

[P271]

12

Информациони системи



Саша Малков

Универзитет у Београду Математички
факултет
2021/2022

[P271]

Информациони системи

Саша Малков



Тема 19

Покретно рачунарство

[P271] Информациони системи - Саша Малков - 2021/22 - час 12

1

Покретно рачунарство

Шта је покретно рачунарство



- **Покретно рачунарство** (или *мобилно рачунарство*, енгл. *mobile computing*) је сваки рачунарски систем код кога је неки од значајних елемената покретан
 - покретни физички елементи
 - рачунари
 - базне станице
 - покретни логички елементи
 - инстанце апликације
 - софтверске компоненте

Универзитет у Београду - Математички факултет

[P271] Информациони системи - Саша Малков - 2021/22 - час 12

2

Покретни уређаји су свуда око нас (илустрација из 2010.)



Универзитет у Београду - Математички факултет

[P271] Информациони системи - Саша Малков - 2021/22 - час 12

3

Покретни уређаји су свуда око нас (илустрација из 2015.)



Универзитет у Београду - Математички факултет

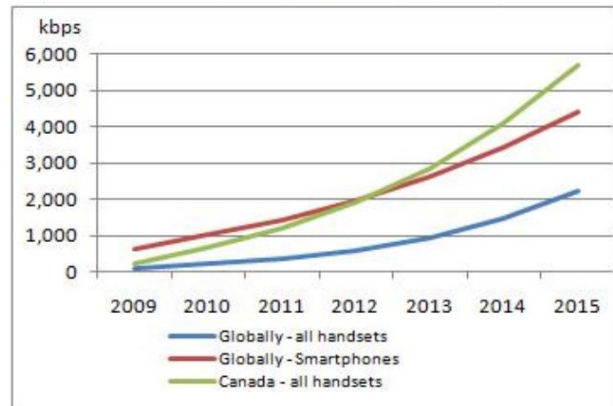
Покретни уређаји су свуда око нас (илустрација из 2020.)



Универзитет у Београду - Математички факултет

Пројекција брзине комуникација, 2011.

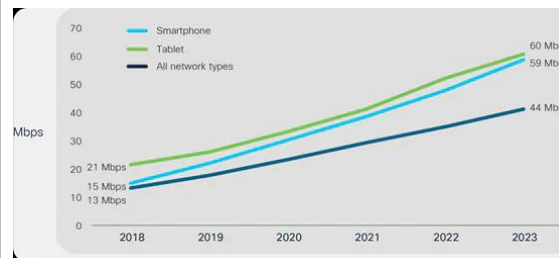
Projected average mobile network connection speed (Kbps) 2009-2015



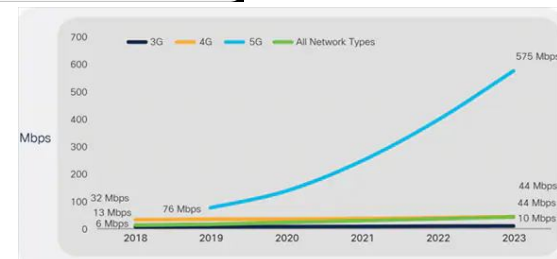
Source: Cisco, Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2010-2015, 1 February 2011

Универзитет у Београду - Математички факултет

Пројекција брзине комуникација, 2018.



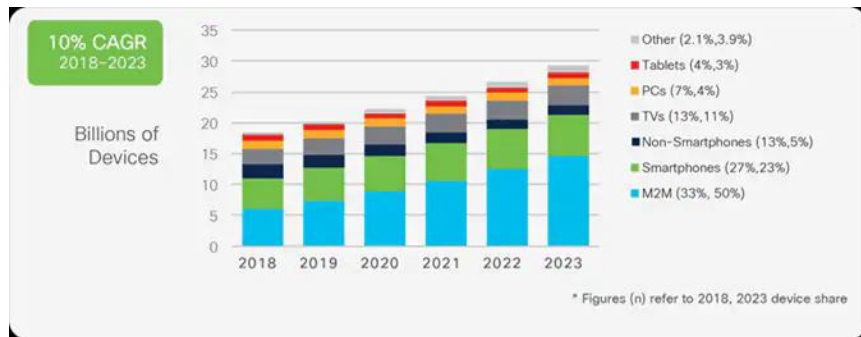
Cisco, Annual Internet Report (2018-2023) updated 2020



