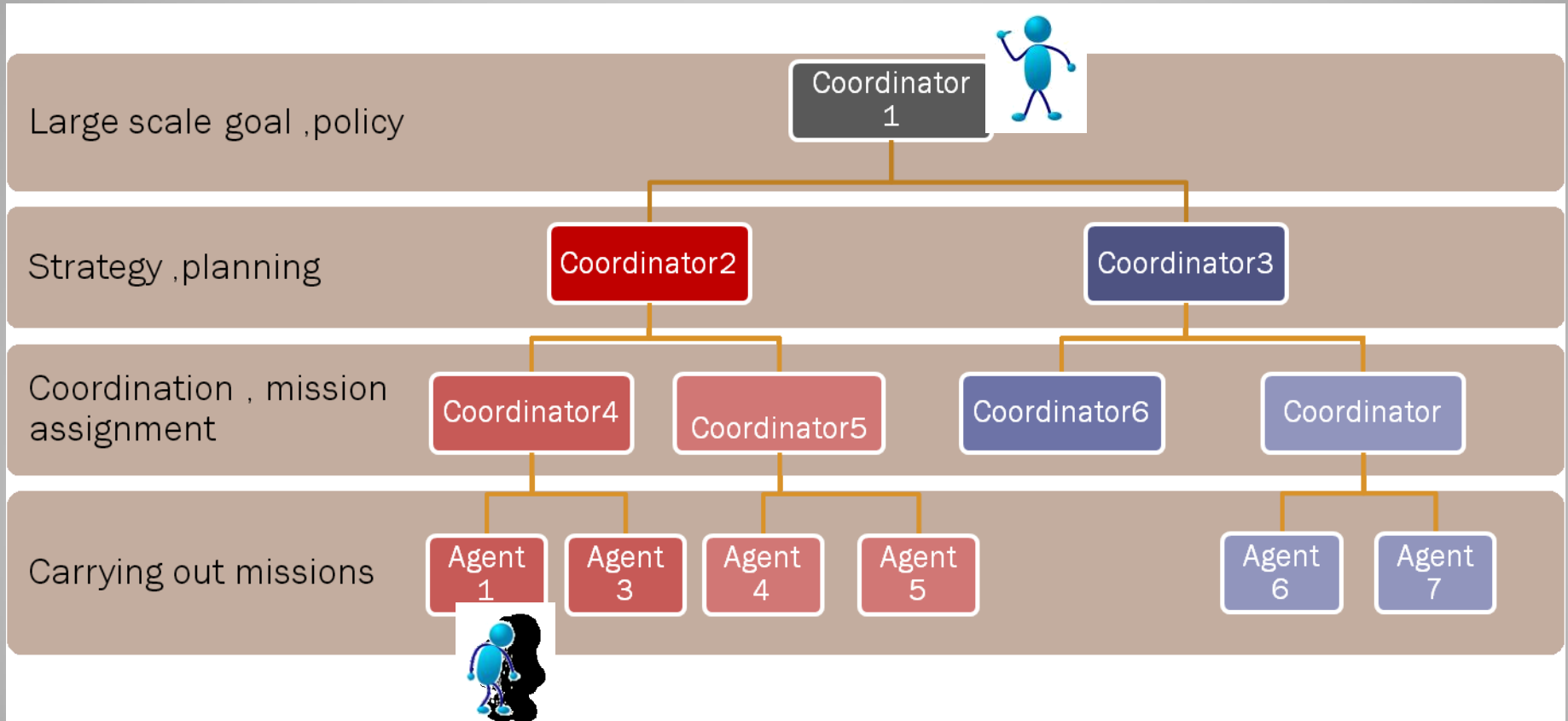
# Централизирано разпределение

- Пример: Агент А трябва да изпълни задача Т, но няма капацитет за това. Той изпраща заявка на „брокера“ за намиране на друг агент за задачата. „Брокерът“ се обръща към агентите, за чиито възможности има информация. Ако някой от тях приеме, „брокерът“ изпраща информация на клиента за това или го уведомява за неуспеха. Ако „брокерът знае“ оценъчните функции, използвани от „сървърите“, той ще ги сортира и в зависимост от резултатите ще дава заявка към всеки от тях. Ако „не ги знае“, той ще изиска от агентите предложения, след което ще избере най-доброто. Веднага след получаване на индикация, че един агент се заема със задачата, останалите получават съобщение, че не е необходимо участието им. Така те могат по-бързо да актуализират отговорностите си.

