Исходный код: скрытое знание и как его показать?

Евгений Зуев
Алексей Степанов
Университет Иннополис

The Problem

- Для больших и долгоживущих программных систем период их **эксплуатации** существенно превосходит время разработки. Эксплуатация программной системы подразумевает действия по ее изменению, улучшению, добавлению новых функций, исправлению ошибок. Все это требует активной работы с исходным текстом программы.
- Во многих современных исследованиях утверждается, что на изучение и понимание программы уходит **около 70% рабочего времени** программиста, и только 5% времени занимает непосредственное написание и редактирование кода. Кроме того, отмечается, что ключевой и наиболее затратный по времени процесс разработчика в ходе создания программы — это выстраивание *мысленной модели кода*.
- Поэтому задача выявления семантики как компонентов программы, так и архитектуры системы в целом и представление (визуализация) их в форме, удобной для анализа, – является критически важной и актуальной, особенно учитывая тот факт, что в настоящее время для многих современных ЯП не существует адекватных инструментов для подобного анализа и визуализации.

Visualization: Requirements

- **Полнота**
  Должны быть представлены все аспекты программы, имеющие значение для ее понимания и анализа
- **Отчуждаемость**
  Визуальное представление программы не должно зависеть от среды разработки, в которой она создавалась, и не должно ею ограничиваться
- **Мобильность**
  Формат визуального представления не должен зависеть от конкретной операционной платформы
- **Интерактивность**
  Представление должно обеспечивать взаимодействие с читателем программы, варьируя степень детализации информации
- **Масштабируемость**
  Необходимо обеспечить отображение всех аспектов: как информации об отдельных сущностях, так и об архитектуре программы в целом.

Visualization: Two Visions

N.Wirth, J.Gutknecht
Programming-in-the small
Programming-in-the-large

Visualization-in-the small
Visualization-in-the-large

Visualization: Which Program Aspects to Represent 1

- **Общая структура текста программы**
  Форматирование, синтаксическая расцветка, схлопывание-развертывание структурных компонентов, навигация по тексту программы
- **Отношения сущностей «объявление-использование»**
  Где объявлена сущность и где и как она используется
- **Семантическая расцветка**
  Визуальное отображение различных категорий сущностей: переменные, функции, типы/классы
- **Информация об атрибутах сущности**
  Типы и спецификации переменных, структура составных типов, характеристики функций/методов
- **Скрытая семантика конструкций**
  Отображение смысла программной конструкции, не выраженное явно в ее текстовом представлении.

