Programovací jazyky a paradigmata, SWIG a práce se starším kódem

Michal Wiglasz

Brno University of Technology, Faculty of Information Technology
Božetěchova 1/2, 612 66 Brno - Královo Pole
iwiglasz@fit.vutbr.cz

23. 4. 2019
Praktické aspekty vývoje software (IVS)

JAZYKY A PARADIGMATA

Jazyk ovlivňuje co a jak můžeme vyjádřit.

Možná ovlivňuje i naše myšlení

(Sapir-Whorfova hypotéza)

Široké spektrum programovacích jazyků

- různé perspektivy, vlastnosti, podporované konstrukce, způsoby zápisu…
- Wikipedia: List of programming languages → cca 700

Jaký jazyk zvolit?

…

Člověk vs. počítač

Na úrovni HW velmi komplikovaný proces a velmi primitivní prostředky – instrukce.

Pro člověka je přirozenější pracovat na vyšší úrovni.

Některé jazyky více reflektují povahu počítače, jiné více způsob uvažování člověka.

Efektivita vývoje vs. výsledku

Je třeba zvážit, co je důležitější:

- rychlejší program
- rychlejší / pohodlnější vývoj

Vhodný jazyk či prostředí může výrazně zvýšit efektivitu vývoje.

Mnohdy je lepší srozumitelnější a přehlednější program, i když je o trochu pomalejší.

Někdy je levnější koupit výkonnější HW, než zaplatit více za vývojáře.

Nízkoúrovňové vs. vysokoúrovňové jazyky

Nízkoúrovňové

- strojový kód, assembler
- velmi malá abstrakce od HW
- snadný překlad do instrukcí pro procesor
- mohou být rychlejší a méně náročné na prostředky
- složitější vývoj

Vysokoúrovňové

- větší míra abstrakce
- srozumitelnější, jednodušší vývoj → méně chyb
- přenositelné mezi platformami

Imperativní vs. deklarativní

Imperativní = specifikace, jak se problém řeší

- sekvence kroků, které mění stav programu a tím provádějí výpočet

Deklarativní = specifikace, co se má řešit

- popis problému vhodnými konstrukty
- řešení najde vyhodnocovací mechanismus
- funkcionální a logické paradigma, SQL, …

```
output = []
for N in input:
  if N > 10:
    output.append(N)
```

```
SELECT N*N
FROM input
WHERE N > 10
```

Statické vs. dynamické

Statické (C, C++, Java…)

- co se bude dít, se rozhoduje při překladu
- je obtížné zkoumat a měnit stav programu
- nelze za běhu měnit a přidávat funkce, objekty či typy
- optimalizace při překladu
- edit → compile → run → debug

Dynamické (PHP, Python, JavaScript…)

- co se bude dít, se rozhoduje za běhu
- je jednoduché zkoumat, rozšiřovat, manipulovat
  - monkey patching
- optimalizace při běhu programu

Silně vs. slabě typované

Silně typované (Java, Python…)

- každá proměnná či operace má striktně určený datový typ, který se nemění

Slabě typované (Perl, PHP…)

- automaticky přetypuje hodnoty dle potřeby

Dynamické typování ≠ slabé typování (a naopak)

Automatická vs. manuální správa paměti

Automatická

- programátor paměť jen alokuje
- nepoužívanou paměť uvolňuje *garbage collector*
  - počítání referencí – neuvolní cykly
  - sledovací algoritmy – přeruší běh programu

Manuální

- programátor paměť alokuje i uvolňuje
- obtížné ve složitějších programech – *memory leaks*

Paradigmata

- Imperativní
- Objektově orientované
- Funkcionální
- Logické
- Konkurentní
- Metaprogramování
- …

Dnes často jeden jazyk umožňuje kombinovat více paradigmat.

- C, Pascal, Java, Python…
- Základní prostředky:
  - cykly
  - větvení
  - ukazatele
  - struktury
  - funkce
- Explicitní stav programu měněn sekvencí příkazů
- Reflektuje architekturu počítačů
- Nadstavby: procedurální, strukturované, modulární

```
output = []
for N in input:
      if N > 10:
            output.append(N)
```

- Haskell, Lisp, Clojure, F#, Scala…
- Základ v lambda kalkulu
- Základní prostředky:
  - funkce (v matematickém smyslu)
- Specifikace problému v podobě funkcí
- Data proplouvají funkcemi, které je transformují
- Žádná explicitní manipulace s daty
- Žádné vedlejší efekty (kromě I/O)
- Vyhodnocování v libovolném pořadí
- Lze snáze ukázat korektnost programu

```
output = [N for N in input
          if N > 10]
```

- Haskell, Lisp, Clojure, F#, Scala…
- Základ v lambda kalkulu
- Základní prostředky:
  - funkce (v matematickém smyslu)
- Specifikace problému v podobě funkcí
- Data proplouvají funkcemi, které je transformují
- Žá
- Žá
- Vy
- Lze

```
qsort [] = []
qsort (x:xs) = qsort small ++ pivot ++ qsort large
    where
        small = [y | y<-xs, y<x]
        pivot = [y | y<-xs, y==x] ++ [x]
        large = [y | y<-xs, y>x]
```

- Prolog
- založeno na matematické logice
- program = konečná množina axiomů
- výpočet = důkaz dotazu uživatele

```
muz(honza). muz(jirka). muz(vilik).
zena(monika). zena(jana).
jeDite(honza,jirka). jeDite(jana,monika).
jeDite(vilik,monika).
jeSyn(X,Y) :- jeDite(X,Y), muz(X).

>>> jeSyn(X, monika)
```

- Erlang, Elixir, ...
- programy jsou popsané jako procesy, které spolu komunikují
- nemusí nutně běžet paralelně

```
-module(tut15).
-export([start/0, ping/2, pong/0]).

ping(0, Pong_PID) ->
    Pong_PID ! finished,
    io:format("ping finished~n", []);

ping(N, Pong_PID) ->
    Pong_PID ! {ping, self()},
    receive
        pong ->
            io:format("Ping rcvd. pong~n", [])
    end,
    ping(N - 1, Pong_PID).
```

```
pong() ->
    receive
        finished ->
            io:format("Pong finished~n", []);
        {ping, Ping_PID} ->
            io:format("Pong rcvd. ping~n", []),
            Ping_PID ! pong,
            pong()
    end.

start() ->
    Pong_PID = spawn(tut15, pong, []),
    spawn(tut15, ping, [3, Pong_PID]).
```