# Централизирано разпределение

- Основен недостатък на централизирания подход е, че ако брокерът се повреди, цялата система пропада.
- Един от изходите е да се използват няколко брокера, но тогава трябва да се реши проблема с взаимодействията между тях.

# Централизираното разпределение



## Децентрализирано разпределение

- Предполага се , че всеки агент има матрица с уменията на агентите, които „познава“.
- Например, такава матрица може да показва, че агент А има умение С3 и това да се означаи с 1, че умение С1 може да получи от В и С и че D знае как да изпълни С3: 0110, 0010, 1001.
- Не се предполага, че всеки агент е запознат с всички умения на другите агенти.
- Мрежата на „познанство“ може да се представи във формата на граф. В него агентите са възлите, а стрелките - уменията.

# Децентрализирано разпределение

- Друг вид децентрализирано разпределение на задачите е чрез „споразумения“. Част от агентите имат роля на мениджъри, а друга – на участници. Разпределението на задачите преминава през четири етапа:
  - Мениджърът изпраща описание на задачата на всички агенти в МАС;
  - На база на описанието, агентите - участници правят предложения, които изпращат на мениджъра.
  - Мениджърът получава и оценява предложенията и избира най-доброто. Оценката може да изразена в числова мярка или да включва няколко критерия.
  - Избраният агент изпраща съобщение на мениджъра, че все още има ресурс да изпълни задачата или че се отказва, което стартира нова оценка на предложенията.



## Децентрализирано разпределение

- За улесняване взаимодействието между агентите се прави свързването им в кръгова мрежова топология.
- Съобщенията се предават в една посока от съсед на съсед. Участниците четат заявката, преценяват я и поставят предложенията си във файла за кореспонденция.
- Ако един агент влиза или напуска мрежата или уменията му са модифицирани, той информира останалите агенти чрез изпращане на съобщение.

## Децентрализирано разпределение

- Недостатък на този вид разпределение на задачите е, че ако един агент е повреден, той може да блокира цялата система. В този случай мениджърът остава да чака в недефинирано състояние.
- Проблемът се решава с въвеждане на срок за отговор на всяка заявка. Мениджърът оценява само тези предложения, които са постъпили в поставения срок.
- Този подход се прилага предимно в малки МАС, в които задачите се разделят на много малки елементи. Описаната активност има форма на диалог между агентите за установяване на „компетентния“ по елемента от задачата.