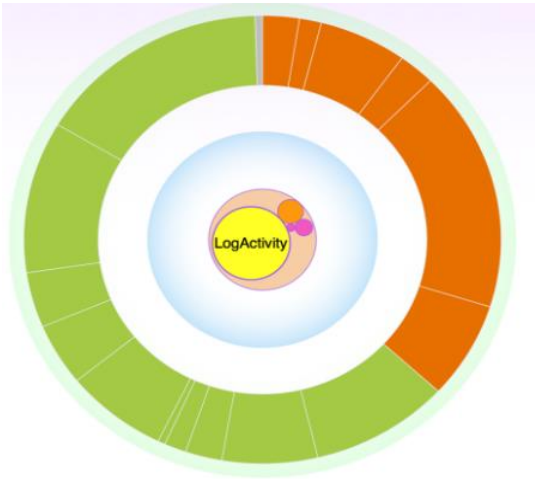
Visualization-in-the-small

Visualization: Which Program Aspects to Represent 2

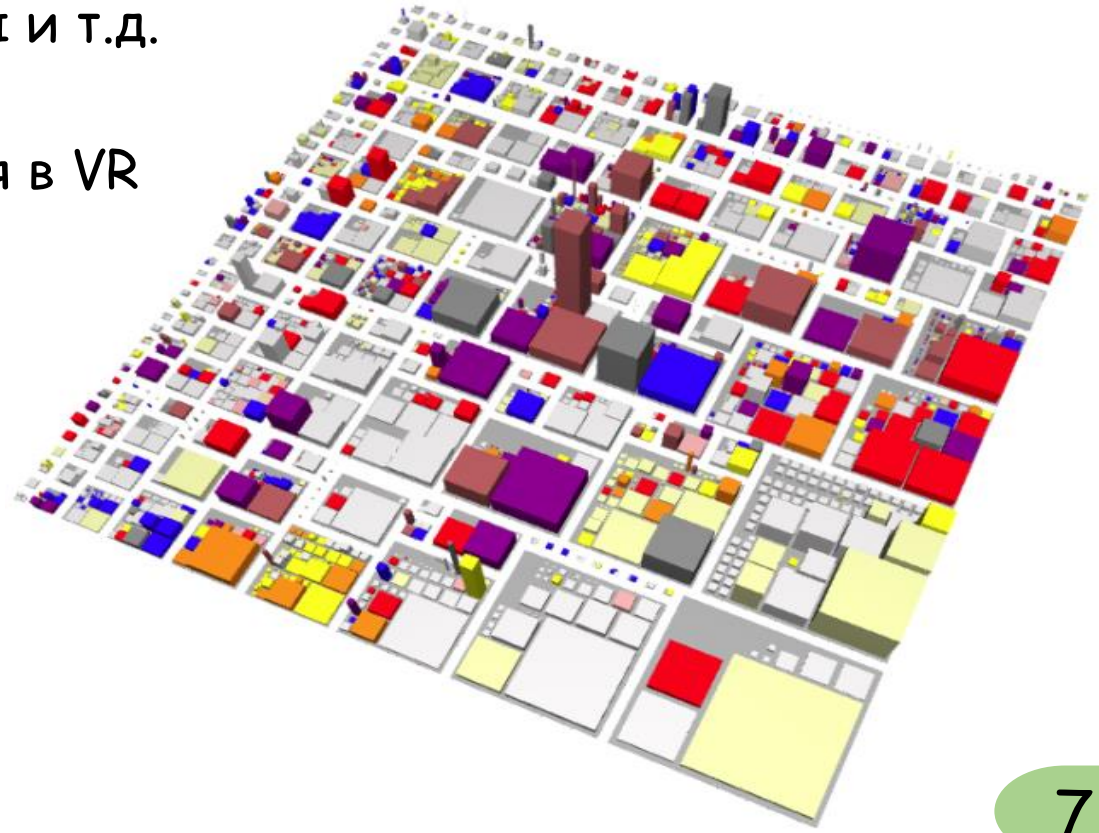
- **Информация о межмодульных и межкомпонентных связях**
  Характер зависимостей: динамическое/статическое импортирование, текстовое включение; отображение сопроцессов и concurrency
- **Информация об иерархии наследования (для ООП/классов)**
  Общая схема и характер наследования: единичное/множественное, обычное/виртуальное
- **Информация о природе программных компонентов**
  Класс, пакет, модуль, пространство имен, единица компиляции, …
- **Информация об общих характеристиках программных компонентов**
  Размер, структурные характеристики, метрики внутренней сложности, характер использования (интерфейс)

