

Sistemi za elektronsku trgovinu na berzi

Petar Veličković i Aleksandar Ivanović

NEDELJA INFORMATIKE V2.5

15. april 2016.

Kontekst



- ▶ Acko i ja smo prethodne zime i leta bili praktikanti u kompaniji *Jane Street*, koja se bavi *elektronskom trgovinom na berzi*.



- ▶ Elektronska trgovina je savršen primer sistema koji, iako u teoriji deluje jednostavno, sadrži mnoge neočekivane začkoljice!
- ▶ Stoga smo došli na ideju da u sklopu ovog predavanja damo uvod u neke od ovih izazova, uz nadu da će biti interesantan i onima koje ne interesuje finansijska matematika. :)

So, you want to build a trading system...



Šta mislite, kako izgleda najveći procenat trgovine danas?



So, you want to build a trading system...

Wolf of Jane Street...



Ne baš...

So, you want to build a trading system...

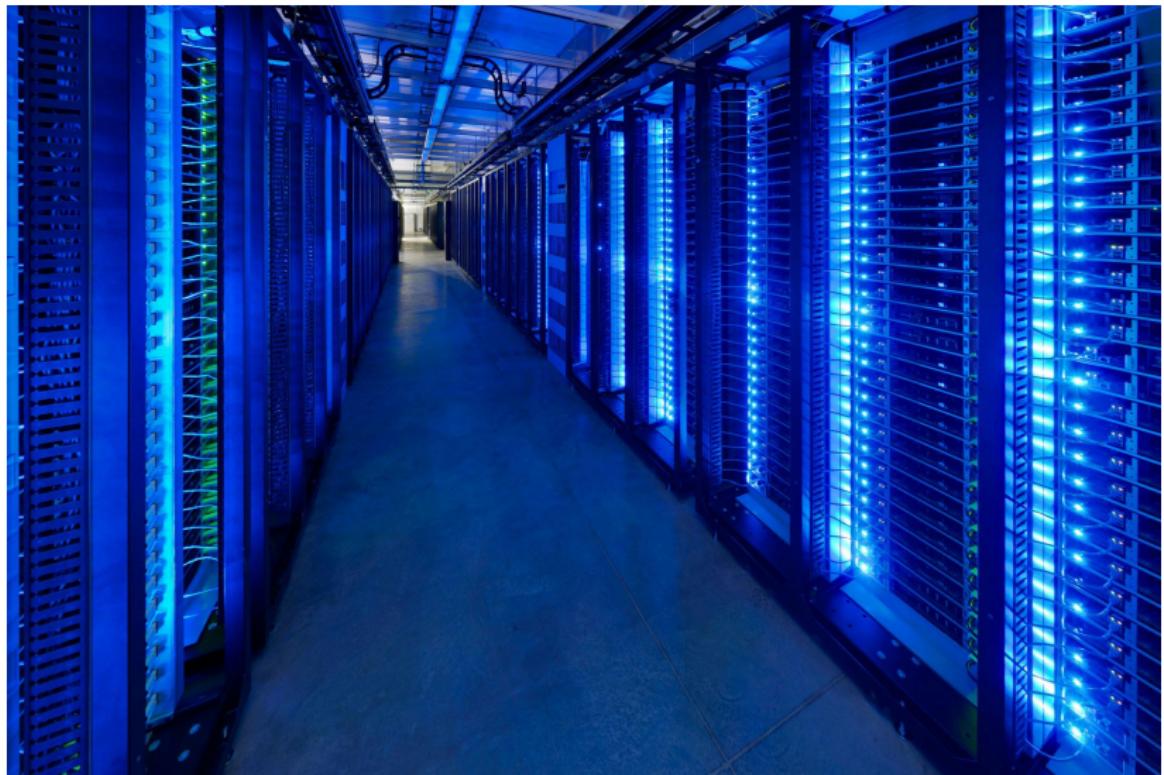


NYSE, circa 1987.



U ovakvim uslovima, Jane Street prvi put prikačinje automatsku Excel 97 + VBA tabelu na berzin sistem... *rest is history.*

So, you want to build a trading system...



Šta se sve nalazi na jednoj berzi



Možete li navesti primere stvari kojima se može trgovati na berzi?