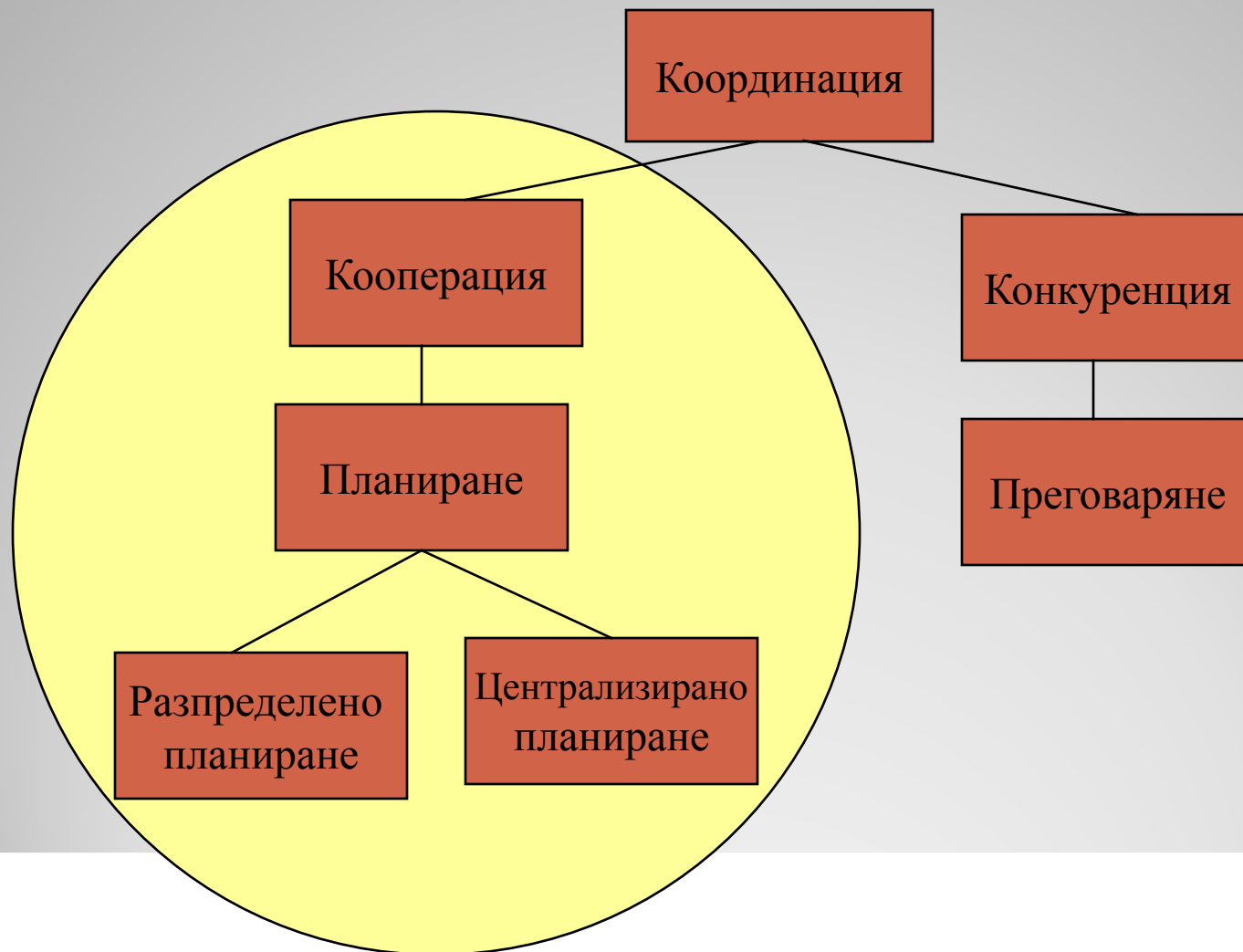
# Децентрализирано разпределение

- Проста форма на разпределение на задачите - „възникващо разпределение“ се използва при рефлексните агенти. Ограниченият им капацитет не позволява участие в посочените по - горе подходи.
- При тях се използват концепции, базирани на сигнали, вместо на съобщения. Сигналите се изпращат чрез дифузия в общата за системата среда, като интензивността им намалява с разстоянието.
- Един и същ сигнал може да породви различно поведение в различните агенти, защото в него няма семантика.

## Децентрализирано разпределение

- Разпределението на задачите зависи от интензивността на приетия сигнал.
- Например, ако агент може да изпълни една от две задачи, с които са асоциирани два сигнала съответно, той ще изпълни тази задача, чийто сигнал е по-силен. Ако са с еднаква интензивност, се избира произволно едно от действията.
- Този подход е независим от броя на агентите. Отстраняването на един от тях не влияе на работата на системата.

