Функциональное программирование

Введение в язык LISP

Современные языки функционального программирования

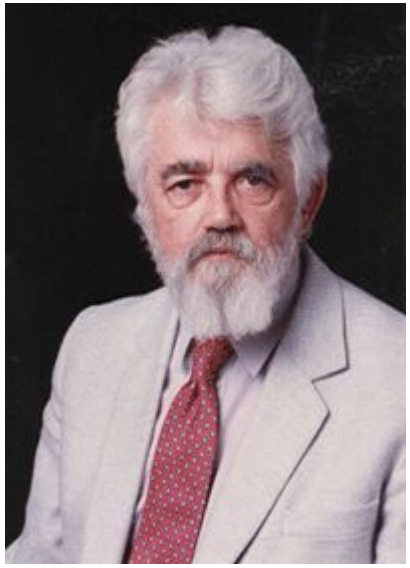
Лисп — (Джон Маккарти, 1958) и его диалекты, наиболее современные из которых:

- Scheme
- Clojure
- Common Lisp

Erlang — (Joe Armstrong, 1986) для создания распределенных приложений.
APL — предшественник современных научных вычислительных сред, таких как MATLAB.
ML (Meta Language) (Робин Милнер, 1979, из ныне используемых диалектов известны Standard ML и Objective CAML).
F# — функциональный язык семейства ML для платформы .NET
Scala
Miranda (Дэвид Тёрнер, 1985, который впоследствии дал развитие языку Haskell).
Nemerle — гибридный функционально/императивный язык.
XSLT[3][4] и XQuery
Haskell — чистый функциональный. Назван в честь Хаскелла Карри.

Создание языка Lisp

Начало 1930 –ых A. Church - формализация функций в lambda-исчислении



Джон Маккарти (John McCarthy)
(4.09.1927 - 24.10.2011)
профессор Станфордского университета с 1962 г.

Цитата из *"Lisp 1.5 Programmers Manual"*, опубликованного в 1960 году, гласит: "это был очень специализированный язык, в котором программный код всегда представлялся в виде данных, а данные могли служить кодом."

История развития языка Lisp

Основные диалекты

MacLisp

В 1964 году была создана первая реализация Маклиспа для PDP-6
первый компилятор, библиотека математических функций

Interlisp

Начало 1970-ых , IDE, хорошо документирован

Franz Lisp

в конце 1970-х годов для новых компьютеров VAX

Scheme

в 1976 году в MIT в рамках проекта по созданию лисп-машины

Zetalisp

создан в MIT во второй половине 1970-х годов, графический интерфейс

Стандарт COMMON LISP

1984 г. Steele G.L. Common Lisp: The Language. - Digital Press, Burlington, MA.: макросы, функционалы, замыкания; операторы императивных языков – циклы, условия

1990 г Steele G.L. Common Lisp: The Language. 2nd Edition - Digital Press, 1030p.: включена объектная система CLOS

В 1995 году Common Lisp был стандартизован ANSI. Стандарт практически повторил спецификацию 1990 года

Современные LISP-системы

Поставщики коммерческих Лисп-систем

LispWorks LLC

LispWorks - наиболее сбалансированная система по соотношению цена-качество. Цена профессиональная версии — $1500. Библиотека графического интерфейса CAPI портативна между платформами Linux, Windows и MacOS. Есть 64-разрядные версии.

Franz Inc.

Allegro Common Lisp : охват различных платформ, хорошие возможности среды разработчика, дополнительных библиотек (платных и с открытым кодом). Есть 64-разрядные версии

Corman Technologies Corman Lisp - одна из "молодых" систем, под Windows

Современные LISP-системы

Общедоступные (freeware) Коммон Лисп системы

CLISP Один из недостатков - компиляция в байт-код

CCL (Clozure Common Lisp) Работает на платформах Mac OS X, Linux, FreeBSD и Windows

MUCL (Carnegie Mellon University Common Lisp)
Полная реализация Коммон Лисп с компиляцией в машинный код, работающая на самых разных Unix-платформах.

SBCL (Steel Bank CL) Основные платформы: Linux, FreeBSD и MacOS.