Универзитет у Београду - Математички факултет

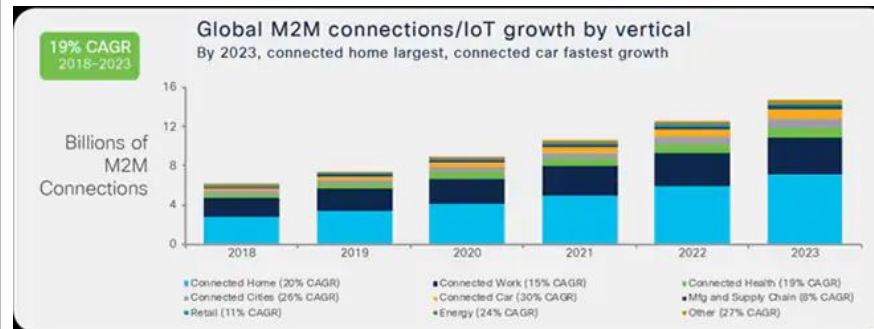
Број повезаних уређаја

Заступљеност мобилних уређаја (таблети + телефони) је прешла 50% (нису урачунате M2M везе)



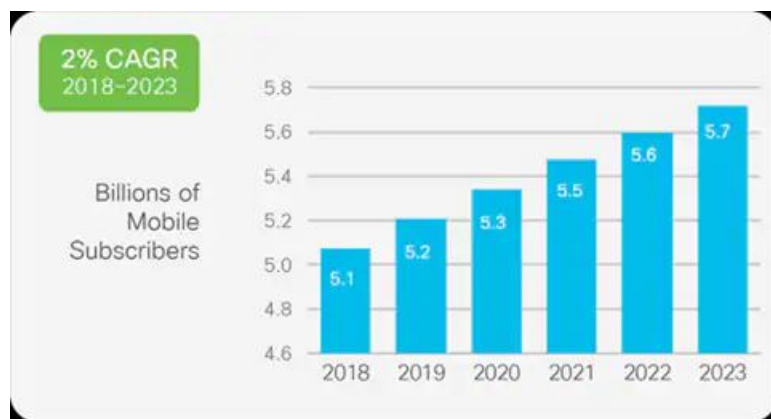
Cisco, Annual Internet Report (2018-2023), updated 2020 (M2M = machine to machine)

Заступљеност међусобног повезивања уређаја



Cisco, Annual Internet Report (2018-2023), updated 2020 (M2M = machine to machine)

Број мобилних претплатника



Cisco, Annual Internet Report (2018-2023), updated 2020

Покретно рачунарство

Разлика између покретног и непокретног



- Савремени покретни уређаји имају већу рачунарску снагу него стони рачунари од пре свега неколико година



- По више питања, покретни и непокретни кориснички уређаји су данас практично изједначени
- Ипак, има и разлика



Разлика у снази

- Покретни уређаји су довољно снажни да обављају већину уобичајених канцеларијских послова
 - употреба Веба и Интернета
 - уобичајен канцеларијски софтвер
 - уобичајен софтвер за забаву
 - и много више од тога
- Послови радних станица се *данас* могу пренети на покретне уређаје али у *релативно упростијеном облику*
 - на пример, iOS омогућава монтажу филмова снимљених телефоном
 - имамо лаптопове са по 30 језгара
- Покретни уређаји *још неко време* неће моћи да преузму улогу сервера
 - *трајно* оптерећење мобилних уређаја је проблем због извора напајања
 - то вероватно и не спада у сагледиве масовно пожељне циљеве
 - мада, неке једноставне операције полако прелазе у домен IoT



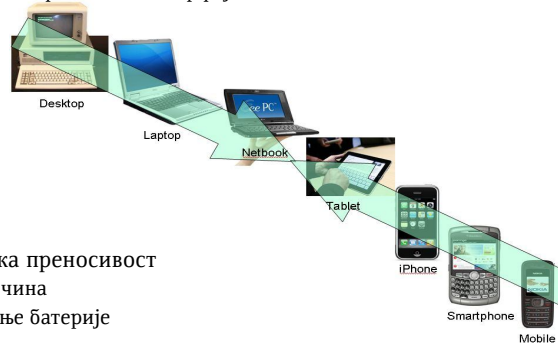
Разлика у употребљивости

- Покретни уређаји не нуде довољно флексибилан кориснички интерфејс за ефикасно обављање неких врста послова
- ограничена величина уређаја
 - мали екран
 - мали простор за управљање
- нови начини употребе још нису сасвим сазрели
 - додир, покрет, глас
 - развој практично још траје
 - није јасно колико далеко може да иде