Šta se sve nalazi na jednoj berzi

Možete li navesti primere stvari kojima se može trgovati na berzi?

- ▶ Roba (*commodity*);
- ▶ Akcije neke firme (*equity*);
- ▶ Valuta (*currency*);
- ▶ Obveznice (*bonds*);

Neke komplikovanije stvari:

- ▶ Indeksni fondovi (*Exchange Traded Funds/ETFs*);
- ▶ *Futures*;
- ▶ Opcije (*Options*);
- ▶ Hipoteke (*Mortgage-backed Securities*)
- ▶ Hipoteke? (*CDOs, CDO²s...*)—dovelo do kraha berze 2007.



Akteri

Na berzi se, takođe, može nalaziti više lica koje učestvuju u trgovini:

- ▶ Proizvođači robe;
- ▶ Samostalni trgovci;
- ▶ Informisani trgovci;
- ▶ Nasumični trgovci;
- ▶ *Penzioni fondovi* i sl.;
- ▶ Market-makeri;
- ▶ *Hedge* fondovi;
- ▶ Velike banke i investicione kuće;
- ▶ ...



Interni model berze

- ▶ Berza interno održava jednostavnu strukturu podataka, **knjigu ponuda** (*order book*) za svaku stvar kojom se može trgovati;
- ▶ Knjiga se sastoji od dve sortirane liste *aktivnih ponuda*—jednu za kupovine, drugu za prodaje. Svaka ponuda ima dva parametra, *cenu* i *veličinu*.
- ▶ Uvek važi da je najviša ponuda kupovine manja od najniže ponude prodaje—razlika između njih se često zove *spread*.
- ▶ Kada neko da ponudu koja ne upada u *spread* (“*crossing the spread*”), momentalno se zaključuje trgovina između te osobe i osobe na vrhu knjige, po ceni na vrhu.
- ▶ *First-come, first-serve!*

Početne aukcije



- ▶ Kako odrediti *početnu referentnu cenu*?
- ▶ Efektivno, sluša se “mišljenje mase”—na početku se radi neka vrsta zatvorene aukcije (*Initial Public Offering (IPO)*).
- ▶ Na osnovu individualnih ponuda određuje se početna “fer cena” (*fair value*) koji kasnije može da se slobodno pomera i ne mora biti unutar *spread-a*.
- ▶ *Facebook* je primer kompanije koja je relativno nedavno postigla rekord u početnoj ceni—\$104bn!





Intefejs sa berzom

U suštini, ako se izuzmu razlike u sintaksi, sve berze dozvoljavaju akterima da elektronski šalju poruke ovakvih vrsta:

- ▶ BUY ID SYMB PRICE SIZE
- ▶ SELL ID SYMB PRICE SIZE
- ▶ CANCEL ID
- ▶ CONVERT ID SYMB DIR SIZE

U drugom smeru, berza šalje poruke ovakvih vrsta:

- ▶ ACK ID
- ▶ REJECT ID
- ▶ FILL ID PRICE SIZE
- ▶ OUT ID
- ▶ BOOK [S1:(P, S) S2:(P, S) ...] [S3:(P, S) ...]
- ▶ TRADE SYMB PRICE SIZE

FIX



- ▶ Ne postoji objedinjeni standard za komunikaciju—mada, sve više aktera prihvata *Financial Information eXchange (FIX)* protokol.

```
8=FIX.4.2 | 9=178 | 35=8 | 49=PHLX | 56=PERS |
52=20071123-05:30:00.000 | 11=ATOMNOCCC9990900 | 20=3
| 150=E | 39=E | 55=MSFT | 167=CS | 54=1 | 38=15 |
40=2 | 44=15 | 58=PHLX EQUITY TESTING | 59=0 | 47=C |
32=0 | 31=0 | 151=15 | 14=0 | 6=0 | 10=128 |
```

Koji jezik koristiti?!