- Program vytváří/modifikuje program (klidně sám sebe)
- Generování kódu
- Šablony v C++
- Anotace v Javě
- Dekorátory v Pythonu
- eval()
- Překladače

```
template <int N>
struct Factorial {
    enum { value = N * Factorial<N - 1>::value };
};

template <>
struct Factorial<0> {
    enum { value = 1 };
};


void foo() {
    int x = Factorial<4>::value; // == 24
    int y = Factorial<0>::value; // == 1
}
```

Imperativně:

```
output = 0
for N in input:
  if N > 10:
    output += N*2
```

Funkcionálně:

```
output = sum(
  N*2 for N in input if N > 10
)
```

Funkcionálně:

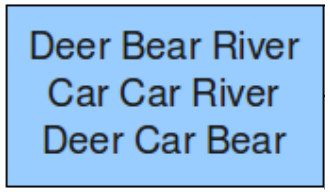
```
from functools import reduce
sum = lambda x, y: x + y
mul = lambda x: x*2
cmp = lambda x: x > 10
output = reduce(sum, map(mul, filter(cmp, input)))
```

- Metoda pro paralelizaci výpočtu (i pro big data)
- Inspirace funkcionálními jazyky
- Založeno na funkcích *map* a *reduce*
  - *map(in_key, in_value) → list(out_key, intermediate_value)*
  - *reduce(out_key, list(intermediate_value)) → list(out_value)*

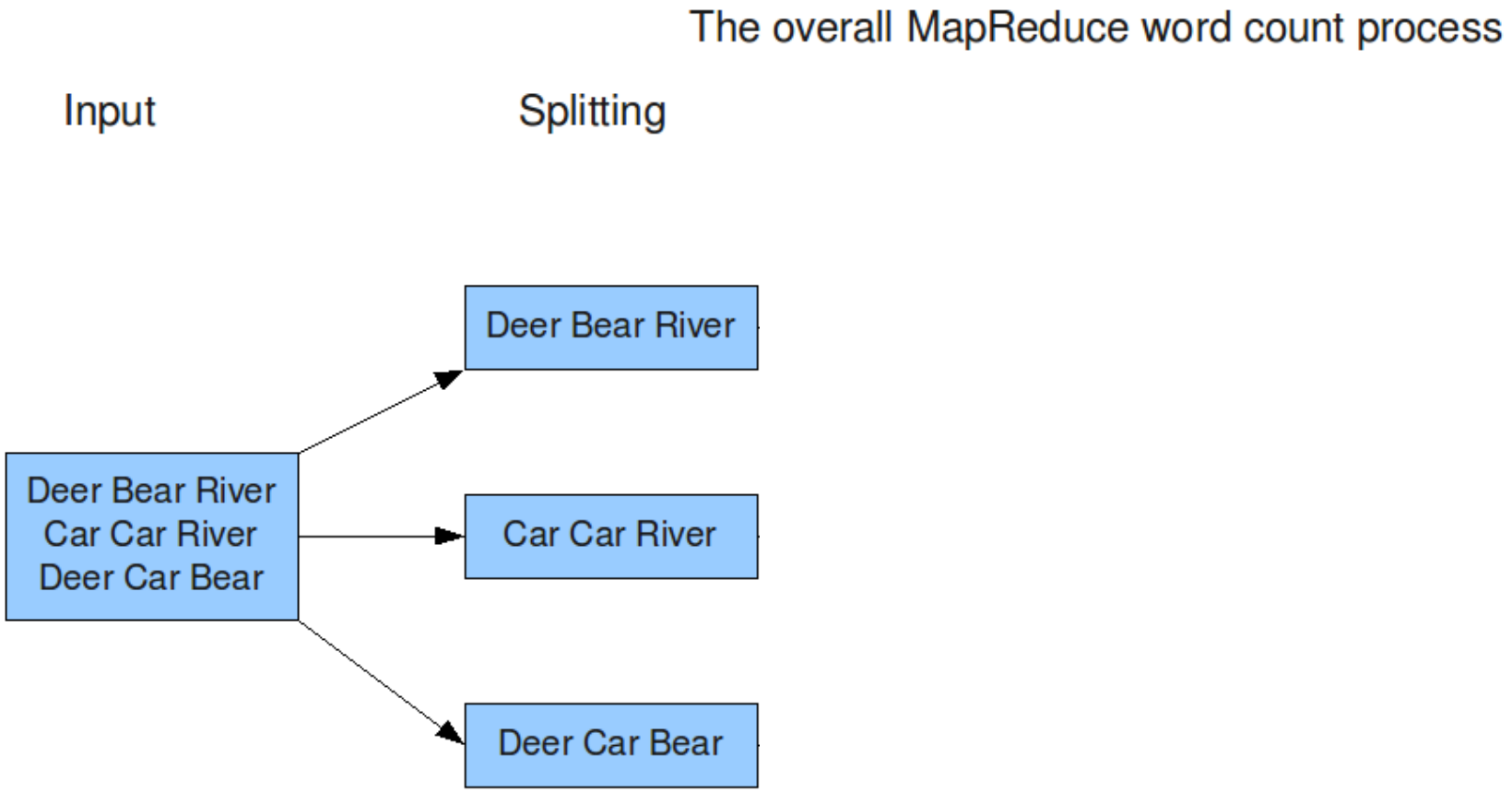
- Programátor dodá jen funkce *map* a *reduce*
- O distribuci mezi výpočetní uzly a tok dat se stará runtime
- Ale ne každý výpočet lze převést na MapReduce

