Internetsøgemaskiner

Gerth Stølting Brodal

Datalogisk Institut
Aarhus Universitet

Ungdommens Naturvidenskabelige Forening i Århus, 9. december 2004

Overblik

- Indledning
- Google facts
- Information retrieval generelt
- Internetgrafen
- En søgemaskines dele
  - Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Internettet

- Meget stor mængde ustruktureret information.
- Hvordan finder man relevant info? Søgemaskiner!

94: Lycos,. . .
96: Alta Vista: mange sider.
99: Google: mange sider *og* god ranking.

Søgemaskinernes Barndom

princess diana

Engine 1

Princess Diana Memorial WebRing
Follow the WebRing for a tour of memorial site
87% http://www.geocities.com/RainForest/Vines/1009/diana
1998
Grouped results from http://www.geocities.com

FOR DIANA, PRINCESS OF HEART - Dr. K
...
Dr. Kate Wachs Comments on Princess Diana T
84% http://www.therelationshipcenter.com/diana.shtml (Si

Princess Diana Editorial Cartoons! Cartoons
The Professional Cartoonists Index is the most
cartoonists o
daily cartoo
82% http://ww

Diana, Princess of Wales
1 July 1961 - 31 August 1997 The BBC Web sit
Camera Press/Snowdon
79% http://www.royal.gov.uk/start.htm (Size 2.3K) Doc
Grouped results from http://www.royal.gov.uk

Relevant and high quality

Engine 2

1. **Re: Lost in the shadow of Princess Diana**
[**URL:** www.spiceisle.com/talkshop/messages/6232.htm]
The Spicelslander TalkShop. [Follow Ups] [Pos
The Spicelslander TalkShop] Date: September
00:54:03 From: Sno,...
Last modified 12-Sep-97 - page size 4K - in English [Tran

2. **Re: Princess Diana's gown auction**
[**URL:** www.elle.com/textes/blablabla/forum/messages1/15
Re: Princess Diana's gown auction. [Follow Ups
Followup] [Elle International - Blablabla] Posted
September 07, 1997 at 02:15:26:...
Last modified 30-Mar-98 - page size 2K - in English [Tran

3. **Re: Princess Diana**
[**URL:** spicyhot.com/gaynet/messages/1053.html]
Re: Prince
Maine Ga
Novembe
Last modifie

4. **Re: Princess Diana - Queen of Hearts**
[**URL:** www.elle.com/textes/blablabla/forum/messages1/28
Re: Princess Diana - Queen of Hearts. [Follow U
Followup] [Elle International - Blablabla] Posted
on August 31, 1997 at...
Last modified 30-Mar-98 - page size 4K - in English [Tran

Relevant but low quality

Engine 3

1. Free Passwords To Adult Sites ...
99% - Articles & General info: Free Passwords
Sites ..... warez princess diana demi moore
magazine kathy ireland lingerie jennifer aniston cook
warez princess diana demi moore... 03/09/98
Commercial site: http://www.prurient.com /warez

2. SEX CHAT XXX NUDE PORNO PLAYBOY P
[redacted]
Personal page: http://www.connix.com /~wgonzo
/sex/slidesuperall.htm

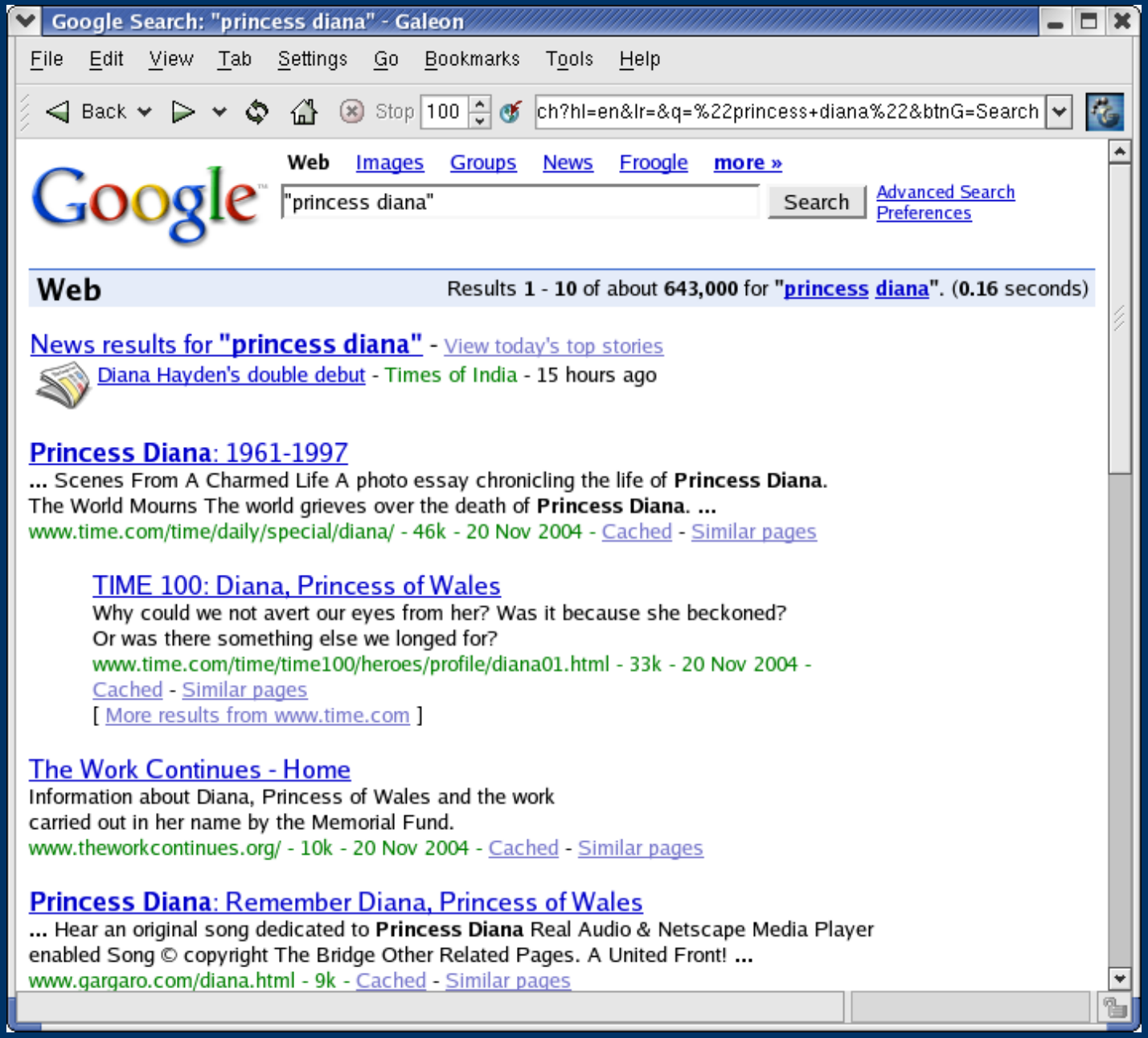
3. Ro
[redacted]
Personal page: http://www.octet.com /~gonzo/jy

