

# Grado en Ingeniería Informática

## Explotación de la Información *Módulo 2. Recuperación de Información*

**Antonio Ferrández Rodríguez**



UNIVERSIDAD DE ALICANTE



Grupo de Procesamiento  
del Lenguaje y Sistemas  
de Información

## Índice

Explotación de la información. Recuperación de Información

1. Introducción
2. Arquitectura de los sistemas de RI
3. Fase de recopilación de documentos
4. Fase de indexación
5. Fase de búsqueda de información
6. Fase de presentación de resultados
7. Evaluación de los sistemas de RI
8. Sistemas de *Question Answering* o Búsqueda de Respuestas
9. Sistemas de RI multimedia

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 1. Introducción

### # La Recuperación de Información o *Information Retrieval*:

- Es la ciencia de la **búsqueda** de información en **documentos** electrónicos y cualquier tipo de **colección documental digital**, como objetivo realiza la recuperación en **textos, imágenes, sonido** o datos de otras características
- Es un estudio interdisciplinario:
  - Psicología cognitiva, arquitectura de la información, diseño de la información, inteligencia artificial, lingüística, semiótica, informática, biblioteconomía, archivística, documentación...

3

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 1. Introducción

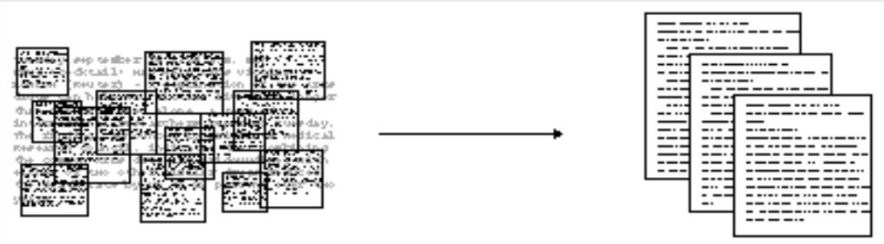
### # Los buscadores de información:

- Entrada: palabras clave a buscar
- Salida: relación de documentos ordenada
- Ejemplos: Altavista, Lycos, Google, Bing, etc.
- Ventajas: gran rapidez de funcionamiento
- Problemas: precisión baja

4

Explotación de la información. Recuperación de Información

# 1. Introducción



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 2. Arquitectura de los sist. de RI

# **Módulos o Fases:**

1. Módulo de recopilación de documentos (*web crawler* o *web spider* o araña web)
2. Módulo de indexación
3. Módulo de búsqueda de información
4. Módulo de presentación de resultados

6

Explotación de la información. Recuperación de Información

### 3. Fase de recopilación de documentos

- # **Arquitectura centralizada:**
  - Los tres primeros módulos se ejecutan localmente
  - Presenta problemas de cobertura dado el crecimiento exponencial de la Web
- # **Arquitectura distribuida**
  - El *crawler* se divide en dos componentes:
    - gatherer*: recolecta periódicamente páginas web
    - broker*: realiza el proceso de indexación
  - Ventaja: eficiencia y cobertura
  - Desventaja: complejidad de funcionamiento y sincronización

7

Explotación de la información. Recuperación de Información

### 3. Fase de recopilación de documentos

- # **Recorrido de la Web:**
  - Se comienza por un conjunto de URL conocidas
  - Se continúa por las URL que salgan de las anteriores:
    - Recorrido en profundidad o en anchura de los enlaces
  - Problemas a tener en cuenta:
    - Evitar repeticiones de páginas visitadas y sincronización entre diferentes crawlers
    - Aprendizaje de la frecuencia de actualización de las páginas
    - Evitar reindexar páginas no modificadas para mejorar la eficiencia

8

### 3. Fase de recopilación de documentos

#### # Características que debe tener un crawler:

- Robustez: debe ser capaz de evitar *spider traps*
- *Politeness*: respetar cuotas de acceso de los servidores, abrir solo una conexión con el servidor, esperar un nº de segundos antes de cada nueva petición, etc.
- Ejecución distribuida
- Escalable: debe permitir ampliar el sistema añadiendo ancho de banda, ordenadores de bajada, formatos de bajada, protocolos de comunicación, etc.
- Eficiencia
- Calidad de las páginas bajadas
- *Freshness*: ser capaz de detectar nuevas versiones de los documentos

9

### 4. Fase de indexación

#### # Características generales:

- Off-line
- Técnicas que permitan la fácil incorporación de nuevos documentos a los ya almacenados
- Rapidez de indexación
- Módulos:
  - Segmentación de palabras
  - Filtrado de palabras
  - Almacenamiento de términos con contenido

10

## 4. Fase de indexación. Segmentación de palabras

### # Módulo de segmentación de palabras:

- Fácil para algunos idiomas. Difícil para otros (chino).
- Dificultad en el tratamiento de las multipalabras:
  - MS-DOS: ¿se almacena junto? ¿las palabras individuales por separado también? ¿con guión?
    - # Lo habitual: se almacenan todas las combinaciones.
  - Tratamiento especial de /: OS/2 high/low
  - Tratamiento especial de las URL, e-mails, ...

11

## 4. Fase de indexación. Segmentación de palabras

- Dificultad en el tratamiento de las multipalabras (cont):
  - Tratamiento de las abreviaturas: U.S.A.
    - # Problema de la separación porque en algunos sistemas se eliminan las palabras formadas por una sola letra.
  - Paréntesis de los encabezados de página: 501(c)(3)
  - Apóstrofes: *can't*      *I'll* ≠ *ill*      *it's* ≠ *its*
  - Números: *.103* ≠ *103*      *1,998* (número) ≠ *1998* (fecha)

12

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Cálculo de complejidades

- # **Cálculo de complejidad: determinación de dos parámetros o funciones de coste:**
  - **Complejidad espacial:** Cantidad de recursos espaciales (de almacén) que un algoritmo consume o necesita para su ejecución
  - **Complejidad temporal:** Cantidad de tiempo que un algoritmo necesita para su ejecución
- # **Posibilidad de hacer**
  - Valoraciones
    - El algoritmo es: “bueno”, “el mejor”, “prohibitivo”
  - Comparaciones
    - El algoritmo A es mejor que el B

13

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Cálculo de complejidades

- # **Factores de complejidad temporal:**
  - Externos
    - La máquina en la que se va a ejecutar
    - El compilador: variables y modelo de memoria
    - La experiencia del programador
  - Internos
    - El número de instrucciones asociadas al algoritmo
- # **Complejidad temporal :  $Tiempo(A) = C + f(T)$** 
  - $C$  es la contribución de los factores externos (constante)
  - $f(T)$  es una función que depende de  $T$  (talla o tamaño del problema)

14

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

- # **Talla o tamaño de un problema:**
  - Valor o conjunto de valores asociados a la **entrada** del problema que representa una medida de su tamaño respecto de otras entradas posibles
- # **Paso de programa:**
  - Secuencia de operaciones con contenido semántico cuyo coste es **independiente** de la talla del problema
  - Unidad de medida de la complejidad de un algoritmo
- # **Expresión de la complejidad temporal:**
  - Función que expresa el número de pasos de programa que un algoritmo necesita ejecutar para cualquier entrada posible (para cualquier talla posible)
  - No se tienen en cuenta los factores externos

15

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

# **Ejemplos de cálculo de complejidades:**

```
int ejemplo1 (int n)
{
    n+ = n;
    return n;
}
```

$f(\text{ejemplo1}) = 1 \text{ pasos}$

```
int ejemplo2 (int n)
{
    int i;
    for (i=0; i ≤ 2000; i++)
        n+ = n;
    return n;
}
```

$f(\text{ejemplo2}) = 1 \text{ pasos}$

Complejidad Temporal =  $C + 1$

16



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

### # Ejemplos de cálculo de complejidades (cont.):

```

int ejemplo3 (int n)
{
  int i, j;
  j = 2;
  for (i=0; i ≤ 2000; i++)
    j=j*j;
  for (i=0; i ≤ n; i++)
  {
    j = j + j;
    j = j - 2;
  }
  return j;
}

```

$f(\text{ejemplo3}) = 1 + 1 \cdot (n + 1) \text{ pasos}$

17

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

### # Ejemplos de cálculo de complejidades (cont.):

```

int ejemplo4 (int n)
{
  int i, j, k;
  k = 1;
  for (i=0; i ≤ n; i++)
    for (j=1; j ≤ n; j++)
      k = k + k;
  return k;
}

```

$f(\text{ejemplo4}) = 1 + 1 \cdot n \cdot (n + 1) \text{ pasos}$

```

int ejemplo5 (int n)
{
  int i, j, k;
  k = 1;
  for (i=0; i ≤ n; i++)
    for (j=i; j ≤ n; j++)
      k = k + k;
  return k;
}

```

$f(\text{ejemplo5}) = 1 + \sum_{i=0..n} (\sum_{j=i..n} 1) \text{ pasos}$

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2}$$

$\sum_{j=i..n} 1 = (n-i+1) \cdot 1 = n-i+1$

18

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Cálculo de complejidades

# Dado un vector  $X$  de  $n$  números naturales y dado un número natural  $z$ :

```

funcion BUSCAR (var X:vector[N]; z: N): devuelve N
var i:natural  fvar;
comienzo
  i:=1;
  mientras (i ≤ |X|) ∧ (Xi≠z) hacer
    i:=i+1;
  fmientras
    si i= |X|+1 entonces devuelve 0    (*No encontrado*)
    si_no devuelve i
fin

```

- No podemos contar el número de pasos porque depende:
  - # del tamaño del problema  $|X|$
  - # de la instancia del problema que se pretende resolver (posible valor que puedan tomar las variables de entrada)

19

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Cálculo de complejidades

```

funcion BUSCAR (var X:vector[N]; z: N): devuelve N
var i:natural  fvar;
comienzo
  i:=1;
  mientras (i ≤ |X|) ∧ (Xi≠z) hacer
    i:=i+1;
  fmientras
    si i= |X|+1 entonces devuelve 0    (*No encontrado*)
    si_no devuelve i
fin

```

| X              | z | Nº PASOS  |
|----------------|---|-----------|
| ( 0, 1 )       | 1 | 1 + 1 = 2 |
| ( 1, 2, 3 )    | 1 | 1 + 0 = 1 |
| ( 2 )          | 3 | 1 + 1 = 2 |
| ( 1, 0, 2, 4 ) | 3 | 1 + 4 = 5 |
| ( 1, 0, 2, 4 ) | 0 | 1 + 1 = 2 |
| ( 1, 0, 2, 4 ) | 1 | 1 + 0 = 1 |

20

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

### # Cotas de complejidad:

- Cuando aparecen diferentes casos para una misma talla genérica  $n$ :
  - **Caso peor:** cota superior del algoritmo  $\rightarrow O(n)$
  - **Caso mejor:** cota inferior del algoritmo  $\rightarrow \Omega(n)$
  - **Término medio:** cota promedio  $\rightarrow \Theta(n)$
- Todas son funciones del tamaño del problema ( $n$ )
- La cota promedio es difícil de evaluar *a priori*
  - Es necesario conocer la distribución de la probabilidad de entrada
  - No es la media de la inferior y de la superior (ni están todas ni tienen la misma proporción)

21

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

- Talla del problema: nº de elementos de  $X$ :  $n$
- Caso mejor: el elemento está el primero:  $X_1=z \rightarrow \Omega(n) = 1$
- Caso peor: el elemento no está:  $\forall i \ 1 \leq i \leq |X|, X_i \neq z \rightarrow O(n) = n+1$

```

funcion BUSCAR (var X:vector[N]; z: N): devuelve N
var i:natural fvar;
comienzo
  i:=1;
  mientras (i ≤ |X|) ∧ (Xi≠z) hacer
    i:=i+1;
  fmientras
    si i= |X|+1 entonces devuelve 0    (*No encontrado*)
    si_no devuelve i
fin
  
```

22

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

$$O(1) \subset O(\lg \lg n) \subset O(\lg n) \subset O(\lg^{a>1} n) \subset O(\sqrt{n}) \subset O(n) \subset O(n \lg n) \subset O(n^2) \subset \dots \subset O(n^{a>2}) \subset O(2^n) \subset O(n!) \subset O(n^n)$$

$$\blacksquare f(n) + g(n) + t(n) \in O(\text{Max}(f(n), g(n), t(n)))$$

■ Ejemplos:

- $n + 1$  pertenece a  $O(n)$
- $n^2 + \log n$  pertenece a  $O(n^2)$
- $n^3 + 2^n + n \log n$  pertenece a  $O(2^n)$
- $(10^6 n) \in O(n) \subset (n^2) \in O(n^2)$   
 ✦ Aunque  $10^6 n$  es menor que  $n^2$  sólo cuando  $n > 10^6$ .

23

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

| Complejidad | $n = 32$ | $n = 64$             |
|-------------|----------|----------------------|
| $n^3$       | 3 seg.   | 26 seg.              |
| $2^n$       | 5 días   | $58 \cdot 10^6$ años |

- Tiempos de respuesta para dos valores de la talla y complejidades  $n^3$  y  $2^n$ .  
(paso = 0'1 mseg.)

```
función POT_2 (n: natural): natural
  opción
    n = 1: devuelve 2
    n > 1: devuelve 2 * POT_2(n-1)
  fopción
ffunción
```

Coste lineal  
1 seg.

```
función POT_2 (n: natural): natural
  opción
    n = 1: devuelve 2
    n > 1: devuelve POT_2(n-1)+POT_2(n-1)
  fopción
ffunción
```

Coste exponencial  
( $2^n$ )  
miles de años

24

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

*Búsqueda de un elemento en un vector ordenado  
(Búsqueda binaria)*

```
funcion BUSCA (var v:vector[N]; x,pri,ult: natural): natural
var m: natural fvar
comienzo
  repetir
    m:= (pri+ult)/2
    si v[m]>x entonces ult:= m-1
    sino pri:= m+1
  fsi
hasta (pri>ult) v v[m]=x
si v[m]=x entonces devuelve m
sino devuelve 0
fsi
fin
```

25

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

- Determinar la talla del problema:  $n = \text{tamaño del vector}$
- Mejor caso:  $x$  está en la mitad del vector
- Peor caso:  $x$  no está en el vector
- Complejidades
  - mejor caso:  $1+1=2 \in \Omega(1)$
  - peor caso
    - ✦  $1+k \cdot 1$ , donde  $k$  es el nº de veces que se ejecuta el bucle
      - 1ª iteración: Talla= $n$
      - 2ª iteración: Talla= $n/2$
      - 3ª iteración: Talla= $n/4$
      - .....
      - $k$ -ésima iteración: Talla= $n/2^{(k-1)}$
      - .....
      - última iteración: Talla =  $1$  ( $n/2^{(última-1)} = 1$ )
    - ✦ Es decir, en la última iteración sólo nos queda 1 elemento Despejando última:
      - $n = 2^{última-1}$ ;  $\log_2 n + 1 = última$ ;
      - $O(\sum_{i=1..última} 1) = O(última) = O(\log_2 n)$

26

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

**# Algoritmo:**

```

void Tokenizar(const string& str, list<string>& tokens, const
string& delimiters) {
    string::size_type lastPos = str.find_first_not_of(delimiters, 0);
    string::size_type pos = str.find_first_of(delimiters, lastPos);

    while(string::npos != pos || string::npos != lastPos)
    {
        tokens.push_back(str.substr(lastPos, pos - lastPos));
        lastPos = str.find_first_not_of(delimiters, pos);
        pos = str.find_first_of(delimiters, lastPos);
    }
    return;
}
...
Tokenizar(fecha, lfecha, "[ ]:/.");
        
```

27

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Cálculo de complejidades

**# Ejercicio 1 (evaluación continua):**

- Calcular la complejidad temporal del tokenizador anterior en función de:
  - n: longitud de *str*
  - d: longitud de *delimiters*
  - find\_first\_not\_of(): complejidad  $O(n*d)$
  - push\_back:  $O(1)$
  - substr(lastPos, pos - lastPos):  $O(pos - lastPos)$
- Añadir al algoritmo anterior las capacidades de detección y tratamiento de:
  - Guiones: MS-DOS OS/2 high/low
  - URL, e-mails
  - Detección de abreviaturas (U.S.A)
  - Apóstrofes como parte de palabras (can't, it's)
  - Números decimales: .103 5,6 1,000,000
  - Porcentajes: 55 % 75%
  - Cantidades monetarias: 103\$ 55€
  - Fechas: 16/12/2012, 2011/12/1
- Calcular la complejidad temporal de este nuevo algoritmo

28

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Módulo de filtrado de palabras:

- Se almacena todo en minúsculas. Problemas:
  - Puede interesar distinguir entre mayúsculas y minúsc.:
    - # *Bill* nombre propio – *bill* nombre común (factura)
    - # *CYCLing* nombre propio (congreso) – verbo en gerundio
- No se almacenan vocales acentuadas
- Eliminar puntos: U.S.A. como USA
- Eliminar guiones: anti-discriminatorio como antidiscriminatorio
- Se realiza un tratamiento de los caracteres especiales de cada idioma: por ejemplo la “ñ”

29

Búsqueda Avanzada Preferencias Herramientas del idioma

Google™

caña

☐ Buscar en la Web ☒ Buscar sólo páginas en español

Sugerencia: En la mayoría de los navegadores basta con pulsar la tecla Enter

La Web Imágenes Grupos Directorio

Se buscaron páginas en español que contienen caña. Resultados 1

[Asociación de cultivadores de caña de azúcar de Colombia](#)  
Noticias de Interés, Reservas a negociaciones entre CAN y Mercosur, En un documento enviado ...  
Descripción: Asociación de Cultivadores de **Caña** de Azúcar de Colombia.  
Categoría: World > Español > ... > Colombia > Economía y negocios > Asociaciones y cámaras  
[www.asocana.com.co/](http://www.asocana.com.co/) - 59k - En caché - Páginas similares

[La Caña: Revista de flamenco](#)  
... El contenido de La **Caña** viene organizándose según unas secciones fijas que quieren abarcar toda la vida flamenca: ...  
[www.flamenco-world.com/magazine/cana/cana.htm](http://www.flamenco-world.com/magazine/cana/cana.htm) - 17k - En caché - Páginas similares

[HACIENDA PIEDECHINCHE Museo de la Caña de Azúcar](#)  
Museo de la **Caña** de Azúcar. El museo de la **caña** es una exposición de documentos culturales ...  
[www.telesat.com.co/telesat/sitios/museo.html](http://www.telesat.com.co/telesat/sitios/museo.html) - 4k - En caché - Páginas similares

[Punta Cana](#)  
... Selecciona aquí para ampliar la imagen. ... Selecciona aquí para ampliar la imagen Vista aérea de Punta **Can**a Michael Friedel © Sector. ...  
[www.reddominicana.com/puntacana/](http://www.reddominicana.com/puntacana/) - 33k - En caché - Páginas similares

30

Explotación de la información. Recuperación de Información

Búsqueda Avanzada Preferencias Herramientas del idioma

Google

☐ Buscar en la Web ☒ Buscar sólo páginas en español

La Web Imágenes Grupos Directorio

Se buscaron páginas en **español** que contienen **+caña**. Resultados 1

[Asociación de cultivadores de \*\*caña\*\* de azúcar de Colombia](#)  
 Noticias de Interés, Reservas a negociaciones entre  
 CAN y Mercosur, En un documento enviado ...  
 Descripción: Asociación de Cultivadores de **Caña** de Azúcar de Colombia.  
 Categoría: World > Español > ... > Colombia > Economía y negocios > Asociaciones y cámaras  
[www.asocana.com.co/](http://www.asocana.com.co/) - 59k - En caché - Páginas similares

[La \*\*Caña\*\*: Revista de flamenco](#)  
 ... El contenido de La **Caña** viene organizándose según unas secciones  
 fijas que quieren abarcar toda la vida flamenca: ...  
[www.flamenco-world.com/magazine/cana/cana.htm](http://www.flamenco-world.com/magazine/cana/cana.htm) - 17k - En caché - Páginas similares

[HACIENDA PIEDECHINCHE Museo de la \*\*Caña\*\* de Azúcar](#)  
 Museo de la **Caña** de Azúcar. El museo de la **caña** es  
 una exposición de documentos culturales ...  
[www.telesat.com.co/telesat/sitios/museo.html](http://www.telesat.com.co/telesat/sitios/museo.html) - 4k - En caché - Páginas similares

31

Explotación de la información. Recuperación de Información


## 4. Fase de indexación.

### Módulo de filtrado

- Se eliminan las palabras sin contenido (superfluas): palabras de parada (*stopwords*).
- Métodos:
  - Crear listas “fijas” de palabras para cada idioma:
    - Inglés: a, cannot, into, our, thus, about, co, is, ours, to, above, could, it, ourselves, together, ...
    - Castellano: él, éstos, última, últimas, aún, actualmente, adelante, además, ahí, ahora, de, ...
  - Crear listas de categorías léxicas: (preposiciones, artículos, conjunciones, pronombres, adverbios).
  - Añadir *meta-stopwords*: “**encuentre** aquellos **documentos** que **describan...**”
- Problemas a tener en cuenta:
  - “to be or not to be” (todo eliminado)
  - *Vitamina A* (se eliminaría *A*)
  - ¿*Qué significa ESA*? (se eliminaría **pronombre ESA** en castellano)

32





## 4. Fase de indexación.


### Módulo de filtrado

#### # Listas de palabras de parada (inglés):

a about above across actually after again against ago all almost along already also although always among an and another any anyone around as at b back bad because before behind best better between big biggest both but by c cent complete d day down during e each early eight enough entire ep etc even ever every everything f face fact far fell few finally first five for found four from g good got h he held her here him himself his hour hours how however i idea if in including instead into it its itself j k l lack last later least led less little long longer lot m man many matter may me men miles million moment month months more morning most much my n near nearly necessary never night no nor not note nothing now o of off often on once one only or other others our out outside over own p page part past per perhaps place point proved q qm question r really recent recently reported round s same sec second section sense seven she short should showed since single six small so some soon still such t ten text than that the their them themselves then there these they thing things third this those though thought thousands three through thus time tiny to today together too took toward two u under until up upon us v very w warning way we week weeks well went were what when where whether which while who whom whose why will with without word words would x y year years yet you your z

Explotación de la información. Recuperación de Información

33



## 4. Fase de indexación.

### Módulo de filtrado

#### # Listas de palabras de parada (español):

él ésta éstas éste éstos última últimas último últimos a añadió aún actualmente adelante además afirmó agregó ahí ahora al algún algo alguna algunas alguno algunos alrededor ambos ante anterior antes apenas aproximadamente aquí así aseguró aunque ayer bajo bien buen buena buenas bueno buenos cómo cada casi cerca cierto cinco comentó como con conocer consideró considera contra cosas creo cual cuales cualquier cuando cuanto cuatro cuenta da dado dan dar de debe deben debido decir dejó del demás dentro desde después dice dicen dicho dieron diferente diferentes dijeron dijo dio donde dos durante e ejemplo el ella ellas ello ellos embargo en encuentra entonces entre era eran es esa esas ese eso esos está están esta estaba estaban estamos estar estará estas este esto estos estoy estuvo ex existe existen explicó expresó fin fue fuera fueron gran grandes ha había habían haber habrá hace hacen hacer hacerlo hacia haciendo han hasta hay haya he hecho hemos hicieron hizo hoy hubo igual incluso indicó informó junto la lado las le les llegó lleva llevar lo los luego lugar más manera manifestó mayor me mediante mejor mencionó menos mi mientras misma mismas mismo mismos momento mucha muchas mucho muchos muy nada nadie ni ningún ninguna ningunas ninguno ningunos no nos nosotras nosotros nuestra nuestras nuestro nuestros nueva nuevas nuevo nuevos nunca o ocho otra otras otro otros para parece parte partir pasada pasado pero pesar poca pocas poco pocos podemos podrá podrán podría podrían poner por porque posible próximo próximos primer primera primero primeros principalmente propia propias propio propios pudo pueda pueden pues qué que quedó queremos quién quien quienes quiere realizó realizado realizar respecto sí sólo se señaló sea sean según segunda segundo seis ser será serán sería si sido siempre siendo siete sigue siguiente sin sino sobre sola solamente solas solo solos son su sus tal también tampoco tan tanto tenía tendrá tendrán tenemos tener tenga tengo tenido tercera tiene tienen toda todas todavía todo todos total tras trata través tres tuvo un una unas uno unos usted va vamos van varias varios veces ver vez y ya yo

Explotación de la información. Recuperación de Información

34

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

# **Casos especiales de filtrado:**

- Palabras formadas por un solo carácter:
  - Se suelen eliminar, pero es problemático en casos como: *vitamina A*.
- Palabras que aparecen una sola vez en la colección de documentos:
  - Se suelen eliminar:
    - ✦ Excepto los números (que son más difíciles de que aparezcan varias veces).

35

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

# **Ejemplo de palabras de parada:**

36

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Las palabras a almacenar:

- Objetivo: identificar una palabra cuando se escribe de distintas formas.
- Métodos:
  - Tal y como aparecen en el texto.
  - O bien según su forma base o *lema* (análisis morfológico):
    - # Compute lema de: [*computing, computed, computes, ...*]
    - # También se pueden tratar derivaciones de los lemas:
      - De un nombre tratar su equivalente adjetivo o verbo:
      - Ejemplos:
        - *Computer, computational, computation, computability, ...*
        - *vendedor, vender, venta*

37

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Las palabras a almacenar (cont.):

- O bien según su *stem*:
  - Válido para el inglés: no para castellano.
  - Simula un análisis morfológico de forma eficiente.
  - Algoritmos sencillos (Porter, 1980):
    - # No realiza análisis morfológico: elimina prefijos y sufijos.
    - # Quita plurales, -ed, -ing, -ic, -full, -ness, 'y' -> 'i', etc.
    - # Ejemplos: query – queri, queries – queri, asked – ask, friends – friend, beautiful – beauti, beauty – beauti, stemming – stem, ...

38

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Algoritmo de stemming de Porter:

[www.cs.cmu.edu/~callan/Teaching/porter.c](http://www.cs.cmu.edu/~callan/Teaching/porter.c)

```
static void strip_prefixes ( char *string ) {
    static char *prefixes[] = { "kilo", "micro", "milli", "intra", "ultra",
                                "mega", "nano", "pico", "pseudo", 0 };
    for ( i=0 ; prefixes[i] != 0 ; i++ ) { ... }
}

static void strip_suffixes ( char *string ) {
    if ( has_suffix(string, "ses", stem) == TRUE ||
         (has_suffix(string, "ies", stem) == TRUE ) )
        ...
    if ( has_suffix(string, "eed", stem) == TRUE ) { ... }
}
```

39

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Algoritmo de stemming de Porter. Problemas:

- Devuelven palabras difíciles de entender para el usuario: *iteration* → *iter*.
- En ocasiones agrupa palabras que conceptualmente no tienen nada que ver (*overstemming*):
  - [*organization*] → *organ*
  - [*university, universe*] → *univers*
  - [*performed* (realizar, representar), *performance* (representación), *performer* (actor), *performative* (performativo), *performing* (teatral)] → *perform*

40

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Algoritmo de stemming de Porter. Problemas (cont.):

- En ocasiones NO agrupa palabras que conceptualmente están relacionadas (*understemming*):
  - [Acquire, acquiring, acquired] → *acquir*
  - [Acquisition] → *acquisi*

41

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de filtrado

### # Ejercicio 2 (evaluación continua):

- Archivo:
  - Ex.Inf. Modulo 2. Recuperacion de Informacion. Ejercicio2.pdf
- De los siguientes documentos, calcular el conjunto de términos que superarían la fase de filtrado.
- Analiza el proceso de stemming: errores vs. aciertos, stemming vs. lematización

42

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Módulo de almacenamiento.

# **Módulo de almacenamiento de términos con contenido:**

- Se almacenan los términos (ya segmentados y normalizados) del módulo de filtrado.
- Momento en el que aplicar esta “normalización”:
  - Fase de indexación:
    - # Almacenar sólo una vez el stem o lema.
  - Fase de búsqueda:
    - # Almacenar la palabra tal cual aparece en el documento
    - # Expandir la pregunta con todas las variantes de cada palabra, y realizar con ellas la búsqueda.
- De estos términos se almacena información adicional que ayude a determinar la relevancia.

43

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Módulo de almacenamiento.

■ **Trabajo pendiente:**

- Agrupar palabras con significado parecido y distintos lemas o stems (*Church, priest, pilgrim, ...*).
- Sinónimos (*processor – CPU*), hiperónimos (*computer → mainframe*), hipónimos (*computer ← device*), ...
- Multipalabras:
  - # Endógenas: sucesión de términos cuyo significado global es la suma de los significados de dichos términos.
  - # Exógenas: sucesión de términos cuyo significado global difiere de la suma de los significados de sus términos:
    - *Casa Blanca*. Significado endógeno: edificación de color blanco. Significado exógeno: hogar del presidente de EEUU

44

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Módulo de almacenamiento.

#### # Información adicional a almacenar. Indicios de relevancia:

- Información de los términos:
  - Si aparece o no el término en el documento.
  - Posición del término dentro del documento (nº frase, nº palabra, posición en el doc, tipo de letra, etc.)
  - Frecuencia del término (*term frequency*)  $ft(t)$ .
  - Frecuencia del documento (*document freq.*)  $fd(t)$ .
- Información del documento:
  - Tamaño del documento (palabras/bytes).
  - **RI en la web:**
    - Estructura HTML: tipos de letra, títulos, texto hiperenlaces, color, ...
    - PageRank:
      - Número de links que apuntan al documento, nº de enlaces que salen del documento, posición dentro de la jerarquía de links.

45

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación.

### Módulo de almacenamiento.

#### # Información adicional de los términos:

- Frecuencia del término (*term frequency*)  $ft(t)$ :
  - Número de veces que aparece  $t$  en cada documento.
  - Cuanto más alto sea este valor  $\Rightarrow$  más tratará el documento sobre el concepto representado por este término.
  - Se suele aplicar una normalización:  $ft(t) / \max_i ft(t_i)$ .
- Frecuencia del documento (*document freq.*)  $fd(t)$ :
  - Número de documentos que contienen a  $t$ .
  - Cuanto más bajo sea este valor  $\Rightarrow$  más discriminativo será.
  - *Inverse Document Frequency (IDF)*:  $\log(N/fd(t))$ : cuanto más alto  $\Rightarrow$  más discriminativo será
    - modelo TF-IDF:  $ft(t) * \log(N/fd(t))$
    - Kaszkiel et al. (1999):  $\log_e(ft(t)+1) * \log_e((N/fd(t)) + 1)$

46

## 4. Fase de indexación. Módulo de almacenamiento.

### # Algoritmo de extracción de documentos relevantes dado una query $q$ :

- `bool ExisteTerminoEnD (ti, dj, informacion_de_t):`
  - # Devuelve cierto si  $t_i$  existe en  $d_j$  junto con su información de relevancia (*informacion\_de\_t*)
- `conj_docs DocsConT (ti):`
  - # Devuelve todos los documentos que contienen a  $t_i$ .

```
conj_docs Docs_relevantes (conj_term q) {
    conj_docs aux;
    for(it=q.begin(); it != q.end(); ++it)
        aux += DocsConT (*it);
    for(id=aux.begin(); id != aux.end(); ++id) {
        CalculaRelevancia (*id);
    }
}
```

47


## 4. Fase de indexación. Módulo de almacenamiento.

### # Ejercicio 3:

- Sobre los documentos del ejercicio 2 y el conjunto de términos filtrado con stems y listas de palabras de parada:
  - Añadir información de frecuencias (ft y fd)
  - Calcular *conj\_doc aux* para las siguientes queries:
    - # Q1: EGYPT'S VICTORY DAY
    - # Q2: EGYPT REBELS PLANS IN NASSAU
  - Modifica el algoritmo anterior (*Docs\_relevantes*) para que se realicen ambas fases simultáneamente (*DocsConT* + *CalculaRelevancia*). ¿Qué estructuras de datos se utilizarían?

48






Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Fase de indexación. Módulo de almacenamiento.

### # Forma de almacenamiento:

- Matrices
- Índices invertidos (*inverted indexes*)
- Tablas de dispersión
- Trie

49



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Matrices

### # Almacenamiento mediante matrices:

|       | Doc. 1     | Doc. 2     | ... | Doc. N     |
|-------|------------|------------|-----|------------|
| $t_1$ | $inf_{11}$ | $inf_{12}$ | ... | $inf_{1N}$ |
| $t_2$ | $inf_{21}$ | $inf_{22}$ | ... | $inf_{2N}$ |
| ...   | ...        | ...        | ... | ...        |
| $t_k$ | $inf_{k1}$ | $inf_{k2}$ | ... | $inf_{kN}$ |

50

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Matrices

### # Almacenamiento mediante matrices:

#### ■ Complejidad (N: n° documentos, K: n° términos):

■ Espacial:  $O(N \cdot K) \rightarrow$  ¡Inabordable!

■ Temporal:

■  $\text{bool ExisteTerminoEnD}(t_i, d_j): O(1)$

■  $\text{conj\_docs DocsConT}(t_i): O(N)$

■ N va a ser muy alto habitualmente!!!