The overall MapReduce word count process

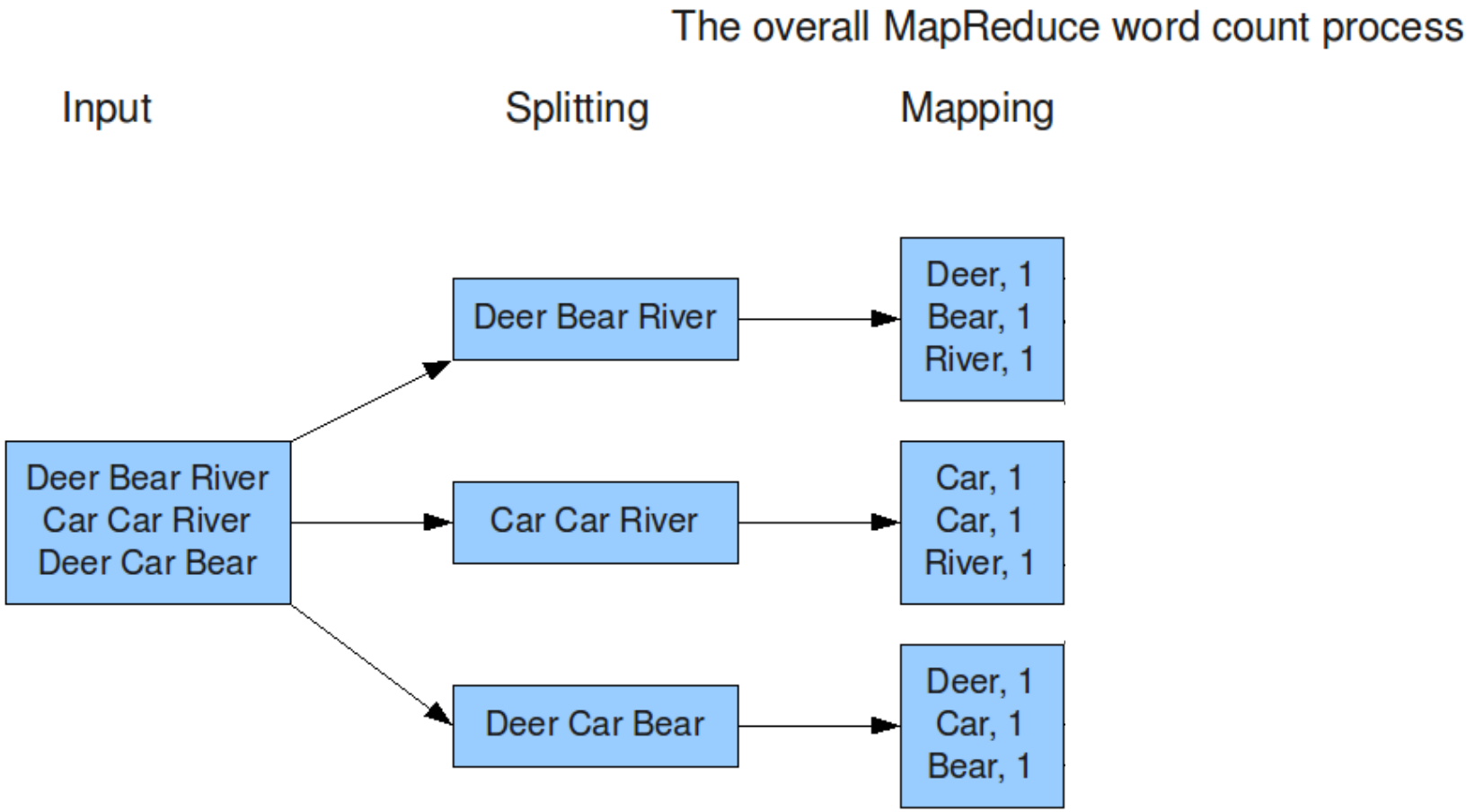
Input



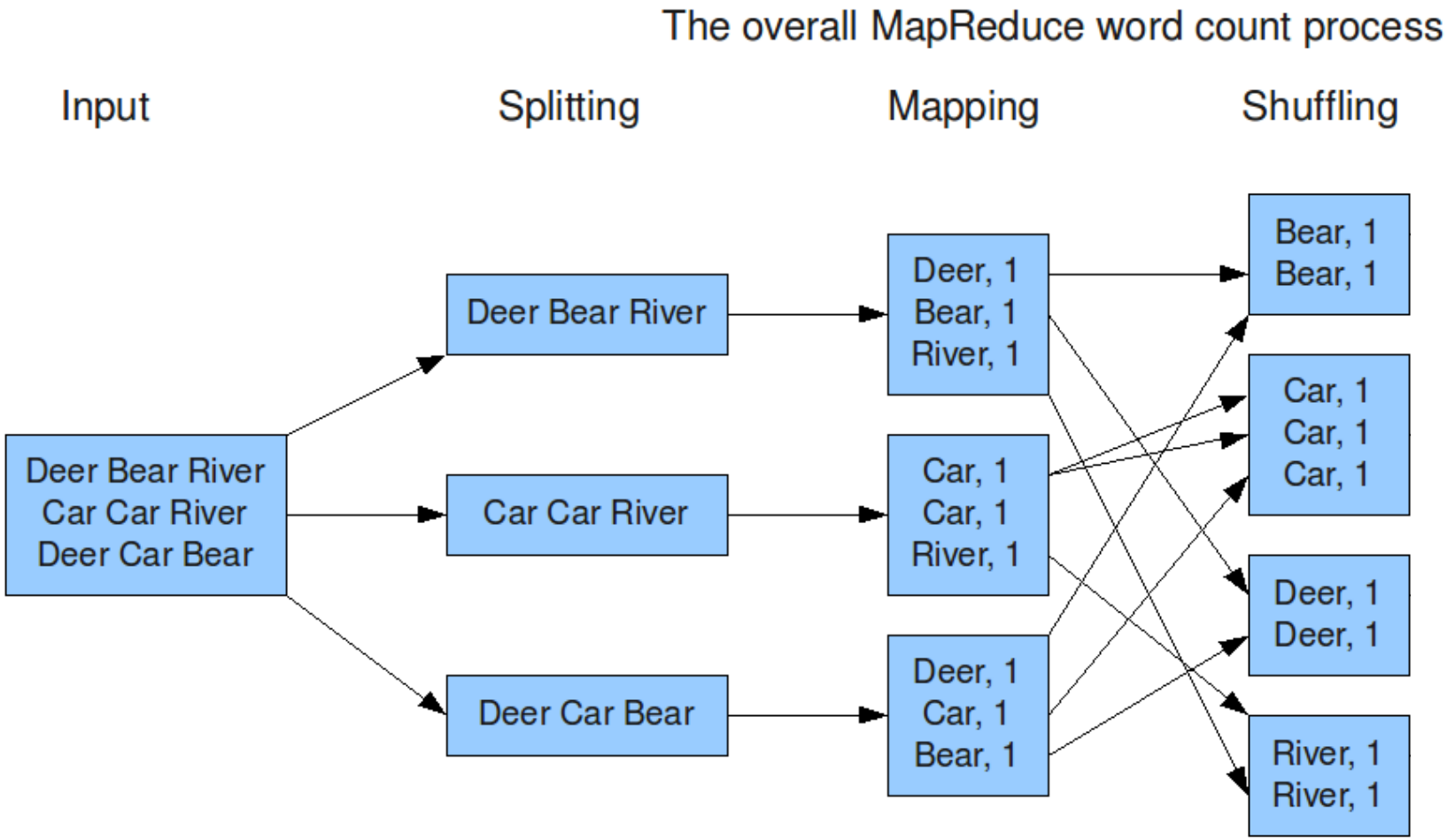
Výpočet počtu jednotlivých slov v kolekci dokumentů