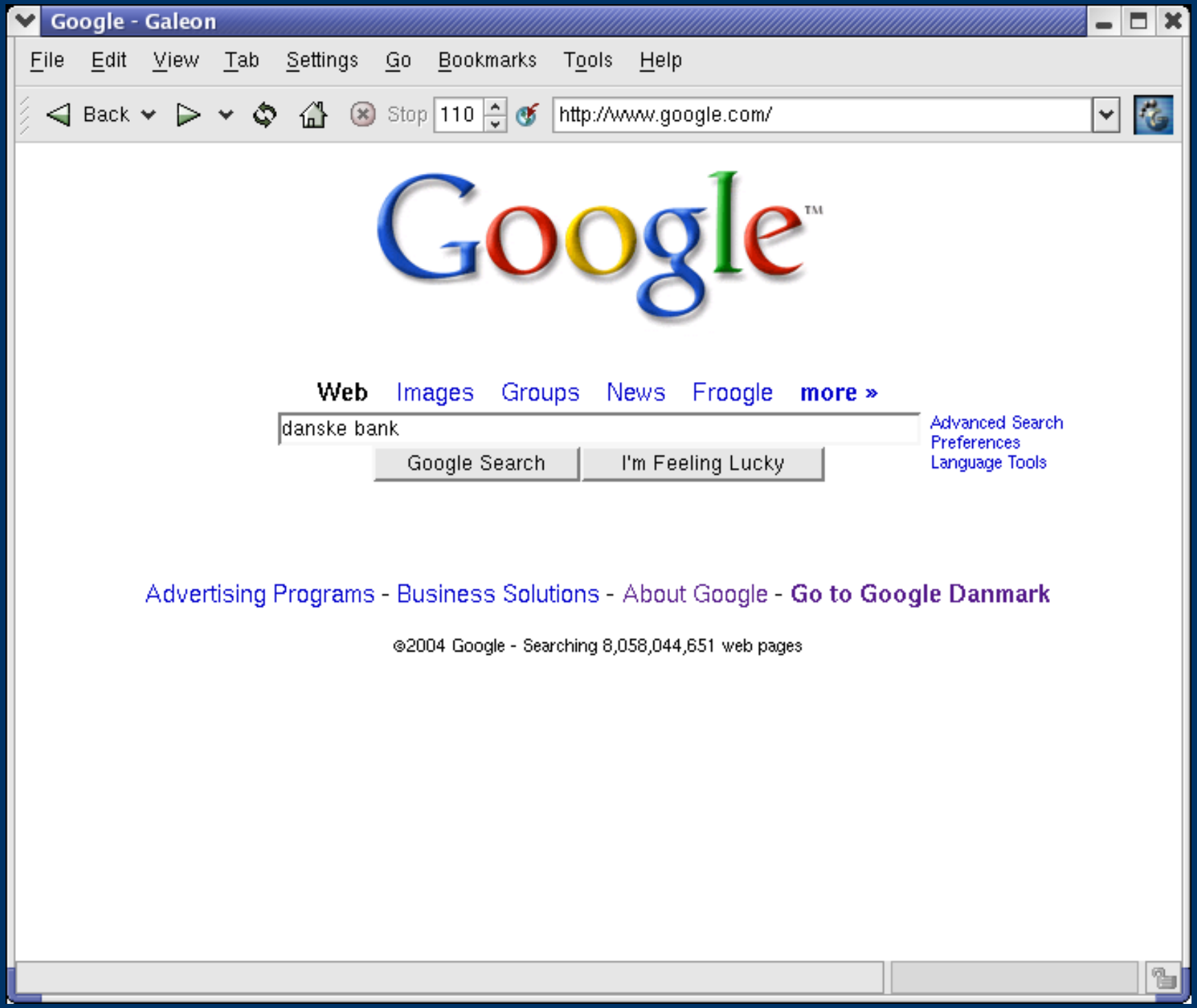
4. Sunday, 18-Jan-98
99% - Articles & General info: Sunday, 18-Jan-
CHAT XXX NUDE PORNO PLAYBOY PAME

Not relevant index pollution

[Fra: Henzinger, 2000]

. . . og Søgemaskiner i 2004




Google - Galeon
File Edit View Tab Settings Go Bookmarks Tools Help
Back
Stop
110
http://www.google.com/
Google™
Web Images Groups News Froogle more »
danske bank
Google Search
I'm Feeling Lucky
Advanced Search
Preferences
Language Tools
Advertising Programs - Business Solutions - About Google - Go to Google Danmark
©2004 Google - Searching 8,058,044,651 web pages


Google Search: danske bank - Galeon
File Edit View Tab Settings Go Bookmarks Tools Help
Back Stop 110
http://www.google.com/search?hl=en&q=danske+bank&bt
Google
Web Images Groups News Froogle more »
danske bank
Search
Advanced Search
Preferences
Web
Results 1 - 10 of about 389,000 for danske bank. (0.09 seconds)
Danske Bank
Danske Bank, Lån penge, handel med valuta, aktier og obligationer og få rådgivning om penge og privatøkonomi i Danske Bank.
www.danskebank.dk/ - 4k - Cached - Similar pages
Danske Bank
www.danskebank.dk/link/parkeringspil - 4k - Cached - Similar pages
[More results from www.danskebank.dk]
Danske Bank
Danske Bank is the largest bank in Denmark and a leading player in the Scandinavian financial markets.
www.danskebank.com/ - 4k - Cached - Similar pages
Danske Bank
Danske Bank i Sverige är en fullservicebank med verksamhet inom såväl företags- som privatmarknaden. Vi bedriver vår verksamhet ...
www.oeb.se/ - 4k - Cached - Similar pages
www.danskenetbank.dk/
Sponsored Links
Nykredit Bank
Få en kernekonto med 2,00% i rente med en tilhørende netbank
www.nykredit.dk
See your message here...

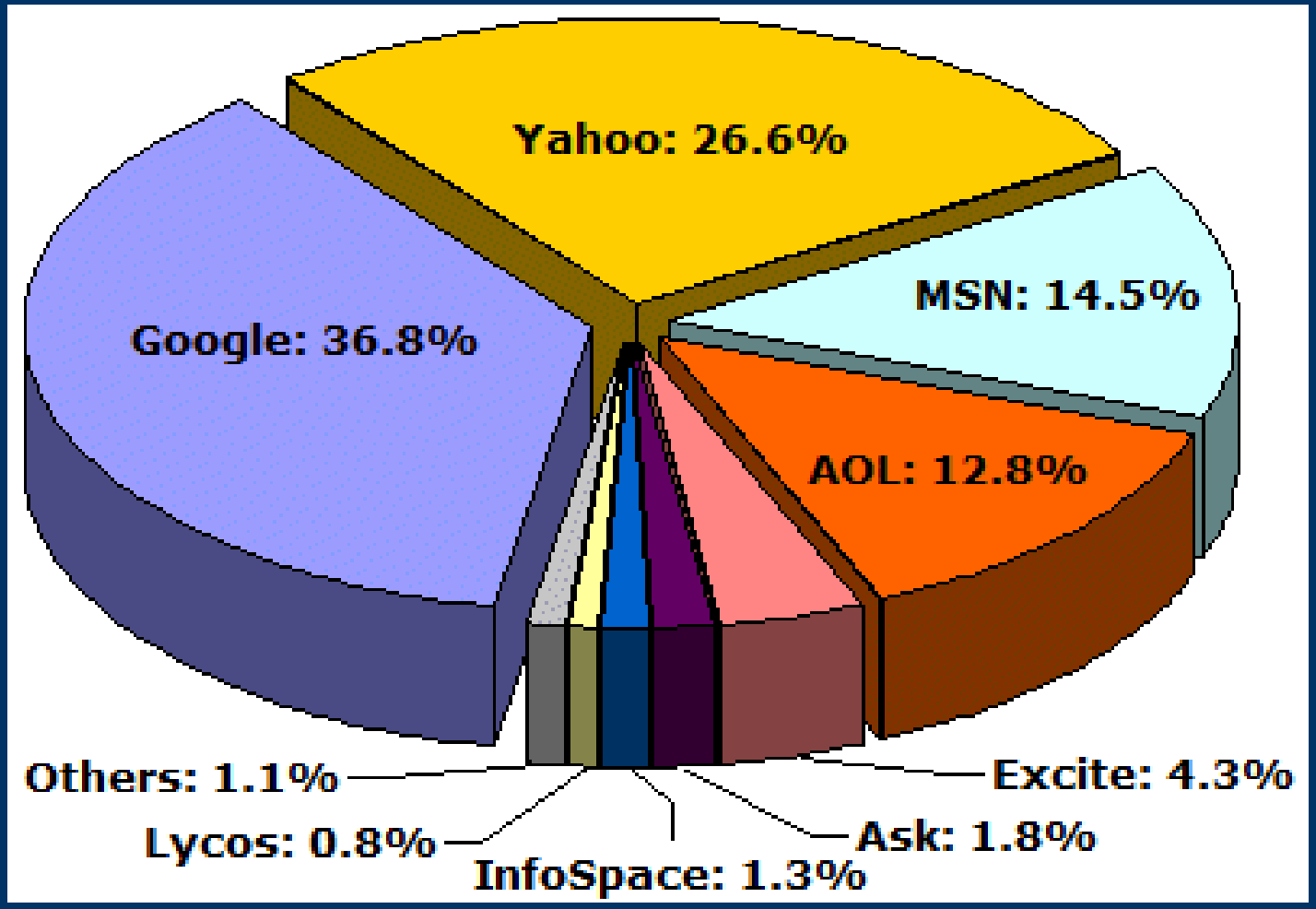
Moderne Søgemaskiner

Imponerende performance. F.eks. Google:

- Søger i $8 \cdot 10^9$ sider.
- Svartider $\approx$ 0,1 sekund.
- 1000 brugere i sekundet.
- Finder relevante sider.