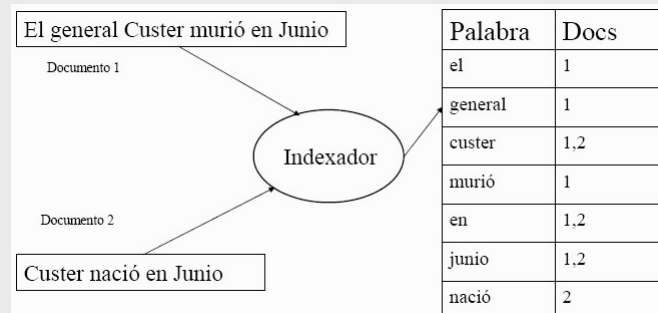
#### ■ Alternativa: matrices dispersas

■ Inconveniente de no necesitar la operación *conj\_term TermsDeD(d)* (se utilizaría un espacio de punteros innecesario)

51

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Índice invertido

### # Almacenamiento de términos mediante índices invertidos (Tesis Doctoral de Fernando Llopis):



52

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Índice invertido

# **Ejercicio 4 (evaluación continua):**

- Generar el índice invertido sobre la información extraída del ejercicio 3
- Calcular la complejidad (N: nº documentos, K: nº términos, L: longitud de la lista de  $t_i$ ):
  - Espacial
  - Temporal de:
    - # `bool ExisteTerminoEnD (ti, dj)`
    - # `conj_docs DocsConT (ti)`

53

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Índice invertido

# **Complejidad de la búsqueda de la cadena  $t_i$ :**

- Si el vector está ordenado:
  - Búsqueda binaria:  $O(\log_2 K)$
  - Habría que añadir el coste de creación del vector ordenado:
    - # Algoritmo Quicksort:  $O(K * \log K)$
  - O bien realizar la inserción para crear el vector ordenado:
    - # Problemas:
      - Tamaño de la tabla (nº de elementos desconocido a priori)
      - Complejidad:  $O(K)$  con K el número de elementos insertados.

54

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

# **Complejidad de la búsqueda de la cadena  $t_i$ :**

- Alternativa: tablas de dispersión o tablas Hash:
  - Se utiliza la información de  $t_i$  para almacenar/buscar su posición dentro de la estructura
  - Operaciones:
 

|              |             |
|--------------|-------------|
| # Búsqueda.  | $\Omega(1)$ |
| # Inserción. | $\Omega(1)$ |
| # Borrado.   | $\Omega(1)$ |

55

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

# **Tablas Hash:**

- Dividir el conjunto en un n° finito “B” de clases
- Función de dispersión:  $H(x) = [0..B-1] = x \text{ MOD } B$ 
  - # Debe ser fácil de calcular
  - # Debe minimizar el n° de colisiones
  - # Debe distribuir los elementos de forma azarosa
  - # Debe hacer uso de toda la información asociada a las etiquetas
- Formas de dispersión:
  - Abierta: No impone tamaño límite al conjunto
  - Cerrada: usa un tamaño fijo de almacenamiento

56

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

### # Tablas Hash. Dispersión cerrada:

- Colisión: claves sinónimas  $x_1, x_2 / H(x_1) = H(x_2)$ 
  - ESTRATEGIA DE REDISPERSION:
    - # Elegir sucesión de localidades alternas dentro de la tabla, hasta encontrar una vacía
    - #  $H(x), h_1(x), h_2(x), h_3(x), \dots$
    - # Si ninguna está vacía: no es posible insertar → Hay que ampliar la tabla:
      - Crear una nueva tabla de tamaño  $B' > B$
      - Insertar los elementos de la tabla antigua en la nueva con la nueva  $H'(x)$
      - Operación ineficiente

57

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

### BÚSQUEDA DE ELEMENTOS

Buscar en sucesión de localidades alternas dentro de la tabla, hasta encontrar una vacía:

$$H(x), h_1(x), h_2(x), h_3(x), \dots$$

### BORRADO DE ELEMENTOS

Hay que distinguir durante la búsqueda:

- Casillas vacías
- Casillas suprimidas

Durante la inserción las casillas suprimidas se tratarán como espacio disponible.

58

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

# ESTRATEGIA DE REDISPERSIÓN LINEAL ("siguiente posición"):

- No eficiente. Larga secuencia de intentos

$$h_i(x) = (H(x) + 1 \cdot i) \text{ MOD } B \quad c=1 \quad h_i(x) = (h_{i-1}(x) + 1) \text{ MOD } B$$

# ESTRATEGIA DE REDISPERSIÓN ALEATORIA:

$$h_i(x) = (H(x) + c \cdot i) \text{ MOD } B \quad c>1 \quad h_i(x) = (h_{i-1}(x) + c) \text{ MOD } B$$

Sigue produciendo AMONTONAMIENTO

c y B no deben tener factores primos comunes mayores que 1

# E.R. CON 2ª FUNCIÓN DE HASH:

$$h_i(x) = (H(x) + k(x) \cdot i) \text{ MOD } B \quad h_i(x) = (h_{i-1}(x) + k(x)) \text{ MOD } B$$

$$k(x) = (x \text{ MOD } (B-1)) + 1$$

B debe ser primo

59

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

Insertar en una tabla de dispersión cerrada de tamaño  $B=7$ , con función de dispersión  $H(x) = x \text{ MOD } B$ , y con estrategia de redispersión *segunda función hash*, los siguientes elementos: 23, 14, 9, 6, 30, 12, 18

$$c=k(x) \rightarrow 1 \dots B-1 \quad // \quad k(x) = (x \text{ MOD } (B-1)) + 1$$

$$h_i(x) = (H(x) + k(x) \cdot i) \text{ MOD } B = (h_{i-1}(x) + k(x)) \text{ MOD } B$$

$$H(23) = 23 \text{ MOD } 7 = 2$$

$$H(14) = 14 \text{ MOD } 7 = 0$$

$$H(9) = 9 \text{ MOD } 7 = 2$$

$$k(9) = (9 \text{ MOD } 6) + 1 = 4$$

$$h_1(9) = (2 + 4) \text{ MOD } 7 = 6$$

60

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

1) Insertar en una tabla de dispersión cerrada de tamaño  $B=7$ , con función de dispersión  $H(x) = x \text{ MOD } B$ , y con estrategia de redispersión *segunda función hash*, los siguientes elementos: 23, 14, 9, 6, 30, 12, 18

$H(6) = 6 \text{ MOD } 7 = 6$

$k(6) = (6 \text{ MOD } 6) + 1 = 1$

$h_1(6) = (6+1) \text{ MOD } 7 = 0$

$h_2(6) = (0+1) \text{ MOD } 7 = 1$

$H(30) = 30 \text{ MOD } 7 = 2$

$k(30) = (30 \text{ MOD } 6) + 1 = 1$

$h_1(30) = (2+1) \text{ MOD } 7 = 3$

$H(12) = 12 \text{ MOD } 7 = 5$

$H(18) = 18 \text{ MOD } 7 = 4$

|   |    |
|---|----|
| 0 | 14 |
| 1 | 6  |
| 2 | 23 |
| 3 | 30 |
| 4 | 18 |
| 5 | 12 |
| 6 | 9  |

**Nº TOTAL DE INTENTOS  
HASTA LA CLAVE 18:**

11

61

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

# **Tablas Hash. Dispersión abierta:**

- # Elimina el problema del CLUSTERING SECUNDARIO (colisiones entre claves no sinónimas)
- # Las colisiones se resuelven utilizando una lista enlazada

```

graph LR
    subgraph Table
        direction TB
        0[0]
        1[1]
        2[2]
        3[3]
        4[4]
        5[5]
        6[6]
    end
    0 --> 14[14]
    1 --> ""
    2 --> 23[23]
    23 --> 9[9]
    9 --> 30[30]
    3 --> ""
    4 --> 18[18]
    18 --> 25[25]
    5 --> 12[12]
    6 --> 6[6]
    
```

62

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Tabla Hash

$$\alpha = \frac{n}{|B|}$$

$n$  = nº elem. de la tabla.  $B$  = tamaño de la tabla

HASH CERRADO:  $0 \leq \alpha \leq 1$   
 HASH ABIERTO:  $\alpha \geq 0$  (No hay límite en el nº de elementos en cada casilla).

- Reestructuración de las tablas de dispersión:
  - $n \geq 0,9 B$  (H.C.)
  - $n \geq 2 B$  (H.A.)

→ Nueva tabla con el doble de posiciones

63

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

### # Trie:

- Árbol para representar conjuntos de cadenas de caracteres u objetos (DICCIONARIO DE CADENAS):
- Cada nodo representa el prefijo de una palabra
- Los hijos de un nodo representan las cadenas que tiene a sus padres como prefijos
- Ventajas:
  - Búsquedas parciales (palabras que empiezan por “AR”)
  - No necesitan operación “redimensionar tabla”
  - Cada carácter se almacena una sola vez en los prefijos comunes
  - Complejidad en función de la longitud de la palabra y no en función del nº de palabras

64



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# **Nodo:**

- Campo booleano (indica si es una palabra completa o un prefijo)
- Estructura de punteros para todos los posibles hijos

65

Explotación de la información. Recuperación de Información

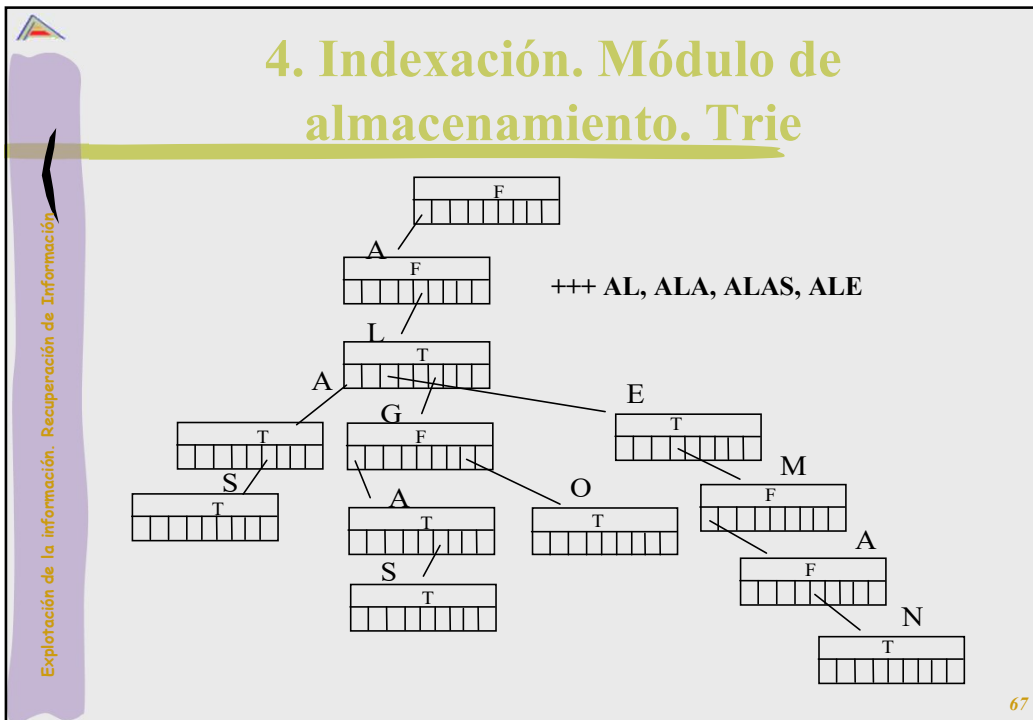
## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# **Crear:**  
 Constructor que pondrá la variable booleana a FALSE y los punteros nulos

ALGA, ALGAS,  
ALGO,  
ALEMAN

¿¿AL, ALA, ALAS, ALE??

66



67

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# **Pertenece:**

**ALGORITMO BUSQUEDA**

**ENTRADA:** s : Cadena; A : TRIE;

**SALIDA:** Encontrado: Boolean;

**VAR :** p: Iterador; c: Carácter;

**METODO**

```

p = A; Encontrado = FALSE
Mientras NO EsVacio (p) y NO Encontrado
    Si LONGITUD (s) == 0
        Encontrado = Dato (p)
    Sino
        c = OBTENER (s,1)
        p = p.HIJO (c)
        Si NO EsVacio (p)
            SUPRIMIR (s)
        fsi
    fsi
fMientras
fMETODO
  
```

68

Explotación de la información. Recuperación de Información

4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# Inserción:

- Si el camino seguido para la inserción ya existe:
  - Cambiar el flag booleano a cierto al llegar a la última letra de la palabra
- Si no existe:
  - Crear un nodo en la posición que le corresponda, y así con todas las letras hasta completar la palabra completa

69

Explotación de la información. Recuperación de Información

4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# Complejidad Temporal:

*PERTENECE e INSERTAR:*

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <i>TRIE: <math>O(L)</math></i> | <i><math>L = \text{longitud de la cadena}</math></i> |
| <i>ABB: <math>O(n)</math></i>  | <i><math>n = \text{tamaño diccionario}</math></i>    |

70

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

**# Complejidad Espacial:**

*Demasiados nodos. Otra opción es tener dos tipos de nodo:*

- Nodos prefijo.
- Nodos terminales.

ALGAS, ALGO, ALGUNOS,  
ALEMAN, ZOOM

¿¿AL, ALA, ZORRO??

71

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

**+++ AL, ALA, ZORRO**

72

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

### # Ejercicio 5: *EJERCICIO A ENVIAR COMO TUTORÍA CV*

- Proponer estructuras alternativas para mejorar la complejidad espacial y temporal de las representaciones vistas anteriormente
- Probarlo insertando las palabras del trie anterior más las siguientes: alas, alemanes, alemañes, alga, algos, als, laura, zo, zooms, zorros
- Analizar comparativamente la complejidad de esas nuevas propuestas

73

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

### # Mejora adicional:

- Tras la indexación solo se hacen operaciones de búsqueda de palabras:
  - La estructura se puede optimizar para la lectura de la tabla de palabras y las operaciones de búsqueda de palabras:
    - # Se sustituye:
      - Memoria dinámica por estática: más eficiente
      - Punteros por direcciones *offset* que ocupan menos espacio

74

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

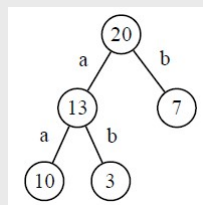
### # Mejora adicional (cont.):

- El árbol se recorre en postorden: HI, HD, Raíz
- La primera casilla del vector almacena el *offset* de la raíz
- Las restantes casillas, para cada nodo del trie:
  - La primera casilla almacena el índice a la información adicional de la palabra
  - La segunda, el tamaño respecto a los hijos del nodo
  - Las siguientes, pares (cadena a la que representa el hijo, *offset* del hijo)

75

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

### # Ejemplo:



|    |    |   |
|----|----|---|
| 0  | 13 | offset of root node                           |
| 1  | 10 | node value of 'aa'                            |
| 2  | 0  | size of index to child nodes of 'aa' in bytes |
| 3  | 3  | node value of 'ab'                            |
| 4  | 0  | size of index to child nodes of 'ab' in bytes |
| 5  | 13 | node value of 'a'                             |
| 6  | 4  | size of index to child nodes of 'a' in bytes  |
| 7  | a  | index key for 'aa' coming from 'a'            |
| 8  | 4  | relative offset of node 'aa' ( $5 - 4 = 1$ )  |
| 9  | b  | index key for 'ab' coming from 'a'            |
| 10 | 2  | relative offset of node 'ab' ( $5 - 2 = 3$ )  |
| 11 | 7  | node value of 'b'                             |
| 12 | 0  | size of index to child nodes of 'b' in bytes  |
| 13 | 20 | root node value                               |
| 14 | 4  | size of index to child nodes of root in bytes |
| 15 | a  | index key for 'a' coming from root            |
| 16 | 8  | relative offset of node 'a' ( $13 - 8 = 5$ )  |
| 17 | b  | index key for 'b' coming from root            |
| 18 | 2  | relative offset of node 'b' ( $13 - 2 = 11$ ) |

76

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

- # Caso particular de los TRIES
- # Árbol binario en que cada nodo contiene un elemento.
- # La asignación de un nodo viene determinada por la representación binaria de la clave:
  - Dado nodo  $X$  en nivel " $i$ ":
    - $\forall Y \in \text{SubárbolIzq}(X)$  tienen el bit " $i$ " igual a cero
    - $\forall Y \in \text{SubárbolDer}(X)$  tienen el bit " $i$ " igual a uno

77

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

- # **BUSQUEDA, INSERCIÓN Y BORRADO:**

Igual que en ABB excepto que el subárbol al que hay que moverse viene determinado por un bit en la clave.

¿0100, 1011, 1010?