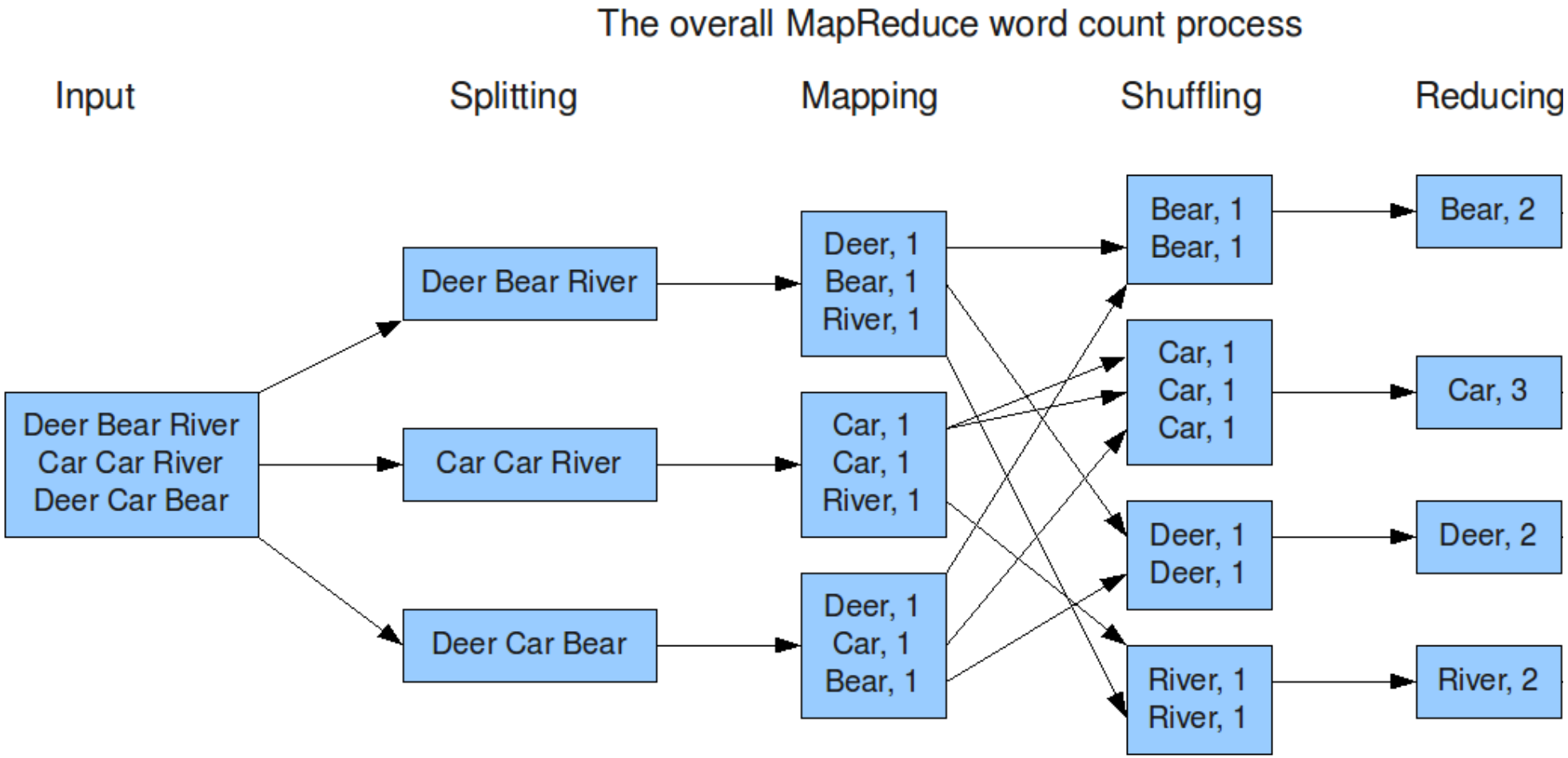
1. Vstupní data (dokumenty) jsou rozdělena mezi výpočetní uzly



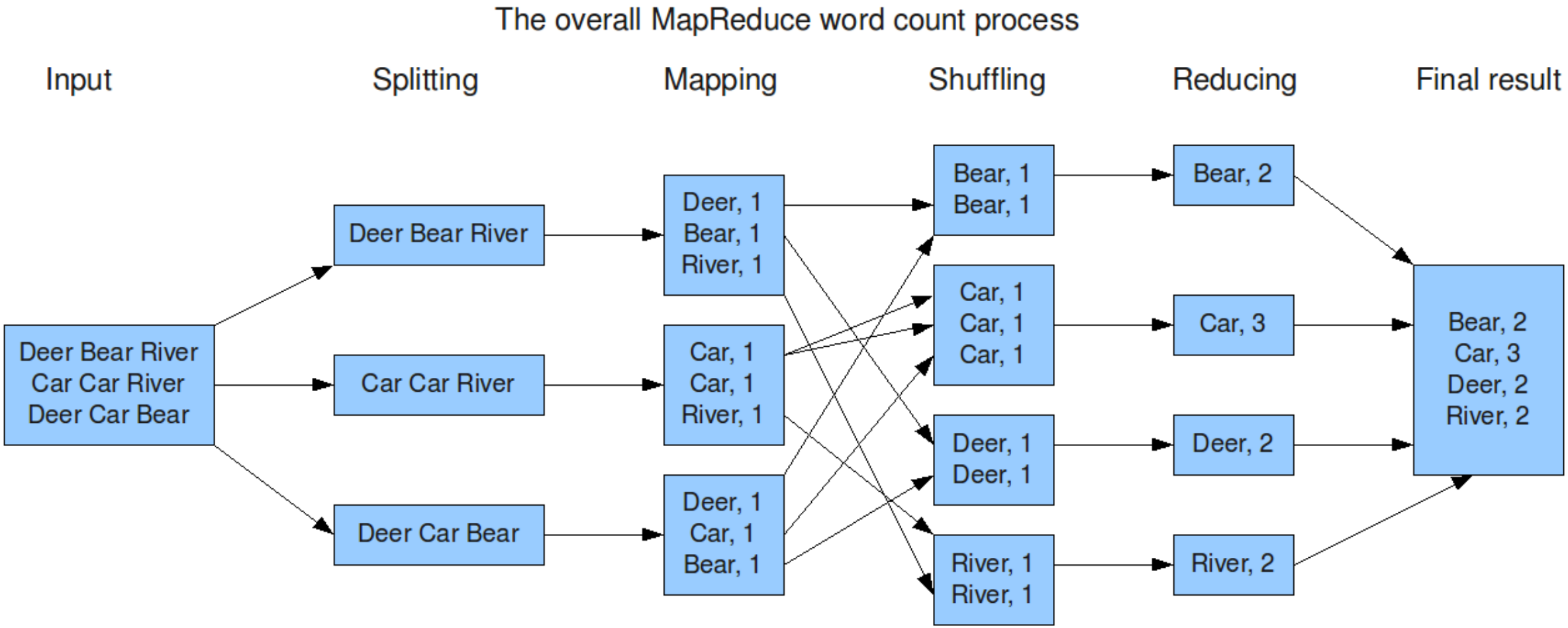
2. Každý uzel provede *map(<klíč>, dokument) → [(slovo, 1), (slovo, 1), [slovo, 1], ...)*