Баланс

- Циљ 2: висока употребљивост
 - велика (или бар довољна) рачунарска снага
 - употребљив кориснички интерфејс



- Циљ 1: висока преносивост
 - мала величина
 - дуго трајање батерије



Неки термини

- **номадско рачунарство**
 - покретљивост је могућа само у неком ограниченом домену
 - на пример, пословни центар или универзитет
 - покретљивост ограничена политиком употребе
 - или лаптоп који има само жично повезивање
 - покретљивост ограничена могућностима уређаја
- **покретно / мобилно рачунарство** (у ужем смислу)
 - глобална покретљивост без ограничења
 - бежично повезивање
 - WiFi, GSM,...
- **свеприсутно / раширено рачунарство**
 - "идеал" покретног рачунарства
 - повезивање је могуће
 - у свако доба
 - на сваком месту
 - свакоме



Из угла информационих система

- Покретно рачунарство
 - проширује област примене
 - проширује домен корисника ИС
 - доноси нове изазове (читај “проблеме”)



Из угла информационих система

- На примеру информационог система факултета:
 - Да ли можемо да препознамо нове примене?
 - стална повезаност
 - редовнија комуникација
 - аутоматско идентификовање
 - употребљивост на сваком месту
 - подршка научним истраживањима
 - ...
 - Да ли препознајемо нове кориснике?
 - практично сви, стално, свуда
 - теренски рад
 - ...
 - Да ли препознајемо нове проблеме?
 - повезивање компоненти
 - безбедност
 - ...



Општи изазови

- Апликације свесне покретљивости
- Препознавање локације и надлежности
- Прослеђивање података и порука
- Поузданост у случају прекида везе или промене начина повезивања
- Управљање подацима
- Трансакциони модели
- Безбедност



Врсте изазова

- Многи аутори деле изазове на:
 - Физичке изазове
 - физичка слабост преносивих уређаја
 - ограниченост извора енергије
 - могућност губљења или крађе уређаја
 - Изазове повезивања
 - проблема око успостављања и одржавања активне везе
 - Изазове перформанси
 - ограничења перформанси преносних уређаја
 - Изазове терминала
 - ограничења корисничког интерфејса преносних уређаја



Дистрибуирано окружење

- Већина савремених система имају неке одлике дистрибуираних система
 - Веб је типичан пример
- Што већу оперативну функционалност има покретни клијент, то је сложеност дистрибуирања већа



Утицај на податке

- Проблеми
 - Положај података
 - Положај јединица за обраду
 - Упити "свесни" положаја и времена
 - Имплементација трансакција



Карактеристике савремених МИС

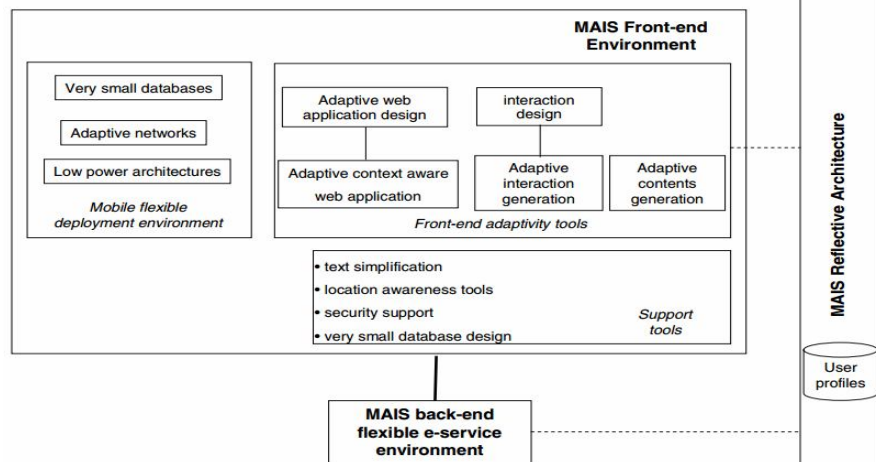
- Мобилни уређаји са вишеканалним приступом
 - GSM, GPRS, GPS, WiFi,...
- Контекстно зависне функције
 - просторно и временски зависне функције
 - лични и социјални контекст корисника
 - потреба за адаптивним решењима
- Бежична инфраструктура
 - слободније кретање
- СОА и Кооперативни мобилни ИС
 - модуларни развој