78

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# **COMPLEJIDAD:**

$O(h)$        $h = \text{altura del árbol}$   
 $h = N+1$        $N = \text{nº de bits de la clave}$

# **Desventajas respecto al trie:**

- Eficiencia espacial: cada letra del prefijo se almacena
- Eficiencia temporal:
  - Hay que realizar la conversión a código binario
  - En cada nivel del árbol hay que hacer una comparación entre cadenas de bits
- Solución: árboles digitales comprimidos: PATRICIA

79

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 4. Indexación. Módulo de almacenamiento. Trie

# **Ejercicio 6:**

- Generar la tabla de palabras del trie sobre la información extraída del ejercicio 3
- Generar la tabla de información adicional:
  - Para cada término:
    - # Frecuencia del término en cada documento
    - # Posiciones del término en el documento (p.ej. número de palabra)
    - # Número de documentos que contienen al término
    - # Lista de documentos que contienen al término
  - Para cada documento:
    - # Identificador
    - # Nombre completo
    - # Nº de palabras
    - # Nº de palabras sin *stop-words*
    - # Tamaño en bytes
  - Para la colección de documentos:
    - # Número de términos indexados
    - # Número de términos diferentes indexados
    - # Número de documentos indexados
    - # Tamaño medio de documentos

80



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Características generales:

- Se le aplica el mismo proceso de los documentos a las palabras clave de la pregunta.
- Se comparan las palabras clave de la pregunta con las de cada documento.
- Sólo se utilizarán los términos de la pregunta que apareciesen previamente indexados en la colección.

81

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Características generales (cont.):

- Métodos de comparación:
  - Modelo booleano.
  - Modelo vectorial.
  - Modelo probabilístico.
  - Modelo basado en pasajes.

82

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo booleano:

- El más sencillo de utilizar.
- Cuenta ocurrencias de términos utilizando operadores booleanos (AND, OR, NOT):
  - Término 1 AND término 2 AND ... OR término J.
- Problema:
  - No permite una ordenación de documentos.
- Posible mejora:
  - Asignar un peso a cada operador booleano: **modelo booleano extendido**.

83

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo vectorial:

- Preguntas y documentos se representan como vectores en un espacio K-dimensional ( $K$  = número de términos).
- Modelo estándar en la comunidad de la RI.
  - Ventajas: simplicidad y naturalidad.
  - Desventajas: considera cada término independiente con los demás (modelo *bag of words*).
- Medidas de similitud ( $Q$  pregunta,  $D$  documento):
  - *Overlap*:  $|Q \cap D|$
  - *Coseno*:  $\frac{|Q \cap D|}{\sqrt{|Q|} + \sqrt{|D|}}$

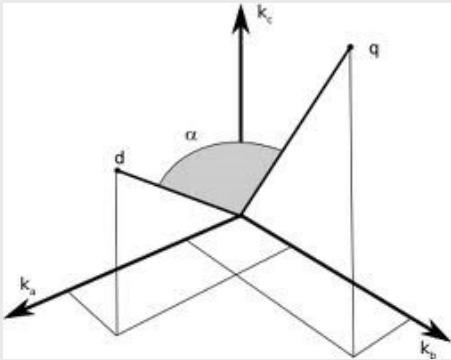
84

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo vectorial:

- Preguntas y documentos se representan como vectores en un espacio K-dimensional ( $K =$  número de *términos*)
- Similitud: coseno del ángulo entre ambos vectores



85

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Ejercicio 7:

- Sobre la información generada en el ejercicio 6, calcular las medidas de similaridad del “overlap” y el “coseno” para las siguientes preguntas:
  - ENGLISH REBELS
  - 01/04/63
- Analiza la diferencia que se hubiese producido al usar el modelo booleano con ENGLISH and REBELS

86

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo vectorial (cont.):

- Medida del coseno con pesos:

$$sim(Q, D) = \frac{\sum_{i=1}^k q_i * d_i}{\|Q\| * \|D\|}, \quad \|Q\| = \sqrt{\sum_{i=1}^k q_i * q_i}, \quad q_i = ft_{Q,i} * \log_e\left(\frac{N}{fd_i}\right)$$

$$\|D\| = \sqrt{\sum_{i=1}^k d_i * d_i}, \quad d_i = ft_{D,i} * \log_e\left(\frac{N}{fd_i}\right)$$

- Medida del coseno según (Kaszkiel et al., 1999):

$$q_i = \log_e(ft_{q,i} + 1) * \log_e\left(\frac{N}{fd_i} + 1\right)$$

$$d_i = \log_e(ft_{d,i} + 1)$$

87

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Ejercicio 8 (evaluación continua):

- Sobre la información generada en el ejercicio 6, calcular las medidas de similaridad utilizando el modelo del coseno con pesos y el del coseno según Kaszkiel para las siguientes preguntas:

- REBELS
- EGYPT IN EUROPE

88

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo vectorial (cont.):

- Para intentar independizar los resultados del tamaño de los documentos, se suele normalizar las frecuencias  $ft$ :
  - $ft_i = ft_i / \max ft_d$  para todos los términos  $i$  del documento  $d$ .
  - Todos los  $ft$  tendrán valores entre 0 y 1.
  - O bien se aplica la normalización del logaritmo, tal y como ocurre en el coseno según Kaszkiel.

89

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo vectorial (cont.):

- Coseno pivotado (favorece documentos cortos):

$$\text{sim}(Q, D) = \sum_{i=1}^k \left( \frac{q_i * d_i}{W_d} \right)$$

$$q_i = 1 + \log_e \left( 1 + \log_e (ft_{q,i}) \right) * \log_e \left( \frac{N+1}{fd_i} \right)$$

$$d_i = 1 + \log_e (1 + ft_{d,i})$$

$$W_d = (1 - \text{slope}) + \text{slope} * \frac{d_{\text{longBytes}}}{\text{media}_{\text{longBytes}}}, \text{slope} = 0,2$$

90

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Ejercicio 9:

- Sobre la información generada en el ejercicio 6:
  - Calcular  $q_i$  y  $d_i$  para los términos implicados en las siguientes preguntas según el modelo del coseno pivotado:
    - # REBELS
    - # EGYPT IN EUROPE
  - ¿Cambiarían los resultados para cada documento respecto a lo calculado en el ejercicio anterior para Kaszkiel?

91

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo probabilístico:

- Intenta resolver el problema de RI a través del cálculo de probabilidades.
- La medida de similitud se define como:
 
$$\frac{\text{Probabilidad de que se halle en el conjunto de documentos relevantes}}{\text{Probabilidad de que se halle en el conjunto de documentos NO relevantes}}$$
- Objetivo:
  - Localizar aquellos documentos que maximicen la probabilidad de pertenecer al conjunto de documentos relevantes.
- Ejemplo: Sistema *okapi*.

92

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo probabilístico. Sistema *okapi*:

■  $b \in [0, 1]$ , controla efecto de normalización de long.doc:

■  $b=0 \rightarrow$  no se hace normalización de la long. Doc.

■  $b=1 \rightarrow$  se hace una normalización total de la long.doc

■  $k_1 > 0$ , controla efecto de la frecuencia de término:

$$tf = \frac{ft_{i,d}}{B} \quad \frac{tf}{tf + k_1} * idf_i \quad idf_i = \frac{N - fd_i + 0,5}{fd_i + 0,5}$$

■ CLEF-2001:  $b=0,75$   $k_1=1,2$

■ ResPubliQA-2009:  $b=0,6$   $k_1=0,1$

$$B = (1-b) + b * \frac{d_{longBytes}}{media_{longBytes}} \quad sim(Q, D) = \sum_{i=1}^k \frac{ft_{i,d}}{k_1 * \left( (1-b) + b * \frac{d_l}{media_l} \right) + ft_{i,d}} * idf_i$$

93

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo probabilístico. Sistema *okapi BM25*:

■ Variante de okapi ampliamente usada.

■  $c(q_i, d)$  = frecuencia del término en el documento

■  $|d|$  = número de palabras del documento

■  $avgdl$  = media de palabras por documento en toda la colección

The BM25 score of a document  $d$  was computed as follows,

$$BM25(d, q) = \sum_{q_i \in q} \frac{idf(q_i) \cdot c(q_i, d) \cdot (k_1 + 1)}{c(q_i, d) + k_1 \cdot (1 - b + b \cdot \frac{|d|}{avgdl})} \cdot \frac{(k_3 + 1)c(q_i, q)}{k_3 + c(q_i, q)}, \quad (2)$$

where  $avgdl$  denotes the average document length in the entire document corpus.  $k_1$ ,  $k_3$  and  $b$  are free parameters. In feature 21-25 and 61, we set  $k_1 = 2.5$ ,  $k_3 = 0$  and  $b = 0.8$ . The  $avgdl$  for each stream can be obtained from meta information, as

94

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo basado en pasajes:

- Dividen los documentos en trozos de texto.
- Determinan la relevancia del documento en función de los pasajes:
  - Se le asigna la puntuación del mejor pasaje.
  - Se le asigna la suma de la puntuación de cada pasaje.

95

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo basado en pasajes (cont.):

- Superan los problemas de los modelos basados en documentos:
  - Tienen en cuenta de forma automática la proximidad de aparición entre las palabras del documento.
  - Localizan la zona realmente relevante del documento.
  - Realizan una normalización eficiente y automática del tamaño de los documentos.

96



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo basado en pasajes (cont.):

- Tipos de modelos:
  - Basados en el discurso.
  - Semánticos.
  - Ventana.

97

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo basado en pasajes (cont.):

- Modelos basados en el discurso:
  - División en función de frases, párrafos, secciones, marcas HTML u otros elementos estructurales del documento.
  - Problemas:
    - # En algunos documentos es difícil realizar esta división:
      - Faltan las marcas HTML o la división en secciones o párrafos.
      - Documentos poco estructurados.
    - # Puede generar pasajes de tamaño muy heterogéneo, luego no se realiza la normalización automática en función del tamaño.
    - # Sensible al algoritmo de división en pasajes (nueva fuente de error):
      - Los párrafos en ocasiones se definen por motivos visuales y no por motivos de coherencia semántica.

98

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo basado en pasajes (cont.):

- Modelos basados en la semántica:
  - División según la consistencia interna de su contenido, utilizando la estructura discursiva del documento:
    - # Unión de frases o párrafos si presentan relaciones semánticas.
    - # Pueden unir párrafos no adyacentes.
  - Herramienta “TextTiling”
  - Problemas:
    - # Dificultad de conseguir la división en pasajes:
      - El cálculo de estas relaciones semánticas no está suficientemente desarrollado. Se suele calcular en función del número de palabras que comparten.
    - # Incorporan una nueva fuente de error.

99

Explotación de la información. Recuperación de Información


## 5. Fase de búsqueda de información

### # Modelo basado en pasajes (cont.):

- Modelos basados en ventanas:
  - División según un rango de tamaño.
  - Se busca una normalización automática.
  - Utilizan *solapamiento* de pasajes para evitar introducir errores en el modelo al dividir en pasajes:
    - # Existe parte de texto compartida entre pasajes distintos.
  - Subtipos:
    - # Basados en la estructura del documento.
    - # NO basados en la estructura del documento.

100

Explotación de la información. Recuperación de Información



## 5. Fase de búsqueda de información

---


Explotación de la información. Recuperación de Información

### # Ejercicio 10 (evaluación continua):

- Sobre los documentos del ejercicio 2:
  - Realizar la división de pasajes según el modelo de ventanas:
    - # Sobre un tamaño de 10 palabras y un solapamiento de 5
  - ¿Qué ventajas le ves a esta representación del documento en comparación con las vistas anteriormente? Propón ejemplos que muestren las ventajas.

101

Explotación de la información. Recuperación de Información



## 5. Fase de búsqueda de información

---

Explotación de la información. Recuperación de Información

### # Expansión de la pregunta (*Query Expansion*):

- Añadir nuevos términos a la pregunta.
- Aumenta la cobertura, pero puede bajar la precisión
- Métodos:
  - Basados en tesauros:
    - # WordNet, sinónimos (*processor – CPU*), hiperónimos (*computer – mainframe*), hipónimos (*computer – device*), ...
    - # Añadir variantes morfológicas (*comer, comió, comía, ...*).
    - # Añadir derivaciones (*vender, vendedor, vendido, ...*).
    - # Problemas de añadir sinónimos con sentidos diferentes al original.
  - Realimentación: *Relevance feedback*
  - Análisis local: *Blind/Pseudo Relevance Feedback*
  - Análisis global.

102

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Expansión de la pregunta. *Relevance feedback*:

- El usuario decide qué documentos de los primeros 10 ó 20 presentados son relevantes.
- Se añaden sus palabras claves (las de mayor frecuencia) a las de la pregunta y se vuelve a lanzar la pregunta.
- Ventaja:
  - # Se evita al usuario la reformulación de la pregunta.
  - # Facilita el proceso al usuario cuando no conoce bien la colección de documentos
- Problemas:
  - # Eficiencia: hay que lanzar nuevamente la pregunta.
  - # El número de términos añadidos demasiado grande.
  - # La necesidad de intervención del usuario.

103

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Expansión de la pregunta. *Relevance feedback*:

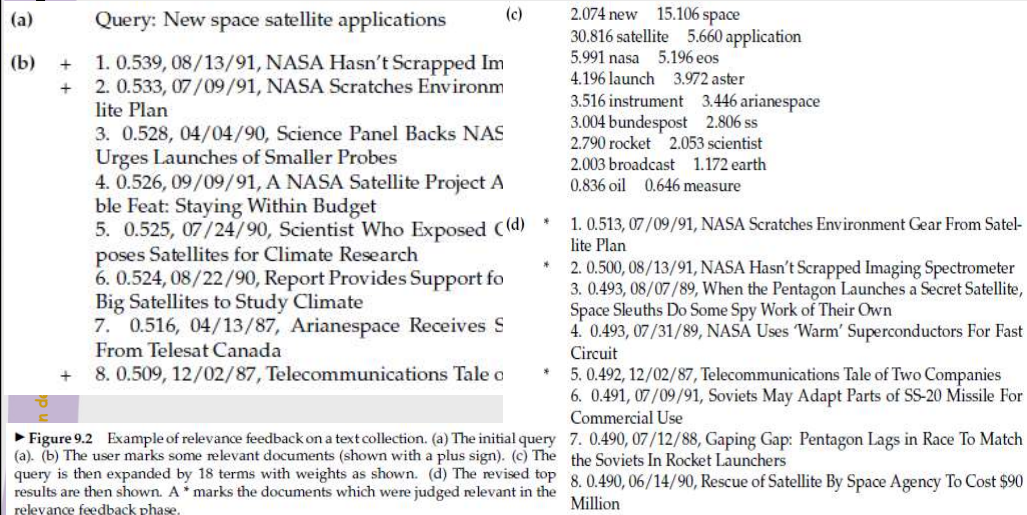
#### ■ Algoritmo de Rocchio:

$$\vec{q}_m = \alpha \vec{q}_0 + \beta \frac{1}{|D_r|} \sum_{\vec{d}_j \in D_r} \vec{d}_j - \gamma \frac{1}{|D_{nr}|} \sum_{\vec{d}_j \in D_{nr}} \vec{d}_j$$

- #  $\vec{q}_m$ : query modificada
- #  $\vec{q}_0$ : query originalmente lanzada por el usuario
- #  $D_r$ : conjunto de docs marcados como relevantes por el usuario
- #  $D_{nr}$ : conjunto de docs marcados como NO relevantes por el usuario
- #  $\alpha, \beta, \gamma$ : pesos asignados a cada término. Habitualmente:
  - $\alpha=1, \beta=0,75, \gamma=0,15$
  - Los pesos negativos se eliminan (se ponen a cero)
- Requiere que el usuario evalúe un nº importante de documentos

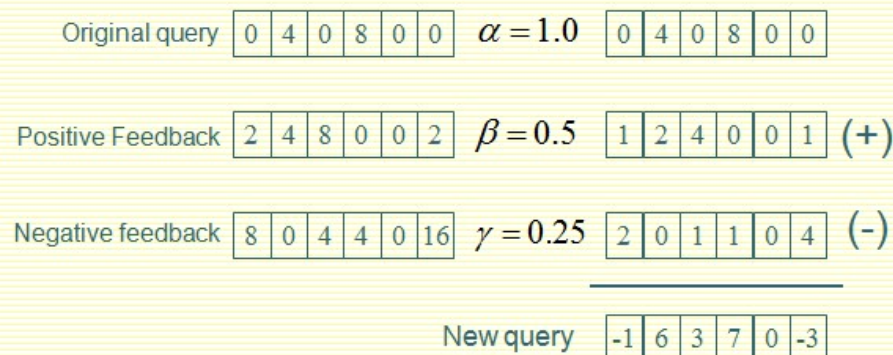
104

## 5. Fase de búsqueda de información



105

## 5. Fase de búsqueda de información



106

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Ejercicio 11 (evaluación continua):

■ Dado el vector de términos de la pregunta original, el vector de términos del documento relevante, cada uno con sus pesos asociados, calcular los pesos del vector resultante de la expansión según el algoritmo de Rocchio con:

■  $\alpha=1, \beta=0,5, \gamma=0,25$

107

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 5. Fase de búsqueda de información

| Query vector | We. |
|--------------|-----|
| arabian      | .5  |
| commun       | .5  |
| discrimin    | .5  |
| israel       | .5  |

**Doc. Relevante:**

- arab: 0.4
- built: 0.6
- citizen: 0.3
- countri: 0.2
- commun: 0.1
- demolish: 0.4
- demonstr: 0.2
- discrimin: 0.1
- jerusalem: 0.7
- isra: 0.5
- jew: 0.4

**Doc. NO Relevante:**

- commun: 0.9
- arabian: 0.4
- demonstr: 0.3
- discrimin: 0.1
- loyalti: 0.5
- palestinian: 0.4
- polic: 0.3
- strike: 0.6
- surpris: 0.3
- violent: 0.1

| New Query vector | We. |
|------------------|-----|
| arab             | *   |
| arabian          | *   |
| built            | *   |
| citizen          | *   |
| commun           | *   |
| countri          | *   |
| demolish         | *   |
| demonstr         | *   |
| discrimin        | *   |
| frustrat         | *   |
| govern           | *   |
| isra             | *   |
| israel           | *   |
| jerusalem        | *   |
| jew              | *   |
| loyalti          | *   |
| palestinian      | *   |
| polic            | *   |
| reject           | *   |
| reveal           | *   |
| strike           | *   |
| surpris          | *   |
| todai            | *   |
| violent          | *   |

108

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Exp. preg. Análisis local. *Blind Relevance Feedback* o *Pseudo Relevance Feedback*:

- Igual que el *relevance feedback* pero de forma automática:
  - Se consideran como relevantes los  $k$  primeros documentos
  - Se seleccionan los términos más frecuentes o con mayor poder discriminatorio (umbral de idf)
  - Se aplica el mismo ajuste anterior sobre los términos añadidos (p.ej. la misma fórmula de Rocchio)
- Problemas:
  - Inclusión de nuevos términos sin relación con la pregunta

109

## 5. Fase de búsqueda de información

### # Expansión de la pregunta. Análisis global:

- Establecen relaciones co-ocurrencia entre palabras.
- En fase de indexación se crea matriz co-ocurrencias.
- De forma automática, se añaden a la pregunta las palabras que suelen aparecer conjuntamente.
- Problema: eficiencia espacial y temporal

110

## 6. Fase de Presentación de resultados

### # Lo habitual sería:

- Calcular el peso de cada  $d$  para la query  $q$ , devolviendo los  $K$  mejores documentos:

```

1  float Scores[N] = 0
2  for each d
3  do Initialize Length[d] to the length of doc d
4  for each query term t
5  do calculate  $w_{t,q}$  and fetch postings list for t
6    for each pair( $d, tf_{t,d}$ ) in postings list
7    do add  $w_{t,q} \cdot tf_{t,d}$  to Scores[d]
8  Read the array Length[d]
9  for each d
10 do Divide Scores[d] by Length[d]
11 return Top K components of Scores[]

```

111

## 6. Fase de Presentación de resultados

### # Problema:

- Cuando el nº de documentos a calcular su peso es muy grande:

- Heurística:

- # Devolver  $K$  documentos cuyos pesos estén probablemente entre los mejores  $K$  documentos con un menor coste computacional
- # Eliminar documentos sin calcular su peso, reduciendo el nº de acumuladores ( $Scores[d]$ )
  1. Encontrar un conjunto de documentos  $K < |A| \ll N$
  2. Calcular el peso de los documentos en  $A$
  3. Devolver los  $K$  mejores documentos de  $A$

112



## 6. Fase de Presentación de resultados

### # Encontrar un conjunto de documentos $K < |A|$ :

#### ■ Heurísticas:

- Considerar solo los docs que contienen al menos un término con  $idf > threshold$ 
  - # Ordenar  $q$  de mayor a menor  $idf$ , procesando los docs de sus listas invertidas en ese orden
  - # Ventaja: los términos con  $idf$  bajo suelen tener una lista invertida con un nº de docs alto
- Considerar solo los docs que contienen un nº mínimo  $M$  de términos de  $q$ 
  - # Problema: que pueda darse que  $|A| < K$
- Ordenar todas las listas invertidas de mayor a menor  $ft(t_i)$ , seleccionando para  $A$  los  $r$  mayores de cada  $q_i$ .

113

## 6. Fase de Presentación de resultados

### # Ordenar los $K$ documentos de mayor a menor relevancia respecto a $q$ :

- Algoritmo *quicksort*:  $O(K \log K)$ . Ordenación total
- Algoritmo *heapsort*:  $O(K \log K)$ :
  - Ordenación parcial → mejor eficiencia promedio
  - Ordenación mediante montículos o *heaps*

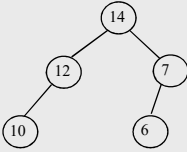
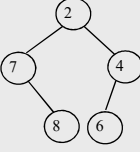
|            |             |
|------------|-------------|
| INSERCIÓN: | $O(\log K)$ |
| BORRADO:   | $O(\log K)$ |

114

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

# Árbol Mínimo (Máximo):  
 Árbol en el que la etiqueta de cada nodo es menor (mayor) que la de los hijos.

115

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

# Heap Mínimo (Máximo):  
 Árbol binario completo en que además es ARBOL MINIMO o MAXIMO.



HEAP MAXIMO



HEAP MINIMO

116

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

---

# **Inserción:**

- 1.- Insertar en la posición correspondiente para que siga siendo un árbol completo.
- 2.- Reorganizar para que cumpla las condiciones del HEAP:
  - Comparar con el nodo padre: si no cumple las condiciones del árbol mínimo/máximo, entonces intercambiar ambos.

117

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

---

# **Insertar: 2, 10, 14, 15, 20 y 21 en un heap máximo inicialmente vacío**

```

graph TD
    A((2)) -- 10 --> B((10))
    B -- 14 --> C((14))
    C -- 15 --> D((15))
    D -- 20 --> E((20))
    E -- 21 --> F((21))
    
```

The diagram illustrates the insertion of elements 2, 10, 14, 15, 20, and 21 into a max-heap. It shows the sequence of nodes and the swaps required to maintain the heap property. For example, when 20 is added, it is swapped with its parent 15. When 21 is added, it is swapped with its parent 20.

118

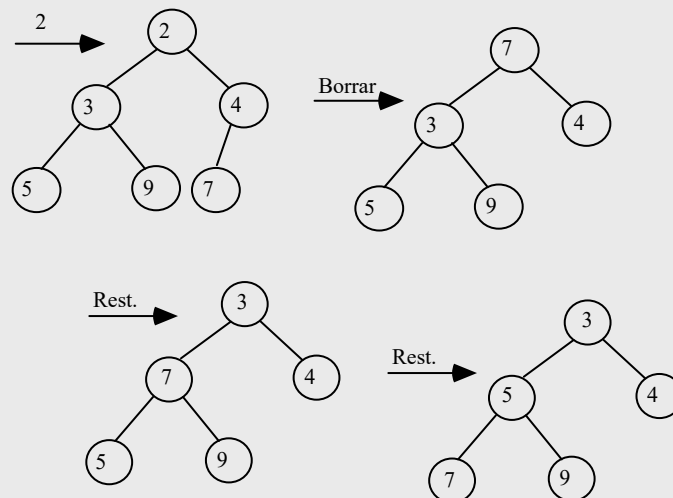
## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

### # Borrado:

- Se sustituye la raíz con el elemento más a la derecha en el nivel de las hojas
- Mientras no sea un HEAP se hunde ese elemento sustituyéndolo con el más pequeño (montículo mínimo) o el mayor (montículo máximo) de sus hijos

119

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos



120

**6. Fase de Presentación de resultados.**  
**Montículos**

# Realizar dos borrados sobre el siguiente montículo máximo.

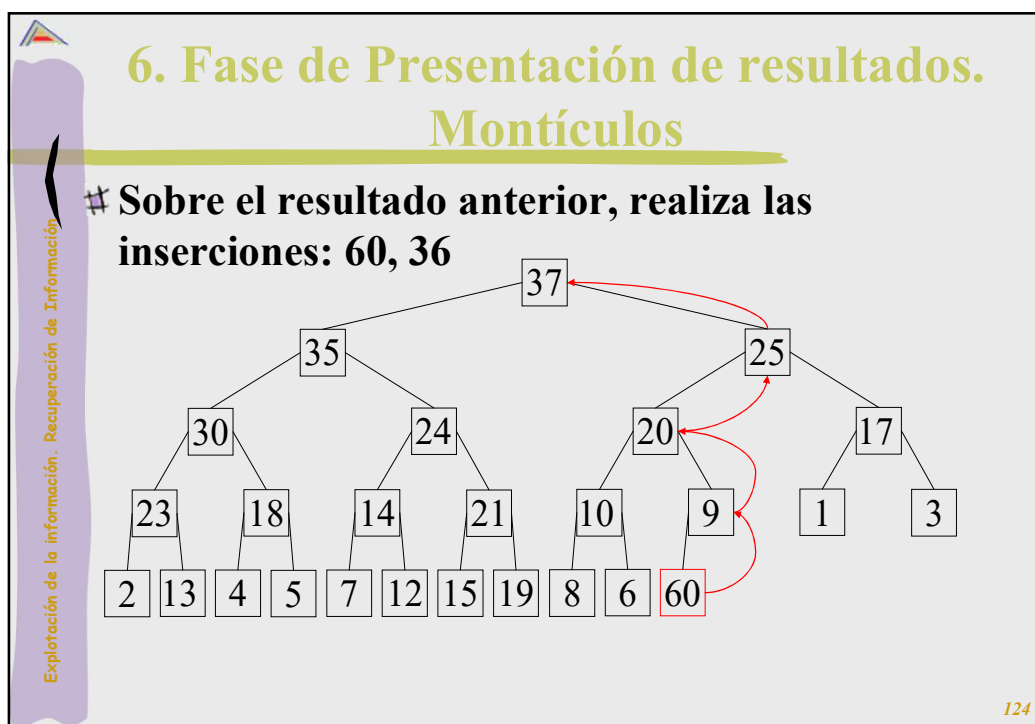
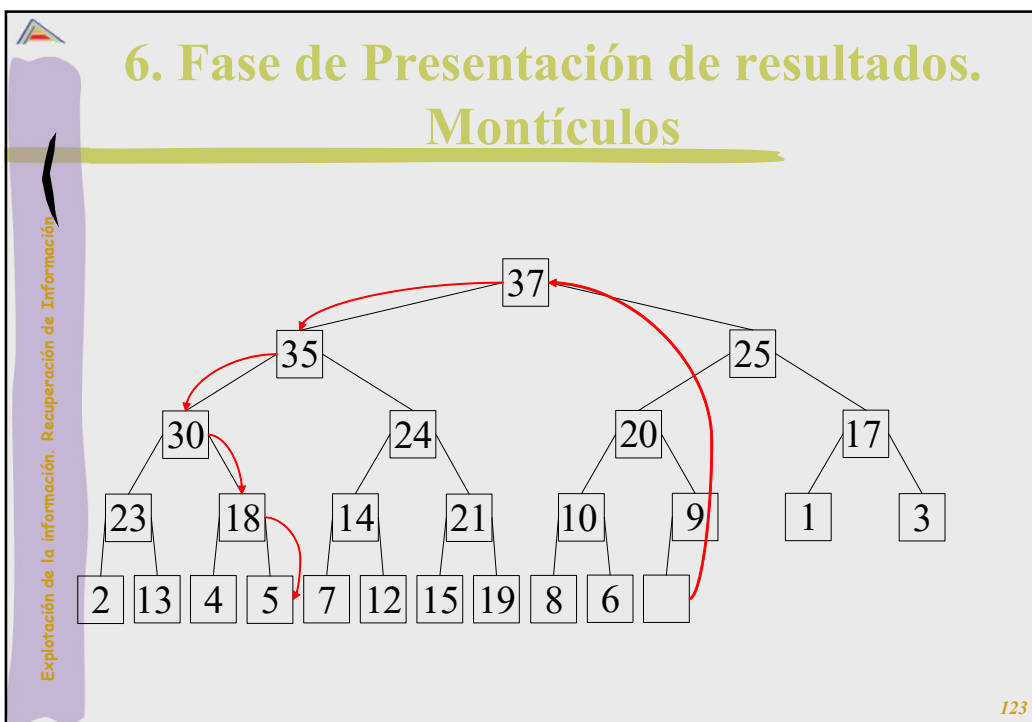
Explotación de la información. Recuperación de Información

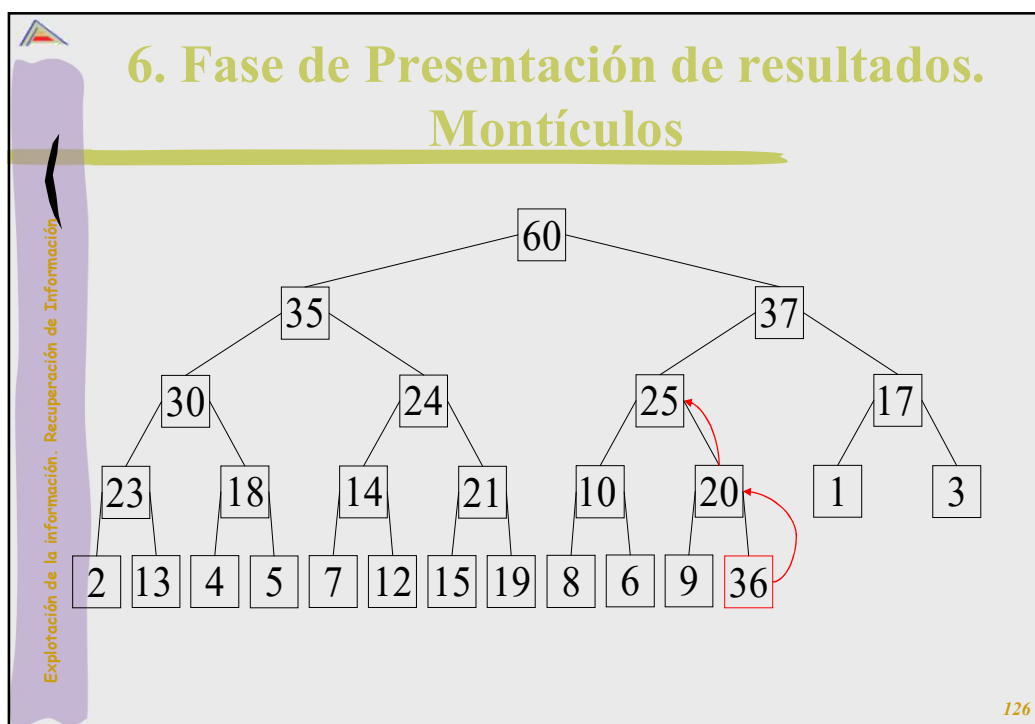
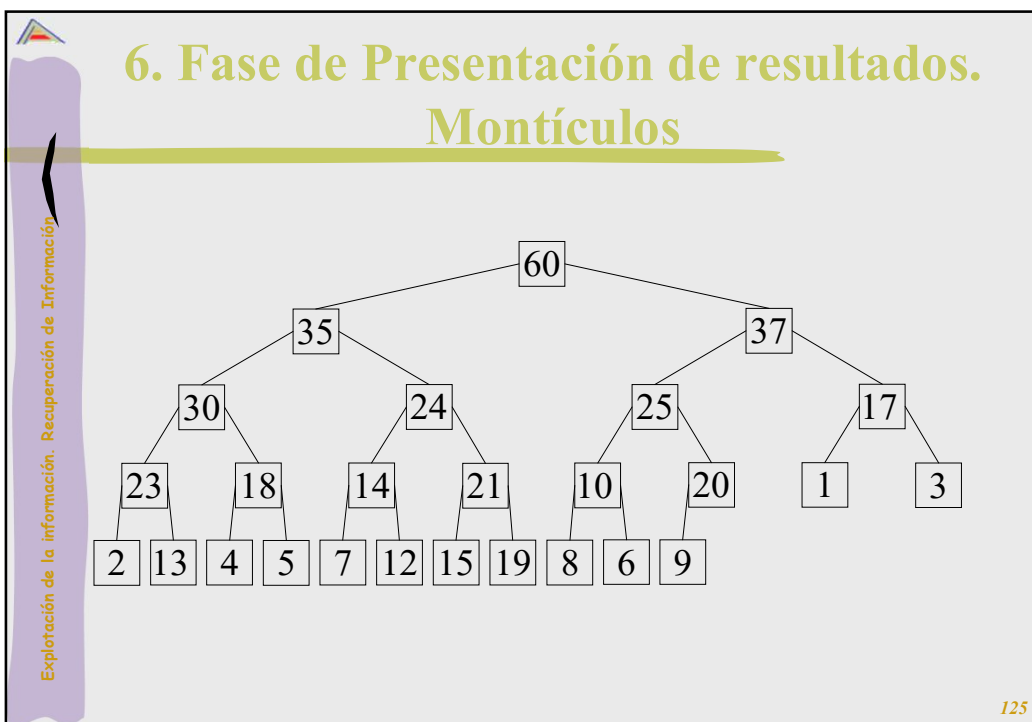
121

