

Nagy mennyiségű adatok elemzése és előrejelzési felhasználása masszívan párhuzamosítható architektúrával

Készítette:

Retek Mihály

Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdaságföldrajz és Jövő kutatás Tanszék

A Magyar Tudomány Ünnepe 2014

BIG DATA ± FORRADALMASÍTJA MINDENNAPJAINKAT?

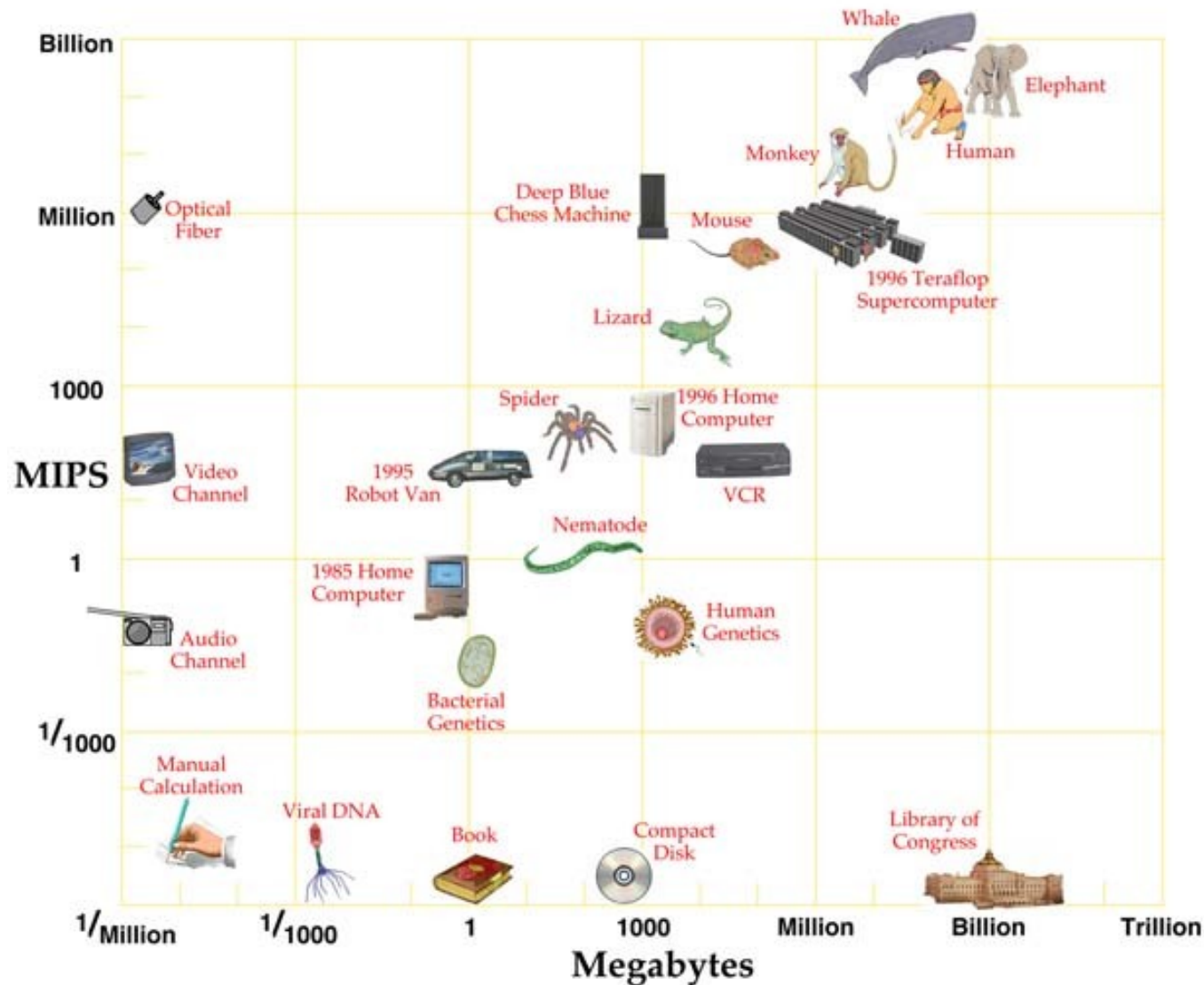
Az MTA IX. Osztály Statisztikai és Jövő kutatási Tudományos Bizottságának tudományos ülése

2014. november 20.

MIPS (millió utasítás per másodperc) és Megabájt

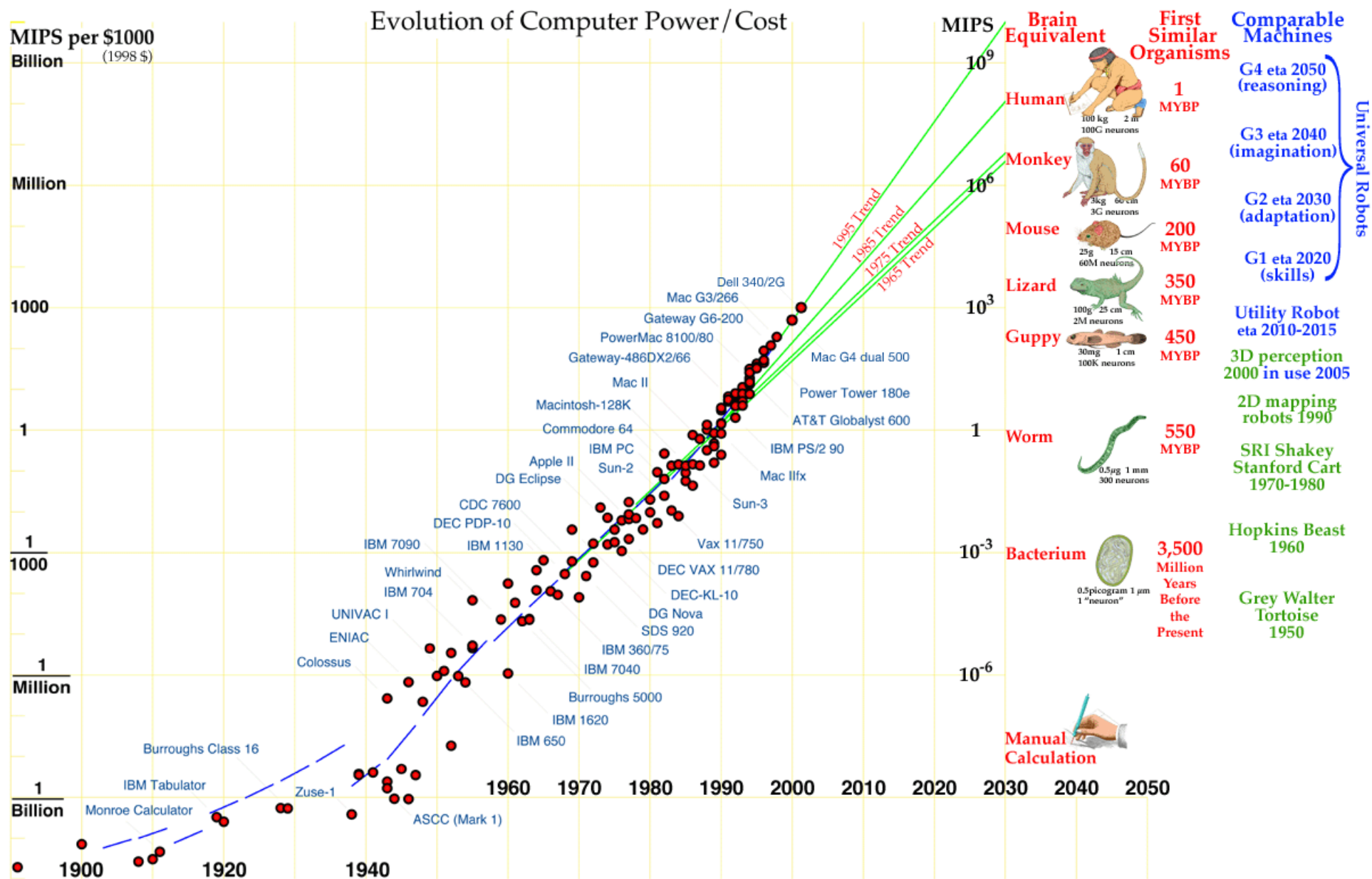
Forrás: <http://www.transhumanist.com/volume1/moravec.htm>