# Таксономия на координацията



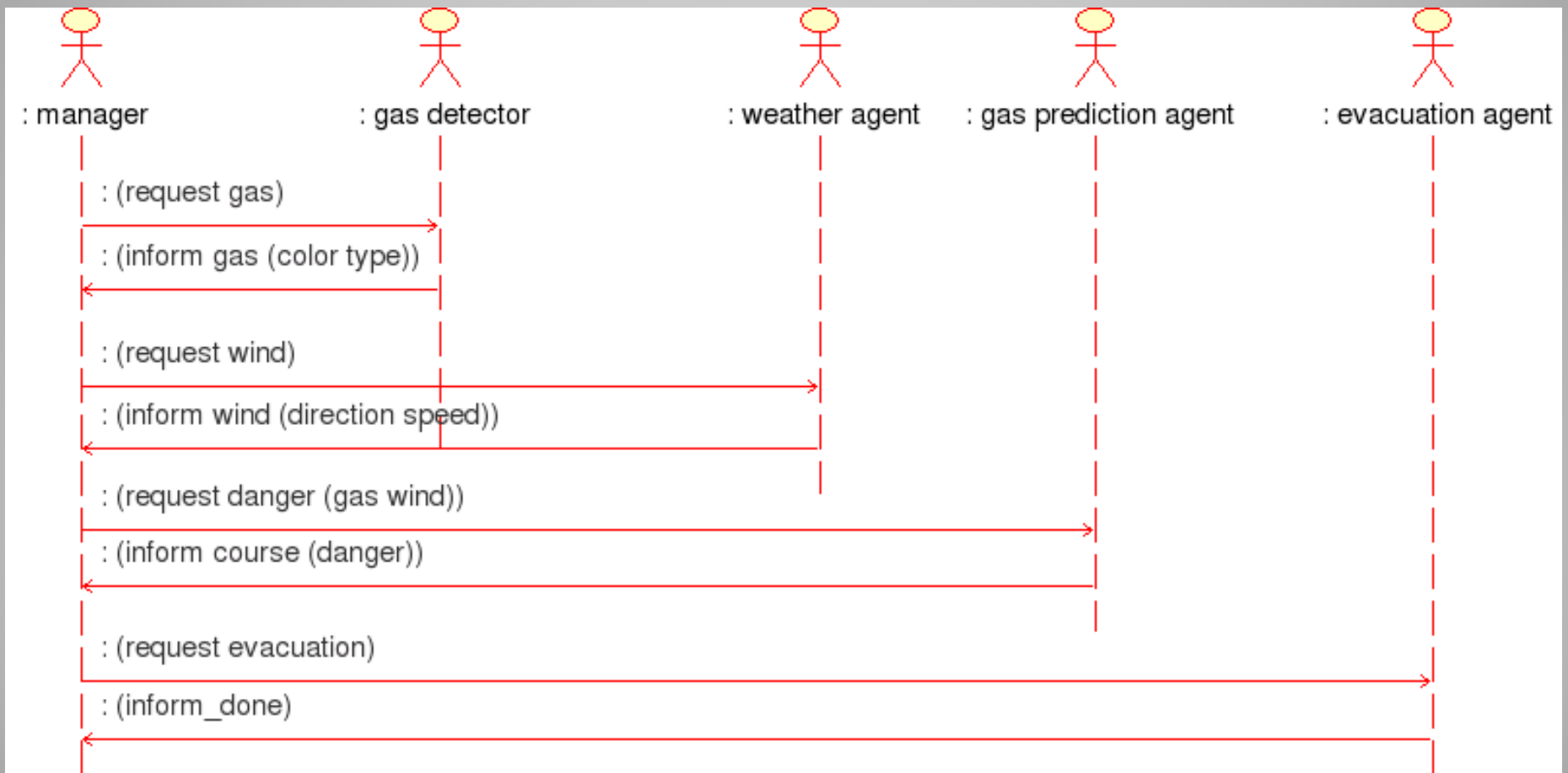
## Координационен сценарий: пример

- **Агенти, участващи в мини-сценарий:**
- **Агент – детектор на газов облак** - открива наличието на облак от газ.
- **Услуга за прогнозиране на времето:** агент, който предоставя актуалната посока и скоростта на вятъра на специфичното местоположение.
  - Изход в градуси (0-360, 0 = север, 90 = west) и метра / секунда, или
  - Изход: посока (N, СЗ, З, ЮЗ, S, SE, E, NE), скорост в Beaufort.
- **Услуга за предвиждане на газов облак.** Въз основа на прогнозата за времето и вида на газовия облак, този агент може да предскаже посоката на облака.
- **Евакуационен агент:** този агент решава въз основа на предвиждането на агента за предвиждане на газов облак дали мястото трябва да бъде евакуирано.

## Координационни механизми в сценария

- Механизми за координация:
- Пряк надзор: един мениджър, контролиращ всички агенти - услуги.
- Стандартизация: агентите не се нуждаят от мениджър.
- Взаимно приспособяване: агентите се опитват да решават проблемите сами.