3. Mezivýsledky jsou rozděleny mezi uzly dle klíčů *out_key* (zde *slovo*)



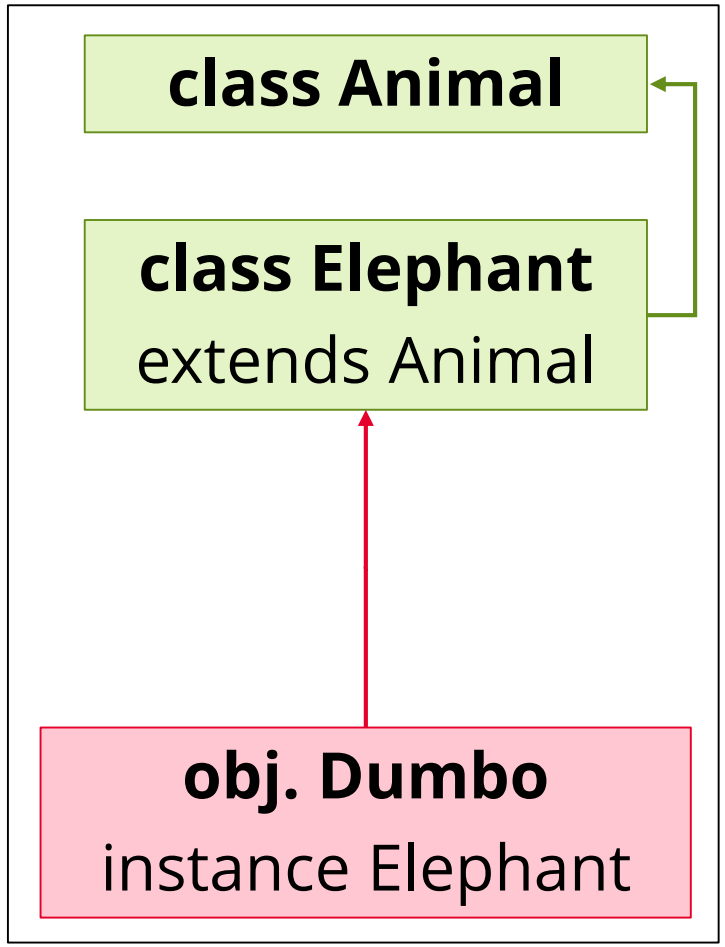
4. Každý uzel provede *reduce(slovo, [počet, počet, počet, ...]) → (slovo, počet)*



5. Výsledky se sesbírají a uloží na výstup

- C++, Java, Python, Ruby, JavaScript…
- Prakticky všechny moderní imperativní jazyky
- Objekty (zapouzdření) a zprávy (komunikace)
- Objekty = data + kód
- Dva přístupy:
  - třídy – nejčastější
  - prototypy

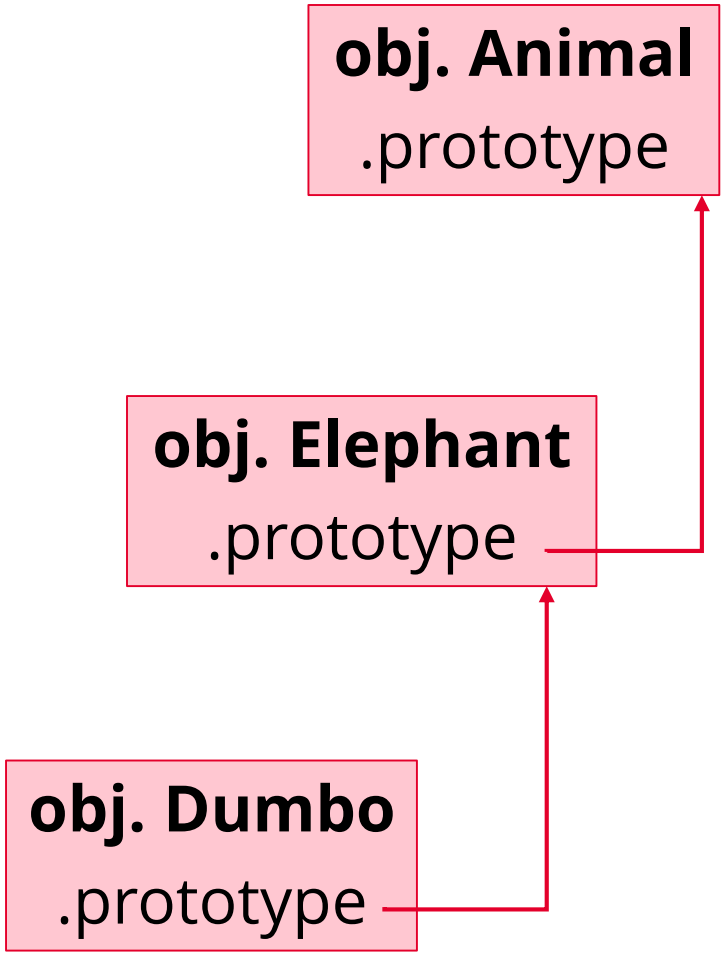
- Abstrakce podstaty všech podobných objektů
- Předpis, jak vyrobit objekt
- Objekt = instance třídy
- V některých jazycích je třída zároveň objektem
  - třída = instance metatřídy
- Organizace do hiearchie dědičnosti
  - jednoduchá dědičnost (strom)
  - vícenásobná dědičnost (orientovaný acyklický graf)
  - v kořeni často obecná třída *object*
  - specializace, generalizace



Prototypy

- JavaScript, Self, Lua
- Každý objekt je jedinečný
- Objekty sdílejí určité rysy (traits)
- Delegace namísto dědičnosti

https://www.zdrojak.cz/clanky/oop-v-javascriptu-i/



Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

Erlang

PHP

Mathematica

OSTRAJava

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

IMPERATIVNÍ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

Erlang

PHP

Mathematica

OSTRAJava

OBJEKTOVĚ ORIENTOVANÉ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

Haskell

JavaScript

Shakespeare

Lisp

Bash

Whitespace

Malbolge

C++

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

Erlang

PHP

Mathematica

OSTRAJava

FUNKCIONÁLNÍ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

LOGICKÉ JAZYKY

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

SKRIPTOVACÍ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

WEBOVÉ JAZYKY

Příklady jazyků

C

JRuby

LOLCODE

brainfuck

Scala

Chef

JavaScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Whitespace

Malbolge

Prolog

C++

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Jython

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

JAZYKY NAD JVM

Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Chef

Scala

JScript

Shakespeare

Haskell

Lisp

Bash

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

ClojureCLR

IronPython

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

JAZYKY NAD .NET (CLI)