All Things, Great and Small



Forrás: <http://www.transhumanist.com/volume1/moravec.htm>

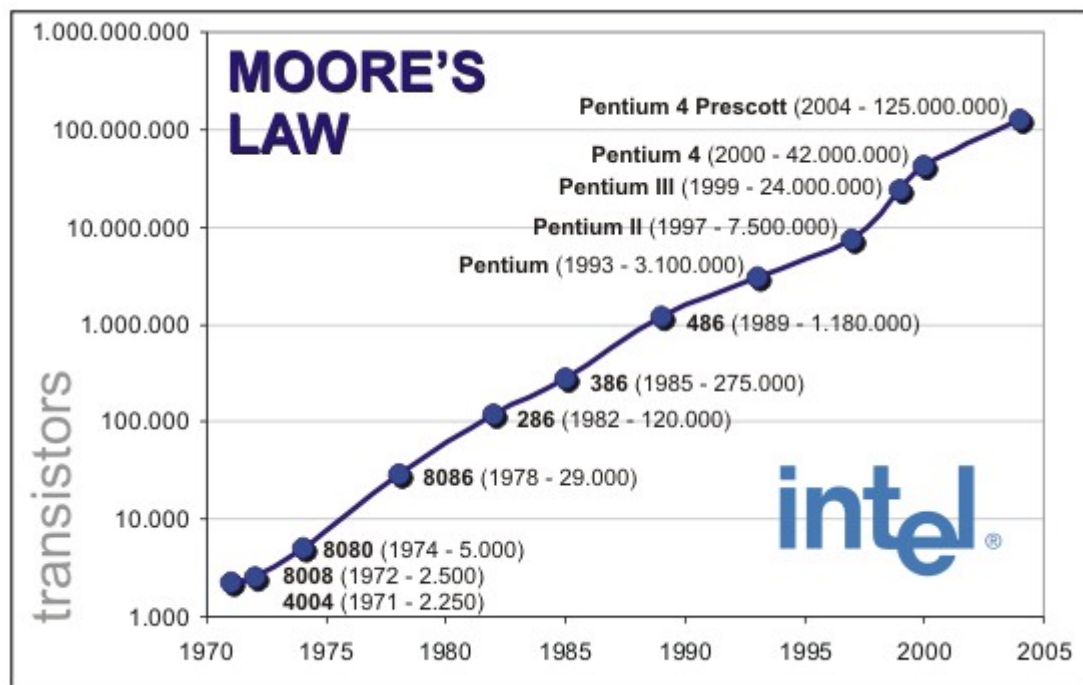
Forrás: <http://www.transhumanist.com/volume1/moravec.htm>



Moore törvénye

(Gordon E. Moore, 1960)

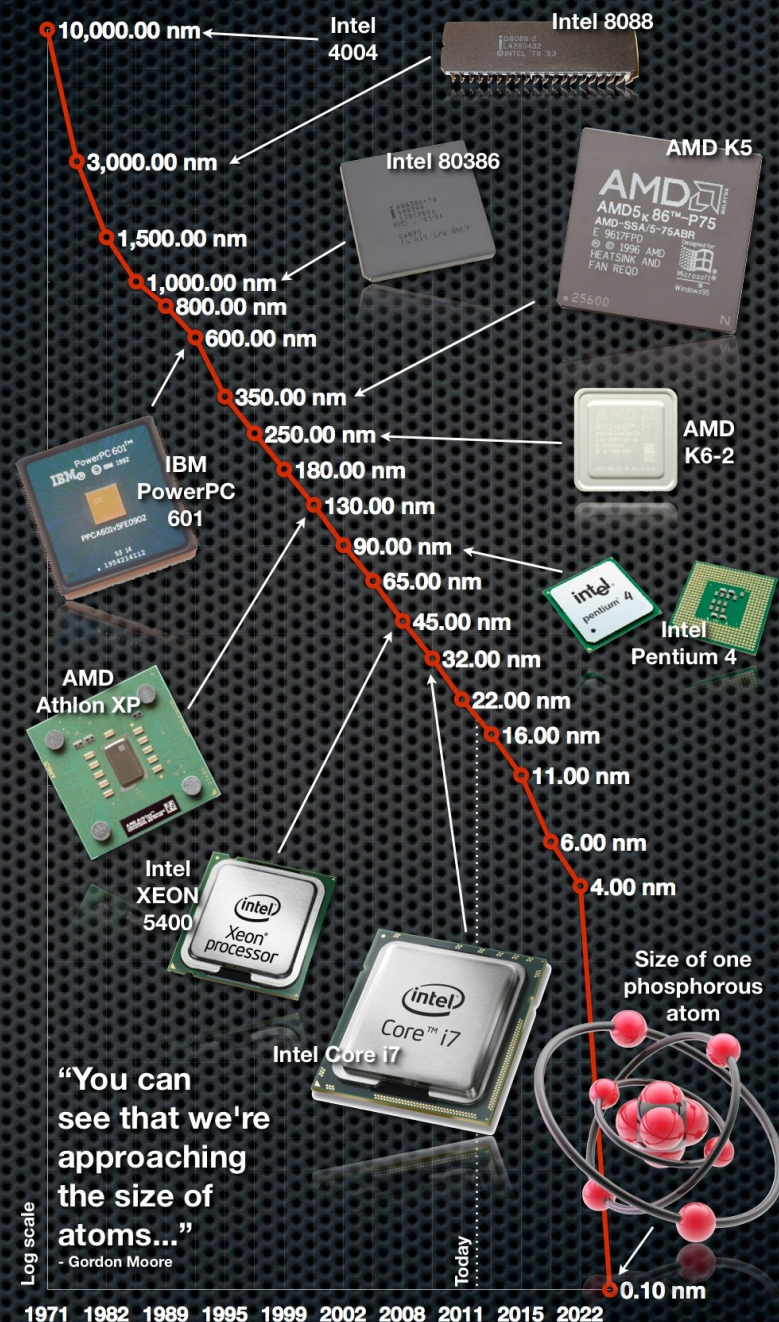
Az integrált áramkörök összetettsége körülbelül 18 hónaponként megduplázódik.



Forrás: intel.com

How small can a transistor be?

The evolution of microprocessor manufacturing processes

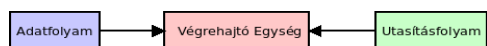


Flynn - féle osztályzás

Michael J. Flynn (1966)

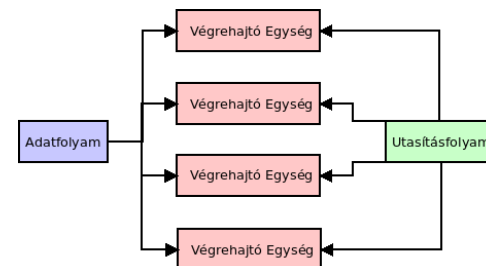
SISD

- **egy időben egyetlen utasítás végrehajtása**
- egymás utáni adatfeldolgozás
- egy vezérlő egységgel és egy aritmetikai-logikai egység
- program utasításai és a feldolgozandó adatok egy tárolóban
- Neumann-elvű gépek



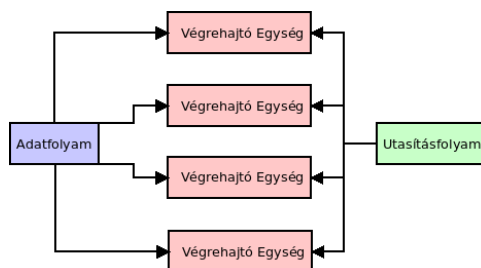
MISD

- **több utasításfolyammal egyetlen adatfolyam feldolgozása.**
- gyakorlati felhasználásba nem léteznek
- “esetlegesen” a pipeline szervezésű processzorok
- “esetlegesen” a hibatűrő architektúrák



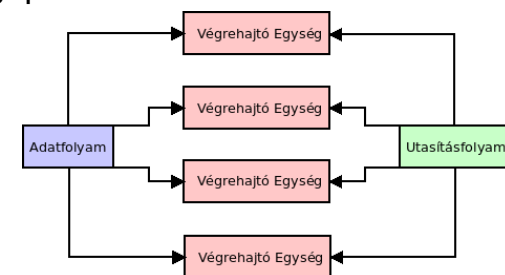
SIMD

- **egy időpontban ugyanaz az utasítás végrehajtása több adaton**
- egy vezérlő egységgel és több aritmetikai-logikai egységgel rendelkeznek
- egymás utáni adatfeldolgozás
- vektorprocesszor
- GPU
- X86 architektúra MMX kiterjesztése