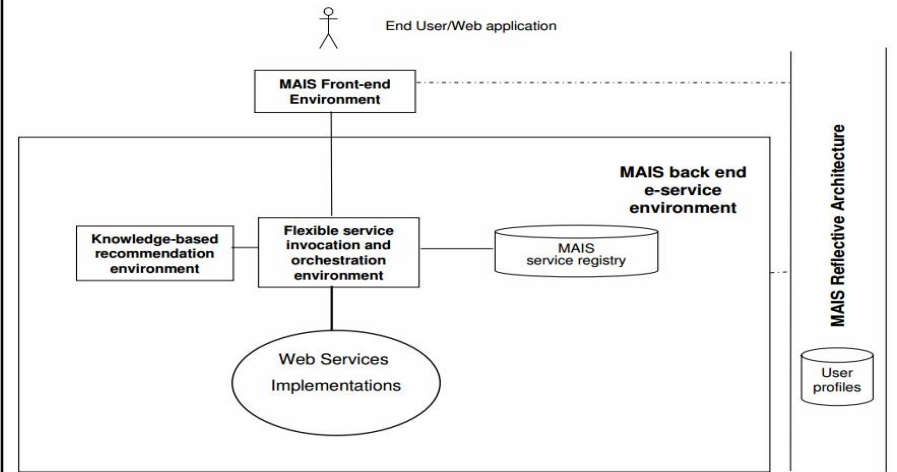
Пример архитектуре МИС

- Пример из књиге... (види реф.)
- Основне компоненте:
 - корисничке апликације (енгл. *front-end*)
 - позадинске апликације (енгл. *back-end*)
 - рефлективна инфраструктура
 - пружа информације о стању компоненти, квалитету сервиса, и карактеристикама и контексту корисника
 - инфраструктурне компоненте
 - инфраструктура за чување и пренос података
 - комуникациона инфраструктура

Кориснички део МИС



Позадински део МИС



Категоризација података



- Концепт података зависних од положаја
 - подаци зависни од положаја
 - (LDD – location dependent data)
 - нпр. износ пореза или телефонски позивни број
 - упити зависни од положаја
 - (LDQ – location dependent query)
 - упити чији резултат зависи од места са кога се постављају
 - нпр. најближи ресторан, удаљеност од аеродрома
 - упити “свесни” положаја
 - (LAD – location aware query)
 - упити који садрже положајне одреднице али не зависе од места са кога се постављају

Уобичајени видови дистрибуирања



- Партиционисање
 - различити подаци се чувају на различитим локацијама
- Делимична репликација
 - неки подаци се понављају на различитим локацијама
- Пуна репликација
 - сви подаци се понављају на свим локацијама



Дистрибуирање података зависних од положаја

- Хоризонтална фрагментација
 - подаци се расподељују према положајима на основу кључева који обухватају податак о положају
- Вертикална фрагментација
 - нпр. подаци се расподељују према положајима тако да различите табеле одговарају различитим положајима
- Партиционисање базе података
 - на основу података о положају



Просторна репликација

- “Просторна репликација” подразумева постојање више “копија” података, које могу имати различите исправне вредности у било ком тренутку времена
 - Исправност података се посматра у односу на конкретан положај (област)
 - Једна копија се назива “просторна реплика”



Временска репликација

- “Временска репликација” се односи на копије података који могу имати само једну исправну вредност у било ком тренутку времена
 - Једна копија се назива “временска реплика”



Дистрибуирање података и покретљивост

- Покретна јединица може “произвољно” успостављати и прекидати везу са системом
- Веза се може прекинути и непланирано
- Покретна јединица може да промени положај у току трансакције
- Покретљивост производи додатне проблеме у односу на обраду трансакција, а пре свега у односу на конзистентност података



Утицај покретљивости на атомичност

- Атомичност:
 - база података никада не сме да садржи податке који су производ само делимично извршене трансакције
- Покретљивост не утиче на појам али отежава имплементацију атомичности
- Дневници трансакција
 - Уобичајено средство за обезбеђивање атомичности у централизованим системима
 - У случају покретљивости не могу да се примењују у истом облику