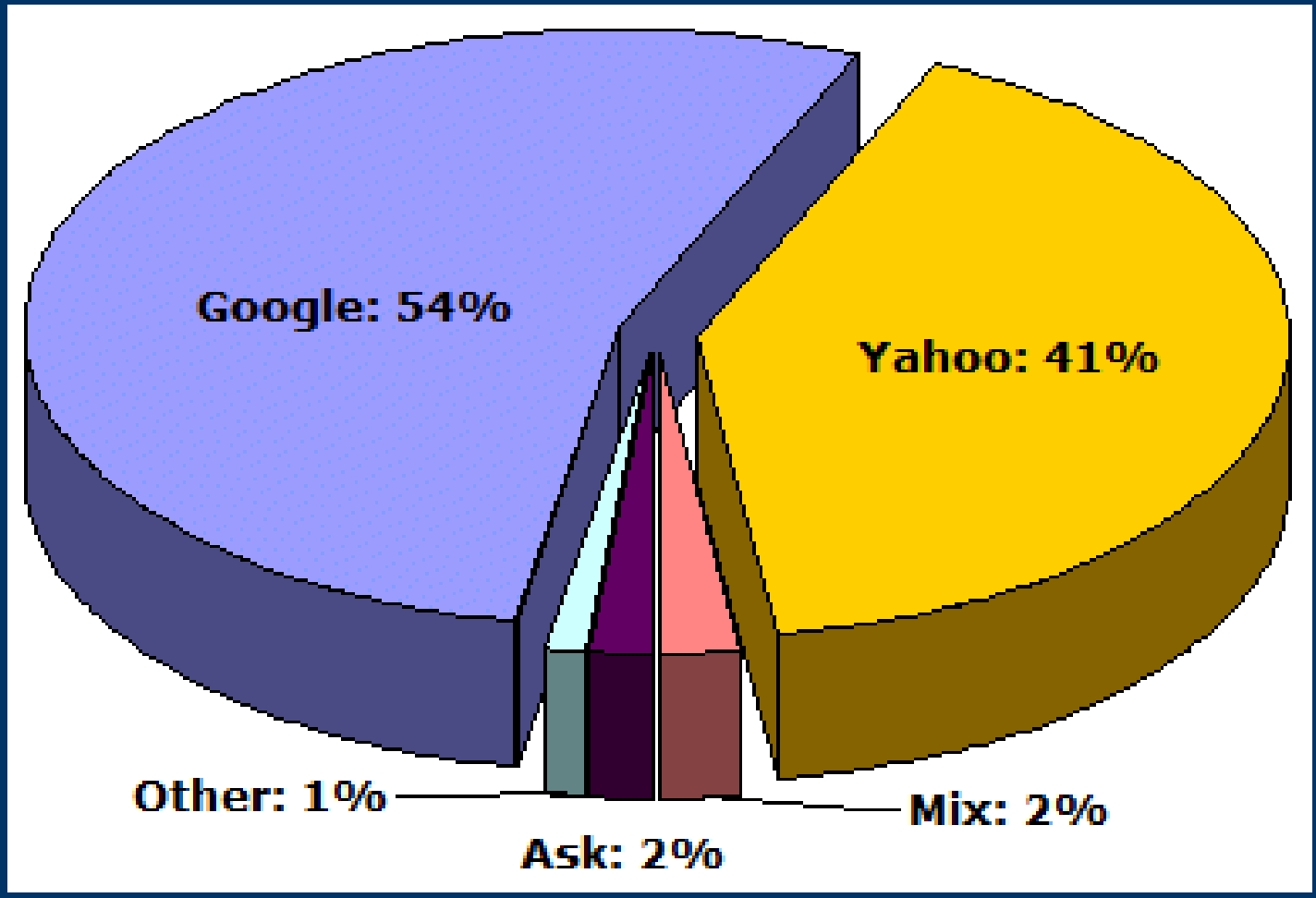
I'm Feeling Lucky

Internetsøgninger i USA (maj 2004)



[Fra: www.searchenginewatch.com]

Søgeleverandører i USA (maj 2004)



[Fra: www.searchenginewatch.com]

Maj 2004: MSN brugte Yahoo, AOL brugte Google, . . .

Overblik

- √ Indledning
- Google facts
- Information retrieval generelt
- Internetgrafen
- En søgemaskines dele
  - Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Google

- Startet i 1995 som forskningsprojekt ved Stanford University af ph.d. studerende **Larry Page** og **Sergey Brin**
- Privat firma grundlagt 1998
- 2.300 medarbejdere
- Ansvarlig for ca. halvdelen af alle internet-søgninger
- Hovedsæde i Silicon Valley

$$\text{google} \approx \text{googol} = 10^{100}$$

Google

Søgemaskine

- Hurtig
- Relevante links
- Opdateret
- Cache
- GoogleScout (lignende sider)
- Automatisk stavekontrol
- Interface til WAP og PDA
- Produktsøgninger (froogle)
- Billed søgning
- Aktiekurser, kort, ordbøger, nyheder, telefonbøger ...
- Stemmestyret teknologi

AdWords

- tekstbaseret reklame
- query afhængig

Licenser

- AOL/Netscape, Red Hat, Virgin Group, YAHOO, The Washington Post ...

Web API

Hardware + Software

Google

- +8.000.000.000 web sider (+20 TB)
- PageRank: +3.000.000.000 sider og +20.000.000.000 links
- +35.000.000 ikke HTML sider
- +845.000.000 USENET beskeder (20 år)
- +880.000.000 billeder
- +2 Terabyte index, opdateres en gang om måneden
- +2.000.000 termer i indeks
- +150.000.000 søgninger om dagen (2000 i sekundet)
- +200 filtyper: HTML, Microsoft Office, PDF, PostScript, WordPerfect, Lotus ...
- +28 sprog

Google™

- Cluster af +10.000 Intel servere med Linux
  - Single-processor
  - 256 MB–1 GB RAM
  - 2 IDE diske med 20-40 Gb
- Fejl-tolerance: Redundans
- Hastighed: Load-balancing

Overblik

- √ Indledning
- √ Google facts
- Information retrieval generelt
- Internetgrafen
- En søgemaskines dele
  - Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Information Retrieval

Generelt:

- Lav indeks over data.
- Søg i indekset:
  - Find alle relevante dokumenter.
  - Rank (orden) dokumenterne efter relevans, vis mest relevante først.

Klassisk Information Retrieval (IR):

- Metoder til homogene samlinger af tekst dokumenter. Moderat antal dokument.
- Eksempler: Biblioteker, nyhedsarkiver, videnskabelige dokumentsamlinger.