Příklady jazyků

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Scala

Chef

Haskell

JavaScript

Shakespeare

Lisp

Bash

Whitespace

Malbolge

C++

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

Erlang

PHP

Mathematica

OSTRAJava

EZOTERICKÉ JAZYKY

C

Ruby

brainfuck

```
++++++++++[>+++++++>++++++++++>++
+>+<<<<-]>++.>+.+++++++..+++.>++.<<++
+++++++++++++.>.+++.------.--------.>+.>.
```

Chef

JavaScript

Shakespe

Lisp

Bash

Whitespace

Malbolge

Prolog

C++

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRA Java

EZOTERICKÉ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

brainfuck

LOLCODE

```
HAI
CAN HAS STDIO?
VISIBLE "HAI WORLD!"
KTHXBYE
```

Chef

JavaScript

Sh

Haskell

Malbolge

C++

Whitespace

Prolog

Swift

Pascal

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

EZOTERICKÉ JAZYKY

C

Ruby

brainfuck

Chef

JavaScript

Haskell

Malbolge

Whitespace

Prolog

Pascal

Clojure

Erlang

PHP

Mathematica

OSTRAJava

```
Hello World Cake with Chocolate sauce.
[...]
Ingredients.
33 g chocolate chips
100 g butter
[...]
Method.
Put chocolate chips into the mixing bowl.
Put butter into the mixing bowl.
Put sugar into the mixing bowl.
```

EZOTERICKÉ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

brainfuck

LOLCODE

Scala

Chef

Haskell

JavaScript

Shakespeare

Lisp

Bash

Whitespace

Malbolge

C++

```
(=<`#9]~6ZY32Vx/4Rs+0
No-&Jk)"Fh}|Bcy?`=*z]K
w%oG4UUS0/@-ejc(:'8dc
```

Prolog

Basic

Java

Swift

Pascal

Intercal

Python

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

EZOTERICKÉ JAZYKY

Příklady jazyků

C

Ruby

brainfuck

LOLCODE

Scala

Chef

Haskell

JavaScript

Shakespeare

Malbol **ace**

Romeo, a young man with a remarkable patience.

Juliet, a likewise young woman of remarkable grace.

[...]

Act I: Hamlet's insults and flattery.

Scene I: The insulting of Romeo.

[Enter Hamlet and Romeo]

Hamlet:

You lying stupid fatherless big smelly half-witted coward! You are as stupid as the difference between a handsome rich brave hero and thyself!

ascal

Cloju

PHP

TRA Java

EZOTERICKÉ JAZYKY

C

Ruby

LOLCODE

brainfuck

Scala

Chef

Haskell

JavaScript

Shakespeare

Lisp

Bash

Whitespace

Malbolge

C++

Prolog

Basic

Java

Clojure

Python

Intercal

PHP

Erlang

Mathematica

OSTRAJava

EZOTERICKÉ JAZYKY

C

Ruby

brainfuck

Chef

JavaScript

Shakesp

Haskell

Malbolge

Prolog

C++

nitespace

Basic

Pascal

Clojure

Intercal

non

PHP

Erlang

OSTRAJava

```
DO ,1 <- #13
PLEASE DO ,1 SUB #1 <- #238
DO ,1 SUB #2 <- #108
DO ,1 SUB #3 <- #112
DO ,1 SUB #4 <- #0
DO ,1 SUB #5 <- #64
DO ,1 SUB #6 <- #194
DO ,1 SUB #7 <- #48
PLEASE DO ,1 SUB #8 <- #22
DO ,1 SUB #9 <- #248
DO ,1 SUB #10 <- #168
DO ,1 SUB #11 <- #24
DO ,1 SUB #12 <- #16
DO ,1 SUB #13 <- #162
PLEASE READ OUT ,1
PLEASE GIVE UP
```

EZOTERICKÉ JAZYKY

Podle čeho volit jazyk?

Podle úlohy

- web lze napsat i v Lispu, ale proč?

Podle cílové platformy, přenositelnosti

- pokud to má běžet pod JVM, nebudu psát v C++

Podle složitosti vývoje

- některé věci se rychleji naprogramují v C, jiné v PHP

Podle požadavků na výkon programu

- JavaScript bude nejspíš pomalejší než C

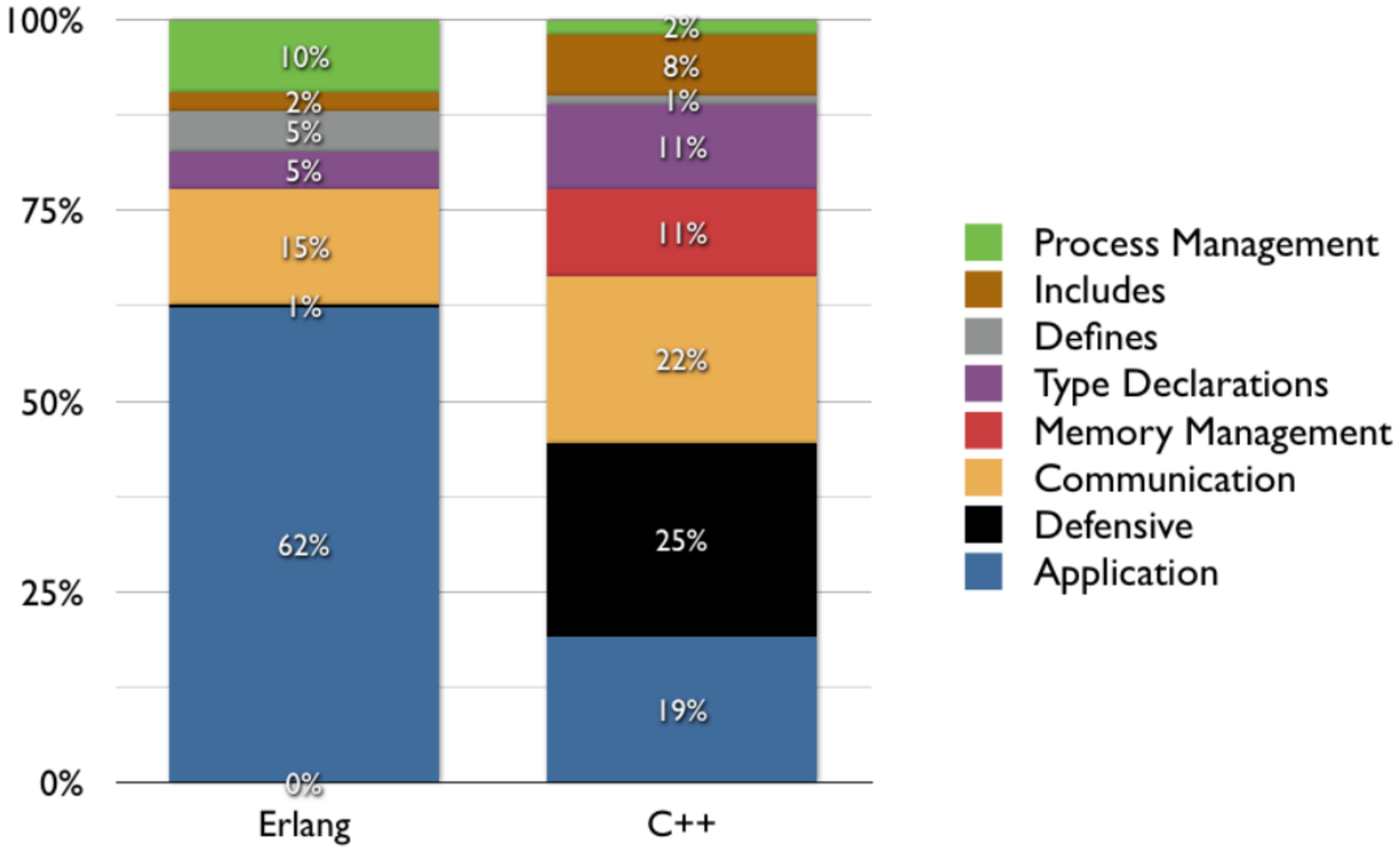
Podle velikosti komunity („popularity“)