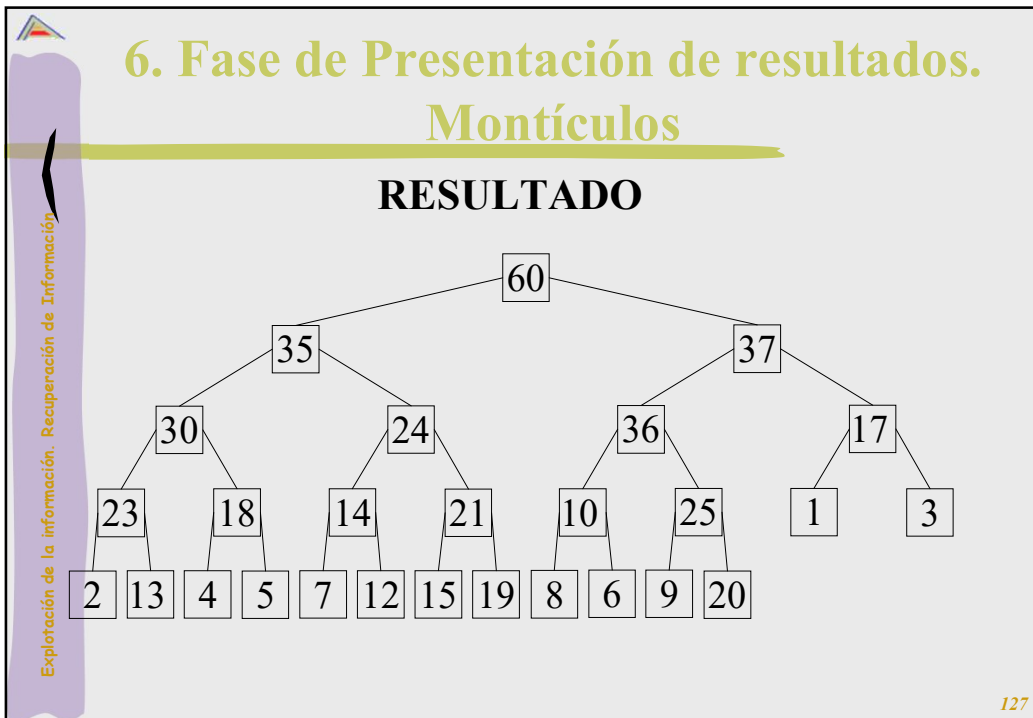
**6. Fase de Presentación de resultados.**  
**Montículos**

Explotación de la información. Recuperación de Información

122







**6. Fase de Presentación de resultados.**  
**Montículos**

**Representación:**

- ENLAZADA: problema en inserción al necesitar realizar recorridos ascendentes.
- SECUENCIAL (en un vector):  
Hijos de  $p[i]$  son  $p[2 \cdot i]$  y  $p[2 \cdot i + 1]$ . Padre de  $p[i]$  es  $p[i \text{ DIV } 2]$  con DIV la división entera

Explotación de la información. Recuperación de Información

128



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

- # **Heapsort:** algoritmo de ordenación de un vector de elementos
- # **METODO:**
  - 1) Insertar los elementos en un HEAP
  - 2) Realizar borrados de la raíz del HEAP
- # **IMPLEMENTACIÓN (UN SÓLO VECTOR):**
  - 1) Dejar parte izquierda del vector para el HEAP, y parte derecha para los elementos todavía no insertados.
  - 2) Borrar la raíz del HEAP llevándola a la parte derecha del vector.
- # **COMPLEJIDAD:**  
 $O(n \log n)$

129

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

# Ordenar el vector 5 2 7 3 1 usando un heap máximo

1) 5 2 7 3 1 → 5 2 7 3 1 → 7 2 5 3 1 → 7 3 5 2 1 → 7 3 5 2 1

2) 5 3 1 2 7 → 3 2 1 5 7 → 2 1 3 5 7 → 1 2 3 5 7

130

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de Presentación de resultados. Montículos

### # Ejercicio 12:

- Ordenar el vector 9 5 7 4 8 6 2 1 usando un heap mínimo

131

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 6. Fase de presentación de resultados

### # Interfaz de usuario:

- Interfaz de consulta:
  - Donde el usuario expresa su necesidad de información
  - Modo de funcionamiento:
    - # Prima la sencillez de manejo
    - # Posibilidad de búsquedas avanzadas:
      - Uso de operadores lógicos
      - Selección de dominios o lenguajes de búsqueda
- Interfaz de la respuesta:
  - Donde se muestran al usuario los resultados
  - Posibilidad de previsualización de las páginas
  - Resúmenes o párrafos más relevantes de los documentos
  - Sugerencias de reformulación de preguntas

132

## 6. Fase de presentación de resultados

### # Ejercicio optativo (para subir nota):

#### ■ Diseñar el interfaz de consulta de un sistema de RI:

- De forma teórica: partiendo de los interfaces actuales, criticarlos, realizar un análisis comparativo entre ellos y diseñar en un documento vuestro interfaz ideal.
- De forma práctica: partiendo de vuestro buscador implementad un interfaz.

# Implementarlo en QT: <http://qt-project.org/>

#### ■ Enviarlo como tutoría por CV:

- # Memoria del trabajo teórico y explicación de la implementación práctica
- # Código en QT de dicho interfaz

133

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Objetivo de la evaluación:

#### ■ Comparar sistemas entre sí.

#### ■ ¿Qué hay que comparar?:

- Eficacia (precisión y cobertura).
- Eficiencia (temporal y espacial).
- Satisfacción del usuario (interfaz, modo de presentación de resultados, etc.).

134

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Objetivo de la evaluación (cont.):

- Es conveniente efectuar la evaluación sobre colecciones de documentos:
  - Previamente evaluadas.
  - Sobre las que se dispongan resultados de otros investigadores o sistemas.
  - Formadas por:
    - # Documentos.
    - # Preguntas.
    - # Documentos relevantes para cada pregunta.

135


Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Objetivo de la evaluación (cont.):

- Formas de construir COLECCIONES DE TEST:
  - Tradicional: estudiar la relevancia de cada documento para cada pregunta.
  - *Pooling* (CLEF, TREC):
    - # Sólo se estudia la relevancia de los documentos devueltos por los participantes en el concurso.
    - # Ventaja: Permite trabajar con colecciones de gran número de documentos.
    - # Desventaja: No se sabe la relevancia de todos los documentos.

136



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI


### # Listas de preguntas evaluadas (Times):

- KENNEDY ADMINISTRATION PRESSURE ON NGO DINH DIEM TO STOP SUPPRESSING THE BUDDHISTS .

  - Documentos relevantes: 268 288 304 308 323 326 334.
- EFFORTS OF AMBASSADOR HENRY CABOT LODGE TO GET VIET NAM'S PRESIDENT DIEM TO CHANGE HIS POLICIES OF POLITICAL REPRESSION .

  - Documentos relevantes: 326 334.

137



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Colecciones CLEF y TREC:

- <title>

  - Area of Kaliningrad
- <description>

  - Find documents discussing the political or economic future of the Kaliningrad Exclave.
- <narrative>

  - Only political or economic information on Kaliningrad is of interest. Prospects for future relations with Scandinavia, the Baltic countries and Russia. *Historical or tourist information is not important.*
- Tipos de preguntas:

  - Cortas: *title + description.*
  - Largas: *title + description + narrative.*

138

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

---

Explotación de la información. Recuperación de Información

# **Medidas más habituales de evaluación:**

■ Precisión (*precision*):

$$\frac{\text{Numero Documentos Correctos Devueltos}}{\text{Numero Documentos Devueltos}}$$

■ Cobertura (*recall*):

$$\frac{\text{Numero Documentos Correctos Devueltos}}{\text{Numero Documentos Correctos Existentes}}$$

139

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

---

Explotación de la información. Recuperación de Información

# **Precisión vs. cobertura (*recall-precision*):**

7. Evaluación: precisión vs. cobertura

**0 - 0,2**  
Precisión alta

**0,2 - 0,8**  
Cobertura media

**0,8 - 1**  
Cobertura alta

140

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

|               | <u>Precision</u>       |                |             |
|---------------|------------------------|----------------|-------------|
| <u>Recall</u> | <u>Vectorial model</u> | <u>Z/Prise</u> | <u>IR-n</u> |
| 0.00          | 0.5668                 | 0.7583         | 0.7816      |
| 0.10          | 0.5049                 | 0.7278         | 0.7354      |
| 0.20          | 0.4394                 | 0.6476         | 0.6927      |
| 0.30          | 0.3889                 | 0.5632         | 0.5898      |
| 0.40          | 0.3547                 | 0.4904         | 0.4864      |
| 0.50          | 0.3182                 | 0.4389         | 0.4376      |
| 0.60          | 0.2678                 | 0.3315         | 0.3290      |
| 0.70          | 0.2157                 | 0.2825         | 0.2724      |
| 0.80          | 0.1765                 | 0.2343         | 0.2385      |
| 0.90          | 0.1567                 | 0.1925         | 0.2002      |
| 1.00          | 0.1205                 | 0.1317         | 0.1339      |
| Medium        | 0.3028                 | 0.4208         | 0.4270      |

# **Precisión vs. cobertura.**  
**Interpolación:**

$$P(c_j) = \max_{c_j \leq c \leq c_k, k > j} P(c)$$

# **Precisión media para un conjunto de preguntas:**

$$\bar{P}(c) = \sum_{i=1}^{N_p} \frac{P_i(c)}{N_p}$$

141

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

| <u>Precision</u> | <u>Vectorial model</u> | <u>Z/Prise</u> | <u>IR-n</u> |
|------------------|------------------------|----------------|-------------|
| At 5 docs        | 0.3021                 | 0.4638         | 0.4851      |
| At 10 docs       | 0.2766                 | 0.3872         | 0.4000      |
| At 15 docs       | 0.2582                 | 0.3135         | 0.3376      |
| At 20 docs       | 0.2426                 | 0.2851         | 0.2904      |
| At 30 docs       | 0.2014                 | 0.2383         | 0.2468      |
| At 100 docs      | 0.1089                 | 0.1215         | 0.1189      |
| At 200 docs      | 0.0662                 | 0.0705         | 0.0699      |
| At 500 docs      | 0.0311                 | 0.0318         | 0.0319      |
| At 1000 docs     | 0.0164                 | 0.0167         | 0.0164      |
| R-Precision      | 0.2749                 | 0.4009         | 0.4113      |

**Precisión respecto al número de documentos devueltos (*document level average*).**

142

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Modo de cálculo de la precisión interpolada:

1. Obtener P y C para cada documento correcto devuelto de izquierda a derecha (según el orden en que se han devuelto los documentos)
2. Interpolar los valores de C no obtenidos con los mayores P que vengan a continuación.
3. Si hay un momento que no se obtienen los documentos relevantes que quedan pendientes (la C no puede crecer), entonces la P tomará siempre 0 para los valores pendientes de C.

143

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Ejercicio 13:

- Sea la lista de los documentos relevantes:  $\{d_3, d_{56}, d_{129}\}$ .
- Supongamos que para esa pregunta devolvemos los siguientes 15 documentos en este orden:  $\{d_{123}, d_{84}, d_{56}, d_6, d_8, d_9, d_{511}, d_{129}, d_{187}, d_{25}, d_{38}, d_{48}, d_{250}, d_{113}, d_3\}$ .
- Calcular:
  - Los valores de precisión vs. cobertura (sin interpolar).
  - Gráfica precisión vs. cobertura interpolada a 11 valores.
  - Precisión respecto al número de documentos devueltos.

144



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Ejercicio 14:

- Sea la lista de los documentos relevantes (10):  $\{d_3, d_5, d_9, d_{25}, d_{39}, d_{44}, d_{56}, d_{71}, d_{89}, d_{123}\}$ .
- Supongamos que para esa pregunta devolvemos los siguientes 15 documentos en este orden:  $\{d_{123}, d_{84}, d_{56}, d_6, d_8, d_9, d_{511}, d_{129}, d_{187}, d_{25}, d_{38}, d_{48}, d_{250}, d_{113}, d_3\}$ .
- Calcular:
  - Los valores de precisión vs. cobertura (sin interpolar).
  - Gráfica precisión vs. cobertura interpolada a 11 valores.
  - Precisión respecto al número de documentos devueltos.

145

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Ejercicio 15:

- Sea la lista de los documentos relevantes (10):  $\{d_3, d_5, d_9, d_{25}, d_{39}, d_{44}, d_{56}, d_{71}, d_{89}, d_{123}\}$ .
- Supongamos que para esa pregunta devolvemos los siguientes 3 documentos en este orden:  $\{d_3, d_{56}, d_{129}\}$ .
- Calcular:
  - Los valores de precisión vs. cobertura (sin interpolar).
  - Gráfica precisión vs. cobertura interpolada a 11 valores.
  - Precisión respecto al número de documentos devueltos.

146

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Problemas de la evaluación mediante la precisión y cobertura:

- Para alcanzar el 100% de cobertura implica un alto conocimiento de la colección de documentos:
  - Esto es muy difícil en colecciones muy grandes.
  - Dependiente del nº de documentos relevantes en la colección (50% de 2 = 1 doc; 50% de 100 = 50 docs).
- Es difícil comparar sistemas sólo con estas medidas:
  - Ambas están relacionadas.
  - Es preferible obtener una medida única de evaluación.

147

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Medida única de evaluación:

- Combinación precisión y cobertura (*Rijsbergen*):

$$1 - \frac{(1 + b^2) * P * C}{b^2 * P + C}$$

$$b = \frac{\text{Valor } P}{\text{Valor } C} (\text{usuario})$$

148

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Medida única de evaluación (cont.):

#### ■ iCLEF (*Rijsbergen*):

- $\alpha > 0,5$ : se da más importancia a la P que a la C.
- $\alpha < 0,5$ : se da más importancia a la C.
- iCLEF:  $\alpha = 0,8$ .

$$F_{\alpha} = \frac{1}{\frac{\alpha}{P} + \frac{(1-\alpha)}{C}}$$

149

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Medida única de evaluación (cont.):

#### ■ Precisión media sobre documentos relevantes encontrados (*average precision at seen relevant documents*):

- La media de las precisiones obtenidas tras encontrar cada documento relevante.
- Por ejemplo, si se obtienen precisiones de 1, 0.66, 0.5, 0.4, 0.3, tras encontrar un documento relevante en las posiciones 1, 3, 6, 10 y 15, este valor sería:  

$$\# (1 + 0.66 + 0.5 + 0.4 + 0.3) / 5 = 0.57$$
- Esta medida favorece los sistemas que devuelven más rápidamente los documentos relevantes.

150

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Medida única de evaluación (cont.):

#### ■ R-Precisión:

- Sea  $R$  el número total de documentos relevantes para una pregunta:
  - #  $R$ -Precision será el número total de documentos relevantes encontrados entre los  $R$  primeros documentos devueltos, dividido por  $R$ .
- Por ejemplo, si hay 20 documentos relevantes para una pregunta, y entre los primeros 20 documentos devueltos se encuentran 10 documentos relevantes, este valor sería:
  - #  $10 / 20 = 0.5$
- También se puede calcular la media de R-Precisión entre un conjunto de preguntas.

151

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Ejercicio 16:

- Sobre los tres ejercicios anteriores calcular:
  - Precisión media sobre documentos relevantes encontrados.
  - R-Precisión.

152

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Ejercicio 17 (evaluación continua):

- Sea la lista de los documentos relevantes existentes para una pregunta en una colección (6):  $\{d_5, d_9, d_{17}, d_{105}, d_{164}, d_{248}\}$ .
- Supongamos que para esa pregunta devolvemos los siguientes 9 documentos en este orden:  $\{d_5, d_7, d_{248}, d_{164}, d_{10}, d_9, d_{15}, d_{17}, d_{105}\}$ .
- Calcular:
  - Precisión vs. cobertura sin interpolar, interpolados, respecto al número de documentos devueltos.
  - Precisión media y R-Precisión.