Особенности языка Лиспа

- **Одинаковая форма данных и программ**
- **Хранение данных, не зависящее от места**
- **Автоматическое и динамическое управление памятью**
- **Функциональная направленность**
- **Динамическая проверка типов**
- **Интерпретирующий и компилирующий режимы работы**
- **Пошаговое программирование**
- **Единый системный и прикладной язык программирования**

Введение в язык LISP

Атомы и списки.

Основная структура данных в Лиспе - символьные или S-выражения, которые определяются как атомы или списки.

Атомы: это символы и числа. Они представляют собой те объекты Лиспа, из которых строятся остальные структуры.

Символ - это имя, состоящее из букв, цифр и специальных знаков (+ - / @ $ % ~ & \ > < _).
В Лиспе символы обозначают числа, другие символы или более сложные структуры, программы (функции) и другие лисповские объекты.
Пример: x, г-1997, символ, function.
В большинстве ЛИСП-систем прописные и строчные буквы отождествляются:
zzz ⇔ ZZZ

Числа не являются символами, так как число не может представлять иные лисповские объекты, кроме самого себя, или своего числового значения. В Лиспе используется большое количество различных типов чисел (целые, десятичные и т. д.) - 24, 35.6, 6.3 e5.

Символы T и NIL имеют в Лиспе специальное назначение:

T обозначает логическое значение истина,

NIL - логическое значение ложь.

Символы T и NIL имеют всегда одно и тоже фиксированное зачение.

Их нельзя использовать в качестве имен других лисповских объектов.

Символ NIL обозначает также и пустой список.

Числа и логические значения T и NIL являются константами, остальные символы - переменными, которые используются для обозначения других лисповских объектов.

Кроме того, существуют глобальные специальные переменные, имеющие встроенные значения: напр., PI – значение числа π.

Для превращения любого символа в константу используется директива

(DEFCONSTANT ***символ значение***)

Символ, определенный как константа, не может изменять предписанного ему таким определением значения.

Напр., (DEFCONSTANT z1 10) – значение z1 теперь нельзя переопределить.

Список - это упорядоченная последовательность, элементами которой являются атомы или списки (подсписки).

- Списки заключаются в круглые скобки, элементы списка разделяются пробелами.

- Открывающие и закрывающие скобки находятся в строгом соответствии. Список всегда начинается с открывающей и заканчивается закрывающей скобкой.

- Список, в котором нет элементов, называют пустым и обозначают **()** или **NIL**.

Пустой список - это атом.

Например: (а в (с о) р) - в списке 4 элемента; (+ 3 6) – 3 элемента.

В виде списка в ЛИСПе представляются как текст программы, так и данные:

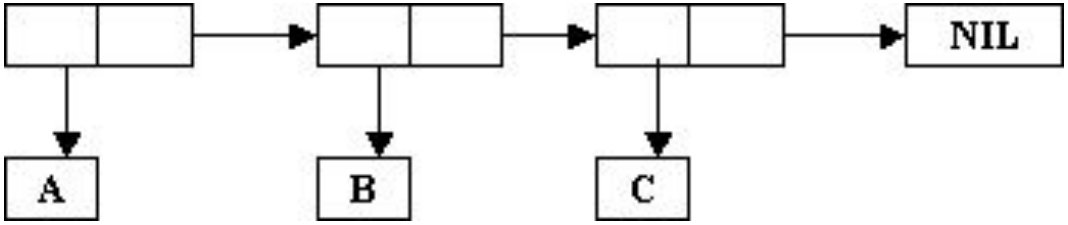
Напр., **(+ 2 3)** - интерпретируется как функция, результат **5**;

‘ (+ 2 3) – интерпретируется как список из трех элементов, результат **(+ 2 3)**.

Представление списков в памяти компьютера

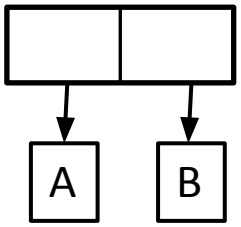
Графическая нотация

Рассмотрим представление списка **(A B C) в графической нотации:**



Nil выполняет роль **пустого списка**

Точечная пара (A.B)



Запись функций в ЛИСПе.