- čím je větší, tím spíš už někdo řešil můj problém

Podle osobních preferencí

- někdo má rád Haskell, někdo Python…

Příklad – proporce kódu



Simplified Wrapper and Interface Generator

SWIG

Někdy se kombinuje více jazyků v jedné aplikaci

Například:

- uživatelské rozhraní ve vyšším jazyce
- časově kritické operace v C/C++

Mnoho jazyků podporuje moduly napsané v C/C++

- ale je třeba vytvořit rozhraní na míru vyššímu jazyku
- nebo jej lze (polo)automaticky vygenerovat

- Simplified Wrapper and Interface Generator
- Propojení kódu v C/C++ s vysokoúrovňovými jazyky
- Generuje adaptéry (wrappers) nad deklaracemi z hlavičkových souborů C/C++

Podpora pro 23 jazyků:

Allegro CL	*Go*	*Mzscheme*	*R*
C#	*Guile*	*OCAML*	*Ruby*
CFFI	*Java*	*Octave*	*Scilab*
CLISP	*Javascript*	*Perl*	*Tcl*
Chicken	*Lua*	*PHP*	*UFFI*
D	*Modula-3*	*Python*	

SWIG – příklad

```c
/* example.c */

#include <time.h>

double My_variable = 3.0;

int fact(int n) {
        if (n <= 1) return 1;
        else return n*fact(n-1);
}

int my_mod(int x, int y) {
        return (x%y);
}

char *get_time() {
        time_t ltime;
        time(&ltime);
        return ctime(&ltime);
}
```

```c
/* example.i */

%module example
%{
extern double My_variable;
extern int fact(int n);
extern int my_mod(int x, int y);
extern char *get_time();
%}


extern double My_variable;
extern int fact(int n);
extern int my_mod(int x, int y);
extern char *get_time();
```

SWIG – příklad

```c
/* example.c */

#include <time.h>

double My_va

int fact(int
        if (r
        else
}

int my_mod(i
        retur
}

char *get_ti
        time_t ltime;
        time(&ltime);
        return ctime(&ltime);
}
```

vše uvnitř %{ … %} bude zkopírováno

deklarace, ke kterým se vygeneruje wrapper

```c
/* example.i */

%module example
%{
extern double My_variable;
extern int fact(int n);
extern int my_mod(int x, int y);
extern char *get_time();
%}
```

```c
extern double My_variable;
extern int fact(int n);
extern int my_mod(int x, int y);
extern char *get_time();
```

SWIG – příklad

```c
/* example.c */

#include <time.h>

double My_variable = 3.0;

int fact(int n) {
        if (n <= 1) return 1;
        else return n*fact(n-1);
}

int my_mod(int x, int y) {
        return (x%y);
}

char *get_time() {
        time_t ltime;
        time(&ltime);
        return ctime(&ltime);
}
```

```
/* example.i */

%module example
%{
/* Includes the header
   in the wrapper code */
#include "example.h"
%}

/* Parse the header file
   to generate wrappers */
#include "example.h"
```

SWIG – příklad

```
# vytvoreni wrapperu swigem (vznikne example_wrap.c)
$ swig -python example.i

# preklad modulu
$ gcc -c example.c example_wrap.c -fPIC $(pkg-config --cflags python)



# linkovani do dynamicke knihovny _example.so
$ ld -shared example.o example_wrap.o -o _example.so

# import z pythonu a spusteni
$ python
[...]
>>> import example
>>> example.get_time()
'Mon Apr 17 12:00:44 2017\n'
>>> exit
```

SWIG – příklad

```
# vytvoreni wrapperu swigem (vznikne example_wrap.c)
$ swig -perl example.i

# preklad modulu
$ gcc -c example.c example_wrap.c \
      $(perl -MConfig -e 'print join(" ", @Config{qw(ccflags optimize cccdlflags)},
"-I$Config{archlib}/CORE")')

# linkovani do dynamicke knihovny example.so
$ ld -shared example.o example_wrap.o -o example.so

# import z perlu a spusteni
$ perl
use example;
print exaple::get_time();
```

LEGACY CODE

Kód který:

- je těžké upravovat
- nepřehledný
- bez testů
- je zděděný po někom jiném
- bychom nejradši nechali zmizet
  - ale nemůžeme, protože je důležitý a užitečný
  - pokud by nebyl důležitý, už by se dávno nepoužíval

Nemusí to být každý kód, který:

- vypadá škaredě
- napsal někdo jiný
- je starý

Výhody „starého“ kódu?

- program je ověřen praxí jako funkční
- uživatelé jsou na něj zvyklí

Ale co když je do něj třeba zasáhnout?