- ▶ Postavlja se pitanje: koji jezik je najprikladniji za implementaciju? Odgovor zavisi od namene...
- ▶ *High Frequency Trading (HFT)* firme se oslanjaju na jako brze algoritme, koji treba da preteknu konkurenčiju na “očiglednim” strategijama (“*nisam mnogo pametan ali sam brz*”)—za njih je najprikladniji uglavnom **C++**.
- ▶ Ukoliko se firma oslanja na malo pametnije strategije, može da priušti implementaciju u “bezbednjem” i “održivijem” jeziku; npr. za *Jane Street*-ov trgovinski hakaton (*koji uskoro, nadamo se, dolazi u Srbiju!*) koristili smo **Javu**.
- ▶ Ekstremni slučaj—funkcionalni jezici (*Jane Street: OCaml*).

Knight Capital



- ▶ Jedan od razloga zašto jezici poput C++-a nisu preterano preporučljivi je i slučaj kompanije *Knight Capital*.



- ▶ Inženjer je zaboravio da ubaci najnoviju verziju softvera na jednu od mašina za trgovinu. Ova nova verzija je dala novu upotrebu jednoj globalnoj promenljivoj, dok je na staroj verziji ona aktivirala softver koji je testirao vrlo riskantne strategije...
- ▶ Softver je pušten, niko nije primetio... izgubljeno oko \$440M za manje od sat vremena!
- ▶ Kad smo već kod katastrofa... sledi insert iz filma *The Big Short*.



Praćenje pozicija

- ▶ Ovo sve deluje lako za implementaciju, ali stvari nisu toliko jednostavne...
- ▶ Vrlo veliki (i najvažniji) problem—u svakom momentu imati tačan uvid u naše *pozicije* (koliko koje akcije imamo, i po kojoj ceni smo ih kupili/prodali)!
- ▶ Na osnovu ovoga se donose praktično sve odluke naših algoritama...
- ▶ Moramo pažljivo birati naše strukture podataka da bismo mogli da ih ažuriramo u realnom vremenu i bez grešaka!

Infrastrukturni problemi



- ▶ Daleko je veća katastrofa ako se preoptereti berza nego ako se preoptereti par korisnika...
- ▶ Zato berza šalje poruke preko UDP protokola umesto TCP—daleko je teže uspešno uhvatiti sve podatke precizno i na vreme!
- ▶ Uglavnom su neophodne replike mašina ukoliko dođe do ispuštenih poruka, neočekivanih hardverskih kvarova...
- ▶ Još jedan problem je **nedeterminizam** zbog distribuiranosti i *multithreadinga* na nekim berzama—*NASDAQ* je single-threaded, ali *NYSE* nije!



Potencijalni problemi

Jako je teško dobiti direktni pristup ka berzi

- ▶ Uglavnom se koriste brokeri kao posrednici (potencijalno može nastati ogroman broj *middleman* problema)
 - ▶ Razlike u protoklima
 - ▶ Vaše knjige moraju biti usklađene
 - ▶ Broker može bankrotirati

$0.1 \neq 1/10$

- ▶ Ogroman implementacijski problem mnogih sistema za trgovinu na berzi je precizno računanje izraza čiji su parametri realni brojevi

Legal & Compliance



1000 berza 1000 pravila...

- ▶ Slanje porudžbina koje nemaju smisla (sudeći po berzi)
 - ▶ SAD - porudžbina se blokira
 - ▶ Japan - porudžbina se ne blokira
 - ▶ Kina - ukoliko uspete da destabilizujete ekonomiju unutar države bićete proglašeni za državnog neprijatelja!
- ▶ Na Kineskoj berzi cene se ne mogu drastično menjati tokom jednog dana - berza to ne dozovljava (zaštita od kraha berze)
- ▶ U Hong Kongu morati imati kopije svakog mejla ikada poslatog ili primljenog sačuvane na serveru u Hong Kongu!

Standardne *trading* strategije



- ▶ Arbitraža
 - ▶ Indeksni fondovi (engl. *Exchange Traded Funds*) - SPY
 - ▶ Kupovanje veoma jeftinih deonica (engl. *penny stocks*)
 - ▶ “Peniovanje” (engl. *pennying*)
 - ▶ buy low + 1 penny
 - ▶ sell high - 1 penny
- ▶ Uzimanje sa vrha knjige (engl. *taking*)
 - ▶ Ako procenimo da je realna vrednost izvan granica knjige, onda uzimamo deonice direktno sa vrha knjige

A sad... *market-making game!*