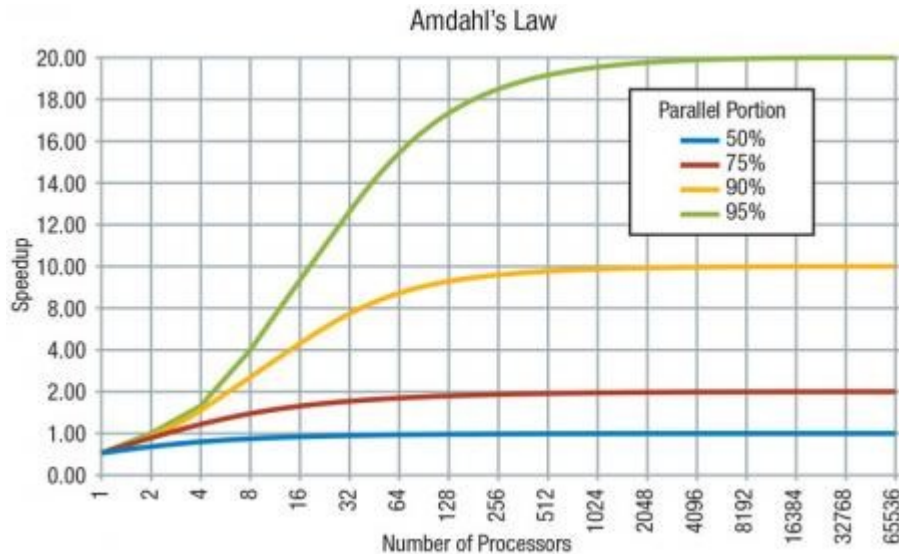


MIMD

- **több utasításfolyam több adatfolyamot dolgoz fel**
- több processzor
- multiprocesszoros számítógép



Amdahl törvénye (1967), Gustafson törvénye (1988)



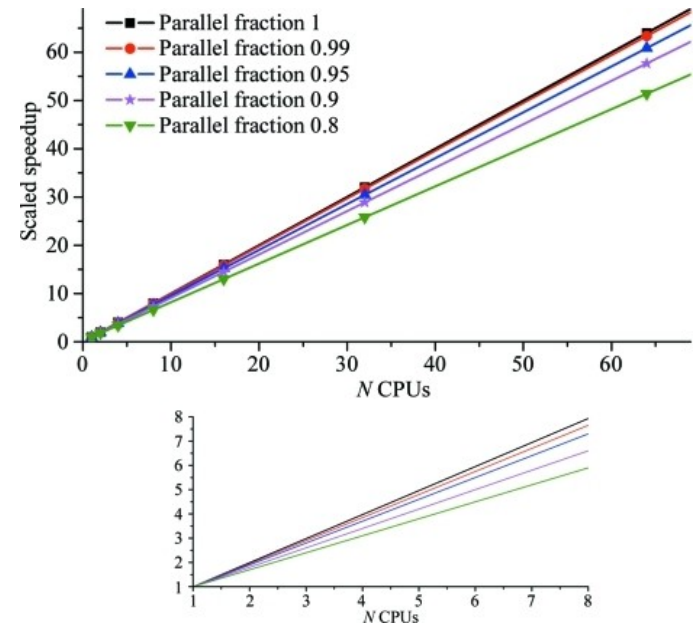
Forrás: <http://rtcmagazine.com/articles/view/103209>

Ha tudjuk a párhuzamosan végrehajtandó utasítások arányát, akkor egy felső határt meghatározható a gyorsulás mértékére.

$$\text{gyorsulás mértéke} \leq \frac{1}{1 - P + \frac{P}{N}}$$

N : processzorok száma

P : párhuzamosíthatóság aránya



Forrás: http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=2703572_d-65-00659-fig5&req=4

Hatékonyan párhuzamosítható a tetszőlegesen nagy adathalmazok feldolgozása .

$$S(P) = P - \alpha * (P - 1)$$

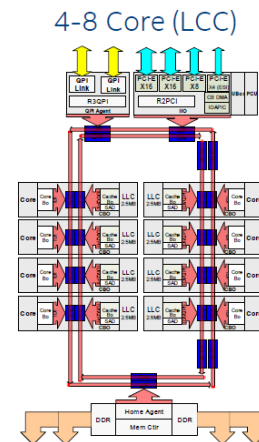
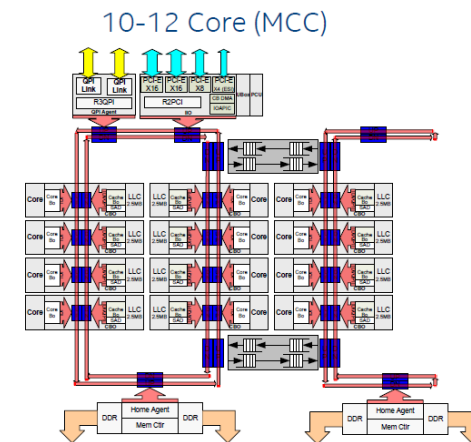
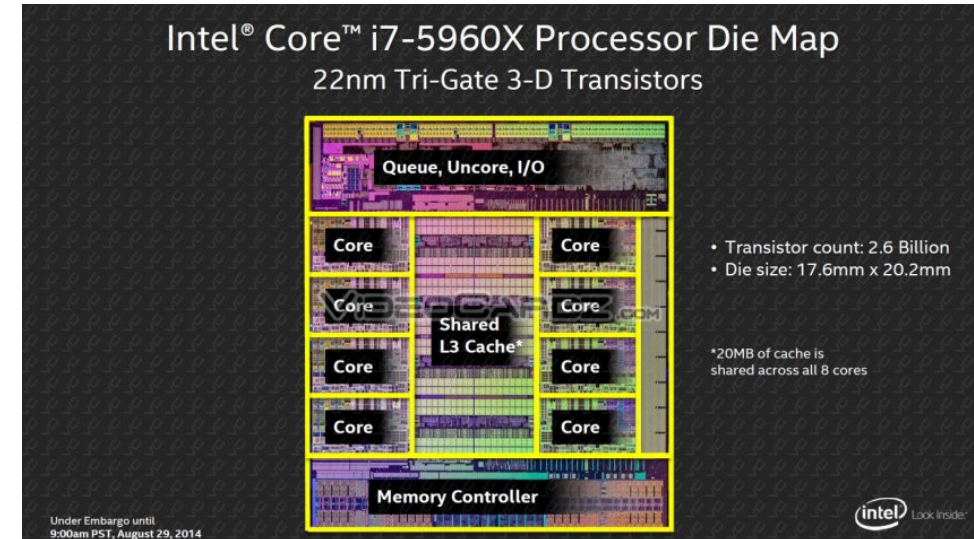
P : a processzormagok száma

S : az irányadó adat az elérhető gyorsulásra,

α : a nem párhuzamosítható töredéke bármilyen párhuzamosítható folyamatnak.

Forrás: intel.com

Launch Date	Q3'14
Processor Number	E5-2699V3
Intel® Smart Cache	45 MB
Intel® QPI Speed	9.6 GT/s
Instruction Set	64-bit
Lithography	22 nm
VID Voltage Range	0.65V–1.30V
Cores	18
Threads	36
Processor Base Freq.	2.3 GHz
Max Turbo Frequency	3.6 GHz
TDP	145 W
Max Memory Size	768 GB
Memory Types	DDR4-1600/1866/2133
Memory Channels	4
Max Memory Bandwidth	68 GB/s



Not representative of actual die-sizes, orientation and layouts – for informational use only.