153

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Medida única de evaluación (cont.):

- Media recíproca (*Mean Reciprocal Rank, MRR*):
  - Inversa de la posición de la primera respuesta correcta:
    - # 1 si se devuelve en primera posición.
    - # 1/2 si se devuelve en segunda.
    - # 1/3 si se devuelve en tercera.
    - # ...
    - # Cero si ninguna respuesta es correcta.
  - No tiene en cuenta si se devuelven varias respuestas correctas en distintas posiciones.
  - Esta medida se ha utilizado en Búsqueda de Respuestas (*Question Answering*) en el TREC.

154

## 7. Evaluación de sistemas de RI

### # Más medidas de evaluación:

#### ■ Medidas de complejidad del sistema:

- Espacial: espacio ocupado por la información indexada.
- Temporal: tiempo de respuesta del sistema.
- No son las medidas más utilizadas en investigación (sí en sistemas comerciales).

#### ■ Datos generales de la evaluación:

- Datos de la colección: número de documentos, palabras, etc.
- Datos de las preguntas: número de preguntas, número de palabras por pregunta, tipos de preguntas, etc.
- Datos de las respuestas: número de documentos recuperados por pregunta, etc.

155

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # RI. Problemas a resolver:

- Precisión baja: nivel bajo de comprensión del texto.
- No realizan todo el trabajo: buscar la información dentro del documento.

### # La solución:

- Introducir fuentes de información adicionales:

[www.playence.com](http://www.playence.com)

- Los sistemas de búsqueda de respuestas (BR) o Question Answering.

156

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

# Los sistemas de BR aparecen como potenciales sucesores de los buscadores tradicionales.

# Diferencias entre BR y RI:

- Entrada: BR espera una pregunta completa.
- Salida: BR devuelve una respuesta concreta.
- El nivel de comprensión del texto.
- El volumen de texto sobre el que se realiza la búsqueda.
- RI: query-driven. QA: answer-driven.

157

Results for query: **When was the telephone invented?**

When was the telephone invented?

| Dates                    | Occurrences of "1876"   |
|--------------------------|---|
| 1. <a href="#">1876</a>  | <a href="#">St. Louis Commerce Magazine</a> St. Louis RCGA Navigation TELECOMMUNICATIONS CELL PHONES TAKE OFF<br>CELL PHONES TAKE OFF Cell phones are becoming a necessity not only at home , but abroad . The <b>telephone was invented</b> in 1876 , but it wasn't until 1927 that the first intercontinental <b>telephone</b> conversation took place from New York to London , costing \$ 75 for three minutes . Fifty years later , calls overseas were still rather uncommon primarily because of the inconvenience and cost . A business traveler at a bigger hotel overseas could dial direct at an exorbitant rate , but someone calling from a smaller establishment would have to go through an international operator and possibly even have to wait for the<br><a href="http://www.stlcommercemagazine.com/archives/november1999/cellphone.html">http://www.stlcommercemagazine.com/archives/november1999/cellphone.html</a> ~ <a href="#">go</a> ~ <a href="#">raw</a>  |
| 2. <a href="#">1879</a>  |   |
| 3. <a href="#">1875</a>  |   |
| 4. <a href="#">1878</a>  |   |
| 5. <a href="#">1927</a>  |   |
| 6. <a href="#">1874</a>  | and usually archives are kept of software on the board . The first board worthy of the name <b>was</b> Ward Christensen and Randy Suess ' s board in 1978 . BEDBUG - A virus type program that another programmer inserts into an existing program , with the intention of causing havoc . Usually not serious - - it is coded so the results look like a software bug , not a true virus . Sometimes makes copies of itself . BEGINNER ' S ALL - PURPOSE SYMBOLIC INSTRUCTION CODE - see BASIC BELL , [ Professor ] ALEXANDER GRAHAM - The guy who <b>invented the telephone</b> in 1876 . The man who created cyberspace , in its early , pathetic stage when no one thought it would be anything . BELLSOUTH - Atlanta RBOC that <b>was</b> supposedly very easy to hack ; some rumors claim they eventually spent two million dollars on security . BERNIE S . - Handle of Edward " Ed " Cummings . Phreak put in an uncomfortable and unconstitutional imprisonment for possession of computer programs that " could be used for fraud " by the United States Secret Service . This essentially happened because ly happened because<br><a href="http://insecure.org/sti/hackenc.txt">http://insecure.org/sti/hackenc.txt</a> ~ <a href="#">go</a> ~ <a href="#">raw</a> |
| 7. <a href="#">1888</a>  |   |
| 8. <a href="#">1922</a>  |   |
| 9. <a href="#">1877</a>  |   |
| 10. <a href="#">1910</a> |   |

**Lists**

158

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

- # QA multimodal (imágenes, voz, vídeo, etc.).
- # QA monomodal (sólo texto):
  - QA multilingüe.
  - QA monolingüe:
    - QA en dominios restringidos (*domain specific*).
    - QA independiente del dominio (*open domain*):
      - # QA sobre texto estructurado (*structured data*).
      - # QA sobre texto no estructurado (*free text*):
        - Web
        - Colecciones estables (*fixed set of collections*)
        - Un solo documento (*Reading Comprehension Test*)

159

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

- # Problemática de QA (Eurolan 2005-Bernardo Magnini-Marius Pasca):
  - Presencia parcial o total de los SN de la pregunta: en el mismo SN o en diferentes
  - What is the **brightest star** visible from **Earth**?
    - **Sirio** A is the **brightest star visible from Earth** even if it is...
    - the planet is 12-times brighter than **Sirio**, the **brightest star** in the sky...

160



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Problemática de QA (Eurolan 2005-BM-MP):

- Conversiones entre categorías morfológicas: *autor-escriptor-escribir* y *no cantar*.
- *Who is the **author** of the “**Star Spangled Banner**”?*
  - ...**Francis Scott Key** wrote the “*Star Spangled Banner*” in 1814
  - ...comedian-actress **Roseanne Barr** sang her famous rendition of the “*Star Spangled Banner*” before ...

161

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Problemática de QA (Eurolan 2005-BM-MP):

- Descubrir relaciones implícitas entre la pregunta y la respuesta.
- *Which is the Mozart **birth date**?*
  - .... Mozart (**1751** – 1791) ....

162

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

---

### # Problemática de QA (Euroalan 2005-BM-MP):

- Descubrir relaciones implícitas entre la pregunta y la respuesta (cont.).
- *Which is the distance between **Naples** and **Ravello**?*
  - *From the **Naples** Airport follow the sign to Autostrade (green road sign). Follow the directions to Salerno (A3). Drive for about 6 Km. Pay toll (Euros 1.20). Drive appx. 25 Km. Leave the Autostrade at Angri (Uscita Angri). Turn left, follow the sign to Ravello through Angri. Drive for about 2 Km. Turn right following the road sign "Costiera Amalfitana". Within 100m you come to traffic lights prior to narrow bridge. Watch not to miss the next Ravello sign, at appx. 1 Km from the traffic lights. Now relax and enjoy the views (follow this road for 22 Km). Once in **Ravello***
  - ...

163

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

---

### # Interés reciente en los sistemas de BR:

- Text REtrieval Conferences (TREC).
- TREC-8 (1999), la primera evaluación de sistemas de BR (*large-scale evaluation on Open-Domain QA*).
- Conferencias anuales.
- TREC sponsors:
  - NIST: National Institute of Standards and Technology.
  - ARDA: Advanced Research and Development Activity.
  - DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency.

164

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Definición del problema de la BR (TREC-9):

- Vision Statement to Guide Research in Q&A and Text Summarization (Carbonell et al., 2000):
  - # <http://www-nlpir.nist.gov/projects/duc/papers/Final-Vision-Paper-v1a.pdf>.
- The Roadmap Committee (Burger et al., 2000):
  - # [http://www-nlpir.nist.gov/projects/duc/papers/qa\\_Roadmap-paper\\_v2.doc](http://www-nlpir.nist.gov/projects/duc/papers/qa_Roadmap-paper_v2.doc).

165

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Tipos de usuarios de un sistema de BR:

- Usuario casual:
  - Información puntual sobre hechos concretos.
  - Preguntas simples con contestación en un solo documento.
  - Ej.: “*Quién inventó el teléfono?*”.
- El recopilador de información:
  - Contestaciones en varios documentos.
  - Ej.: “*Qué países visitó el Papa en 1998*”, “*Dime qué jugadores han anotado más de 40 puntos en un partido oficial*”, “*Dime los datos biográficos de Nelson Mandela*”.

166

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Tipos de usuarios de un sistema de BR (cont.):

- El periodista:
  - Series de preguntas relacionadas. Importancia de tener en cuenta el contexto de estas preguntas.
  - Manejo de distintas fuentes de información (textual, multilingüe, imágenes, ...).
  - Ej. *“Datos sobre el terremoto de Turquía del 2002”*.
- El analista profesional:
  - Preguntas complejas: razonamiento, recopilación y síntesis de información, alto grado de interacción con el usuario.
  - Ej.: *“Hay conexiones entre estos grupos terroristas?”*.

167

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Tipos de usuarios de un sistema de BR (cont.):

- Situación actual:
  - Usuario casual.
  - Recopilador de información del mismo tipo (tipo lista del TREC-10).
  - El periodista: intento de tener en cuenta el contexto de las preguntas realizadas anteriormente por el usuario (preguntas contextuales del TREC-10).

168

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Arquitectura general de los sistemas de BR:

- Módulo de análisis de la pregunta.
- Recuperación de documentos (RI).
- Selección de párrafos.
- Extracción de la respuesta.

169

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Taxonomía de la BR (Moldovan et al. 1999):

| Class | KB                                 | Reasoning                           | NLP/Indexing   | Examples and Comments  |
|-------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| 1     | dictionaries                       | simple heuristics, pattern matching | complex noun, apposition, simple semantics, keyword indexing | Q33: <i>What is the largest city in Germany?</i><br>A: .. <i>Berlin, the largest city in Germany.</i><br><br>Answer is: simple datum or list of items found verbatim in a sentence or paragraph. |
| 2     | ontologies                         | low level                           | verb nominalization, semantics, coherence, discourse         | Q198: <i>How did Socrates die?</i><br>A: .. <i>Socrates poisoned himself.</i><br><br>Answer is contained in multiple sentences, scattered throughout a document.                                 |
| 3     | very large KB                      | medium level                        | advanced nlp, semantic indexing                              | Q: <i>What are the arguments for and against prayer in school?</i><br><br>Answer across several texts.   |
| 4     | Domain KA and Classification, HPKB | high level                          |  | Q: <i>Should Fed raise interest rates at their next meeting?</i><br><br>Answer across large number of documents, domain specific knowledge acquired automatically.                               |
| 5     | World Knowledge                    | very high level, special purpose    |  | Q: <i>What should be the US foreign policy in the Balkans now?</i><br><br>Answer is a solution to a complex, possible developing scenario.   |

Table 5: A taxonomy of Question Answering Systems. The degree of complexity increases from Class 1 to Class 5, and it is assumed that the features of a lower class are also available at a higher class.

170

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # El mejor sistema en TREC-9 y TREC-11: FALCON (Harabagiu et al. 2000):

- Incluye una serie de tres bucles anidados:
  - Intentan realizar modificaciones progresivas para mejorar la calidad de la respuesta extraída.
  - Intentan justificar la respuesta.
- Utiliza una gran cantidad de recursos de PLN:
  - Análisis sintáctico completo.
  - Análisis semántico.
  - WordNet.
- Se destaca la fase de validación de la respuesta.

171

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

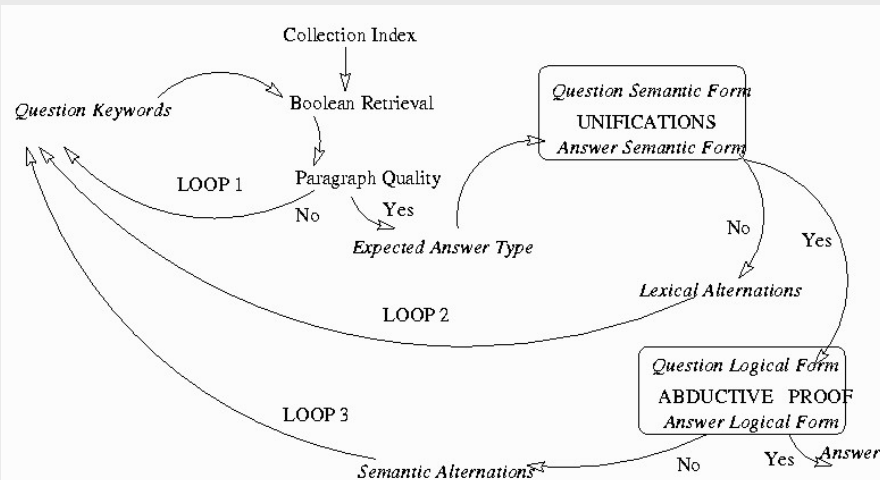


Figure 2: Refining the Answer Search by Boosting Knowledge into FALCON

172

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Módulo de análisis de la pregunta de Falcon:

- Se realiza un análisis sintáctico completo de la pregunta.
- Se extraen entidades y su tipo semántico.
- Se determina el “tipo de respuesta esperada” a partir de la entidad que esté más conectada con las otras entidades de la pregunta.
- El tipo de respuesta sigue una taxonomía extraída de WordNet.

173

Explotación de la información. Recuperación de Información


## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### # Módulo de recuperación de pasajes de Falcon:

- Utiliza:
  - Modelo Booleano. Objetivo: garantizar un número mínimo de pasajes.
  - Análisis de palabras clave,
  - Conceptos relacionados a partir de WordNet,
  - Tipo de respuesta esperada.
- Bucle 1:
  - Este módulo se repite utilizando diferentes combinaciones de términos:
    - ✦ Reduciendo progresivamente el número de términos enviados ([país AND invadió AND kuwait] → [invadió AND kuwait])

174

Explotación de la información. Recuperación de Información



## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

---


Explotación de la información. Recuperación de Información

### # Módulo de extracción de respuestas de Falcon:

- Bucle 2:
  - Los pasajes se analizan semánticamente.
  - Se realiza un proceso de unificación entre los tipos semánticos de las preguntas y los pasajes.
  - Si el proceso de unificación falla para todos los pasajes:
    - # Se recupera un nuevo conjunto de pasajes utilizando sinónimos y variaciones morfológicas de los términos de la pregunta:
      - [paper AND clip AND (invented OR inventor OR invent)]
  - Si tiene éxito:
    - # Bucle 3.

175

Explotación de la información. Recuperación de Información



## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

---

Explotación de la información. Recuperación de Información

### # Módulo de extracción de respuestas (cont.):

- Bucle 3:
  - Los tipos semánticos se traducen a fórmulas lógicas.
  - Se aplica un proceso de comprobación lógica para justificar la calidad de la respuesta (*abductive backchaining*):
    - # Si tiene éxito: se devuelve como respuesta.
    - # Si falla: se extrae de WordNet los términos relacionados semánticamente con los términos de la pregunta para extraer un nuevo conjunto de pasajes (bucle 1).

