

# Pörssikurssien salamaromahdukset ja ultranopea kaupankäynti

TOMMI A. VUORENMAA, PHD

Aekraes Kodex, RAR, Triangle Intelligence  
[tommiavuorenmaa.net](http://tommiavuorenmaa.net), [triangleintelligence.com](http://triangleintelligence.com), [aekraes.com](http://aekraes.com),  
[twitter.com/tvuorenm](https://twitter.com/tvuorenm), [meetup.com/at-anonymous](https://meetup.com/at-anonymous), [versustakes.co](http://versustakes.co)

4.4.2017 Helsingin Osakesäästäjien sijoituskerho

# Taustaa

- Valtiotieteiden tohtori (rahoituksen ekonometria), Helsingin yliopisto 2008, väitöskirjan otsake: ***“Elements of Volatility at High Frequency”***
- Valo Research and Trading, johtoasema, 2012 – 2014
- Suomen Kuvalehti 2013: *“Kvantti”*
- Startup-projekteja liittyen automatisoituun kaupankäyntiin
- Nykyisin vaihtoehtoiset kryptovaluutat, erilaiset lohkoketju-teknologiasovellukset, ultranopeat kaupankäyntialgoritmit
- Tulevia esiintymisiä: toukokuussa The Trading Show Chicago

# Sisällys

- Taustaa ultranopealle kaupankäynnille
- HFT:n määrittely ja regulaatiosuunnitelmia
- Esimerkki 1: vuoden 2010 salamaromahdus USA:ssa
- Mallinnus ja sen opit
- Hintapykälän merkitys ultranopeassa kaupankäynnissä
- Esimerkki 2: vuoden 2016 salamaromahdus punnassa
- Kurssimanipulaatio ja romahdusten selvitystyö
- Backtestaamisen rooli ennalta ehkäisevänä tekijänä

# Merkittäviä ultranopeita kaupankäyntifirmoja

- KCG (USA)
- Virtu Financial (USA)
- Jump Trading (USA)
- Tower Research Capital (USA)
- Tradebot Systems (USA)
- Flow Traders (Netherlands)
- IMC (Netherlands)
- DRW Trading (USA)
- Allston Trading (USA)
- Optiver (Netherlands)

Wall Street Journal 3.8.2016:

High-Frequency Trading Firm Virtu Partners With J.P. Morgan Chase

Bloomberg 16.3.2017:

Virtu Inc. offered to buy KCG Holdings Inc. for as much as \$1.3 billion, amid signs the high-speed trading industry is finding it harder to make money

Financial News 17.3.2017:

Virtu's \$1.3bn move on KCG highlights how a lack of volatility is forcing consolidation

About 48 100 results (0,30 seconds)

## Virtu Financial Inc

NASDAQ: VIRT - 31 Mar, 16.55 GMT-4

**17,00** USD ↑0,10 (0,59 %)

After-hours: 16,90 +0,59 %



|      |       |           |       |
|------|-------|-----------|-------|
| Open | 16,85 | Mkt cap   | 2,40B |
| High | 17,05 | P/E ratio | 19,89 |
| Low  | 16,85 | Div yield | 5,65% |

Google Finance - Yahoo Finance - MSN Money

Disclaimer

## Virtu Financia



Company

Virtu Financial is one of the largest high-frequency trading and market making firms. It provides two-sided quotations and trades in equities, commodities, currencies, options, fixed income, and other ... [Wikipedia](#)

**Founder:** [Vincent Viola](#)

**Founded:** 2008

**CEO:** [Douglas A. Cifu](#) (Nov 2013–)

**Revenue:** 796.2 million USD (2015)

**Headquarters:** [United States of America](#)

**Number of employees:** 148 (2015)

**Net income:** 197.5 million USD (2015)

Disclaimer

[Feedback](#)

[All](#)[News](#)[Images](#)[Videos](#)[Maps](#)[More](#)[Settings](#)[Tools](#)

About 11 600 000 results (0,45 seconds)

## Flow Traders NV

AMS: FLOW - 3 Apr, 11.55 CEST

29,63 EUR ↑0,09 (0,30 %)

[1 day](#)[5 day](#)[1 month](#)[3 months](#)[1 year](#)[5 years](#)[max](#)

Open 29,66  
High 29,68  
Low 29,24

Mkt cap 1,38B  
P/E ratio 15  
Div yield 4,22%

[Google Finance](#) - [Yahoo Finance](#) - [MSN Money](#)

[Disclaimer](#)

## Flow Traders N.V.

Company

**Founded:** 2004

**Headquarters:** [Netherlands](#)

**CEO:** [Dennis Dijkstra](#) (Jan 2014–), [Sjoerd Rietberg](#) (Jan 2014–)

**Founders:** [Roger Hodenius](#), [Jan van Kuijk](#)

**Subsidiaries:** [Flow Traders U.S. B.V.](#), [Flow Traders US LLC](#), more

[Disclaimer](#)

[Feedback](#)