Chop	Columns	Home Agents	Cores	Power (W)	Transistors (B)	Die Area (mm ²)
HCC	4	2	14-18	110-145	5.69	662
MCC	3	2	6-12	65-160	3.84	492
LCC	2	1	4-8	55-140	2.60	354

GPU

– Tesla, Titan, FireGL –

Forrás: nvidia.com

Tesla K80

GPU	2x Kepler GK210
Peak double precision floating point performance	2.91 Tflops (GPU Boost Clocks)
Peak single precision floating point performance	1.87 Tflops (Base Clocks)
Memory bandwidth (ECC off)	480 GB/sec (240 GB/sec per GPU)
Memory size (GDDR5)	24 GB (12GB per GPU)
CUDA cores	4992 (2496 per GPU)



Performance gap continues to grow

Peak Double Precision FLOPS



Peak Memory Bandwidth



GPU gyakorlati alkalmazása

Forrás: <http://www.gtspirit.com/2014/10/16/autonomous-audi-rs7-piloted-driving-concept-track-review/>



Audi RS 7 piloted driving concept

Driver assistance systems

10/14

Front camera:

- Audi active lane assist
- ACC with Stop&Go function
- Speed limit display
- Audi pre sense / front / plus
- Audi adaptive light

Ultrasonic sensors at side:

- Park assist with display of surroundings

Front, rear and top-view cameras:

- Parking system plus with front and rear camera
- Park assist with front and rear camera

Ultrasonic sensors at rear:

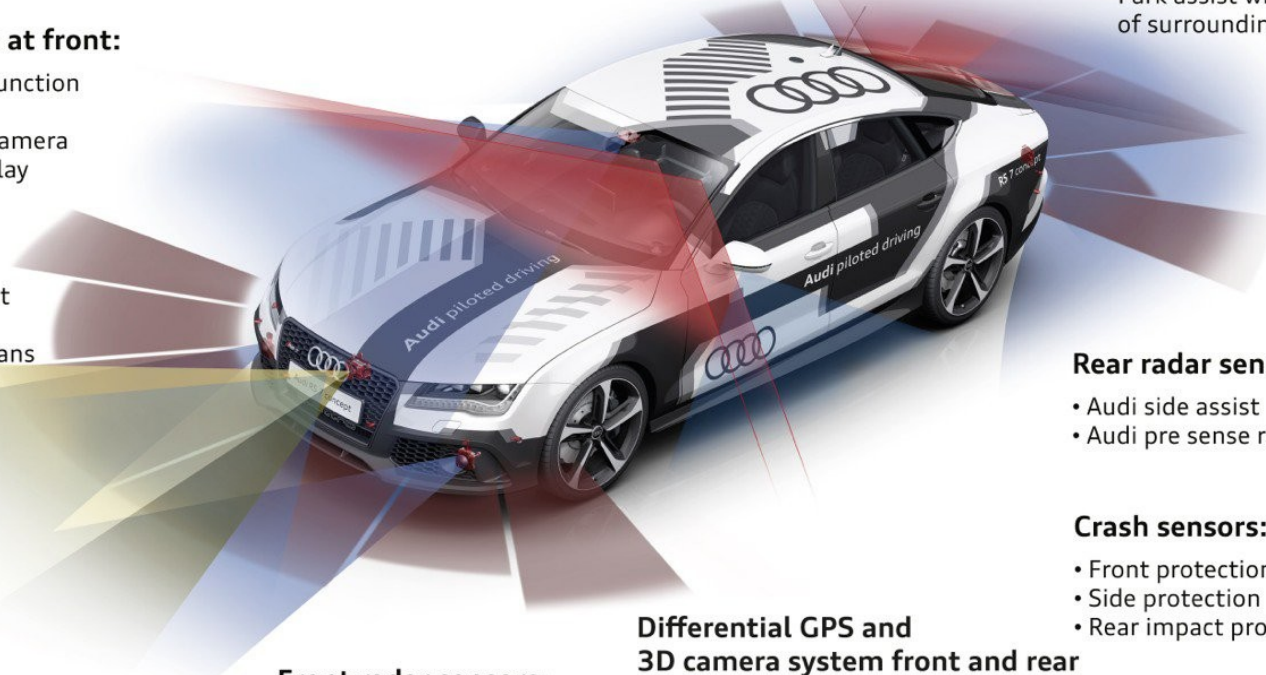
- Parking system plus with front and rear camera
- Park assist with display of surroundings

Ultrasonic sensors at front:

- ACC with Stop&Go function
- Parking system plus with front and rear camera
- Park assist with display of surroundings

Infrared camera:

- Night vision assistant with highlighting of detected pedestrians



Rear radar sensors:

- Audi side assist
- Audi pre sense rear / plus

Crash sensors:

- Front protection adaptivity
- Side protection
- Rear impact protection

Differential GPS and 3D camera system front and rear

- each with approximately 103° horizontal coverage

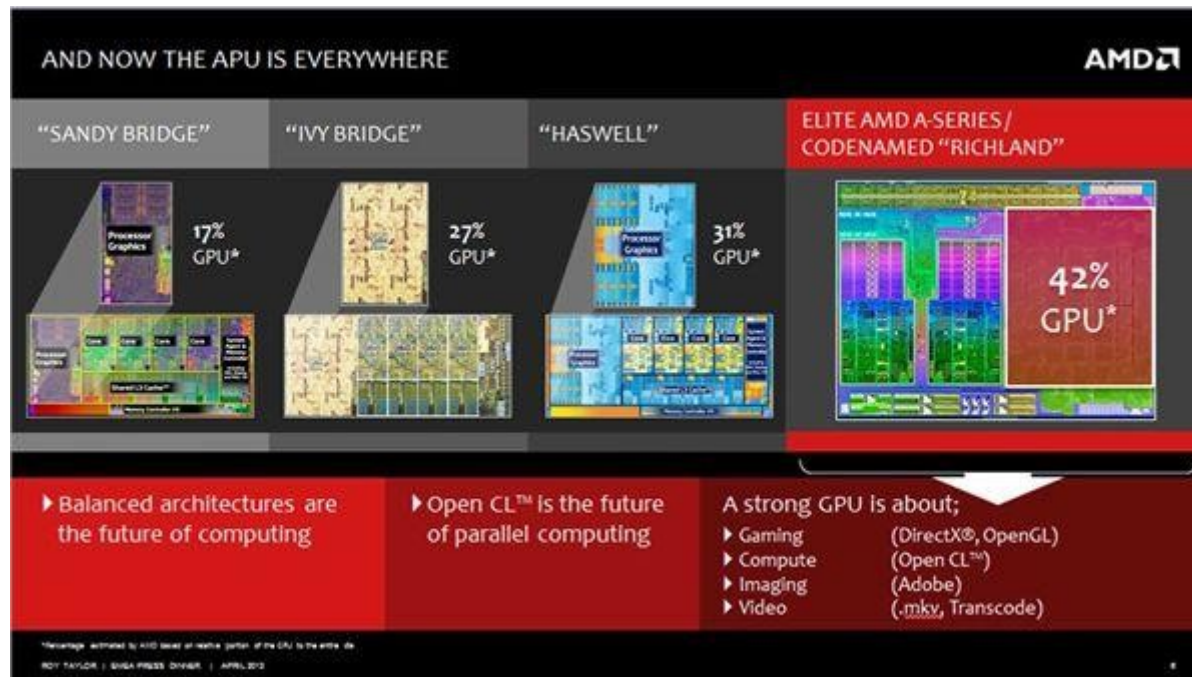
Front radar sensors:

- ACC with Stop&Go function
- Audi pre sense / front / plus

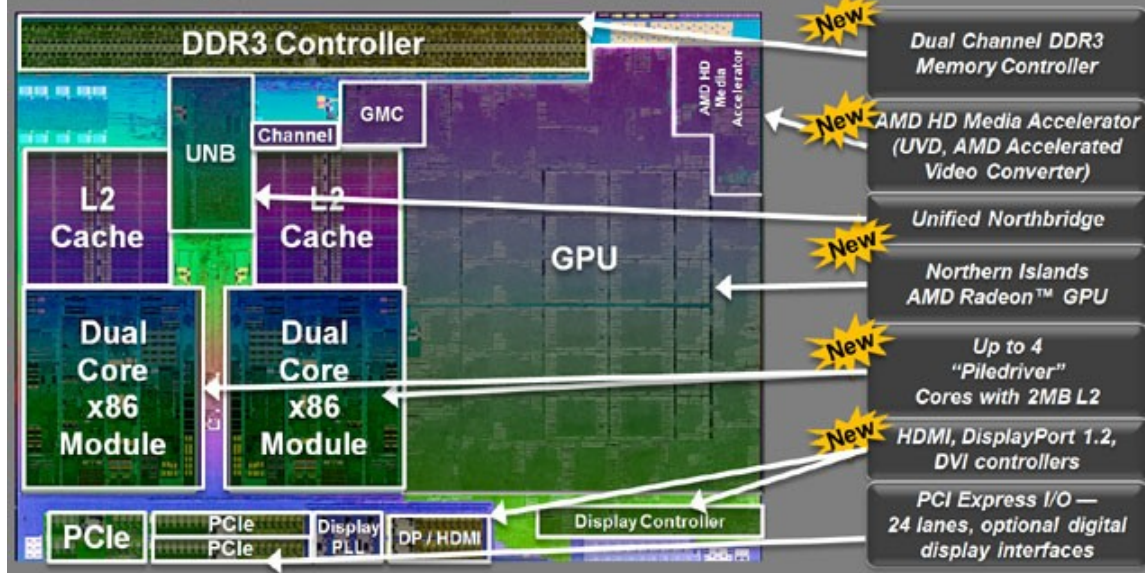


APU = (CPU-k + GPU)