176



## 8. Sistemas de Búsqueda de Respuestas

### Ejercicio 18: Dados los siguientes tipos de pregunta: **EJERCICIO A ENVIAR COMO TUTORÍA CV**

- EntidadPersona();
- EntidadGrupo();
- EntidadLugarPais();
- EntidadLugarCiudad();
- EntidadLugarCapital();
- EntidadLugar();
- EntidadAbreviatura();
- EntidadEvento();
- EntidadObjeto();
- TemporalFecha();
- TemporalAnyo();
- TemporalMes();
- NumericoCantidad();
- NumericoEconomico();
- NumericoPorcentaje();
- NumericoMedida();
- NumericoPeriodo();
- NumericoEdad();
- Definicion();

Clasifica las siguientes preguntas, indicando un algoritmo para su clasificación:

```
0001|¿Qué año le fue concedido el premio Nobel a Thomas Marm?|(EFE19960605-02630;1929)
0002|¿Cuánto aumenta la población mundial cada año?|(EFE19940601-00641;1,6 por ciento)
0003|¿Cuál es el nombre de pila del juez Borgellino?|(EFE19940718-10595;Paolo)
0004|¿Cuántos miembros de la escolta murieron en el atentado contra el juez Falcone?|(EFE19940522-13027;Tres)
0005|¿Qué cargo detenta Ariel Sharon?|(EFE19940527-16249;Diputado del bloque Likud)
0006|¿Qué año comenzó la Intifada?|(EFE19940905-02123;1987),(EFE19940623-14425;1987)
0007|¿Qué empresa de automóviles produce el "Escarabajo"?|(EFE19951022-14530;Volkswagen)
0008|¿Dónde tiene lugar el Motorshow?|(NIL)
0009|¿Cómo murió Jimi Hendrix?|(EFE19940308-05220;Intoxicación por consumo de barbitúricos)
0010|¿Qué es el Mossad?|(EFE19940719-11230;los servicios secretos israelíes),(EFE19940722-13340;servicio inteligencia Israel),(EFE19940723-13495;servicios secretos de Israel)
0011|¿De qué nacionalidad eran los petroleros que causaron la catástrofe ecológica cerca de Trinidad y Tobago en 1979?|(NIL)
0012|¿De qué está recubierto el continente antártico?|(EFE19950908-05269;Hielo)
0013|¿Qué es lo que causa el agujero de ozono?|(EFE19941219-11009;CFC),(EFE19941018-10390;Los clorofluorocarbonados)
0014|¿Qué es UNICEF?|(EFE19950216-10403;El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia),(EFE19940103-00921;Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia),(EFE19940406-02324;Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia),(EFE19950609-05605;Fondo de Naciones Unidas para la Infancia)
0015|¿Qué firma está acusada de explotación laboral infantil?|(NIL)
0016|¿Dónde fue fundada Greenpeace?|(NIL)
0017|¿Cómo se transmite el virus del Ébola?|(EFE19951222-13891;solamente por contacto con pacientes infectados),(EFE19950516-10808;A través de las secreciones de las personas enfermas)
0018|Nombre un pesticida.|(EFE19950606-03267;DDT)
0019|¿En qué día cae el Día del Año Nuevo Chino?|(EFE19950131-18155;31 ene)
0020|¿Cuándo renunció Nixon?|(EFE19940127-13992;9 de agosto de 1974),(EFE19940424-13763;1974)
```

177

## 9. Sistemas de RI multimedia

### ✚ Objetivos:

- RI sobre documentos que incluyen audio, vídeo, imágenes, gráficos, presentaciones, hojas de cálculo, además del tradicional texto

### ✚ Aplicaciones:

- *Summarization/feature extraction*: obtención de características:
  - Preprocesamiento de los datos para permitir su acceso y uso de forma eficiente
  - Histogramas de colores, detección de formas, transcripción de notas musicales, melodías, etc.
- *Filtering*: eliminación de redundancias
- *Categorization* (clasificación): géneros de música o películas
- Detección de plagios

178

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

---

# **Aplicaciones de imágenes:**

- *Facial recognition* (reconocimiento de caras)
- Control de seguridad física:
  - Reconocimiento de intrusos en cámaras de seguridad
  - Seguimiento de pacientes
  - Contar número de personas en una manifestación o centro comercial
- *Medical multimedia document management:*
  - Búsqueda de casos parecidos
  - Detección y clasificación de tumores a partir de radiografías
  - Descubrimiento de relaciones entre áreas del cerebro con actividades del cuerpo humano utilizando imágenes fMRI del cerebro
- Información meteorológica:
  - Análisis comparativo del tiempo en diferentes épocas
- *Image meta search vs. content-based image retrieval*

179

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

---

# ***Image meta search:***

- Búsqueda por el etiquetado textual de las mismas
- La query es un texto explicando lo que el usuario busca: tarea similar a la RI tradicional
- Problemas:
  - Ambigüedad del etiquetado:
    - # El etiquetado de las imágenes almacenadas puede no alcanzar el nivel de detalle deseado por el usuario
    - # Subjetividad: “una imagen es mejor que mil palabras”
    - # *Users spam*
  - Proceso costoso: n° cada vez mayor de imágenes a etiquetar

180

## 9. Sistemas de RI multimedia

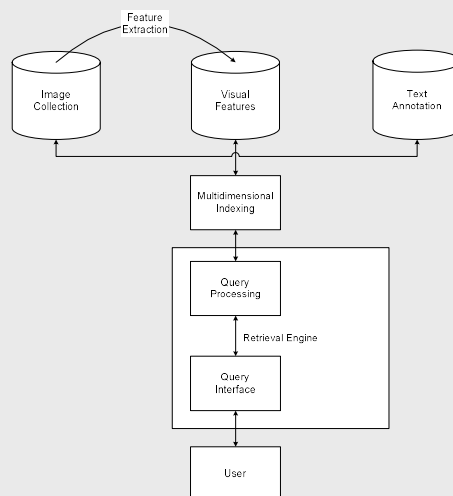
### # *Content-based image retrieval:*

- Búsqueda por el contenido de la imagen y no por el etiquetado textual de las mismas.
- La query es una imagen
- Se calcula la distancia/similitud de la imagen original respecto las imágenes almacenadas: técnicas de reconocimiento de formas (*pattern matching*)
- Información utilizada:
  - Color: colores utilizados, histogramas de colores, proporción de colores (para independizarlo del tamaño de la imagen)...
  - Textura: *Autocorrelation*, *Wavelet transforms*, *Gabor Filters*, contraste, etc.
  - Formas detectadas: *Edge Detectors*, *Face Detection*, segmentación de regiones, etc.
  - Distribución espacial
  - Todo lo anterior aplicado por segmentos de la imagen
- Problema: baja precisión

181

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # *Content-based image retrieval (Professor Dick Hartley):*



182

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Query by image:

183

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Query by paint:

184

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Query by sketch:



185

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # A picture is worth a thousand (coherent) words: building a natural description of images

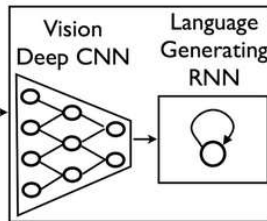
<http://googlerese.arch.blogspot.co.uk/2014/11/a-picture-is-worth-thousand-coherent.html>



Automatically captioned: "Two pizzas sitting on top of a stove top oven"

186

## 9. Sistemas de RI multimedia



**A group of people shopping at an outdoor market.**

**There are many vegetables at the fruit stand.**

*The model combines a vision CNN with a language-generating RNN so it can take in an image and generate a fitting natural-language caption.*

187

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Charla de cómo se crean sistemas de reconocimiento de imágenes y se enlazan con sistemas de PLN:

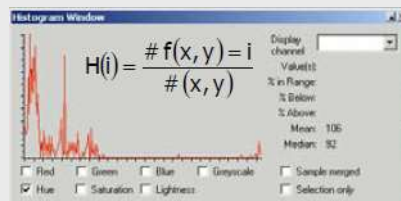
- [http://www.ted.com/talks/fei\\_fei\\_li\\_how\\_we\\_re\\_teaching\\_computers\\_to\\_understand\\_pictures#t-664209](http://www.ted.com/talks/fei_fei_li_how_we_re_teaching_computers_to_understand_pictures#t-664209)
- [https://www.ted.com/talks/joseph\\_redmon\\_how\\_a\\_computer\\_learns\\_to\\_recognize\\_objects\\_instantly#t-443403](https://www.ted.com/talks/joseph_redmon_how_a_computer_learns_to_recognize_objects_instantly#t-443403)
- YOLO (You Only Look Once) system:  
<https://pjreddie.com/darknet/yolo/>

188

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Histograma de una imagen:

- Una vez elegido el número de colores  $n$  de la imagen, el histograma de una imagen es un vector  $H$  de dimensión  $n$ , tal que  $H(i)$  representa la fracción de píxeles de color  $i$  presentes en la imagen



189

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Histograma de una imagen:

- Ventajas:**
  - Es fácil de calcular
  - Insensible a rotaciones, zoom y cambios de resolución
- Problemas:**
  - Los colores pueden no ser cruciales para entender el contenido de la imagen
  - Sensible a cambios de iluminación

### # Conjuntos de Colores:

- Los conjuntos de colores introducen una representación simplificada del histograma
- El contenido de la imagen se representa mediante un vector binario cuyos valores (1 ó 0) corresponden a la presencia significativa o no de un color
- Los colores que forman el conjunto de color se toman de un diccionario de nombres asociados a los colores básicos

190



Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Histograma de una imagen: [4, 12, 20, 64]

191

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Ejercicio 19: Histograma de una imagen (evaluación continua)

■ Calcular la imagen más parecida a la 1, con los histogramas (7 colores):

# 1: [0, 4, 12, 20, 64, 0, 0]

# 2: [64, 4, 12, 20, 0, 0, 0]

# 3: [0, 0, 0, 64, 0, 20, 16]

# 4: [0, 0, 0, 0, 64, 20, 16]

$$D_H(I_Q, I_D) = \frac{\sum_{j=1}^n |H(I_{Q,j}) - H(I_{D,j})|}{\sum_{j=1}^n H(I_{D,j})}$$

192



## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Segmentación de una imagen:

- Particionamiento en regiones disjuntas que sean uniformes respecto a alguna característica (por ejemplo, el color)
- Es un proceso complejo
- Una vez segmentada la imagen, cada región individual puede ser descrita mediante los siguientes atributos:
  - Baricentro, Área, Color Medio

193

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Búsqueda por color:

#### ■ Distancia de Histogramas:

- Dado un histograma consulta  $H(I_q)$  y un histograma imagen  $H(I_d)$ , ambos con  $n$  bins, su distancia de intersección de histograma viene dada por

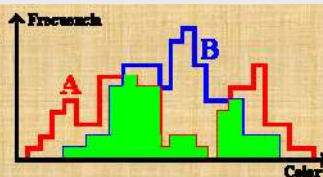
$$d_h(I_q, I_d) = \left[ \sum_{j=1}^n (H(I_q, j) - H(I_d, j))^p \right]^{1/p}$$

Lp Norma

p=1 distancia city-block

p=2 distancia Eculídea

Dados dos histogramas **A** y **B**, la frecuencia de color mínima entre bins homólogos viene dada por la intersección **A**  $\wedge$  **B**



194

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Modelado de la forma:

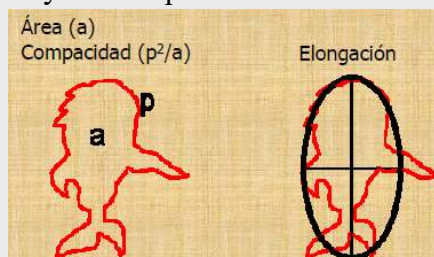
- Un **eje** es un cambio significativo en una propiedad de la imagen (usualmente, la intensidad o el color)
- Un **contorno** es un grupo de ejes unidos espacialmente bajo alguna condición
- Un **objeto** se define a través de un contorno cerrado que lo envuelve
- Los **descriptores de forma** son medidas que cuantifican los objetos
  - Forma global: sólo necesitan la imagen de ejes
  - Forma local: asumen conocido el contorno del objeto a describir

195

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # Modelado de la forma:

- Forma global: sólo necesitan la imagen de ejes
- Forma local: asumen conocido el contorno del objeto a describir.
  - Se considera una imagen binaria con valor 1 para los puntos del contorno y valor 0 para el resto



196


Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

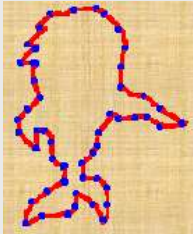
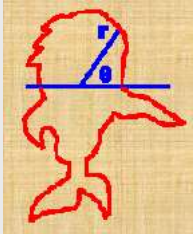
---

**# Modelado de la forma:**

- Se subdivide la curva en segmentos y se caracteriza cada segmento por su longitud y su orientación
- La forma del objeto queda descrita por la secuencia  $(l_1, \theta_1) (l_2, \theta_2) \dots (l_n, \theta_n)$



- Se describe la forma por la función Radio frente a Ángulo calculada desde el baricentro del objeto

197

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

---

**# Búsqueda por forma:**

- Para formas aproximadas mediante curvas poligonales que usan propiedades locales como  $A_v$  (ángulo del vértice),  $D_v$  (distancia al siguiente vértice),  $X_v$  e  $Y_v$  (coordenadas del vértice)
- La similitud se calcula midiendo el número de cambios necesarios para transformar una curva en otra

198

## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

### # Ejemplo:

Query image: 108019      Query blobs

Querying from 35000 images (2000 returned by the filter).

|            |          | feature importance: |          |          |       |  |
|------------|----------|---------------------|----------|----------|-------|--|
|            | overall  | color               | texture  | location | shape |  |
| blob       | very     | very                | somewhat | not      | not   |  |
| background | somewhat | very                | not      | not      | not   |  |

199

## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

### # Ejemplo:

UW ISL Image Database

Query Image: Image1723.opm  
Load Random

Database: COPEL Database  
Similarity Model: LAR + COCC + MVD  
LAR + COCC + FIT  
LAR + COCC + Lp

Graph Theoretic Clust  
Combined Classifiers  
Bayes Network  
MARS Model  
ETHZ Model  
Relevance Feedback  
Change Working Dir  
Num Retrieved: (12)

Relevant Images:

Irrelevant Images:

Image1465, d=0.3047      Image1288, d=0.719869      Image1491, d=0.55876      Image1290, d=0.52475

200

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

# Ejemplo:

201

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

# Integración de características mediante grafos:

202

## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

### # **Tamura Texture Feature (Tamura et al. 1978):**

- coarseness – coarse vs. fine
- contrast – high vs. low
- directionality – directional vs. non-directional
- line-likeness – line-like vs. blob-like
- regularity – regular vs. irregular
- roughness – rough vs. smooth

203

## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

### # **Reconocimiento de objetos:**

- Reconocimiento de señales de tráfico:
  - Más sencillo: formas/colores/posición muy definidos
- Reconocimiento de caras:

| Areas                            | Specific applications                                     |
|----------------------------------|---|
| Entertainment                    | Video game, virtual reality, training programs            |
|                                  | Human-robot-interaction, human-computer-interaction       |
| Smart cards                      | Drivers' licenses, entitlement programs                   |
|                                  | Immigration, national ID, passports, voter registration   |
|                                  | Welfare fraud   |
| Information security             | TV Parental control, personal device logon, desktop logon |
|                                  | Application security, database security, file encryption  |
|                                  | Intranet security, internet access, medical records       |
|                                  | Secure trading terminals                                  |
| Law enforcement and surveillance | Advanced video surveillance, CCTV control                 |
|                                  | Portal control, postevent analysis                        |
|                                  | Shoplifting, suspect tracking and investigation           |

204

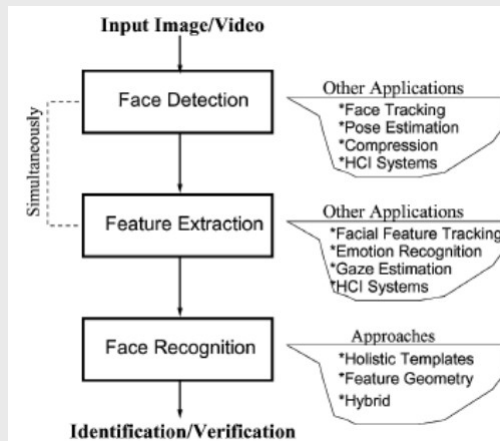


## 9. Sistemas de RI multimedia. *Content-based image retrieval*

### # Reconocimiento de caras:

#### ■ Métodos:

- Templates
- Color de piel
- Posición ojos, nariz, ...
- Redes neuronales



205

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # *Content-based video retrieval (TRECVID 2007, VideoCLEF 2008, ImageCLEF):*

- Igual que las imágenes
- Se etiqueta/detecta información adicional:
  - Las acciones que ocurren en el vídeo:
    - # Segmentación de escenas
    - # Heurísticas como el cambio de luz o color
    - # *Speech recognition*
  - Información temporal
  - Localización
  - MPEG-7: Interfaz de Descripción del Contenido Multimedia.  
Representación estándar de la información audiovisual que permite la descripción de contenidos (metadatos) para:
    - # Palabras clave
    - # Significado semántico (quién, qué, cuándo, dónde)
    - # Significado estructural (formas, colores, texturas, movimientos, sonidos)

206

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # ***Content-based music/audio retrieval:***

- Se extrae información sobre la que realizar el análisis:
  - Notas musicales, ritmo, tono, melodía, instrumentos musicales predominantes
  - Reconocimiento del habla
- Aplicaciones:
  - Detección de plagios
  - Clasificación de géneros musicales
  - Sugerencia de músicas o géneros similares

207

Explotación de la información. Recuperación de Información

## 9. Sistemas de RI multimedia

### # **Documentación adicional:**

- Antonio Mosquera González  
(<http://gva1.dec.usc.es/~antonio/docencia/20042005rdli/>)
- Visual Information Retrieval. Alberto del Bimbo; Morgan Kaufmann Publishers, Inc.; ISBN: 1-55860-624-6; 1999
- Recuperación de Imágenes en Bases de Datos a partir del Color y la Forma. José Manuel Fuentes García; Tesis Doctoral; Universidad de Jaén; 1999

208



Explotación de la información. Recuperación de Información

9. Sistemas de RI multimedia

# Documentación adicional:

- An introduction to image retrieval. Professor Dick Hartley. Manchester Metropolitan University
  - <http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/137/Hartley1.ppt?sequence=1>
- VK Multimedia Information Systems. Mathias Lux, ITEC, Klagenfurt University, Austria – Multimedia Information Systems:
  - <http://www.itec.uni-klu.ac.at/~mlux/teaching/mmis08/slides/slides-05.pdf>

209