## Ultranopean automatisoidun kaupankäynnin hyvät, pahat ja rumat

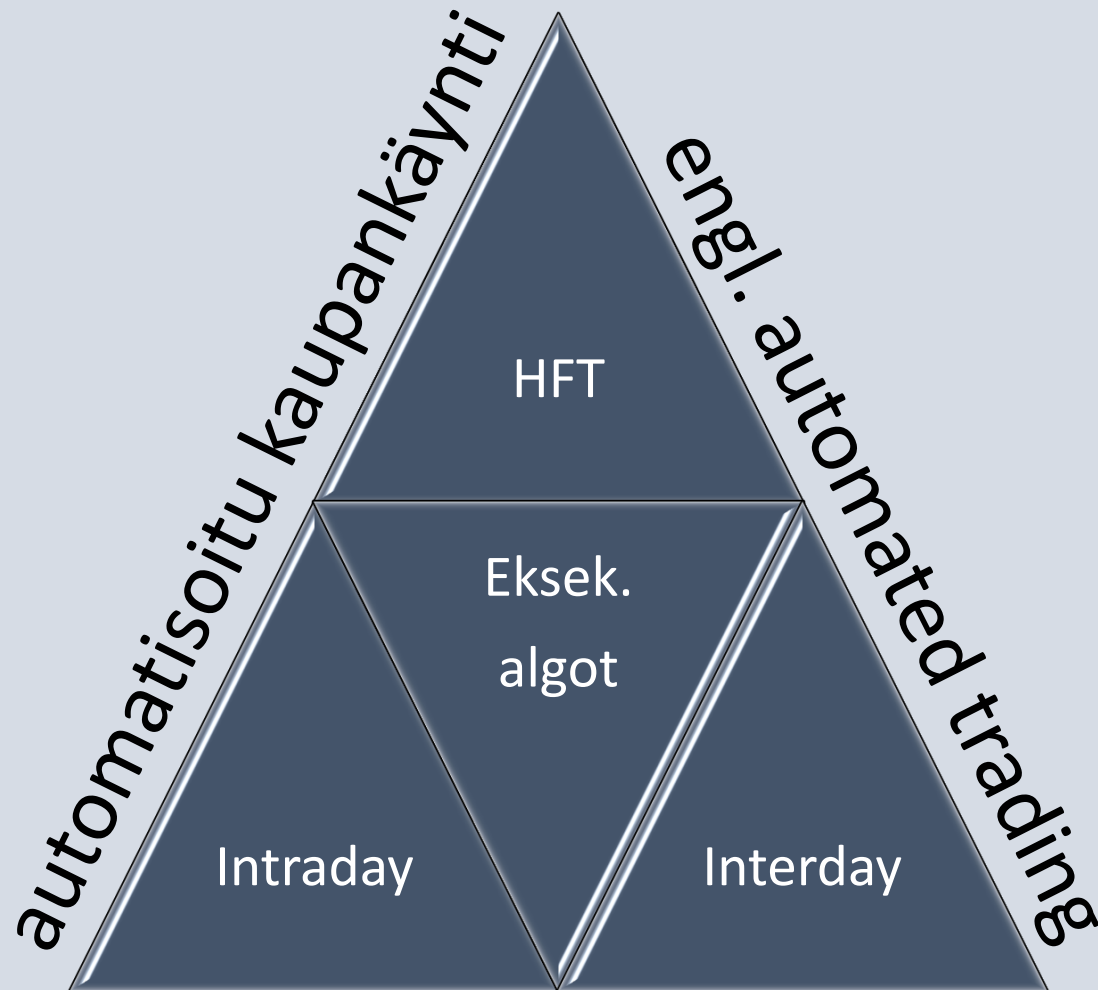
Tommi A. Vuorenmaa

*VTT, tutkimusjohtaja*

Valo Research and Trading

Käsittelen tässä artikkelissa yleisellä tasolla ultranopean automatisoidun kaupankäynnin väitettyjä hyviä ja huonoja vaikutuksia rahoitusmarkkinoiden toiminnan laatuun.<sup>1</sup> Jaan huonot vaikutukset selvyden vuoksi kahteen

koihin.<sup>2</sup> Keskustelu on rantautunut Suomeenkin, joskaan ei yhtä kuumementuneena. Suomessa arvopaperikaupankäynnillä – varsinkaan sen automatisoinnilla – ei ole yhtä suurta roolia kuin esimerkiksi Yhdysvalloissa tai Isossa-Bri-



# Ultranoopen kaupankäynnin määrittelystä

- Euroopan komissio määrittelee ultranoopen kaupankäynnin osana tulevaa “Markets in Financial Instruments” direktiiviä (MiFID2)
- Nopeutta maksimoiva infrastruktuuri toimeksiantoja tehtäessä
- *“...one sending at least two messages per second for a single instrument on any trading venue, or at least four messages per second in respect to all instruments being traded on a venue...”*
- MiFID2:n määrä astua voimaan tammikuussa 2018
- European Securities and Markets Authority (ESMA) kerää dataa noin 300 kauppapaikasta, koskien noin 15 miljoonaa rahoitusinstrumenttia

# Euroopan komission motivaatio

- Markus Ferber, Euroopan parlamentin MEP: *"The 2010 flash crash in New York has shown what can happen if high frequency trading gets out of control. Such an incident must never happen in Europe."*
- Regulaatioita on täten kiristettävä: *"HFT would now be subject to more control and transparency rules, and the European Parliament will look very closely to check that the rules cannot be circumvented..."*

# Pääesimerkki: 6. toukokuuta, 2010

- Kesto yhteensä noin 20 minuuttia, iltapäivällä kello 14:32 ("EST") →
- SEC/CFTC julkaisi aiheesta tutkimusraportin syyskuussa 2010
- Raportissa identifioitiin useita eri tyyppisiä arvopaperikaupankävijöitä
- Raportissa kiinnitettiin erityistä huomiota — mutta nimeltä mainitsemattomaan — sijoitusrahastoon (engl. "mutual fund complex")
- 75,000 E-Mini S&P500 indeksifutuuria (arvoltaan noin \$4.1 miljardia) tuli myyntiin algoritmin eksekutoimana, suojaamaan osakepositiota
- Toiseksi tärkeäksi kaupantekijäryhmäksi SEC/CFTC nosti ultranopeat (automatisoidut) treiderit (engl. "high-frequency traders")



# FINDINGS REGARDING THE MARKET EVENTS OF MAY 6, 2010

---

REPORT OF THE STAFFS OF THE CFTC  
AND SEC TO THE JOINT ADVISORY  
COMMITTEE ON EMERGING  
REGULATORY ISSUES



U.S. Commodity Futures Trading Commission  
Three Lafayette Centre, 1155 21<sup>st</sup> Street, NW  
Washington, D.C. 20581  
(202) 418-5000  
[www.cftc.gov](http://www.cftc.gov)



U.S. Securities & Exchange Commission  
100 F Street, NE  
Washington, D.C. 20549  
(202) 551-5500  
[www.sec.gov](http://www.sec.gov)

Download this Paper

Open PDF in Browser

Share:     

# An Agent-Based Model of the Flash Crash of May 6, 2010, with Policy Implications

39 Pages

Posted: 7 Oct 2013

Last revised: 27 Feb 2014

[Tommi A. Vuorenmaa](#)

Triangle Intelligence

[Liang Wang](#)

University of Cambridge

Date Written: February 26, 2014

**Abstract**

## Paper statistics

DOWNLOADS  
**2,492**

RANK  
**3,630**

ABSTRACT VIEWS  
**14,642**

**24** [References](#) 

# Simuloitu salamaromahdus

- Mallinnetaan 6. toukokuu (“May 6th”) 2010 tapahtumia
- Tulokset yleistettävissä vastaavan tyyliin salamaromahduksiin
- Noudatetaan SEC/CFTC:n raporttia romahduksen mekanismista
- Simulaatio: <https://www.youtube.com/watch?v=0pBreyekwJs&t=84s>
- Simuloinnissa seurataan ultranopeiden treiderien inventaarioiden asemaa ja suuruutta (värikoodilla) nollainventaarion ympärillä
- Salamaromahduksen jyrkimmässä alaspäinmenovaiheessa ultranopeat treiderit toimivat kokonaisuudessaan “bufferina”