Дневници трансакција

- Могу да се воде на три места:
 - *MU* – покретна јединица (*mobile unit*)
 - није добро услед слабих могућности покретних јединица
 - *BS* – базна станица (*base station*)
 - најчешће коришћено решење
 - *MSC* – центар за прикључивање мобилних јединица (*mobile switching center*)
 - није добро услед великог укупног обима операција у систему



Утицај покретљивости на конзистентност

- Конзистентност:
 - База података је у конзистентном стању ако су испоштовани сви услови интегритета дефинисани за ту базу података
 - У централизованим и дистрибуираним системима постоји само једна исправна вредност за сваки податак
 - Реплицирана база података је у “узајамно конзистентном стању” ако све копије података имају исте вредности



Утицај покретљивости на конзистентност (2)

- У покретним системима постоје две врсте конзистентности:
 - просторна конзистентност
 - Све вредности података просторне репликације се односе на тачно један регион и задовољавају услове конзистентности дефинисане за тај регион
 - временска конзистентност
 - Све временске реплике (на различитим положајима) података морају имати исте вредности



Утицај покретљивости на конзистентност (3)

- Свака покретна јединица која започне трансакцију у неком региону мора добити конзистентан поглед на регион
- База података мора да обезбеди трајност ефеката извршавања трансакције у том региону
- Због тога регион мора да задовољи и просторну и временску конзистентност



Утицај покретљивости на изолованост

- Изолованост трансакција:
 - Ниједна трансакција не сме да омета рад друге трансакције
- Сваки сегмент извршавања мора да задовољава услове изолованости на нивоу на коме се извршава
 - изолованост се може обезбеђивати независно за различите регионе, али само тако да буде остварена у односу на целовиту базу података



Утицај покретљивости на трајност

- Трајност:
 - Све потврђене измене морају остати трајно записане у бази података.
- У случају покретљивих система, трајност се односи како на глобалне тако и на регионалне податке.
- На случајеве просторних и временских реплика односе се (редом) регионална и глобална трајност података.



Утицај пок. на потврђивање трансакција

- Концепт потврђивања се не разликује од дистрибуираних система
- Фрагмент извршавања задовољава *потврђивање зависно од положаја* ако се све операције у том фрагменту завршавају потврђивањем и постоји пресликавање положаја у податке.
 - Тада све операције у фрагменту раде над просторном репликама која одговара конкретном региону
 - Трансакција и њено потврђивање се одвијају на једном положају
- Скуп података на коме се ради може да буде непосредно одређен положајем или да зависи од положаја
 - “резервисати 2 места у рибељем ресторану у кругу од 1км”
 - “резервисати 2 места у рибељем ресторану у кругу од 1км од факултета”
- Читава трансакција је лоцирана у копији података која се односи на један регион
- Регион се одређује на почетку трансакције



Начин повезивања

- Покретна јединица може да буде:
 - непрекидно повезана
 - неповезана
 - повремено повезана



Утицај пок. на извођење трансакција

- Покретна јединица може да буде:
 - **непрекидно повезана**
 - мобилна јединица је непрекидно повезана са сервером базе података
 - опционо може да кешира потребне податке ради подизања перформанси или их сваки пут поново тражити од сервера
 - ако је потребно, може да уђе у притајени режим (енгл. *doze*, не комуницира али слуша базну станицу) ради уштеде ел. енергије и затим да се поново активира
 - овај режим је скуп за одржавање и обично није неопходан за обрађивање корисничких послова
 - неповезана
 - повремено повезана



Утицај пок. на извођење трансакција

- Покретна јединица може да буде:
 - непрекидно повезана
 - **неповезана**
 - након освежавања података мобилна јединица самоиницијативно прекида везу и наставља обраду података локално
 - у планирано (унапред одређено) време се повезује и шаље све потребне податке серверу
 - сервер примењује примљене податке тако да се очува глобална конзистентност
 - повремено повезана



Утицај пок. на извођење трансакција

- Покретна јединица може да буде:
 - непрекидно повезана
 - неповезана
 - **повремено повезана**
 - слично као неповезана
 - веза се може прекинути у било ком тренутку од стране система, корисника или услед спољних фактора
 - не постоји планирано време укључивања или искључивања везе
 - корисно за покретне агенте који раде са корисницима (испорука пошиљки, уређивање артикала у самопослугама,...)
 - повезивање на захтев је један вид повремене повезаности