- nová funkcionalita
- oprava chyby
- refactoring
- optimalizace

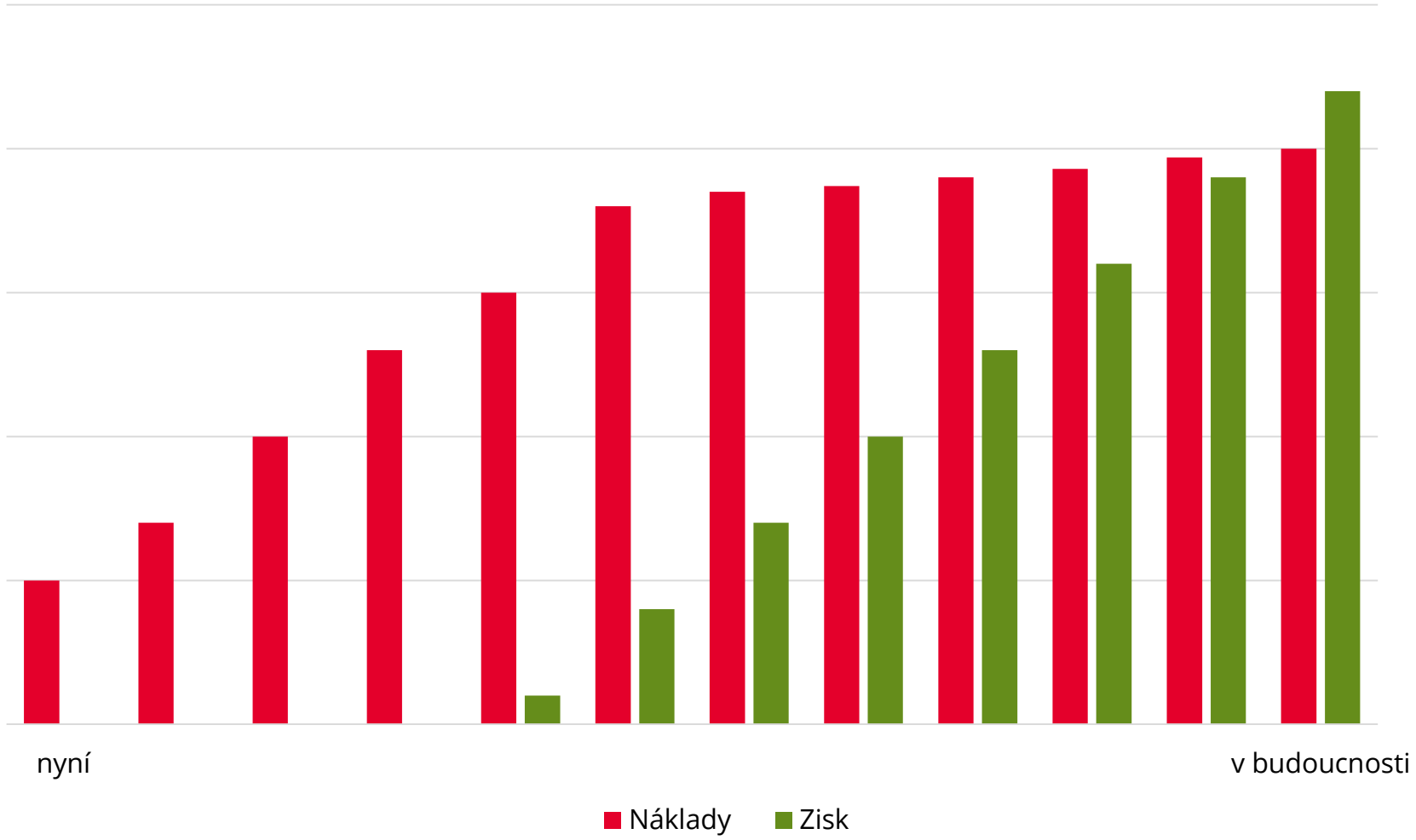
Jak upravit legacy code?

Metoda č. 1 – dát výpověď

Metoda č. 2 – hodit to na někoho jiného
(konzultanty, původní autory…)

Metoda č. 3 – začít úplně znova
(vše staré bez milosti zahodit)

Dosažení původní funkcionality trvá dlouho a je drahé.



Metoda č. 4 – Edit and Pray

- pořádně se seznámit se současným kódem
- pečlivě rozmyslet nutné změny
- začít měnit
- průběžně kontrolovat, jestli se něco nerozbilo
- nasadit na produkci
- čekat na odezvu zákazníků

Metoda č. 5

1. Najdi místa, která je třeba změnit
2. Najdi místa, kde je otestovat
3. Zlikviduj závislosti
4. Napiš testy
5. Udělej změny

Zádrhel:

- je třeba mít testy, aby šlo (bezpečně) změnit kód
- je třeba změnit kód, aby šlo vytvořit testy

- Je třeba být velmi opatrný
- Pokud možno nezhoršit situaci
- Nový kód co nejvíce izolovat od starého a otestovat

Sprout method:

- vytvořit novou funkci a pokrýt ji testy
- do starého kódu přidat volání této funkce

Wrap method:

- původní funkci přejmenovat
- namísto ní vytvořit wrapper, který volá starý kód

Sprout method

```
public void postEntries(List entries) {
    for (Entry entry : entries) {
            entry.postDate();

    }
    transaction.getListManager().addAll(entries);
}
```

Sprout method

```
public void postEntries(List entries) {
    List entriesToAdd = new LinkedList();
    for (Entry entry : entries) {
        if(!transaction.getListManager().contains(entry)) {
            entry.postDate();
            entriesToAdd.add(entry);
        }
    }

    transaction.getListManager().addAll(entriesToAdd);
}
```

Sprout method

```
public void postEntries(List entries) {
    for (Entry entry : entries) {
            entry.postDate();

    }
    transaction.getListManager().addAll(entries);
}
```

Sprout method

```
public void postEntries(List entries) {
    List<Entry> filteredEntries = uniqueEntries(entries);
    for (Entry entry : filteredEntries) {

            entry.postDate();


    }

    transaction.getListManager().addAll(filteredEntries);
}
```

Wrap method

```
public void postEntries(List entries) {
    for (Entry entry : entries) {
            entry.postDate();

    }
    transaction.getListManager().addAll(entries);
}
```

Wrap method

```
public void doPostEntries(List entries) {

    for (Entry entry : entries) {

            entry.postDate();


    }

    transaction.getListManager().addAll(entries);
}

public void postEntries(List entries) {
    doPostEntries(uniqueEntries(entries));
}
```

Odkazy

- https://www.slideshare.net/nashjain/working-effectively-with-legacy-code-presentation
- http://www.netobjectives.com/system/files/WorkingEffectivelyWithLegacyCode.pdf
- https://speakerdeck.com/nhpatt/working-effectively-with-legacy-code
- https://speakerdeck.com/paultaykalo/working-with-legacy-codebase
- https://speakerdeck.com/cbushell/working-effectively-with-legacy-code

iwiglasz@fit.vutbr.cz