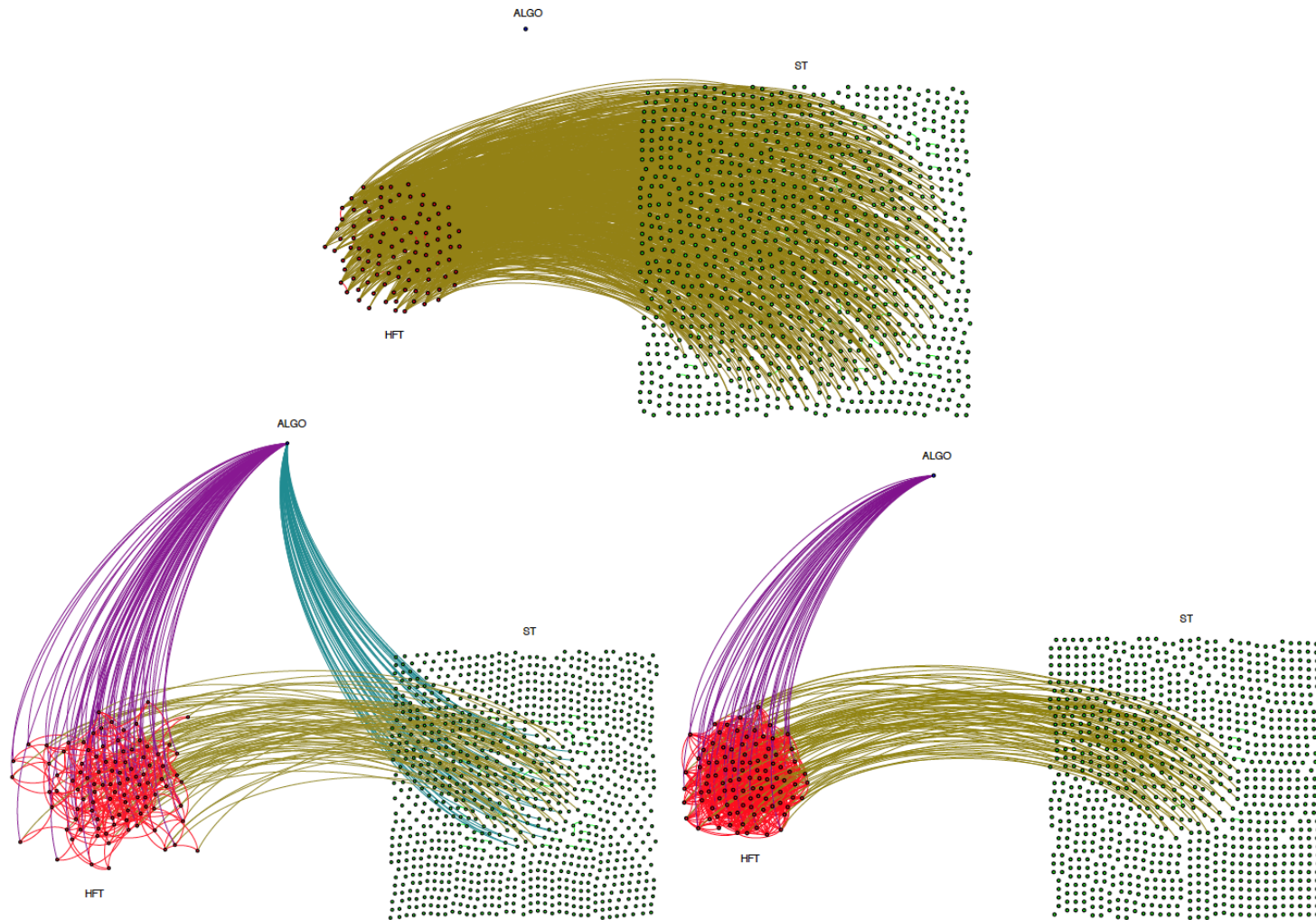


Figure 5: Network snapshots of the market behaving normally (top), when ALGO starts selling and HFTs absorb the initial sell pressure a moment before the hot-potato effect starts (bottom left), and when the price reaches its trough (bottom right).

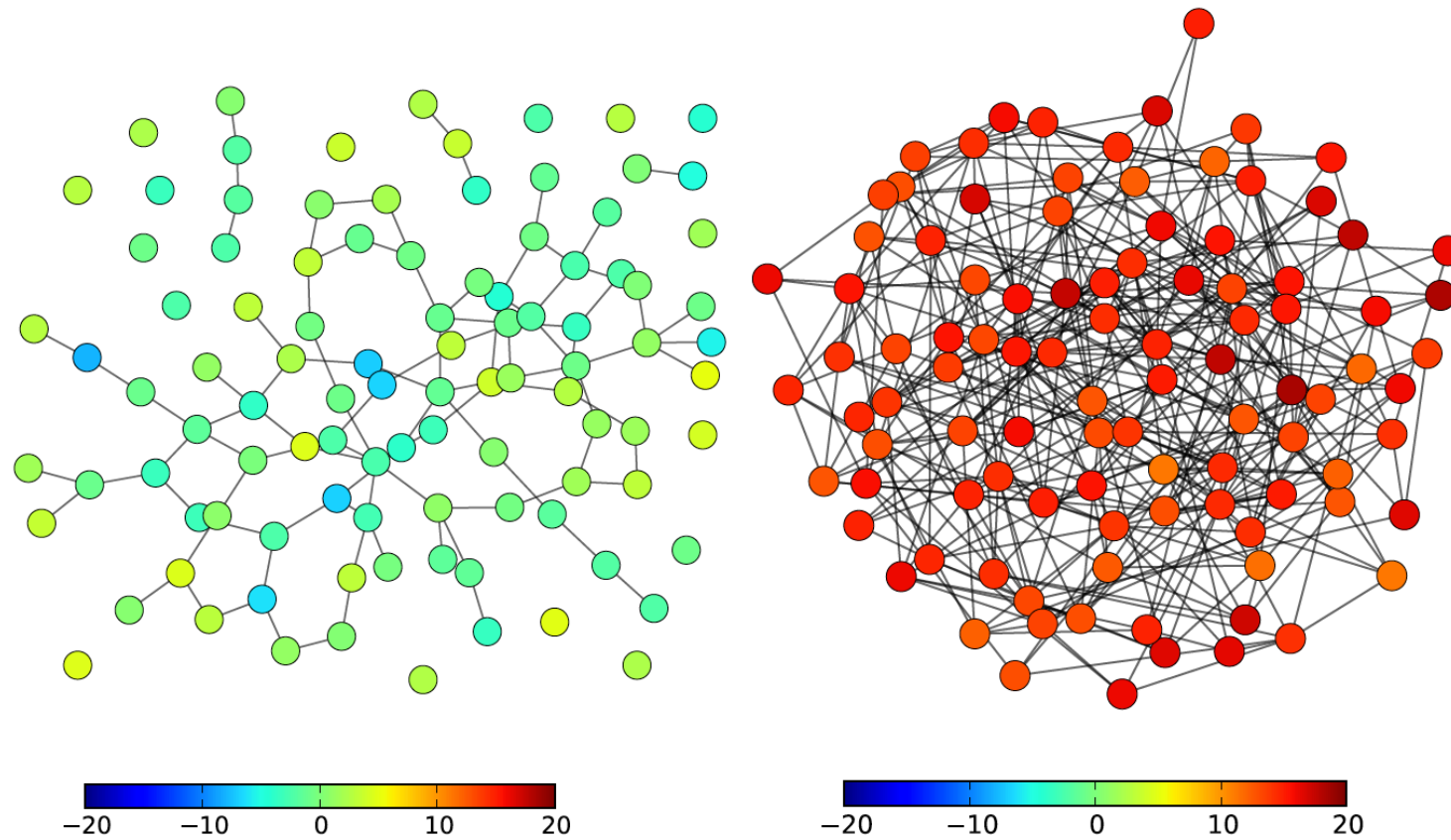


Figure 4: Network snapshots before (left) and during (right) the simulated flash crash. The nodes represent the HFT agents and the color range represents the inventory size.