Проблеми услед неповезаности

- Конзистентност података се тешко дефинише за неповезане и повремено повезане покретне јединице
- Последица је да није тривијално одређивање оквира и обима трансакција
- У зависности од врсте проблема
 - неке трансакције су *безбедне* и у случају неповезаности
 - друге су *ризичне* (нису *безбедне*)



Покретни СУБП - ПСУБП

- Покретни СУБП (*MDS – Mobile DBMS*) пружа пуну функционалност СУБП-а уз покретљивост корисника и делова система
 - корисник може започети трансакцију без обзира на свој положај
 - гарантује се локална конзистентност
 - гарантује се глобална конзистентност
 - гарантује се могућност опоравка система



Основне особине ПСУБП

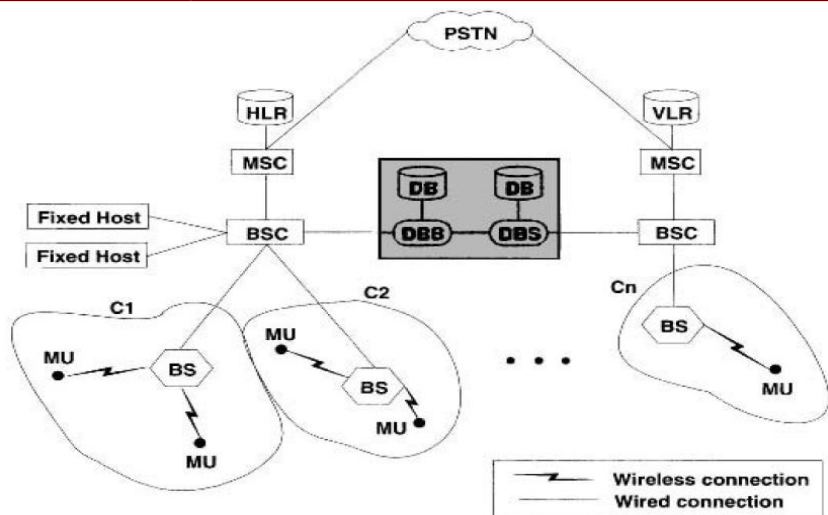
- Основне особине ПСУБП:
 - географска покретљивост (клијената)
 - могућност успостављања и раскидања везе
 - обрада података (на обе стране)
 - бежична комуникација
 - транспарентност (обрада података на страни клијента не утиче на његове комуникације)
 - скалабилност



Улоге рачунара у систему

- Фиксно повезани рачунари представљају
 - непокретне чворове (*fixed host - FH*)
 - базне станице (*base station - BS*)
 - станице за подршку покретљивости (*mobile support stations - MSS*)
- Покретне јединице могу бити
 - покретни чворови (*mobile host - MH*)
 - покретне јединице (*mobile unit - MU*)

Референтна архитектура ПСУБП-а



Универзитет у Београду - Математички факултет

Референтна архитектура (2)



- Ознаке
 - BSC – контролер базних станица (или контролер положаја ћелија) (*base station controller*)
 - MSC – центар за прикључивање мобилних јединица (*mobile switching center*)
 - HLR – главни регистар положаја (*home location register*)
 - VLR – регистар положаја посетилаца (*visitor location register*)
 - PSTN – јавна комуникациона мрежа (*public switched telephone network*)
 - DB – база података
 - DBS – СУБП

Универзитету Београду - Математички факултет

Референтна архитектура (3)



- Једна базна станица покрива
 - једну ћелију (простор) чија величина зависи од снаге базне станице
 - све покретне јединице у оквиру те ћелије