Forrás: amd.com



"TRINITY" APU

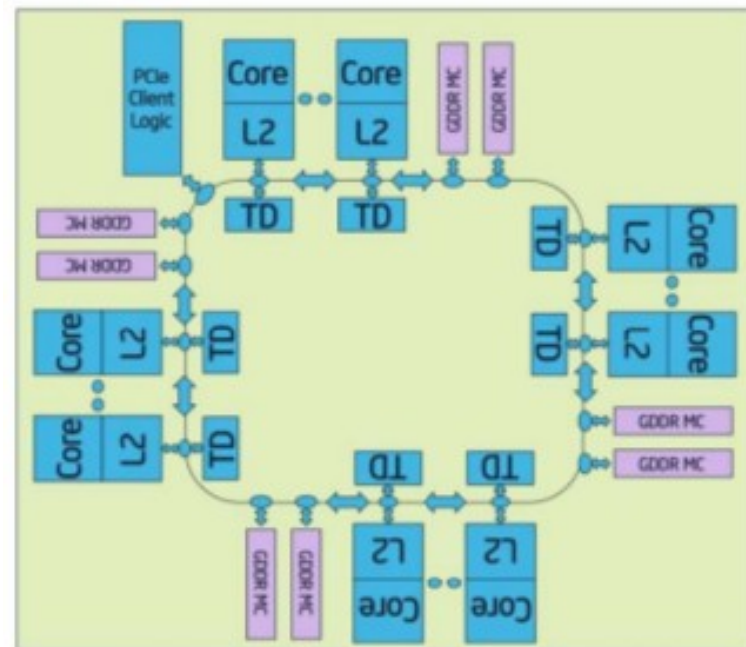


Xeon Phi

Forrás: <http://ark.intel.com>

Intel® Xeon Phi™ Coprocessor 7120X

Launch Date	Q2'13
L2 Cache	30.5 MB
Instruction Set	64-bit
Lithography	22 nm
Cores	61
Processor Base Frequency	1.238 GHz
Max Turbo Frequency	1.333 GHz
TDP	300 W
Max Memory Size (dependent on memory type)	16 GB
Memory Channels	16
Max Memory Bandwidth	352 GB/s



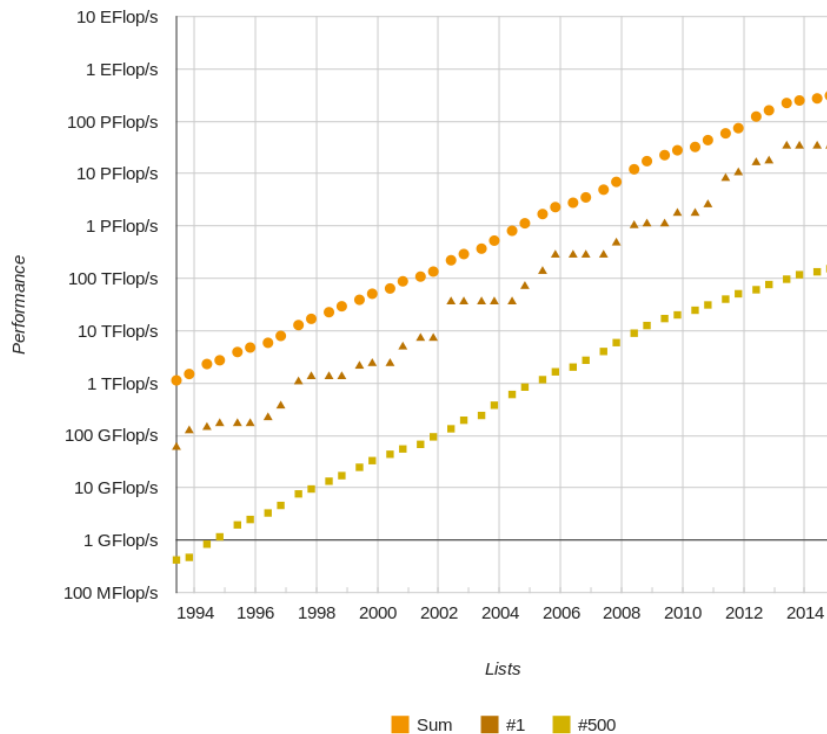
Szuperszámítógépek

Forrás: top500.org

Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P

Site: National Super Computer Center in Guangzhou
 Manufacturer: NUDT
 Cores: 3,120,000
 Linpack Performance (Rmax) 33,862.7 TFlop/s
 Theoretical Peak (Rpeak) 54,902.4 TFlop/s
 Nmax 9,960,000
 Power: 17,808.00 kW
 Memory: 1,024,000 GB
 Processor: Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz
 Interconnect: TH Express-2
 Operating System: Kylin Linux
 Compiler: icc
 Math Library: Intel MKL-11.0.0
 MPI: MPICH2 with a customized GLEX channel

Performance Development



THE TOP 10 FASTEST SUPERCOMPUTERS

Let's take a look at the amount of data that can be processed by the fastest supercomputers in the world.

10 Tianhe-IA Speed: 2.566 petaflop/s • Year Created: 2010



Located at the National Supercomputing Center in Tianjin, Tianhe-IA is used to carry out research in petroleum exploration and solar energy, and to perform aircraft simulation.

9 SuperMUC Speed: 2.897 petaflop/s • Year Created: 2012



The Leibniz Supercomputing Center in Germany runs the SuperMUC supercomputer, which is working on science projects in three disciplines: astrophysics, engineering and energy, and chemistry and materials.

8 Vulcan Speed: 4.293 petaflop/s • Year Created: 2013



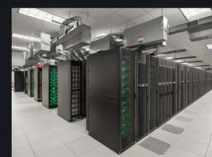
The Vulcan supercomputer performs collaborative work with industry and research universities to advance science and accelerate the technological innovation at the heart of U.S. economic competitiveness.

7 JUQUEEN Speed: 5.008 petaflop/s • Year Created: 2012



The Jülich Research Centre in Germany is home to the JUQUEEN, which is used for computational science, engineering, climatology, physics, and materials science.

6 Stampede Speed: 5.168 petaflop/s • Year Created: 2013



Installed at the Texas Advanced Computing Center at the University of Texas at Austin, Stampede works to empower America's scientists and engineers to interactively share advanced computational resources, data, and expertise in order to further research across scientific disciplines.

5 Mira Speed: 8.586 petaflop/s • Year Created: 2013



The U.S. Department of Energy's Argonne National Laboratory uses the Mira supercomputer to explore climate change, design more efficient electric car batteries, and look at the evolution of the universe.

4 K Computer Speed: 5.168 petaflop/s • Year Created: 2013



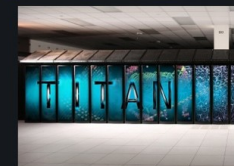
Located at the Riken Advanced Institute for Computational Science in Kobe, Japan, this supercomputer researches disaster prevention, climate change, and meteorology.

3 IBM Sequoia Speed: 17.173 petaflop/s • Year Created: 2013



Sequoia simulates nuclear weapons tests so they no longer have to be conducted in reality. The system also makes sure America's nuclear weapons are secure and ready to launch at anytime.

2 Titan Speed: 17.59 petaflop/s • Year Created: 2012



Titan uses its extraordinary computing power to study alternative and efficient energy, efficient engines, and climate change, and to identify new materials.