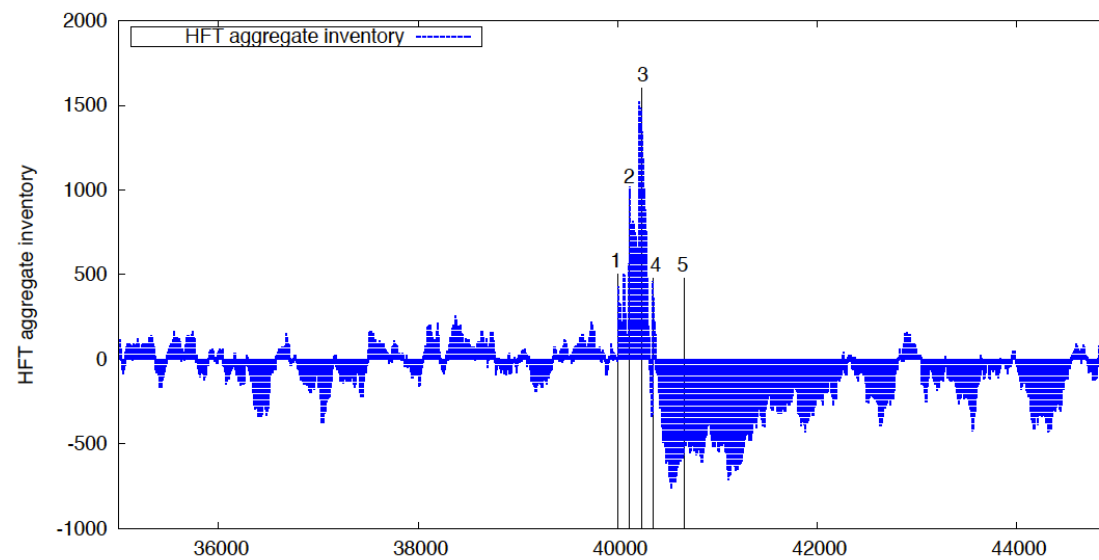


Figure 6: Simulated price and aggregate HFT inventory position. The following phases are marked: (1) the ALGO agent starts selling, (2) the HFT agents accumulate enlarged inventory positions and start to trade more actively with each other, (3) the hot-potato effect reaches its climax, (4) the price reaches its trough and starts the rebound, and (5) the ST agents buy aggressively while the ALGO sell-program gets terminated.

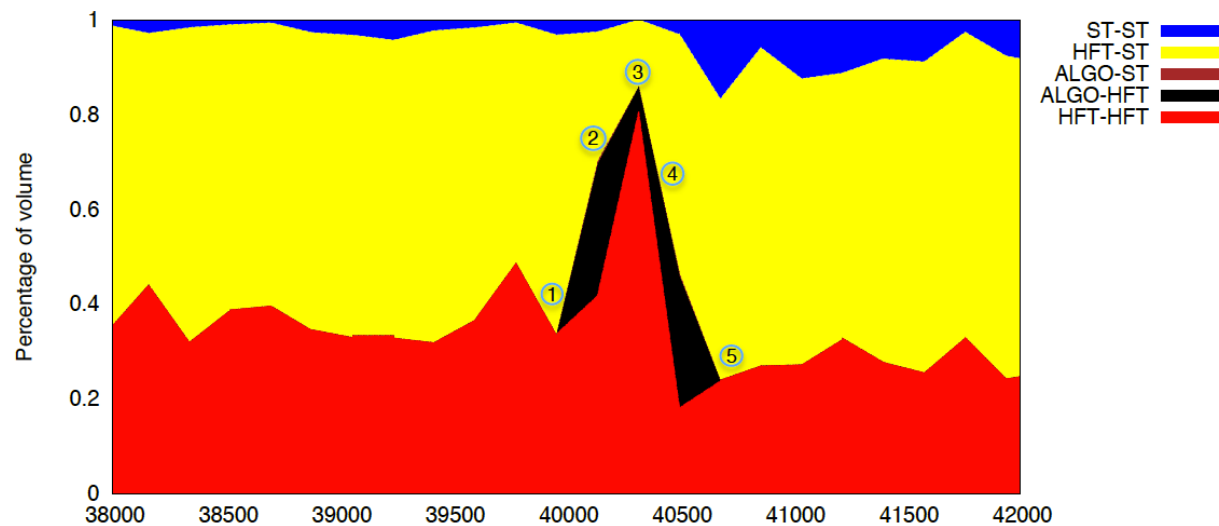


Figure 3: Decomposition of the traded volume in percentages. The following phases are marked: (1) the ALGO agent starts selling, (2) the HFT agents accumulate enlarged inventory positions and start to trade more actively with each other, (3) the hot-potato effect reaches its climax, (4) the price reaches its trough and starts the rebound, and (5) the ST agents buy aggressively while the ALGO sell-program gets terminated.

# Mallin politiikkasävytteiset johtopäätökset

- Hintapykälän (engl. “tick-size”) suuruus vaikuttaa salamaromahdusten todennäköisyyteen, jos noudatetaan mallin alkuperäisiä oletuksia
- Volatiliteetti liittyy hintapykälän kokoon spreadin kautta (“bid-ask bouncing” -efekti) sekä fundamentti-informaatioon kuten uutisiin
- *Ts. Mitä suurempi hintapykälä, sitä enemmän mikrosktruukturista kohoavaa volatilateettia, mutta pienempi salamaromahduksen riski*
- *Ts. Mitä pienempi hintapykälä, sitä vähemmän mirostruktuurista kohoavaa volatilateettia, mutta suurempi salamaromahduksen riski*

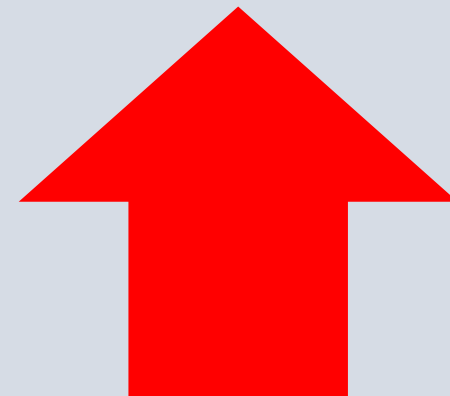
Kun mallissa  
pienentää  
hintapykälää



Vola



(FC)  
Riski



- Näin voitaisiin etsiä optimaalista tasoa hintapykälän koolle, jos tiedettäisiin miten painottaa eri päämääriä (“mitä riski on”)
- Nykyisin hintapykälän koko liitetään usein arvopaperin hintaan
- Nasdaq Nordicissa on useita eri kokoja jotka riippuvat myös maasta