В процедурных языках программирования для вызова функции используется префиксная нотация, т.е. имя функции стоит перед скобками, окружающими аргументы:

Напр., ***f (x), fun (x, y), h (x, g (y, z))***

В арифметических выражениях используется инфиксная запись, в которой имя функции, т.е. действия, располагается между аргументами:

Напр., ***x+y, x-y, x*(y+z)***

Для записи функций и выражений в ЛИСПе используется списочная форма записи, при которой имя функции или действия, а также аргументы записываются внутри скобок:

(+ x y), (- x y), (* x (+ y z))

В ЛИСПе для построения, разбора и анализа списков существуют базовые функции.

Все символьные вычисления сводятся к этой системе базовых функций:

CAR, CDR, CONST, ATOM, EQ.

Функции **ATOM** и **EQ** являются базовыми предикатами.

Предикаты – это функции, которые проверяют выполнение некоторого условия и возвращают в качестве результата логическое значение **T** или **NIL**.

По принципу использования все базовые функции делятся на функции ***разбора, создания и проверки***.

Базовые функции языка

CONS	Функция, которая строит списки из «головы» и «хвоста»
CAR	Функция, обеспечивающая доступ к первому элементу списка - «голове»
CDR	Функция, укорачивающая список на один элемент. Обеспечивает доступ к «хвосту» списка, т.е. к остатку списка после удаления его головы.
ATOM	Функция, различающая составные и атомарные объекты. На атомах ее значение “истина”, а на более сложных структурах данных – “ложь”.
EQ	Функция, которая проверяет атомарные объекты на равенство

Функции ***разбора*** **CAR** и **CDR**.

Функция **CAR** возвращает в качестве значения первый элемент списка.

(**CAR** ***список***) ⇨ ***S - выражение*** (атом либо список).

Функция CAR имеет смысл только для аргументов, являющихся списками.

(CAR ‘a) ⇨ Error

_(CAR ‘(a b c d)) ⇨ a

_(CAR ‘((a b) c d)) ⇨ (a b)

_(CAR ‘(a)) ⇨ a

_(CAR NIL) ⇨ NIL «Голова пустого списка - пустой список.»

Вызов функции CAR с аргументом (a b c d) без апострофа был бы проинтерпретирован как вызов функции «a» с аргументом «b c d», и было бы получено сообщение об ошибке.

Функция **CDR** - возвращает в качестве значения хвостовую часть списка, т. е. список, получаемый из исходного списка после удаления из него головного элемента:

(**CDR** ***список***) ⇨ ***список***

Функция CDR определена только для списков.

_(CDR 'a) ⇨ Error

_(CDR '(a b c d)) ⇨ (b c d)

_(CDR '((a b) c d)) ⇨ (c d)

_(CDR '(a (b c d))) ⇨ ((b c d))

_(CDR '(a)) ⇨ NIL

_(CDR NIL) ⇨ NIL

Функция ***создания списка*** **CONS**.

Функция CONS строит новый список из переданных ей в качестве аргументов головы и хвоста.

(CONS *голова хвост*)

Для того чтобы можно было включить первый элемент функции CONS в качестве первого элемента значения второго аргумента этой функции, второй аргумент должен быть списком. Значением функции CONS всегда будет список:

(CONS *s-выражение список*) ⇨ ***список***

_(CONS ‘a ‘(b c)) ⇨ (a b c)

_(CONS ‘(a b) ‘(c d)) ⇨ ((a b) c d)

_(CONS (+ 1 2) ‘(+ 3)) ⇨ (3 + 3)

_(CONS ‘(a b c) NIL) ⇨ ((a b c))

_(CONS NIL ‘(a b c)) ⇨ (NIL a b c)

Функция	Аргументы	Результат
CONS	A и Nil	(A)
CONS	(A B) и Nil	((A B))
CONS	A и (B)	(A B)
CONS	A и (B C)	(A B C)
CAR	(A B C)	A
CAR	((A B) C)	(A B)
CAR	A	ошибка
CDR	(A)	Nil
CDR	(A B C D)	(B C D)
CDR	((A B) C)	(C)
CDR	A	ошибка