1 Tianhe-2 Speed: 33.86 petaflop/s • Year Created: 2013



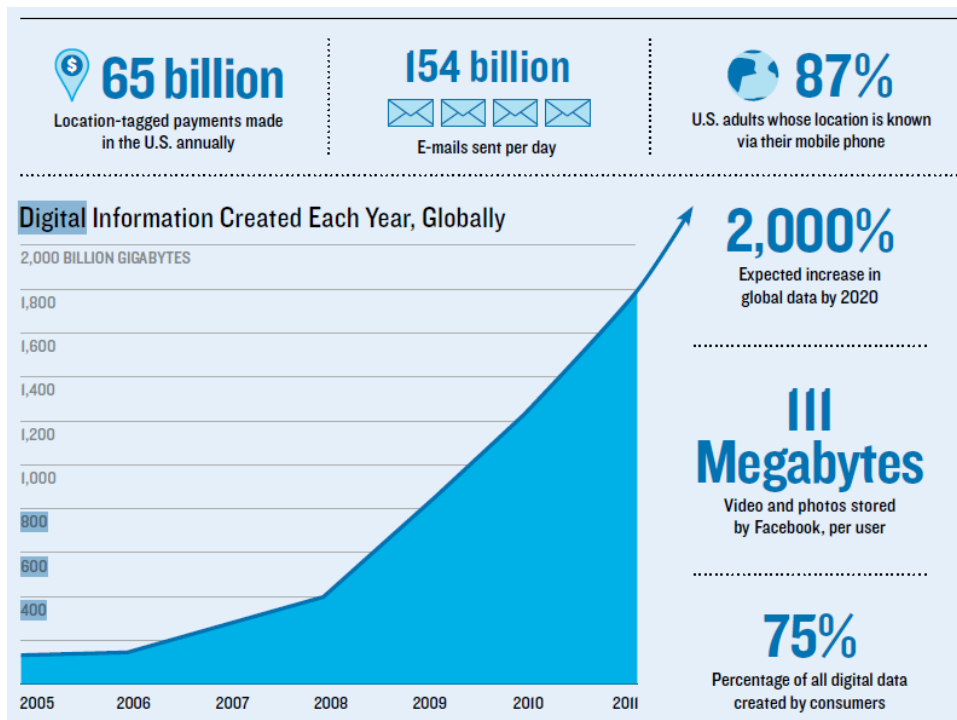
Tianhe-2 is currently the world's fastest supercomputer as of June 2013. Its primary purpose is to serve as an open research platform for researchers in southern China.

Felhők

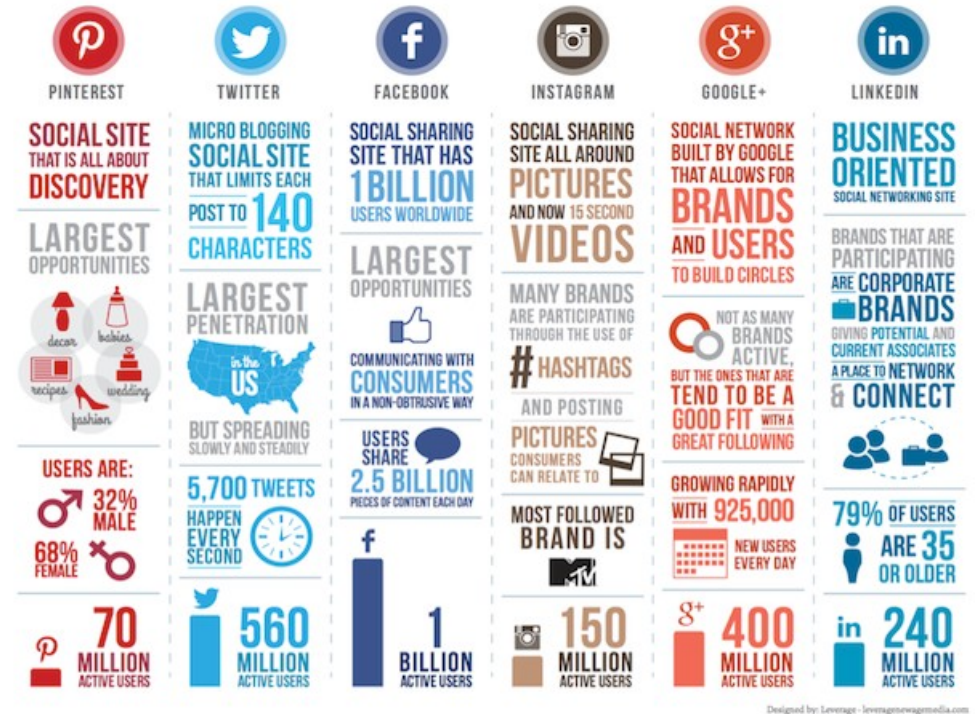


Forrás: <http://home.web.cern.ch/about/computing>

Adatok mennyiségének változása



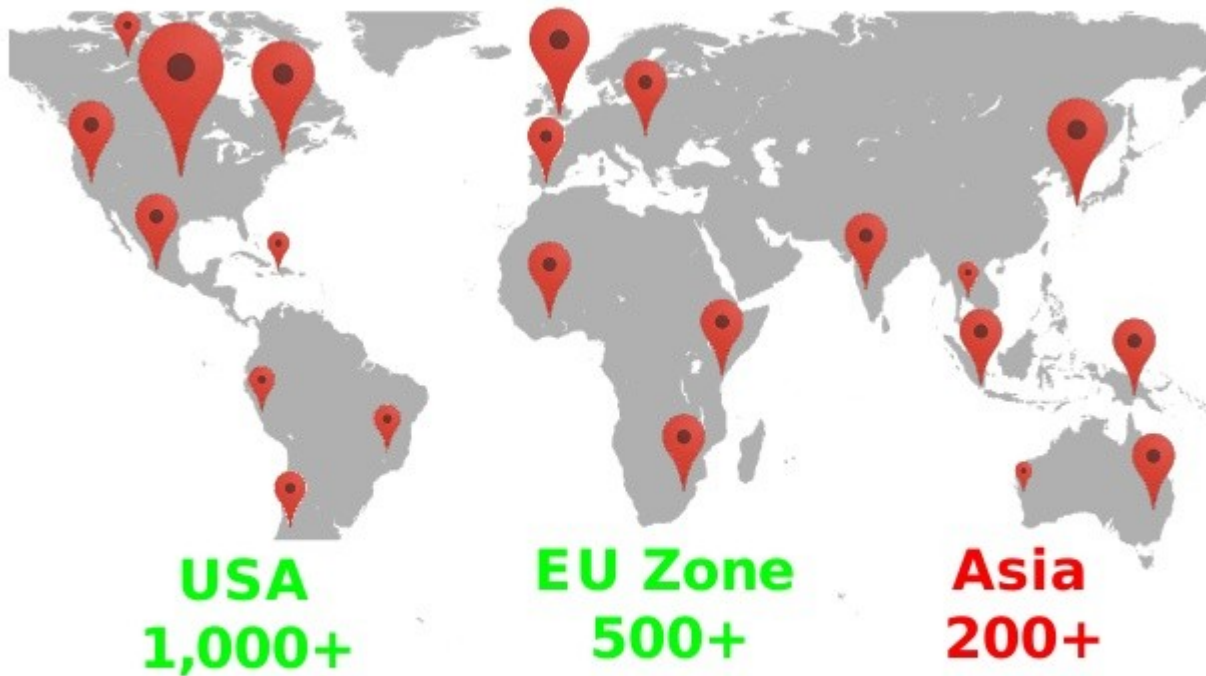
<http://www.technologyreview.com/news/514351/has-big-data-made-anonymity-impossible/>



<http://searchenginewatch.com/article/2339110/Digital-Data-Trends-Search-Social-Content-Fusion>

Az 5 legnagyobb adatközpont

Data Center world map



(Data Center Map, 2013)

True Internet
Data Center | **true**

THE 5 LARGEST DATA CENTERS IN THE WORLD

#5 NAP of the Americas | Miami, FL - 2001

- Specifically designed to link Latin America's networks to the rest of the world.



750,000 sq ft

#4 Tulip Data City | Bangalore, India - 2012

- The "greenest" data center in India.
- The biggest data center in Asia.



900,000 sq ft

#3 QTS Metro Data Center | Atlanta, GA - 2006

- The building is powered by an on-site Georgia substation that has 80 megawatts of power capacity.



970,000 sq ft

#2 Lakeside Technology Center | Chicago, IL - 1999

- Uses an 8.5 million gallon tank of liquid to facilitate cooling.



1,100,000 sq ft

#1 SwitchNAP | Las Vegas, NV - 2008

- Actually a group of seven NAPs.
- Utilizes the Switch Wattage Density Modular Design (WDM) allowing complete control over the year produced by the data center's equipment.