<http://business.nasdaq.com/Docs/INET-Nordic-Market-Model.pdf>

| 8 matches <   > Q 39 Done                                                                       |                                                                            |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Nasdaq Helsinki</b><br><br><div> Esim. Nokia<br/> Ma 3.4.2017<br/> <b>Hinta 4.954</b> </div> | <b>XHEL Equities EUR, FESE2</b>                                            |          |
|                                                                                                 | <b>(Equities – Large Cap, OMXH25 and Subscription Rights)</b>              |          |
|                                                                                                 | 0.0000 - 0.4999                                                            | 0.0001   |
|                                                                                                 | 0.5000 - 0.9995                                                            | 0.0005   |
|                                                                                                 | 1.0000 - 1.9990                                                            | 0.0010   |
|                                                                                                 | 2.0000 - 4.9980                                                            | 0.0020   |
|                                                                                                 | 5.0000 - 9,9950                                                            | 0.0050   |
|                                                                                                 | 10.0000 - 49.9900                                                          | 0.0100   |
|                                                                                                 | 50.0000 - 99.9500                                                          | 0.0500   |
|                                                                                                 | 100.0000 - 499.9000                                                        | 0.1000   |
|                                                                                                 | 500.0000 - 999.5000                                                        | 0.5000   |
|                                                                                                 | 1,000.0000 - 4,999.0000                                                    | 1.0000   |
|                                                                                                 | 5,000.0000 - 9,995.0000                                                    | 5.0000   |
|                                                                                                 | 10,000.0000 - 19,990.0000                                                  | 10.0000  |
|                                                                                                 | 20,000.0000 - 39,980.0000                                                  | 20.0000  |
|                                                                                                 | 40,000.0000 - 49,960.0000                                                  | 40.0000  |
|                                                                                                 | 50,000.0000 - 79,950.0000                                                  | 50.0000  |
|                                                                                                 | 80,000.0000 - 99,920.0000                                                  | 80.0000  |
|                                                                                                 | 100,000.000 -                                                              | 100.0000 |
|                                                                                                 | <b>XHEL Other Equities</b>                                                 |          |
|                                                                                                 | <b>(equities that are not comprised by the FESE2 table; Equity Rights)</b> |          |
|                                                                                                 | 0.00 - 0.499                                                               | 0.001    |
|                                                                                                 | 0.50 - 0.995                                                               | 0.005    |

Download this Paper

Open PDF in Browser

Share:     

# Decimalization, Realized Volatility, and Market Microstructure Noise



*Helsinki Center of Economic Research Discussion Paper No. 217*

48 Pages

Posted: 9 May 2008

Last revised: 1 Nov 2011

[Tommi A. Vuorenmaa](#)

Triangle Intelligence

Date Written: December 1, 2010

## Abstract

This paper carefully examines the effect of decimalization on volatility and market microstructure noise. We apply several nonparametric estimators in order to accurately measure volatility and market