IR på Internettet

Vanskeligheder:

- Dokumenter er ikke lokale.
- Dokumenter er meget forskellige.
- Dokumentsamling ikke statisk (dokumenter ændrer sig, tilføjes, forsvinder).
- Meget stort antal dokumenter (milliarder af dokumenter, samlet størrelse måles i Terabytes).
  - Pladsforbrug og svartider kritiske. Distribution og parallelisme er nødvendigt.
  - Mange (f.eks. 100.000) relevante dokumenter for mange søgninger. God ranking er essentiel.

Fordele:

- Ekstra struktur: links.

IR på Internettet

Yderligere udfordringer:

- Mange næsten ens dokumenter (30%)
- Bruger meget forskellige, men utålmodige.
  Avancerede søgemuligheder bruges ikke.
- Indexering af og søgning efter ikke-tekstuelle dokumenter.
  - Multimedie.
  - Databaser.

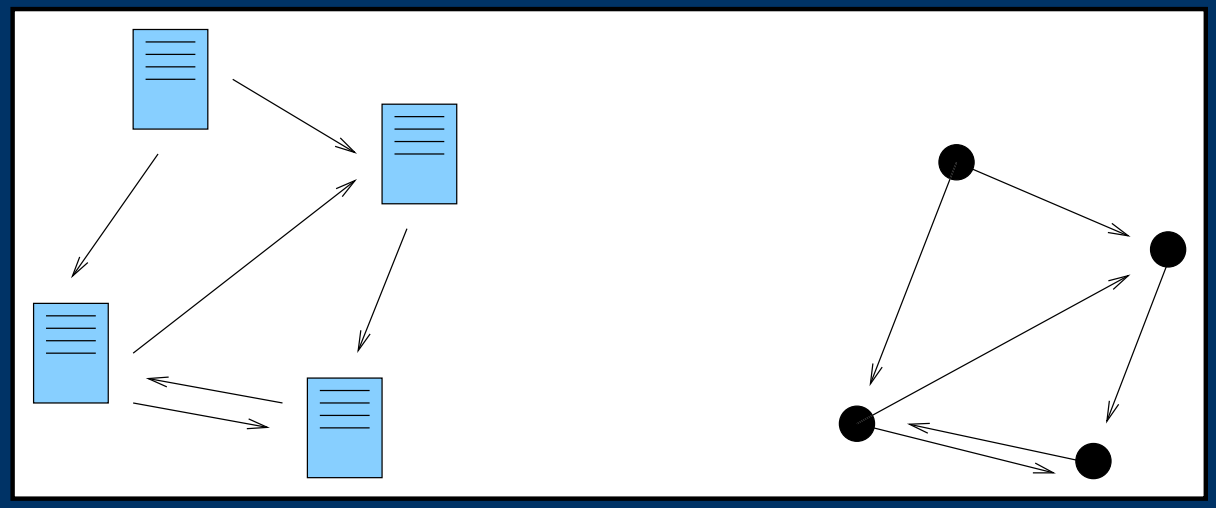
Overblik

- √ Indledning
- √ Google facts
- √ Information retrieval generelt
- Internetgrafen
- En søgemaskines dele
  - Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Internetgrafen

knuder = sider (URL'er)

orienterede kanter = links



Overblik

- ✓ Indledning
- ✓ Google facts
- ✓ Information retrieval generelt
- ✓ Internetgrafen
- En søgemaskines dele
  - Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

En søgemaskines dele

Indsamling af data:

- Webcrawling (gennemløb af internetgrafen).

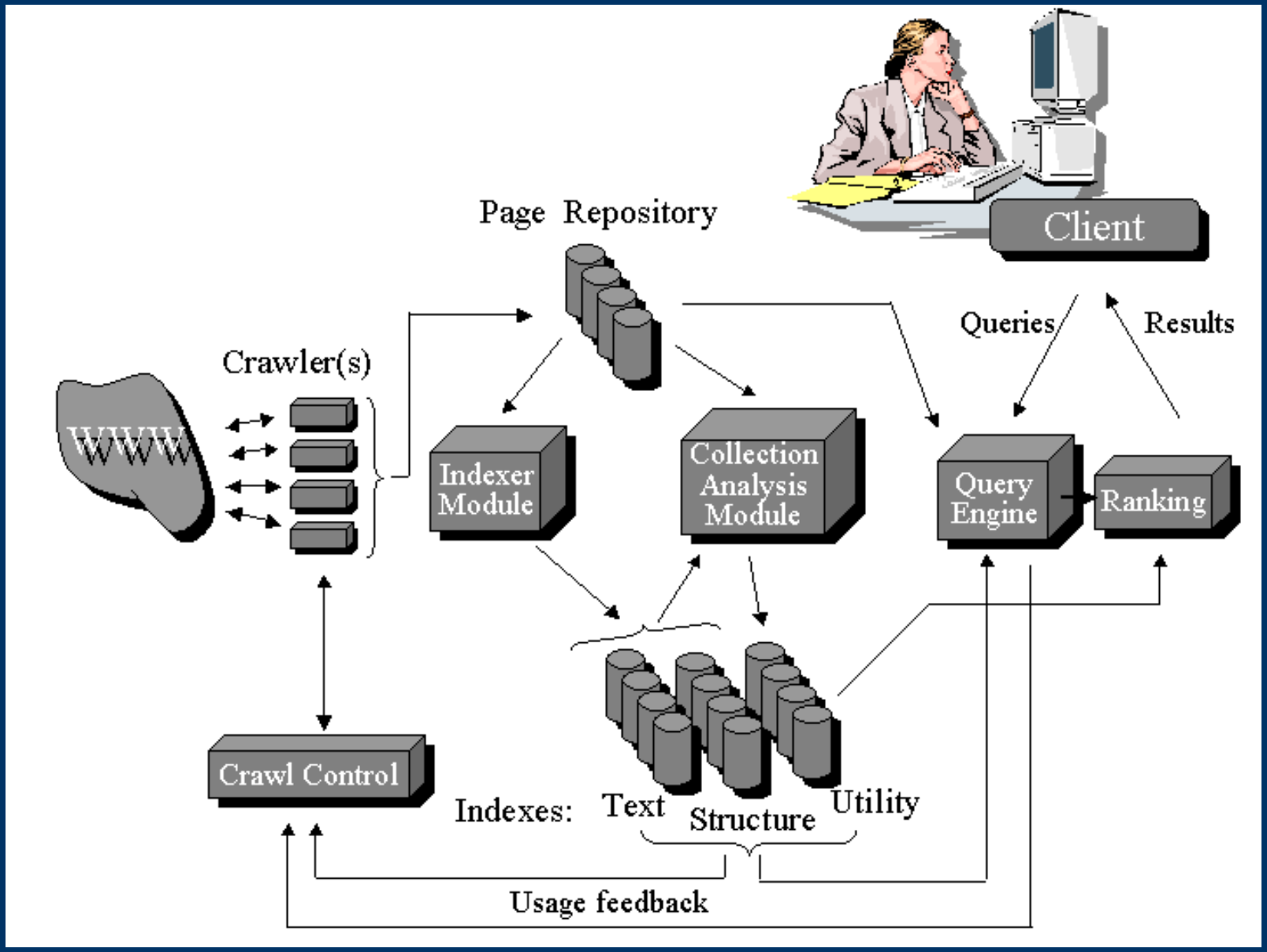
Indeksering data:

- Parsning af dokumenter.
- Lexicon: indeks (ordbog) over alle ord mødt.
- Inverted file: for alle ord i lexicon, angiv i hvilke dokumenter de findes.

Søgning i data:

- Find alle dokumenter med søgeordene.
- Rank dokumenterne.

Opbygning af en Søgemaskine



[Fra: Arasu et al., 2001]

Overblik

- √ Indledning
- √ Google facts
- √ Information retrieval generelt
- √ Internetgrafen
- √ En søgemaskines dele
  - Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Crawling

Webcrawling = Grafgennemløb

S = {startside}
repeat
    fjern en side s fra S
    parse s og find alle links (s, v)
    foreach (s, v)
        if v ikke besøgt før
            indsæt v i S

Designovervejelser

- Startpunkt (initial S).
- Crawl-strategi (valg af s).
- Mærkning af besøgte sider.
- Robusthed.
- Ressourceforbrug (egne og andres ressourcer).
- Opdatering. Kontinuert vs. periodisk crawling.