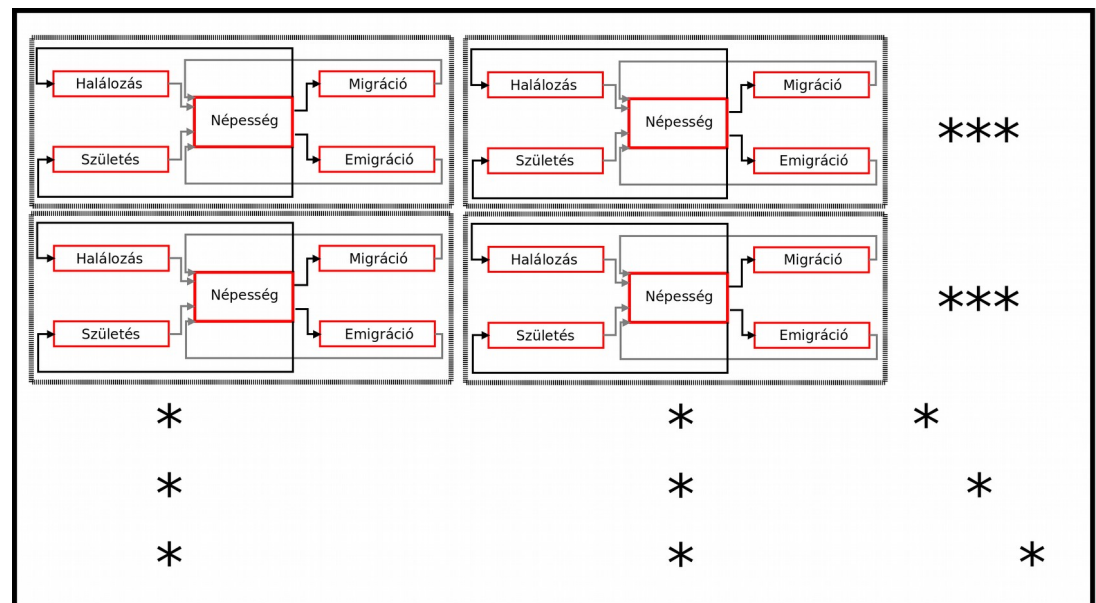


2,200,000 sq ft

Elméleti példa a GPU alkalmazására: Evolúciós módszer

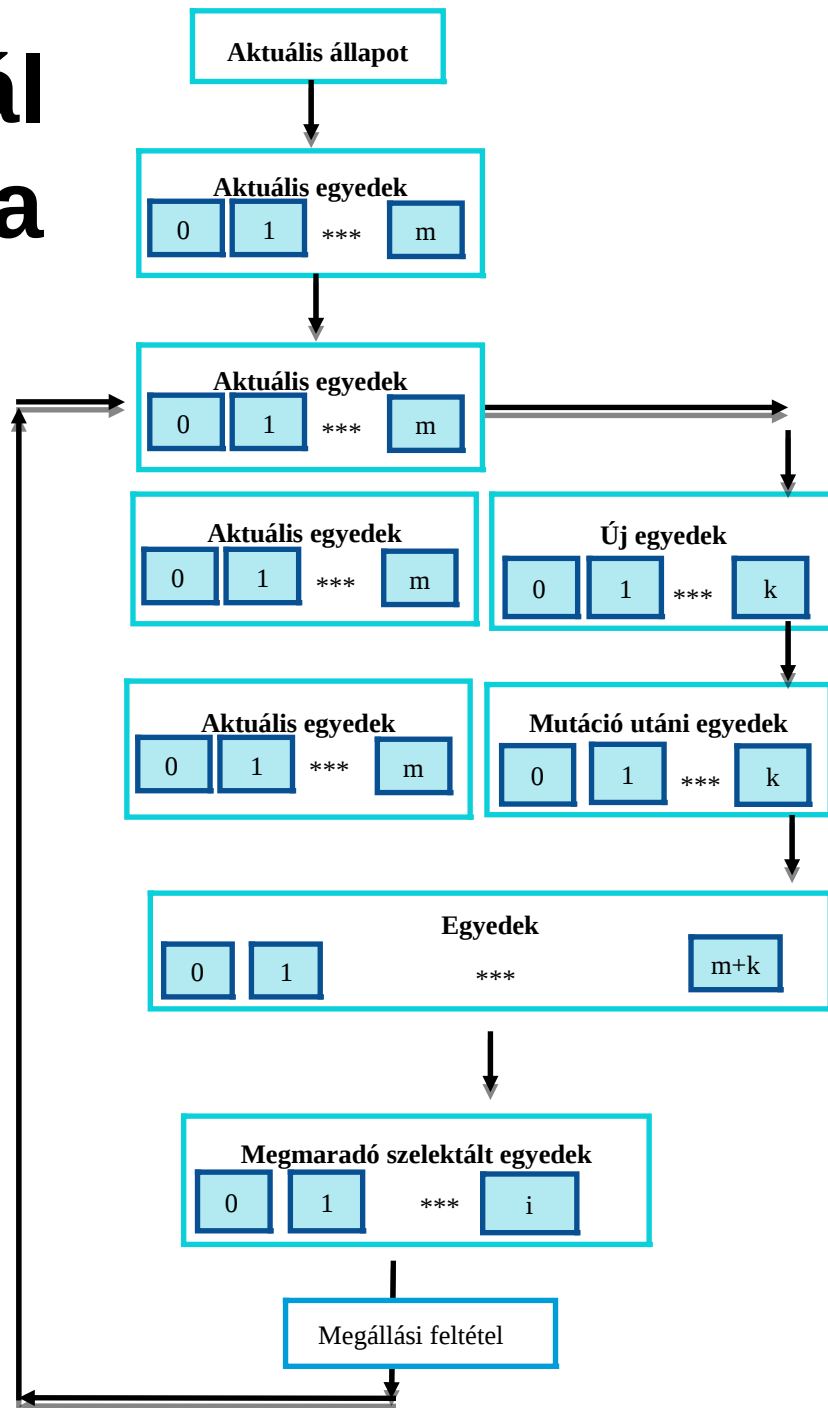
(Retek 2014)

- Egyszerre **több rendszerdinamikai** előrejelzés használata, amelyekben a különböző típusú paramétereknek az értékei különböznek egymástól.
- Minden egyed, résztvevő egy különálló rendszerdinamikai rendszer.
- Az egyedek **génállománya**, pedig a rendszer paraméterei.
- Az evolúciós módszerben használatos **mutáció** felelős azért, hogy az egyedek különbözzenek egymástól.
- A **keresztezés** pedig két egymástól független rendszer felhasználva történik, ez a módszer garantálja, hogy az újonnan létrejövő egyed bizonyos mértékben hasonlítson a már meglévő rendszerekhez, de bizonyos mértékben ugyanakkor térjen is el.
- A **szelekció** különböző feltételek, vagy azok kombinációja alapján történhet. Ezek például a következők lehetnek:
 - születések száma
 - egészségügyi állapot
 - szülőkorú nők alakulása
 - nyugdíjas/gyerekek aránya
 - munkaképes népesség
 - stb.



CPU egy szál folyamatára

(Retek 2012)