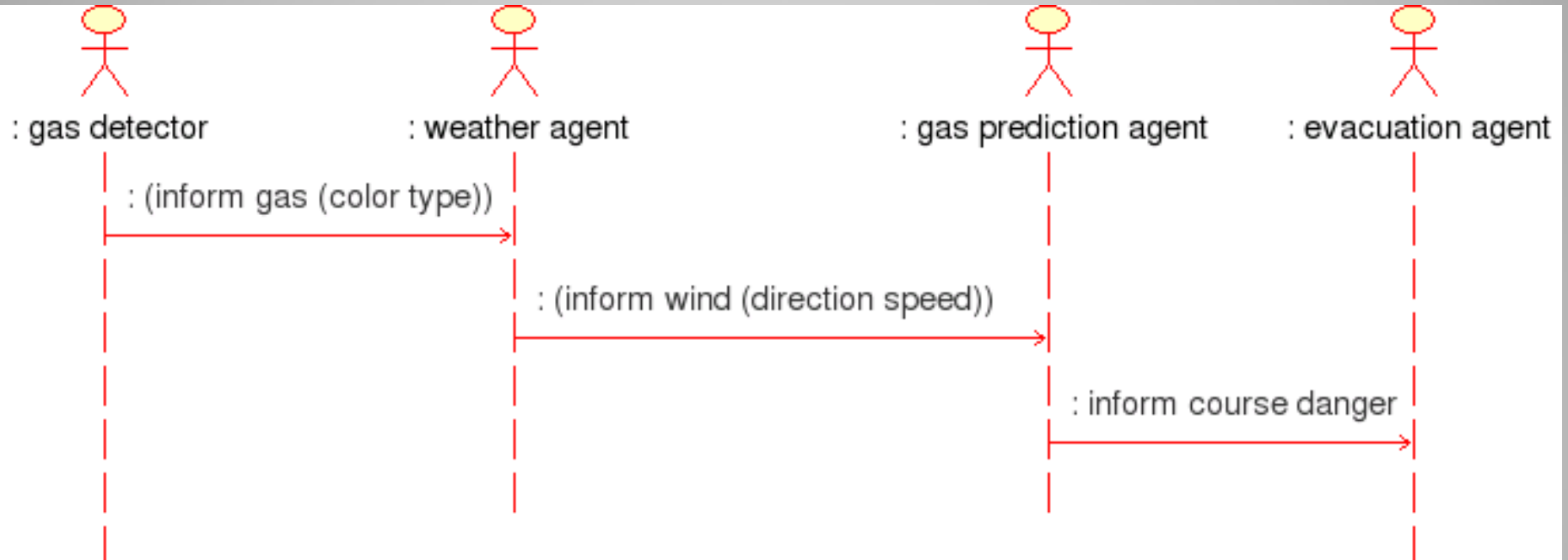
# Изрична координация чрез пряк надзор



*Пряк надзор*, когато един агент взима всички решения за работата на другите



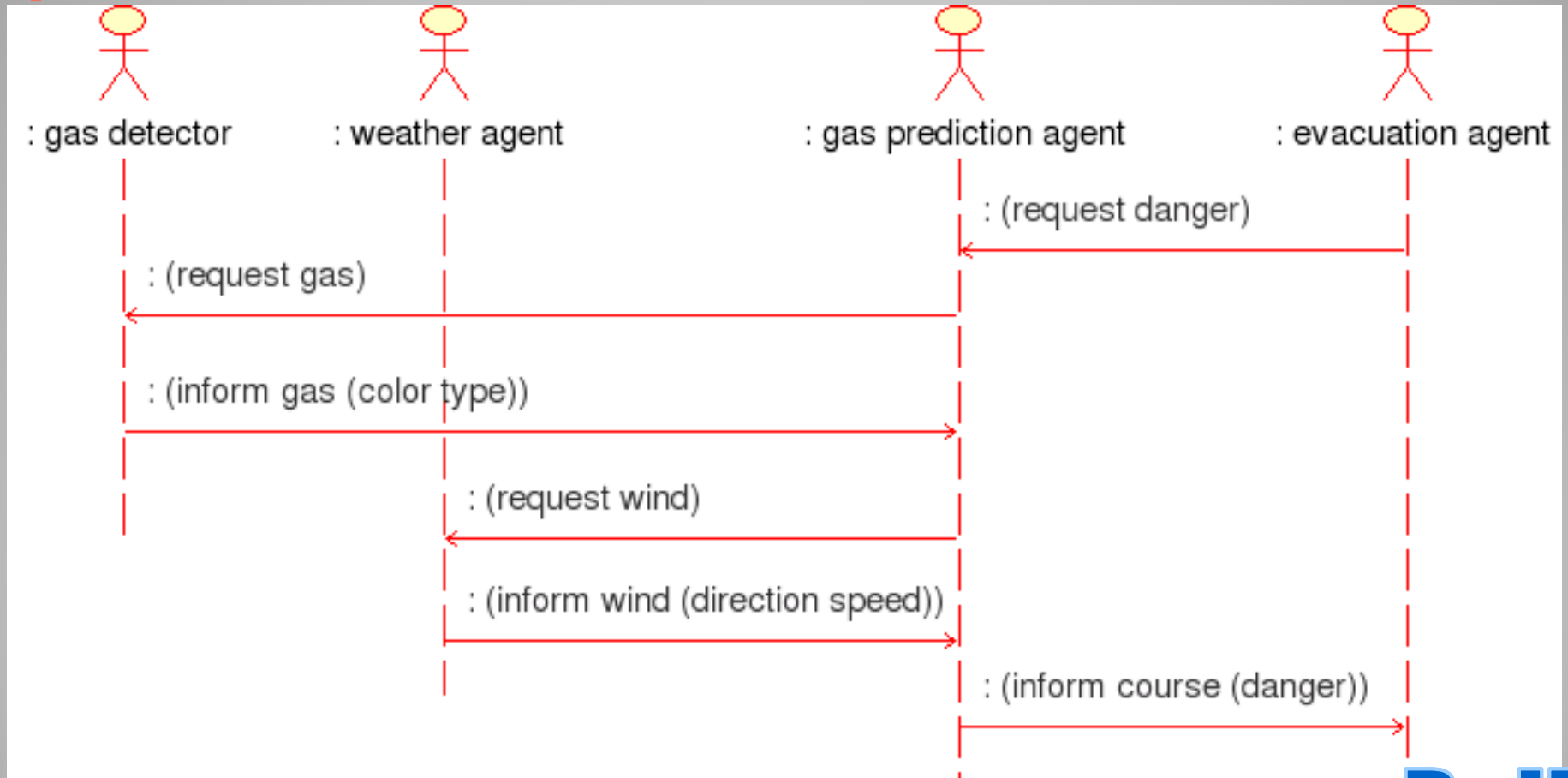
# Косвена координация чрез стандартизация



Push

*Стандартизацията децентрализира управлението над свързаните агенти*

# Изрична координация чрез взаимно приспособяване



**Pull**

*Взаимното приспособяване* постига координация чрез процес на неформална комуникация между агенти

# Заключение

- Координация - четири основни структури
  - Ангажименти
    - Преговаряне за правене на нещо в MAS
  - Конвенция
    - Кога да се направи нещо относно ангажиментите
  - Социални конвенции
    - Екипно ориентирани конвенции
  - Местни разсъждения
    - интелект, необходим за изпълнение на конвенциите и ангажиментите

# (Мулти) агентни технологии

- Мобилност
- Комуникация
- Координация
- Преговаряне**

# Какво е преговаряне?

**Преговаряне е процес, чрез който се взима съвместно решение от две или повече страни.**

**Страните първо вербализират противоречивите изисквания, след което преминават към споразумение.**

[D.G.Pruitt, Negotiation Behavior, Academic Press, 1981]

- Изготвяне на предложения;
- Опции за търговия;
- Предлагане на отстъпки;
- Постигане на споразумение.