S = {startside}
repeat
    fjern en side s fra S
    parse s og find alle links (s, v)
    foreach (s, v)
        if v ikke besøgt før
            indsæt v i S

Output: DB med besøgte dokumenter.
DB med links i disse (kanterne i Internetgrafen)
DB med DokumentID–URL mapning

Crawl-strategier

- Breath First Search
- Depth First Search
- Random
- Priority Search

Mulige prioriteter:

- Sider som opdateres ofte (kræver metode til at estimatere opdateringsfrekvens).
- Efter vigtighed (kræver metode til at estimere vigtighed, f.eks. PageRank).

BFS virker godt

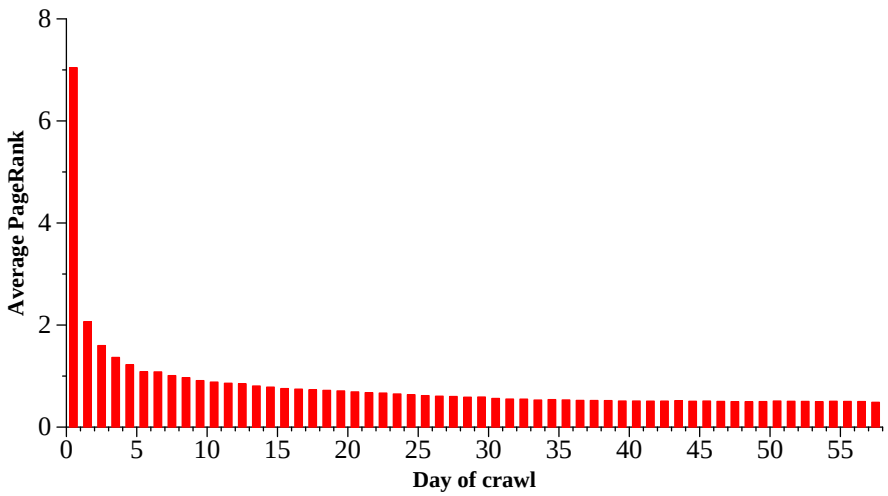


Figure 1: Average PageRank score by day of crawl

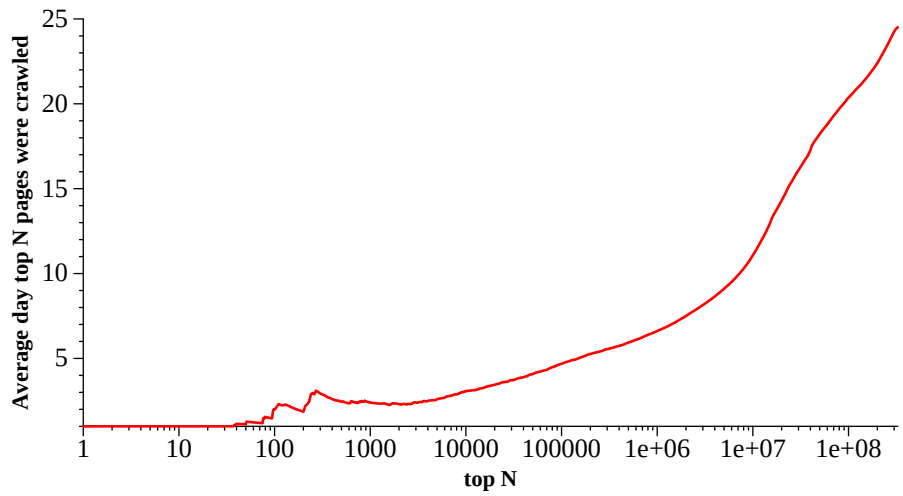


Figure 2: Average day on which the top N pages were crawled

[Fra: Najork and Wiener, 2001]

Fra et crawl af 328 millioner sider.

PageRank prioritet er endnu bedre

(men mere beregningstung. . .)

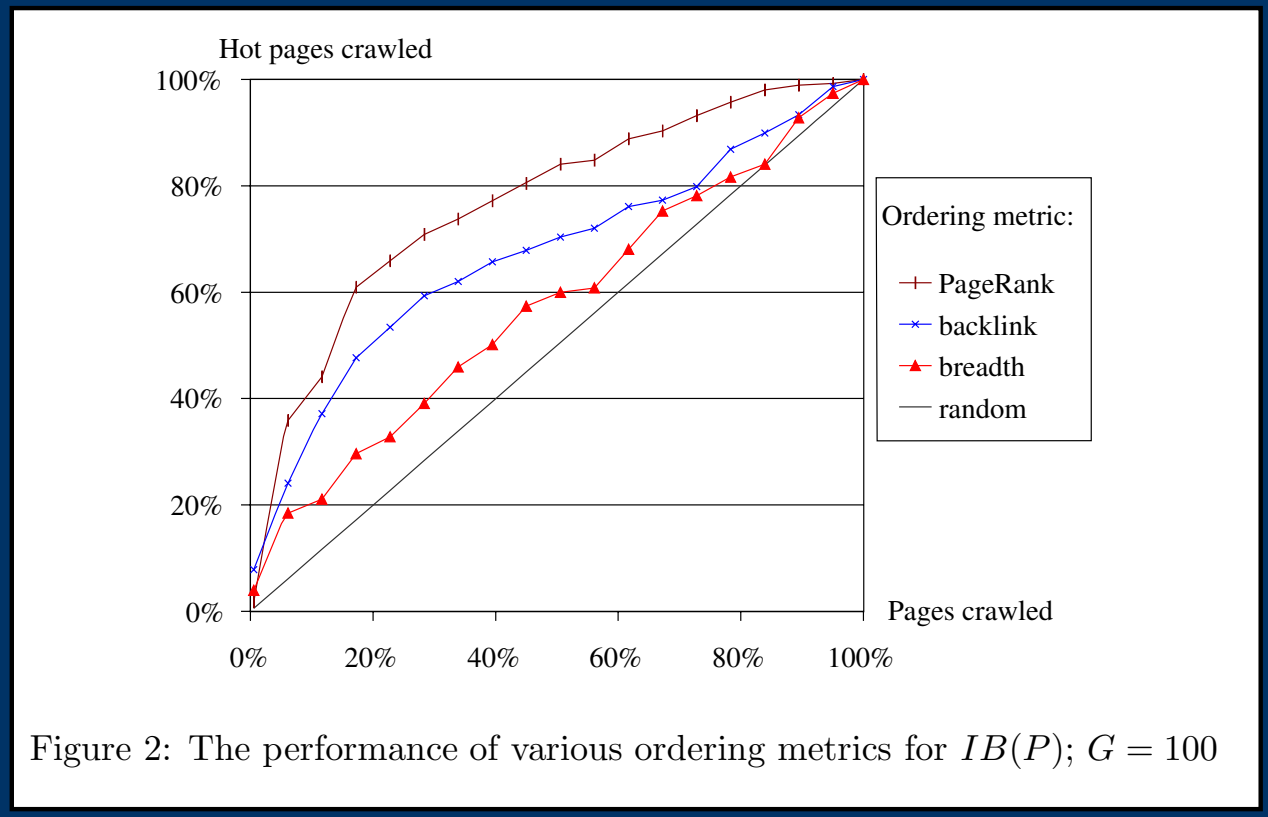


Figure 2: The performance of various ordering metrics for $IB(P)$; $G = 100$

[Fra: Arasu et al., 2001]

Fra et crawl af 225.000 sider på Stanford University.

Robusthed

- Normalisering af URLer.
- Parsning af malformet HTML.
- Mange filtyper.
- Forkert content-type fra server.
- Forkert HTTP response code fra server.
- Enorme filer.
- Uendelige URL-løkker (crawler traps).