Функция	Аргументы	Результат
ATOM	VeryLongStringOfLetters	T
ATOM	(A B)	Nil
ATOM	Nil	T
ATOM	()	T
EQ	A A	T
EQ	A B	Nil
EQ	A (A B)	Nil
EQ	(A B) (A B)	Не определено
EQ	Nil и ()	T
CDR	((A B) C)	(C)
CDR	A	ошибка

Композиции CAR-CDR

Вычисляются в порядке, обратном записи:

(Caar ‘((A) B C)) - > A

(Cadr ‘(A B C)) -> B

(Caddr ‘(A B C)) -> C

(Cadadr ‘(A (B C) D)) -> C

Другие простейшие встроенные функции Лиспа

Предикат EQL сравнивает числа одинаковых типов:
(EQL *число число*)
(EQL 2.0 2.0) => T
(EQL 2 2.0) => NIL (не годится для разных типов)

Предикат = сравнивает числа разных типов: **(= число число)**
(= 2 2.0) => T

Предикат EQUAL проверяет идентичность записей: **(EQUAL список список)**
_(EQUAL ‘a ‘a) => T
_(EQUAL ‘(a b c) ‘(a b c)) => T
_(EQUAL ‘(a b c) ‘(CONS ‘a ‘(b c))) => T
_(EQUAL 1.0 1) => NIL

Предикат EQUALP проверяет наиболее общее логическое равенство:
(EQUALP s-выражение s-выражение)

Функция NULL проверяет, является ли аргумент пустым списком:
(NULL s-выражение)
(NULL ‘()) => T
(NULL ‘(1 2 3)) => NIL
(NOT (NULL NIL)) => NIL
(NULL *x*) ⇔ (EQ NIL *x*)

(first *список*) ⇔ **(car *список*)**
(second *список*) ⇔ **(cadr *список*)**
(third *список*) ⇔ **(caddr *список*)**
(fourth *список*) ⇔ **(cadddr *список*)**
…
(THIRD (CONS a (CONS b (CONS c NIL)))) => c
(FOURTH '(a b c)) => NIL

(NTH n *список*)
(NTH 2 '(A B C)) => C

(LAST *список*)
(LAST '(1 2 3 4 5)) => 5

(LIST арг.1 арг.2 арг.3 …) => **(арг.1 арг.2 арг.3 …)**
(LIST 'a 'b 'c) => (a b c)
(LIST 'a 'b (+ 1 2)) => (a b 3)

(cons 1 (cons 2 (cons 3 NIL))) => (1 2 3) ⇔ (list 1 2 3)

Выводы:

- Список – это перечень произвольного числа элементов, разделенных
пробелами, заключенный в круглые скобки.
- Элементы списка могут быть любой природы.
- S-выражение - это или атом или список .
- Любое S-выражение может быть построено из атомов с помощью CONS и любая его часть может быть выделена с помощью CAR-CDR.
- Для изображения S-выражений используют различные нотации: графическую, точечную и списочную.
- Базис Лиспа содержит элементарные функции CAR, CDR, CONS, EQ,ATOM

Запись Лисп-программ

1) Самая простая **форма выражения - символ.**

Примеры:

X
n
Variable1
Переменная2
LongSong
ДолгаяПесня

2) Имена функций, лучше всего изображать с помощью символов, для наглядности можно предпочитать заглавные буквы:

Примеры:

CONS
CAR
CDR
ATOM
EQ

3) Все более сложные выражения понимают как применение функции к ее аргументам . Аргументом функции может быть любое s-выражение.
Список, первый элемент которого – представление функции, остальные элементы - аргументы функции, – это основная конструкция в Лисп-программе:
(функция аргумент1 аргумент2 ...)

4) **Композиции функций** естественно строить с помощью вложенных скобок:
(функция1 (функция2 аргумент21 аргумент22 ...) аргумент2 ...)

(CAR (CONS ‘x ‘(y))) -> x
(CDR (CONS ‘x ‘(y))) -> (y)
(ATOM (CONS ‘x ‘(y))) -> Nil
(CONS (CAR x) (CDR x)) = x *для неатомарных x.*

5) **Специальные функции**
QUOTE - блокировка вычислений
(QUOTE ‘(a b c)) -> (A B C)

EVAL – запускает интерпретатор, позволяет вычислять значения выражений, представленных в виде списков,

http://lisp.ystok.ru/ru/lispworks/