## Paper statistics

DOWNLOADS

160

RANK

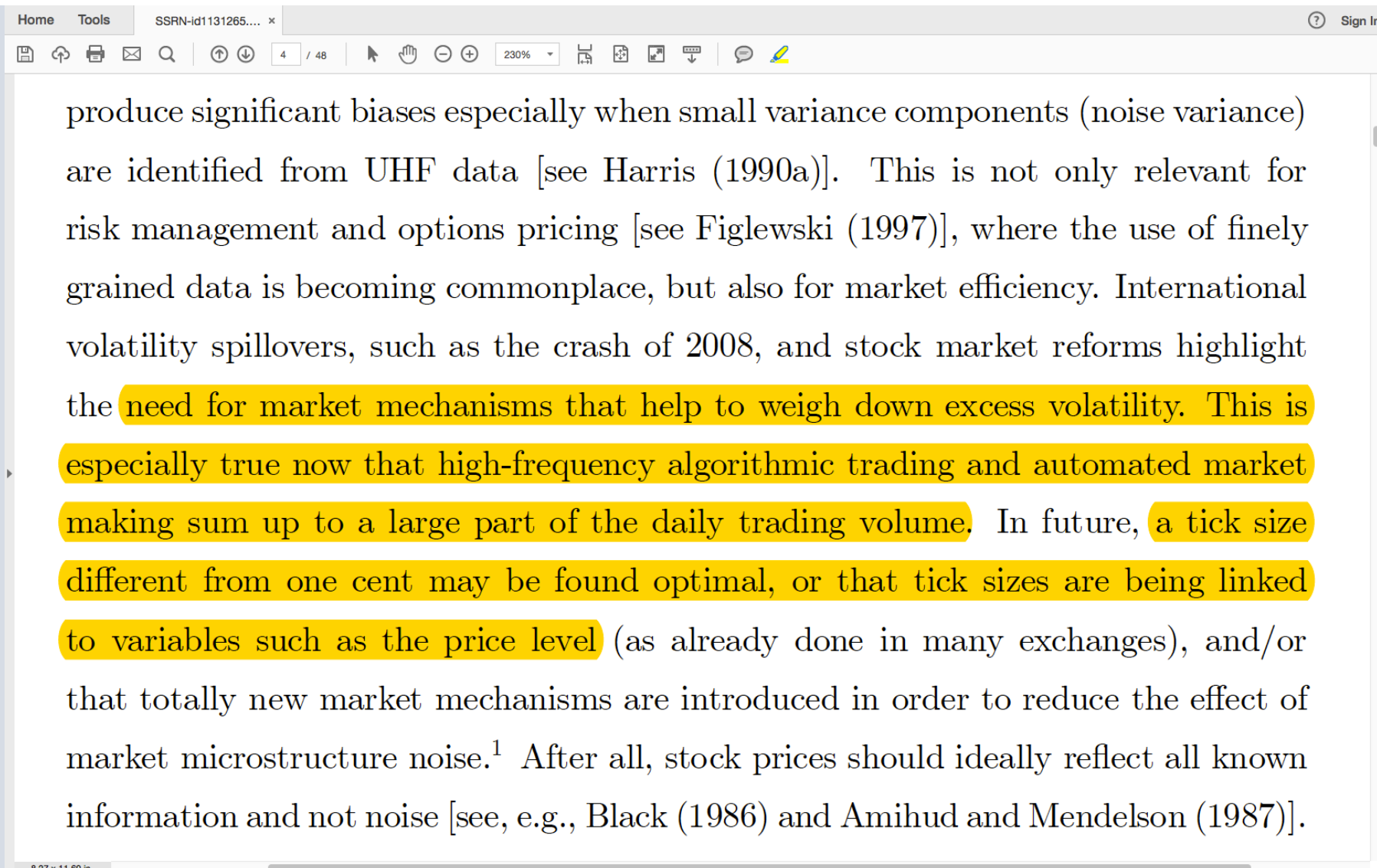
148,917

ABSTRACT VIEWS

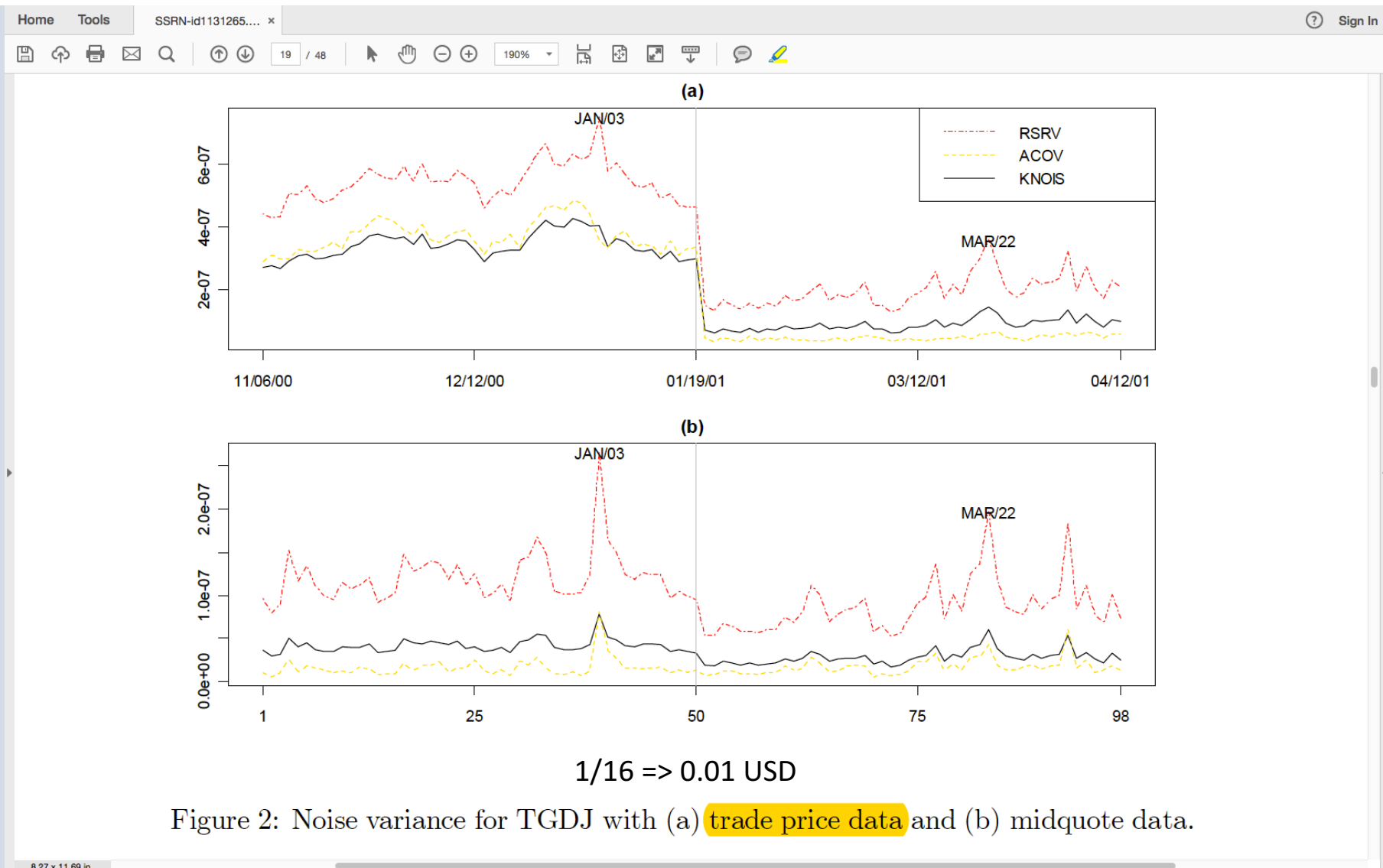
837

140 [References](#) >

Tommi A. Vuorenmaa (tvuorenm@gmail.com), 4. huhtikuuta, 2017; Esitys: Helsingin Osakesäästäjien huhtikuun sijoituskerho



produce significant biases especially when small variance components (noise variance) are identified from UHF data [see Harris (1990a)]. This is not only relevant for risk management and options pricing [see Figlewski (1997)], where the use of finely grained data is becoming commonplace, but also for market efficiency. International volatility spillovers, such as the crash of 2008, and stock market reforms highlight the need for market mechanisms that help to weigh down excess volatility. This is especially true now that high-frequency algorithmic trading and automated market making sum up to a large part of the daily trading volume. In future, a tick size different from one cent may be found optimal, or that tick sizes are being linked to variables such as the price level (as already done in many exchanges), and/or that totally new market mechanisms are introduced in order to reduce the effect of market microstructure noise.<sup>1</sup> After all, stock prices should ideally reflect all known information and not noise [see, e.g., Black (1986) and Amihud and Mendelson (1987)].



# Ultranopeat treiderit ja hintapykälän koko (+)

- Mitä pienempi hintapykäle, sitä enemmän mahdollisuuksia on aktiiviseen kaupankäyntiin – hinta voidaan asettaa monin eri tavoin
- Mitä suurempi vaihtuvuus (kaupankäynnin volyymi), sitä enemmän mahdollisuuksia tehdä rahaa, erityisesti kun volatilitetti kasvaa
- Monet pienet kaupat mahdollistavat tarkemman riskien hallinnan
- Riskien hallinnassa keskeistä on pitää inventaario lähellä nollaa
- Rahoitusmarkkinoista tulee tällöin “äärimmäisen tehokkaat”
- Lisäksi algoritmit jättävät jäljen jota voidaan analysoida jälkikäteen

# Ultranopeat treiderit ja hintapykälän koko (-)

- Toisaalta pienempi hintakynnys pienentää volatilitteettia pienemmän spreadin kautta, jolloin mahdollisuus tehdä rahaa kaupassa vähenee
- Isommalla hintakynnyksellä tarvitaan “enemmän syytä” muutokseen
- Pienellä kynnyksellä syntyy potentiaalisesti enemmän tilanteita, joissa pienelläkin “manipulaatiolla” voi olla jonkinlaista rahanarvoista etua
- Kaupankäynnin dynamiikka monimutkaistuu, kuten myös algoritmit
- Koska dynamiikka on monimutkaisempaa, manipuloinnin valvonta on myös monimutkaisempaa, mikä voi johtaa virheellisiin johtopäätöksiin