⋮

Robusthed

- Normalisering af URLer.
- Parsning af malformet HTML.
- Mange filtyper.
- Forkert content-type fra server.
- Forkert HTTP response code fra server.
- Enorme filer.
- Uendelige URL-løkker (crawler traps).
- ⋮

Vær konservativ – opgiv at finde alt.
Crawling tager måneder – brug checkpoints.

Ressourceforbrug

Egne ressourcer

- Båndbredde (global request rate)
- Lagerplads (brug kompakte representationer)
- Distribuér på flere maskiner (opdel f.eks. rummet af ULR’er)

Ressourceforbrug

Egne ressourcer

- Båndbredde (global request rate)
- Lagerplads (brug kompakte representationer)
- Distribuér på flere maskiner (opdel f.eks. rummet af ULR'er)

Andres ressourcer (politeness)

- **Båndbredde** (lokal request rate). Tommelfingerregel: 30 sekunder mellem request til samme site.
- Robots Exclusion Protocol (`www.robotstxt.org`).
- Giv kontakt info i HTTP-request.

Erfaringer ang. effektivitet

- Brug caching (DNS opslag, `robots.txt` files, senest mødte URL'er).
- Flaskehals er ofte I/O under tilgang til datastrukturerne
- CPU cycler er ikke flaskehals (Java og scripting languages er OK).
- En tunet crawler (på een eller få maskiner) kan crawle

200-400 sider/sek $\sim$ 35 mio sider/dag.

Statistik

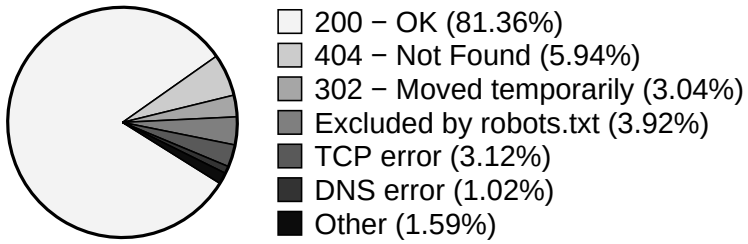


Figure 6: Outcome of download attempts

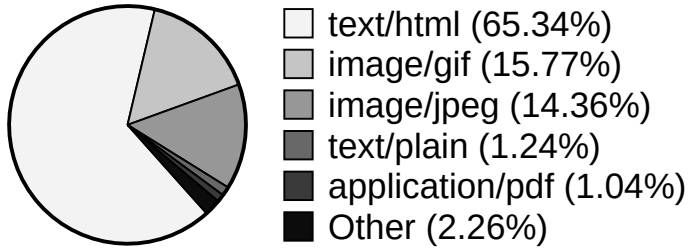


Figure 7: Distribution of content types

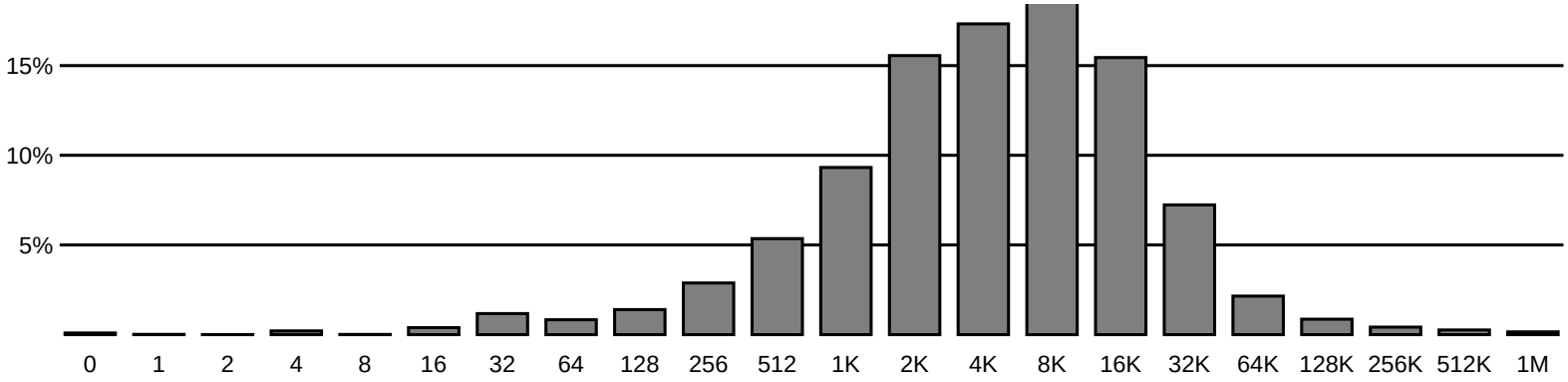


Figure 8: Distribution of document sizes

[Fra: Najork and Heydon, 2001]

Overblik

- √ Indledning
- √ Google facts
- √ Information retrieval generelt
- √ Internetgrafen
- √ En søgemaskines dele
  - √ Crawling
  - Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Indeksering af dokumenter

Opgave:

> Preprocessér en dokumentsamling så dokumenter med et givet søgeord kan blive returneret hurtigt.

Input: dokumentsamling.

Output: søgestruktur.

Indeksering: Inverted file + lexicon

- Inverted file = for hvert ord w en liste af dokumenter indeholdende w.
- Lexicon = ordbog over alle ord i dokumentsamlingen.

  (key = ord, value = pointer til liste i inverted file + evt. ekstra info for ordet, f.eks. længde af listen)

For en milliard dokumenter:

Inverted files $\sim$ totalt antal ord $\geq$ 100 mia — Disk

Lexicon $\sim$ antal forskellige ord $\sim$ 2 mio — RAM

Lexicon

Kan være i RAM, så almindelige ordbogs-datastrukturer er OK. F.eks.:

- Binær søgning i sorteret liste af ord.
- Hash tabeller.
- Tries, suffix træer, suffix arrays.

Inverted File

- Simpel (forekomst af ord i dokument):

ord_1: DocID, DocID, DocID
ord_2: DocID, DocID
ord_3: DocID, DocID, DocID, DocID, DocID,. . .
⋮

- Detaljeret (*alle* forekomster af ord i dokument):

ord_1: DocID, Position, Position, DocID, Position. . .
⋮

- Endnu mere detaljeret:

  Forekomst annoteret med info (heading, boldface, anchor text,. . .). Kan bruges under ranking.

Komprimer inverted file

- Specifikke metoder
  - Gem differencen mellem DocID'er (ikke absolutte DocID'er).
  - Kod denne difference effektivt.
- Generiske værktøjer (zip,. . .)
  - Komprimer hver liste.
  - Opdel lister i blokke, komprimer hver blok.

Parsning af dokumenter

- Find ord
  - Fjern mark-up, scripts,. . .
  - Definition af ord? (sekvens af alfanumeriske tegn, længde max 256, max 4 digits).
  - Lowercase
  - Tegnsæt? ascii, latin-1, Unicode,. . . .
- Stemming? (“funktion”, “funktionalitet”,. . . $\rightarrow$ “funktio”).
- Stop ord? (udelad hyppige ord som “og”, “er”,. . .).

Bygning af index

foreach dokument D i samlingen
    Parse D og identificér ord
    foreach ord w
        Udskriv (DocID, w)
        if w ikke i lexicon
            indsæt w i lexicon

$\Downarrow$

$(1,2),(1,37),\ldots,(1,123)$, $(2,34),(2,37),\ldots,(2,101)$, $(3,486),\ldots$

Disk sorting $\Downarrow$

$(22,1),(77,1),\ldots,(198,1)$, $(1,2),(22,2),\ldots,(345,2)$, $(67,3),\ldots$

$\approx$ inverted file

Overblik

- √ Indledning
- √ Google facts
- √ Information retrieval generelt
- √ Internetgrafen
- √ En søgemaskines dele
  - √ Crawling
  - √ Indeksering
  - Søgning og ranking
- Afslutning

Søgning og Ranking

Query: computer AND science:

1. Slå computer og science op i lexicon. Giver adresse på disk hvor deres lister starter.
2. Scan disse lister og "flet" dem (returnér DocID'er som er med i begge lister).

   computer: 12, 15, 117, 155, 256,. . .
   science: 5, 27, 117, 119, 256,. . .