Kezdeti populáció generálása

Kezdeti mutáció

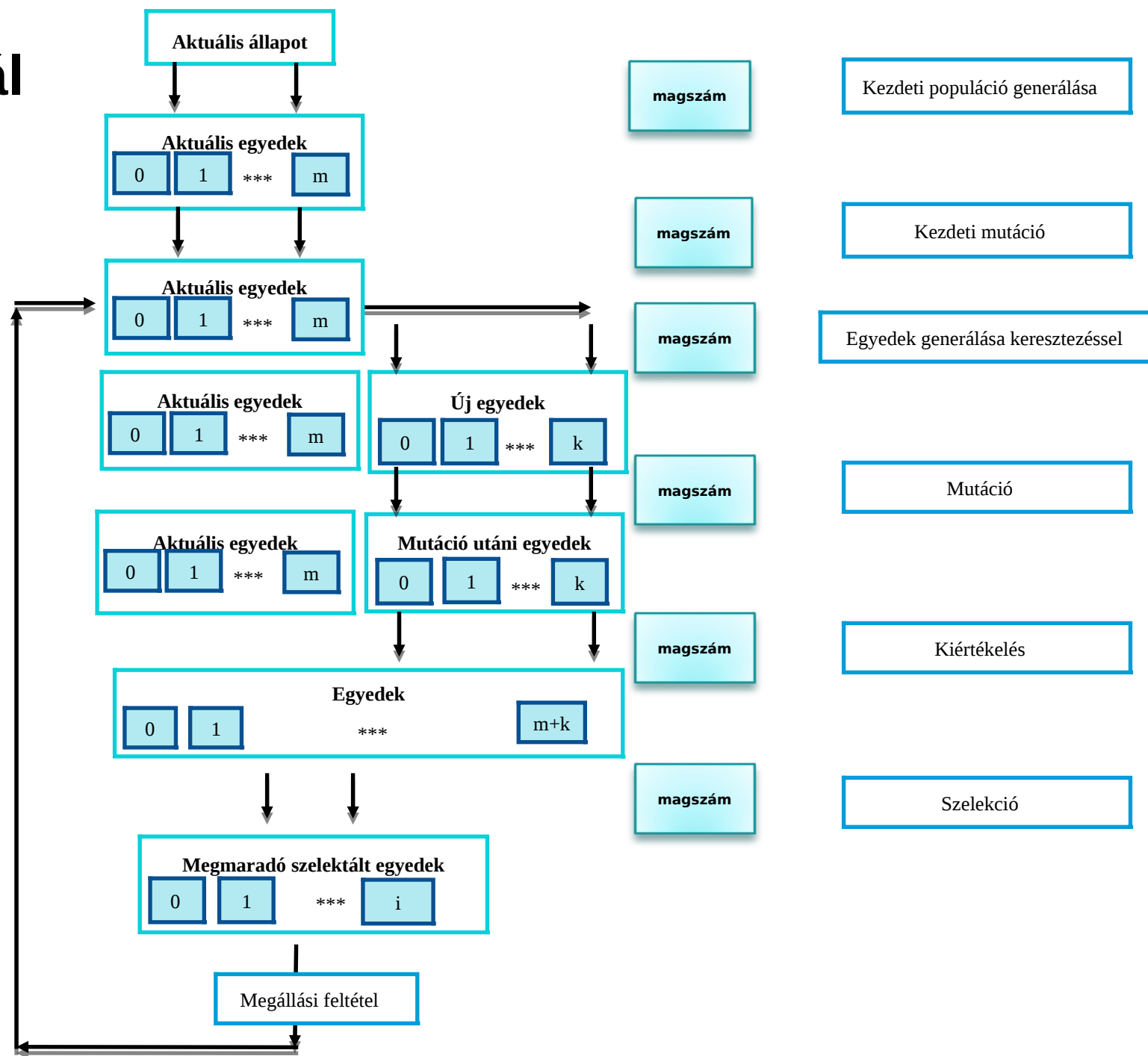
Egyedek generálása keresztezéssel

Mutáció

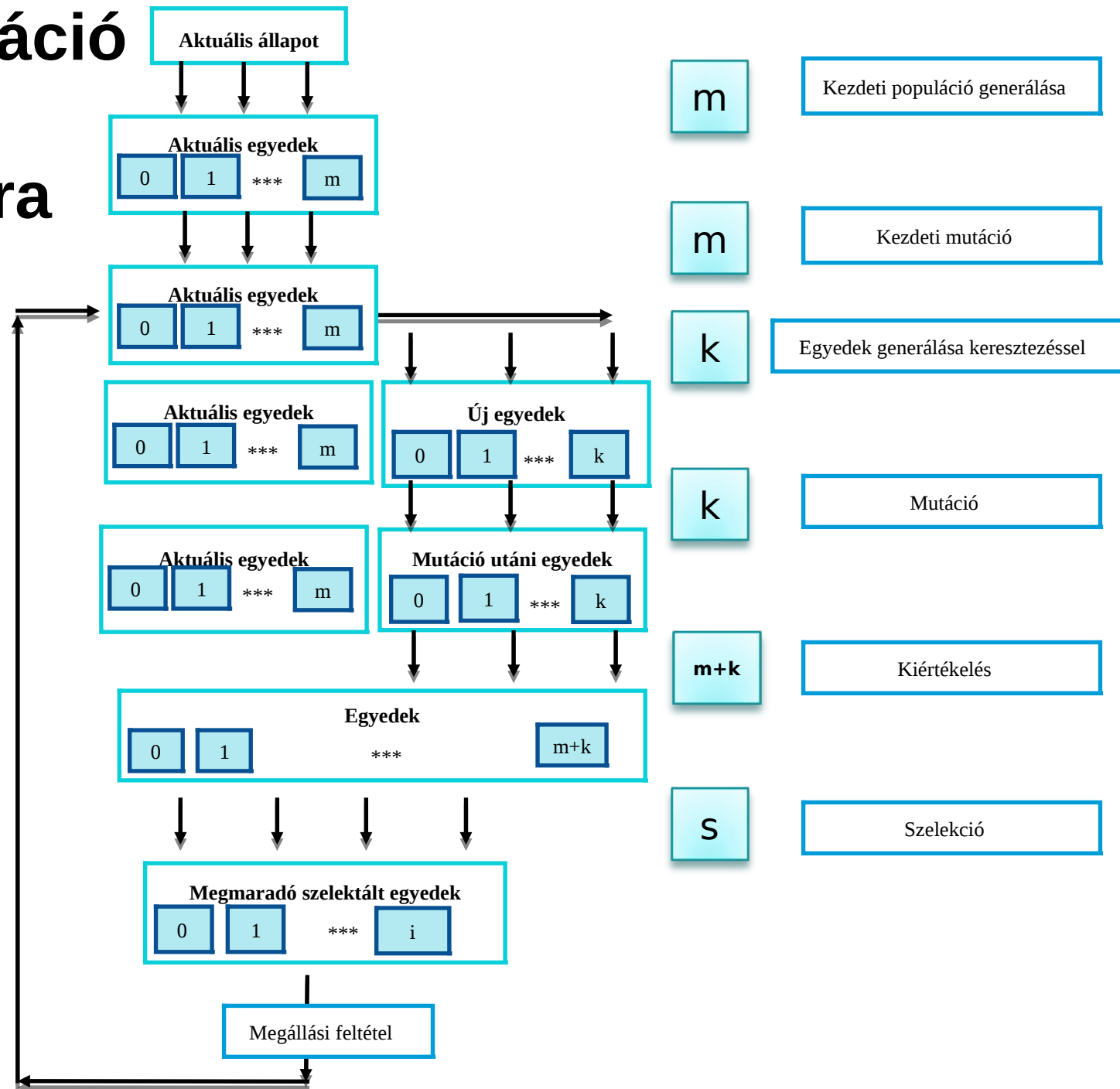
Kiértékelés

Szelekció

A CPU több szál folyamatára (Retek 2012)



A GPU szimuláció felépítése folyamatábra (Retek 2012)



Mire használható a jövőkutatásban

- A múlt és a keletkező jövő **nagymennyiségű adatainak** feldolgozása, rövidebb idő alatt.
- Egyszerre **sok lehetséges jövőalternatíva** képzése párhuzamosan a szimulációknál.
- **Részletesebb** időfelbontás és **távolabbi időpontokra** kitékintő előrejelzések és előreszámítások alkalmazása.
- **Komplexebb**, a valóságot minél nagyobb mértékben megközelítő modellek és szimulációk.
- A már meglévő különböző típusú módszerek **kombinálási** lehetősége.
- Egyre **valósághűbb interaktív** „élmények” megjelenése a szakértők támogatására, a modellezés egyre több fázisában.

Felhasznált irodalom

1. Flynn, M. :Some Computer Organizations and Their Effectiveness, 948, IEEE Trans. Comput.C-21, 1972.
2. Moore, Gordon E. 1965: Cramming more components onto integrated circuits, Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965
3. Mark D. Hill and Michael R. Marty: Amdahl's Law in the Multicore Era, http://research.cs.wisc.edu/multifacet/papers/tr1593_amdahl_multicore.pdf
4. Michael J. Flynn and Kevin W, RuDD: Parallel Architectures, Vol. 28, No. 1, ACM Computing Surveys, 1996 March.
5. Retek Mihály: Nagymértékben párhuzamosítható problémák implementálása GPU-re (CUDA), Műszaki és informatikai rendszerek és modellek IV., 2011. (könyvrészlet)
6. Retek Mihály: GPU-val támogatott jövő kutatás, GPU nap 2012, MTA-RMKI, Budapest, 2012. július 2.
7. Retek Mihály: Evolúciós demográfiai előrejelzés, "MONDD EL A MÚLTAT, DIAGNOSZTIZÁLD A JELENT, JÓSOLD MEG A JÖVŐT" – HIPPOKRATÉSZTŐL A HARMADIK ÉVEZREDEIG" konferencia, Szolnok, 2014. november 17.