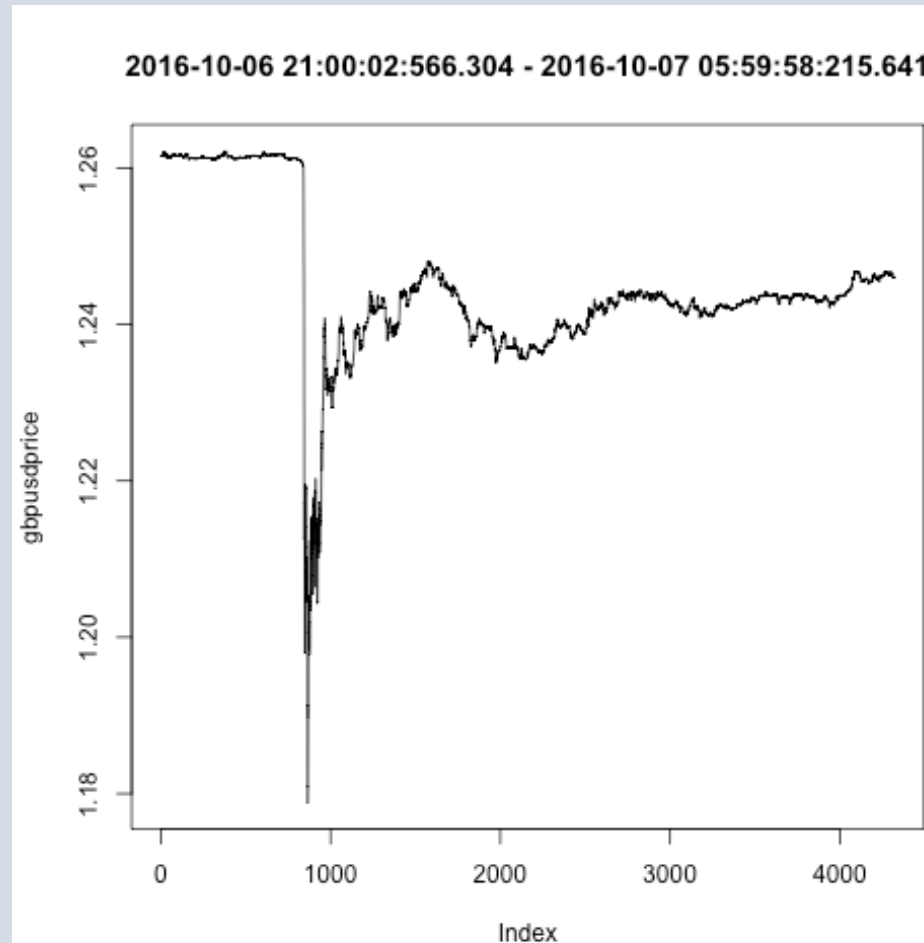
# “Hounslowin hurttä” = “Hound of Hounslow”

- Viisi vuotta toukokuun 2010 salamaromahduksen jälkeen Navinder Singh Sarao asetettiin syytteeseen E-mini futuurien manipuloinnista
- Syyttäjän mukaan Sarao teki \$789,000 tuoton pelkästään 6.5.2010
- Yhteensä \$40M 2010 – 2014, lähinnä E-Mini S&P500 futuureilla CME
- Pääsyytteenä kaupankävijöiden tietoinen harhaanjohtaminen (engl. “spoofing”) ilman todellista tarkoitusta toimeenpanna kauppvoja

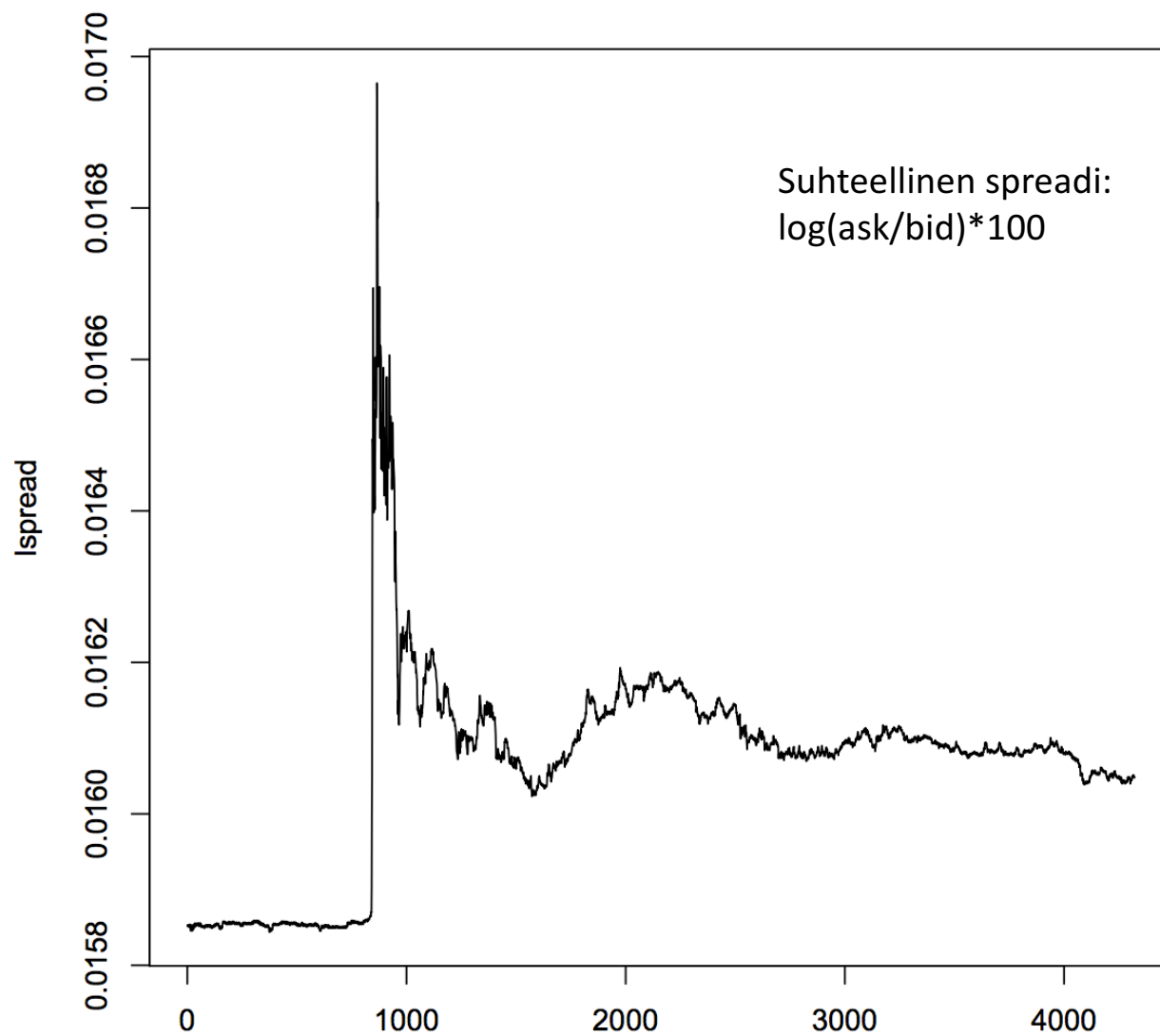
- Sarao jatkoi toimintaansa viranomaisten varoituksista huolimatta
- Sarao myönsi siirtäneensä yhteensä noin \$31M Sveitsin tileilleen
- *“faces up to 30 years in prison after admitting to wire fraud and spoofing under a plea bargain, over the crimes orchestrated from his parents’ home 3,500 miles away in west London.”* (Associated Press.)