3. Udregn rank af fundne DocID'er. Hent de 10 højst rank'ede i dokumentsamling og returnér URL samt kontekst fra dokument til bruger.

OR og NOT kan laves tilsvarende. Hvis lister har ord-positioner kan frase-søgninger ("computer science") og proximity-søgningner ("computer" tæt på "science") også laves.

Tekstbaseret ranking

Vægt forekomsten af et ord med f.eks.

- Antal forekomster i dokumentet.
- Ordets typografi (fed skrift, overskrift,. . .)
- Forekomst i META-tags.
- Forekomst i tekst ved links som peger på siden

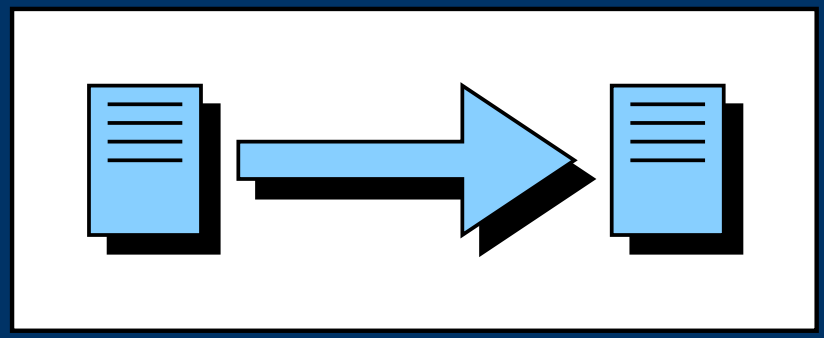
Forbedring, men ikke nok på Internettet (rankning af f.eks. 100.000 relevante dokumenter).

Let at spamme (fyld siden med søge-ord).

Linkbaseret ranking

Idé 1: Link til en side $\approx$ anbefaling af den.

Idé 2: Anbefalinger fra vigtige sider skal vægte mere.



Google PageRank™ $\approx$ websurfer

PageRank beregning kan opfattes som en websurfer som (i uendelig lang tid) i hver skridt

- med 85% sandsynlighed vælger at følge et tilfældigt link fra nuværende side,
- med 15% sandsynlighed vælger at gå til en tilfældig side i hele internettet.

PageRank for en side x er lig den procentdel af hans besøg som er til side x.

Beregning af PageRank

PageRank vektoren $\vec{r}$ er egenvektor for nabomatricen A for internetgrafen (normaliseret, d.v.s. indgangene i række i divideret med udgraden af side i)

$$\vec{r} = \vec{r}A$$

Matematisk teori (ergodisk sætning om random walks):

For vilkårlig startvektor x:

$$\vec{x}A^k \to r \quad \text{for} \quad k \to \infty$$

hvis A opfylder visse betingelser.

Beregning af PageRank

For at opfylde betingelser i PageRank: erstat A med

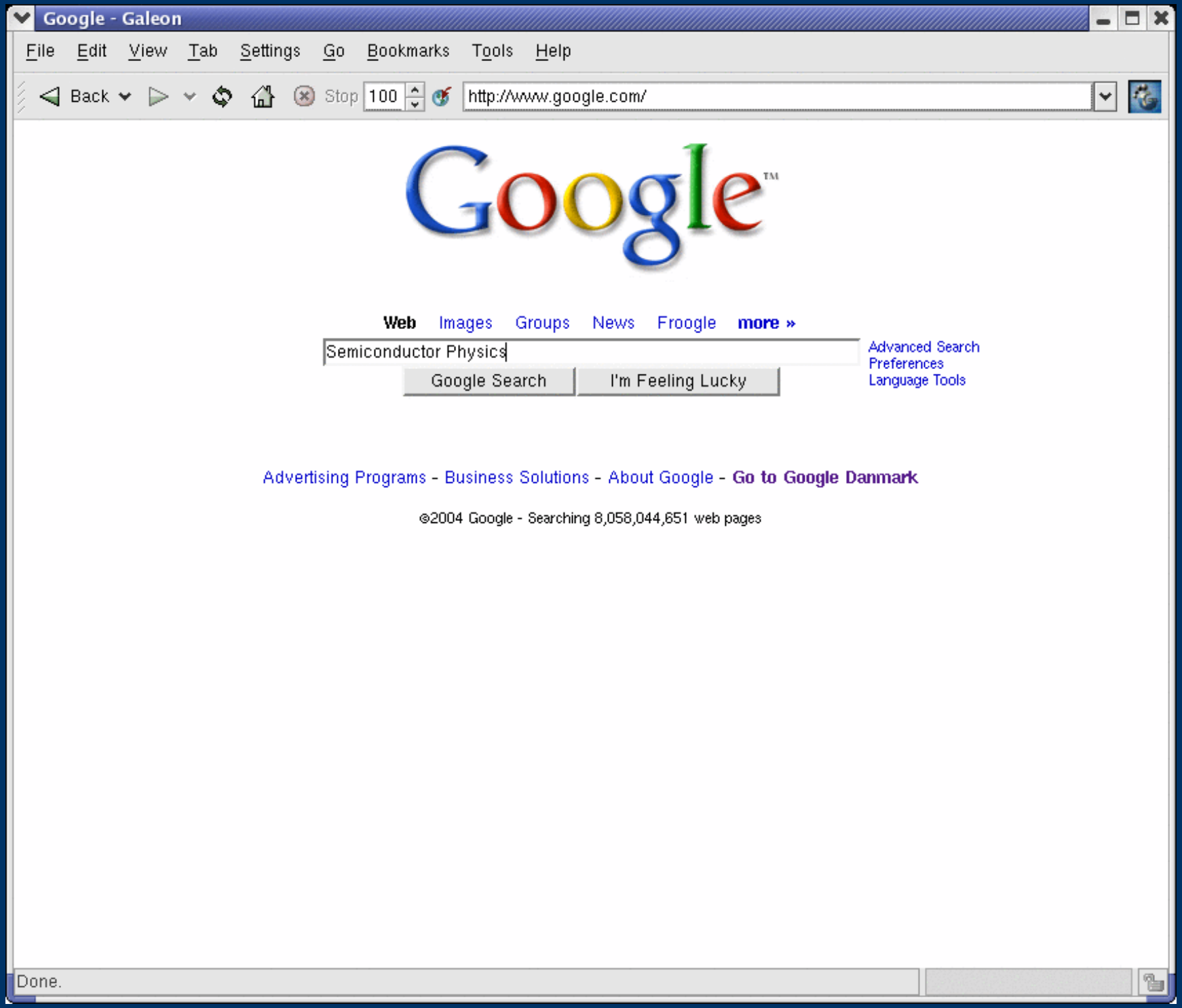
$$0.85A + 0.15E \ ,$$

hvor E er en (normaliseret) nabomatrice som indeholder kanter fra alle sider til alle sider. Vægtningen 85–15% er valgt ud fra at den har vist sig god i praksis.

Beregning: Gentag

$$\vec{r}_{\text{ny}} = \vec{r}_{\text{gl.}}(0.85A + 0.15E)$$

I praksis: 20-50 iterationer er nok.


Google - Galeon
File Edit View Tab Settings Go Bookmarks Tools Help
Back
Stop
100
http://www.google.com/
Google™
Web Images Groups News Froogle more »
Semiconductor Physics
Google Search
I'm Feeling Lucky
Advanced Search
Preferences
Language Tools
Advertising Programs - Business Solutions - About Google - Go to Google Danmark
©2004 Google - Searching 8,058,044,651 web pages
Done.