Универзитет у Београду - Математички факултет

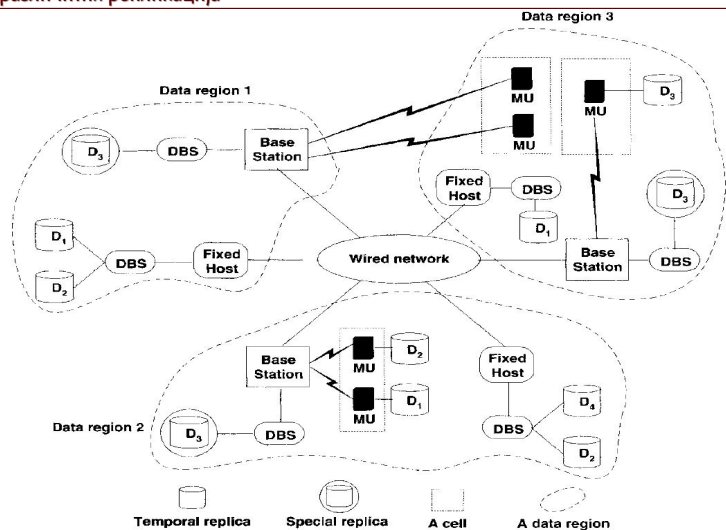
Врсте репликације



	Без репл.	Временска репл.	Просторна репл.
Копије	Једна	Више	Више
Број исправних вредности	Једна	Једна по тренутку	Једна по положају и тренутку
Архитектура	Централизована	Дистрибуирана	Мобилна
Покретљивост	Не	Не	Да

Универзитет у Београду - Математички факултет

Примери различитих репликација



Транзакције у ПСУБП-у

- Различити делови трансакција се потенцијално извршавају на различитим рачунарима
- Неопходна је употреба координатора и механизма двофазног потврђивања трансакција



Врсте координатора трансакција



- Координатор може да буде
 - централизован
 - један од чворова има улогу координатора трансакција
 - уобичајено за ПСУБП
 - делимично реплициран
 - неки од чворова могу да имају улогу координатора
 - потпуно реплициран
 - сваки од чворова може да има улогу координатора
- Координатор би требало да има
 - непосредну и сталну везу са другим чворовима
 - високу расположивост
 - у идеалном случају и
 - непрекидно напајање и
 - довољно простора за податке

Положај координатора



- Могући положаји координатора
 - *MU* – није погодно због одсуства сталне везе са осталим компонентама система и слабих капацитета
 - *DBS, FH* – обично немају непосредну везу са свим *DBS* или *MU*, због чега се такво решење обично избегава
 - *MSC* – потенцијалан кандидат, али има само посредну везу са *MU*, преко *BS*
 - *BS* – уобичајено решење
 - имају везу са свим *MU* у својој зони одговорности (ћелији)
 - имају везу са фиксним чворовима (*DBS*)
 - немају непосредну везу са *MU* ван зоне одговорности, што може представљати проблем, али чак и тако је то отприлике једнако сложено као и у случају *MSC*



Положаји трансакције

- Трансакција се може иницирати од стране
 - *MU*
 - *DBS*
- Трансакција може мењати податке на
 - *MU*
 - *DBS*
- Ако се одвија на једном месту, координатор има мањи значај



Трансакције које започиње *MU*

- Три могућа сценарија:
 - трансакција се извршава на *MU* и скупу *DBS*
 - трансакција се извршава само на скупу *DBS*
 - трансакција се извршава само на *MU*
- У сваком случају коначан резултат се налази на *MU* која је иницирала трансакцију
- Ниједна друга *MU* није укључена у извршавање трансакције
 - због приватности
 - због непоузданости употребе (других) *MU*



Трансакције које започиње *DBS*

- Трансакција започиње на *DBS* и извршава се само на скупу *DBS*
- Коначан резултат се налази на *DBS* који је иницирао трансакцију
- Овакве трансакције се одвијају као да није у питању покретљив систем



Начин извођења трансакција *MU*

- Ако *MU* може самостално да изврши целу трансакцију онда сама извршава и потврђује трансакцију на кешираним подацима
- Ако *MU* не може да самостално изврши целу трансакцију онда постоје две могућности:
 - Преноси потребне податке од *DBS* према *MU*
 - Преноси трансакцију скупу чворова



... - преузимање података од *DBS* -

- Поступак:
 - идентификује потребне податке
 - комуницира са *DBS* преко *BS* и чита податке
 - локално извршава и потврђује трансакцију
 - шаље ажуриране податке на *DBS* преко *BS* како би се уградили у базу података
- Особине:
 - не захтева координатора трансакције
 - потенцијално производи непотребно велики проток података и дугачко заузеће (закључавање) података



... - преношење тран. скупу чворова -

- Поступак
 - *MU* дели трансакцију на скуп подтрансакција
 - задржава за себе оне делове које може сама да изврши
 - остале делове распоређује неком скупу *DBS*
 - тренутна *BS* преко које је *MU* повезана постаје координатор трансакције
- Особине
 - технички сложенији приступ омогућава ефикаснију комуникацију и употребу података