# Модел на преговаряне

- **Купувач:**

- Основната цел е да се получи добро  $s$  максимизиращо полезността, изразена като:

$$U(s) = \text{Стойност} - \text{Цена}$$

Една оферта се счита за неприемлива, ако  $U(s) < 0$

Една оферта се счита за приемлива когато  $U(s) > 0$

- **Продавач:**

- Основната цел е да максимизират печалбата, изразена като:

$$\Pi(s) = \text{Цена} - \text{Разходи}$$



## Рамка за преговаряне

- Всеки агент има набор от **цели**
- Всяка цел има определена **стойност**
- Действия и планове за постигане на целите на определена **цена**
- Плановете могат да включват **няколко** агенти
- Агентите се опитват да максимизират очакваната полза, дефинирани като:

$$\text{Utility} = \text{value} - \text{cost}$$

# Протоколи при преговаряне

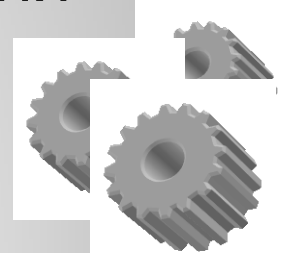
- Спецификация на възможни валидни действия (**как** може да се осъществи взаимодействие)
  - Възможни **участници**
    - Купувачи, участници в търга, продавачи, трети страни и др.
  - **Състояние** на договаряне
    - Предлагане, приемане на предложението, приключване на преговорите и др.
  - **Събития**, които определят състояние на преходите
    - Няма повече предложения, изчакване, изтичане на времето и др.
  - **Валидни действия** на участниците
    - Приемане, отхвърляне, контра-предложение и др.





# Стратегии за преговаряне

- Спецификация на последователност от действия (оферти или отговори), които агентът планира да направи по време на преговорите:
  - Решение за постигане на някои специфични цели, т.е. максимизиране на печалбата
- Няколко стратегии могат да бъдат съвместими в рамките на даден протокол
- Стратегиите могат да бъдат повлияни от самия предмет на преговорите
- Няколко стратегии могат да бъдат смесени, динамично или статично
- Различни стратегии могат да имат различни цели




Протокол + Стратегии = Механизъм за преговаряне

# Споразумения

- Преговаряне до постигане на съгласие за:

- Цена
- Качество
- Количество, обем, брой и др.
- Плащане
- Процес на доставка
- Дата на доставка
- Поддръжка
- .....
- 



Едновременно може да бъдат договорени повече от един въпрос.

# Обобщение

- Развитие на агент базирани технологии:
  - Стандарти
  - Платформи
  - Методологии
- Къде да се прилагат агент базираните технологии
  - Автоматизирано откриване на проблеми, грешки, неизправности, изключения и др.
  - Автоматизирано търсене на информация и други ресурси
  - Автоматизирани преговори за ресурси
  - Поддръжка на сложни дейности
  - Персонализация на услуги

# Приложение на МАС

- **Потенциалните приложни области** на мултиагентните системи са много. Групирани са според вида на решаваните задачи.
- Решаването на сложни неструктурирани проблеми е свързано със следните възможности:
  - разпределено решаване на проблеми. В този случай режимът на решаване на задачата, изразен в агентната система е разпределен, но областта, в която тя работи не е.
  - решаване на разпределени проблеми. Подходът се характеризира с разпределяне както на експертността, така и на областта на работа на системата. Типични са приложенията за контрол на комуникациите или енергийната система, информационен мениджмънт и др., които по своята същност са за разпределени среди.
  - разпределяне на техниките за решаване на проблеми. В случаите на прилагане на този подход не е разпределена нито експертността, нито средата, в която работи агентната система

# Приложение на МАС

- Други причини за прилагането на мултиагентните системи в практиката са:
  - отделните части на използвания традиционен софтуер са под контрол на различни фирми, негови създатели;
  - различните програмни системи са разработени с развойни средства, които не са универсални за всички дизайнери и са предназначени за използване на различни компютърни системи.

# Приложение на МАС

- Важна сфера на приложение на мултиагентните системи е финансовата.
- Агентната технология е подходящ избор при управление на портфолио, защото осигурява:
  - паралелно и разпределено решаване на проблема;
  - устойчива структура на мултиагентната система;
  - възможност за реализация на сложни взаимодействия-преговаряне, споделяне на информация, координиране на действията;
  - висока адаптивност към проблема.

# Приложение на МАС

- С прилагането на агентната технология в телекомуникациите се постига:
  - разширяване на географските и функционални граници на административните домейни;
  - разширяване на функционалните граници на управление и логистика;
  - разделяне на физическото и/или логическо ниво на организация, като мрежови контрол и нива на трансмисия;
  - обединяване между информация, знания и възможности, намиращи се в различните единици в телекомуникационната система.