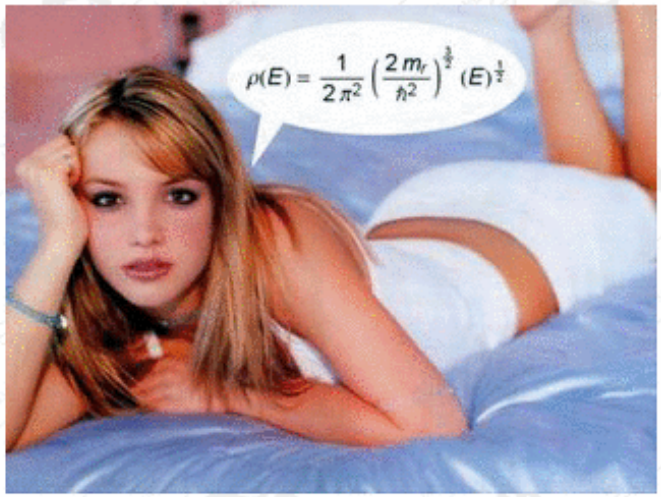
Britney Spears guide to Semiconductor Physics: semiconductor physics, Edge Emitting Lasers and VCSELs - Galeon

File Edit View Tab Settings Go Bookmarks Tools Help

Back Stop 100 http://britneyspears.ac/lasers.htm

[Home] [Picture Galleries] [Britney Spears guide to Semiconductor physics]
[Links] [Lyrics] [Guestbook] [Stuff] [Chat] [Link to us] [Awards] [Newsfeed]

Britney's Guide to Semiconductor Physics



Search

Search WWW Search Britney Spears.ac

Sci/Tech Web Awards 2001

Britney Spears.ac:

Click here to donate food to the starving people of the world.

the hungersite

It is a little known fact, that Ms Spears is an expert in semiconductor physics. Not content with just singing and acting, in the following pages, she will guide you in the fundamentals of the vital laser components that have made it possible to hear her super music in a digital format.

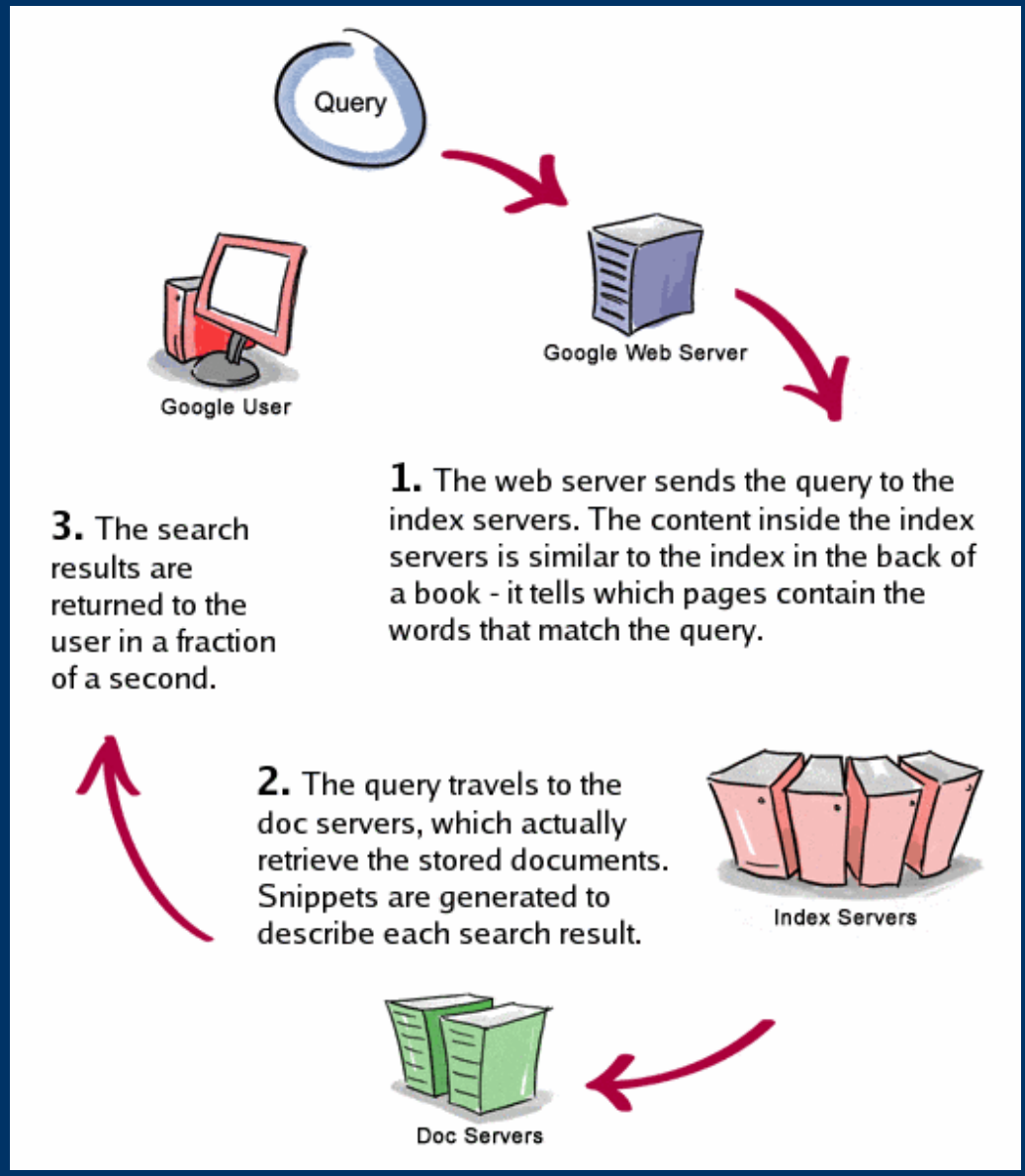
* Introduction
* The Basics of Semiconductors
* Semiconductor Crystal Structures
* Semiconductor Junctions
* Photonic Crystals
* Crystal Growth, Fabrication and Processing
* Photolithography
* Semiconductor and

Done.

Overblik

- √ Indledning
- √ Google facts
- √ Information retrieval generelt
- √ Internetgrafen
- √ En søgemaskines dele
  - √ Crawling
  - √ Indeksering
  - √ Søgning og ranking
- Afslutning

Life of a Google Query



[Fra: http://www.google.com/corporate/tech.html]

SAS-hoteller sortlistet efter Google-fusk

Verdens mest populære søgemaskine, Google, har boykottet SAS-koncernens nordiske hoteller og konferencecentre, efter de har brugt skjulte websider til at opnå en god placering i søgeresultaterne. Metoden er udviklet af danske Netpointers, som risikerer en bombe under sit forretningsgrundlag.

[Fra: www.computerworld.dk, 9. november 2004]

Gør-det-selv

Programmeringsprojekt i kurset Algorithms for Web Indexing and Searching (Gerth S. Brodal, Rolf Fagerberg), efteråret 2002.

- Opgave: lav en søgemaskine for domæne `.dk` .
- 15 studerende.
- 4 parallelt arbejdende grupper (crawling, indexing, PageRank, søgning/brugergrænseflade).
- Erfaring: Rimmelig vellykket søgemaskine, hvor rankningen dog kræver yderligere finjustering...

References

- Arvind Arasu, Junghoo Cho, Hector Garcia-Molina, Andreas Paepcke, and Sriram Raghavan, *Searching the Web*. ACM Transactions on Internet Technology, 1, p. 2-43, 2001.
- Sergey Brin and Larry Page, *The Anatomy of a Search Engine*, 1998. `http://www-db.stanford.edu/pub/papers/google.pdf`
- Monika Rauch Henzinger, *Web Information Retrieval*. Proceedings of the 16th International Conference on Data Engineering, 2000.
- Marc Najork and Allan Heydon, *High-Performance Web Crawling*. Compaq SRC Research Report 173.
- Marc Najork and Janet L. Wiener, *Breadth-First Search Crawling Yields*. In Proceedings of the Tenth Internal World Wide Web Conference, 114-118, 2001.