# Punнан salamaromahdus: 7. lokakuuta 2016

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| TE | 2016-10-06 23:08:07:683.283 |
| TE | 2016-10-06 23:08:12:708.283 |
| TE | 2016-10-06 23:08:17:742.518 |
| TE | 2016-10-06 23:08:22:731.654 |
| TE | 2016-10-06 23:08:34:610.644 |
| TE | 2016-10-06 23:08:34:891.987 |
| TE | 2016-10-06 23:08:37:882.864 |
| TE | 2016-10-06 23:08:42:918.992 |
| TE | 2016-10-06 23:08:48:165.100 |
| TE | 2016-10-06 23:08:52:891.442 |
| TE | 2016-10-06 23:08:57:920.533 |
| TE | 2016-10-06 23:09:03:066.205 |
| TE | 2016-10-06 23:09:16:421.027 |
| TE | 2016-10-06 23:09:16:739.600 |
| TE | 2016-10-06 23:09:18:020.435 |
| TE | 2016-10-06 23:09:23:124.436 |
| TE | 2016-10-06 23:09:28:389.389 |
| TE | 2016-10-06 23:09:37:762.354 |
| TE | 2016-10-06 23:09:38:255.165 |
| TE | 2016-10-06 23:09:43:257.901 |
| TE | 2016-10-06 23:09:48:314.561 |
| TE | 2016-10-06 23:09:53:177.864 |
| TE | 2016-10-06 23:09:58:259.716 |
| TE | 2016-10-06 23:10:03:316.824 |
| TE | 2016-10-06 23:10:08:447.372 |



|        |   |        |   |
|--------|---|--------|---|
| 1.2189 | 0 | 1.2191 | 0 |
| 1.2181 | 0 | 1.2183 | 0 |
| 1.2193 | 0 | 1.2195 | 0 |
| 1.2191 | 0 | 1.2193 | 0 |
| 1.2142 | 0 | 1.2144 | 0 |
| 1.2115 | 0 | 1.2117 | 0 |
| 1.2045 | 0 | 1.2047 | 0 |
| 1.2087 | 0 | 1.2089 | 0 |
| 1.2056 | 0 | 1.2058 | 0 |
| 1.2103 | 0 | 1.2105 | 0 |
| 1.2095 | 0 | 1.2097 | 0 |
| 1.2079 | 0 | 1.2081 | 0 |
| 1.1788 | 0 | 1.179  | 0 |
| 1.1808 | 0 | 1.181  | 0 |
| 1.1913 | 0 | 1.1915 | 0 |
| 1.1898 | 0 | 1.19   | 0 |
| 1.2007 | 0 | 1.2009 | 0 |
| 1.2054 | 0 | 1.2056 | 0 |
| 1.205  | 0 | 1.2052 | 0 |
| 1.1984 | 0 | 1.1986 | 0 |
| 1.1986 | 0 | 1.1988 | 0 |
| 1.2001 | 0 | 1.2003 | 0 |
| 1.202  | 0 | 1.2022 | 0 |
| 1.2013 | 0 | 1.2015 | 0 |
| 1.1978 | 0 | 1.198  | 0 |



# Tapahtumien kulku kolmessa eri vaiheessa

- Sterling romahti pahimmillaan noin 6 prosenttia kahdessa minuutissa
- Romahdus tapahtui yön hiljaisina hetkinä, kun likviditeetti pienempi
- **Vaihe 1:** kaupankäyntivolyymi kasvaa jyrkästi, spreadi pysyy ennallaan
- **Vaihe 2:** 12:07:15 a.m. spreadi alkaa kasvamaan ja punnan lasku jyrkentyä. 12:07:34 punta on hinnassa \$1.20, tässä vaiheessa ostotarjoukset ovat hävinneet useissa elektronisissa tarjouskirjoissa
- **Vaihe 3 (stabiloituminen):** noin 12:20 a.m. punnan hinta stabiloitunut noin 2.2 prosenttia alemmaksi kuin ennen tapahtumien alkua

# Mitkä ovat salamaromahdusten oikeat syyt?

- Epäselvää kuinka paljon Saraon “nopea kaupankäynti” todella vaikutti salamaromahdukseen — vai oliko kyseessä lähinnä vahinko / sattuma
- Punnan salamaromahdukseenkaan ei ole löytynyt yhtä ainoaa tekijää
- Tarvitaan tarkempaa dataa, jossa yksityiskohtaisempia tietoja tallessa
- CAT (USA): <https://www.sec.gov/news/pressrelease/2016-240.html>
- MIDAS (USA): “Market Information Data Analytics System”:  
<https://www.sec.gov/marketstructure/midas.html#.WOFIxxhh2L8>
- MIDAS-yhteistyökumppani (solmittu 7.6.2012) on Tradeworx, Inc.
- Haaveena “keinoälykkäämpi” automaattinen kontrollointijärjestelmä

# Ultranopeiden (HFT) algoritmien backtestaus

- Liiallinen dataraportointitaso saattaa aiheuttaa kilpailukykyongelmia
- Kyseenalaista kuinka huolella käytetyistä algoritmeista raportoidaan
- Algoritmien tuotantoprosessin täytyy olla läpinäkyvämpi ja integroitu
- Vaaditaan parempaa kaupankäyntialgoritmien etukäteistestaamista
- Haaste “hyvässä backtestauksessa” on sen realistisuus moderneilla, dynaamisilla markkinoilla, jossa mikrosekunnit luovat kilpailuetuja
- Yksi juuri julkistettavista projekteistani (“**RAR-projekti**”) liittyy tähän haasteeseen, pyrimme ratkaisemaan sen innovatiivisella tavalla alentamalla kynnystä kehittää algoritmeja ja tuoda ne markkinoille

KIITOS!

- Blogikirjoituksia AT/HFT/blockchain: [versustakes.co](https://versustakes.co) (pseudonymillä “7/.V”)

## 2 FAST 2 FURIOUS NEED 4 SPEED (HIGH-FREQUENCY TRADING) ANTIDOTE

- Ultranopeisiin kaupankäyntialgoritmiin liittyvä “RAR-projekti”, perustuu projektiin “ArrayResolution” ([hft.exchange](https://hft.exchange))
- Blockchain-startup: [aekraes.com](https://aekraes.com)
- Sähköposti: [tvuorenm@gmail.com](mailto:tvuorenm@gmail.com)
- Twitter: [@tvuorenm](https://twitter.com/tvuorenm)