Померање и трансакције (1)

- У односу на кретање *MU* током извођења трансакције постоји неколико могућности:
 - *MU* се не помера
 - *MU* се помера уз локалну обраду
 - *MU* се помера уз дистрибуирану обраду



Померање и трансакције (2)

- ***MU* се не помера**
 - трансакција почиње и довршава се на *MU*
 - *MU* се не помера током трајања трансакције
 - или се евентуално помера само у оквиру "своје" ћелије, што је из угла система еквивалентно мировању
 - слично уобичајеној централизованом обради
- *MU* се помера уз локалну обраду
- *MU* се помера уз дистрибуирану обраду



Померање и трансакције (3)

- *MU* се не помера
- ***MU* се помера уз локалну обраду**
 - трансакција почиње и у потпуности се извршава на *MU*
 - потребни подаци се прикупљају са других чворова
 - током трајања трансакције *MU* се премешта у друге ћелије
 - овакво извршавање се уобичајено назива “локално атомично”
 - минимизује се комуникација током трансакција
- *MU* се помера уз дистрибуирану обраду



Померање и трансакције (4)

- *MU* се не помера
- *MU* се помера уз локалну обраду
- ***MU* се помера уз дистрибуирану обраду**
 - трансакција започиње на *MU* и затим се дели по другим чворовима (фрагментација)
 - уобичајено су то фиксни чворови
 - подтрансакције се дистрибуирају између *MU* и скупа *DBS*
 - одређује се координатор трансакције који управља извршавањем
 - током трајања трансакције *MU* се премешта у друге ћелије



Повезивање *MU* и координатора

- Услуге координатора морају бити непрекидно расположиве покретној јединици током трајања трансакције
- Веза може да се прекине ако се *MU* премести у другу ћелију
- Веза може да се одржава на два начина:
 - Статички
 - Динамички



Статички метод држања везе

- Трансакција започиње на *MU*
- Координатор трансакције постаје *BS* те *MU*
- Координатор се не мења до краја трансакције
 - ако се *MU* премести у другу ћелију, мора да обавести нову *BS* о томе ко је координатор текуће трансакције
- Слабост метода је што и координатор и *MU* могу да буду принуђени да комуницирају посредством више *BS*
 - сложеније вођење дневника трансакције
 - сложеније потврђивање трансакције



Динамички метод држања везе

- Трансакција започиње на *MU*
- Координатор трансакције постаје *BS* те *MU*
- Ако се *MU* премести у другу ћелију, тада нова *BS* постаје координатор текуће трансакције
- Сваки од чворова (*DBS*) који учествују у трансакцији мора бити обавештен о промени координатора
 - одговорност за обавештавање је на новом координатору
- Слабост метода је што у случају вишеструке промене ћелије (из једне у другу и назад) може доћи до губитка синхронизације у процесу мењања координатора
 - превазилази се избегавањем мењања координатора у таквим случајевима



Модел трансакција

- Уобичајени модел *ACID* не одговара у потпуности
 - због прекида везе (*handoff*)
 - због специфичних режима
 - притајени (*doze*)
 - неповезан (*disconnected*)
 - захтевано неповезан (*forced disconnected*)
 - због недостатка ресурса (меморија, бежична веза,...)
 - због положајно зависних података



Модел трансакција (2)

- Нови појмови:
 - “*Географски домен*” је укупна област покривена свим ћелијама: $G = (C_1 + C_2 + \dots + C_n)$
 - “*Положај*” је једна тачка у географском домену. Представља најмању препознатљиву позицију у оквиру домена. Сваки положај се означава јединственом ознаком *L*.
- У пракси, положај се обично одређује у односу на *BS*



Кретање и конзистентност

- У случају ПСУБП концепт конзистентности је сложенији:
 - укључује податке који зависе од положаја
 - географске податке
 - конзистентан поглед се добија у односу на положај
 - трансакција може да постави вредност податка која има смисла само на конкретном положају
 - идентична трансакција на другом месту може бити предмет другачијих услова интегритета
- Уводи се концепт “*иросторне конзистентности*”
 - уобичајена конзистентност се назива “*временска конзистентност*”

Литература



- *Pernici (Ed), Mobile Information Systems: Infrastructure and Design for Adaptivity and Flexibility, Springer, 2006.*
- *Kumar, Mobile Database Systems, 2006.*