Visualization-in-the-large

Visualization: Existing Approaches

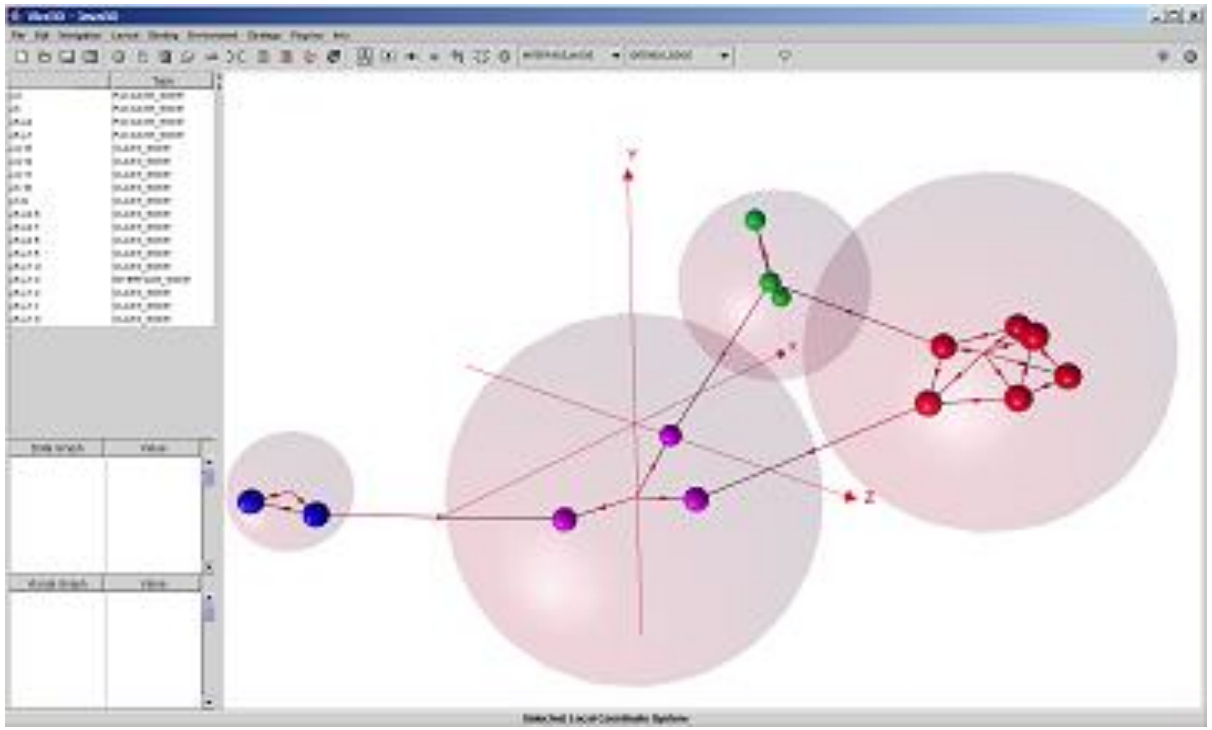


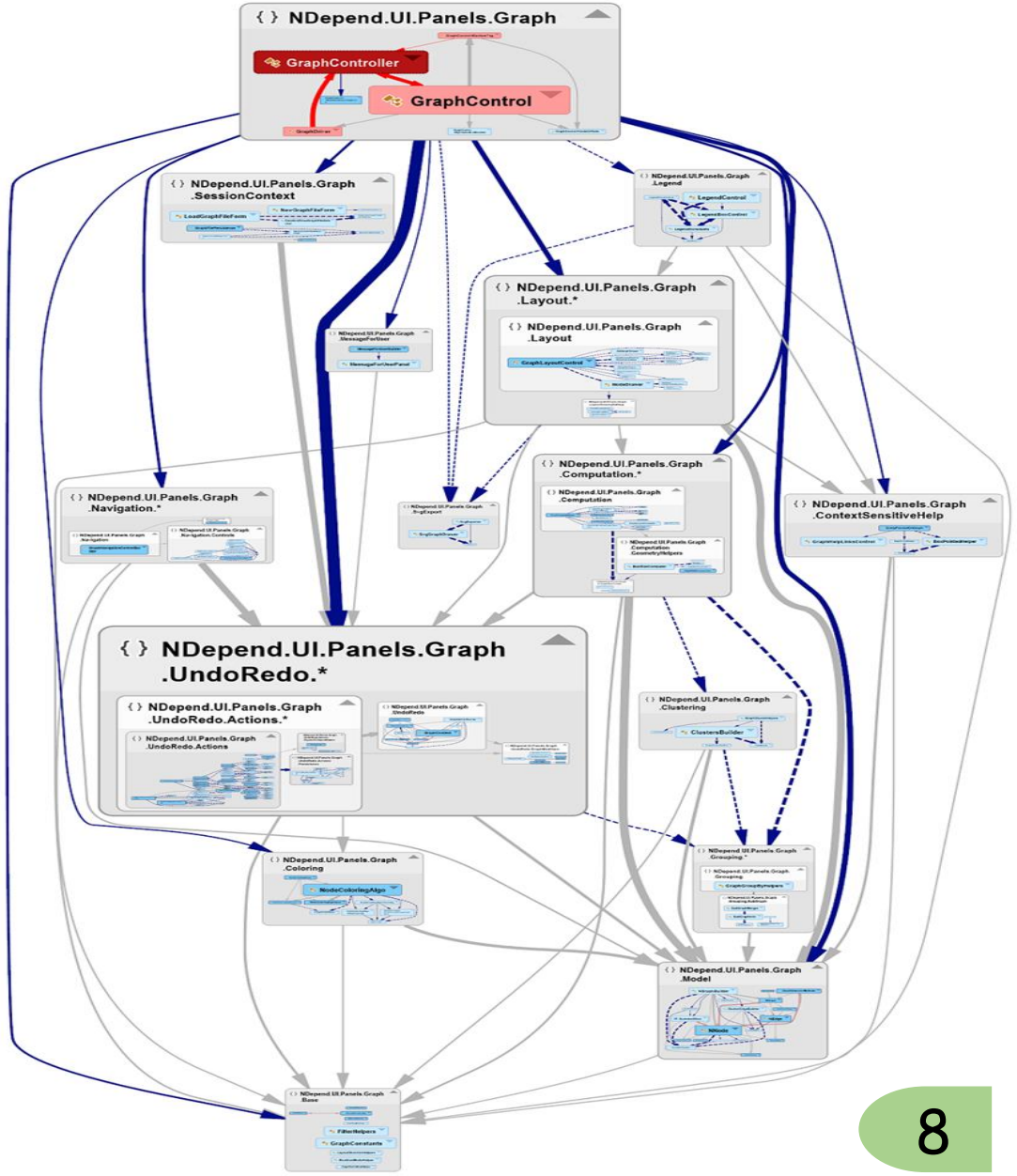
- **Samoa**
  Графическое представление мобильных приложений.
  Относительные показатели размера различных модулей
  и внешних вызовов.
- **Code City**
  Использует "City Metaphor" для представления структуры программы: классы - здания, модули - районы и т.д.
- **EvoStreets**
  Расширение идеи Code City для использования в VR



Visualization: Existing Approaches

- **NDepend**
  Программная система для визуализации кода C# с множеством представлений.
- **Vizz3D**
  Представление структуры в виде трехмерного графа





Visualization: How to Implement (1)

Откуда брать информацию о программе?

- Документация
- Объектный код
- Байт-код/метаданные
- **Исходный код**

==> Единственный источник информации – **исходный код программы**.

Во всех остальных источниках много информации потеряно.

Как получить информацию?

- Анализировать непосредственно текст программы.
- Воспользоваться **результатом анализа, производимого компиляторами**.

Visualization: How to Implement (2)

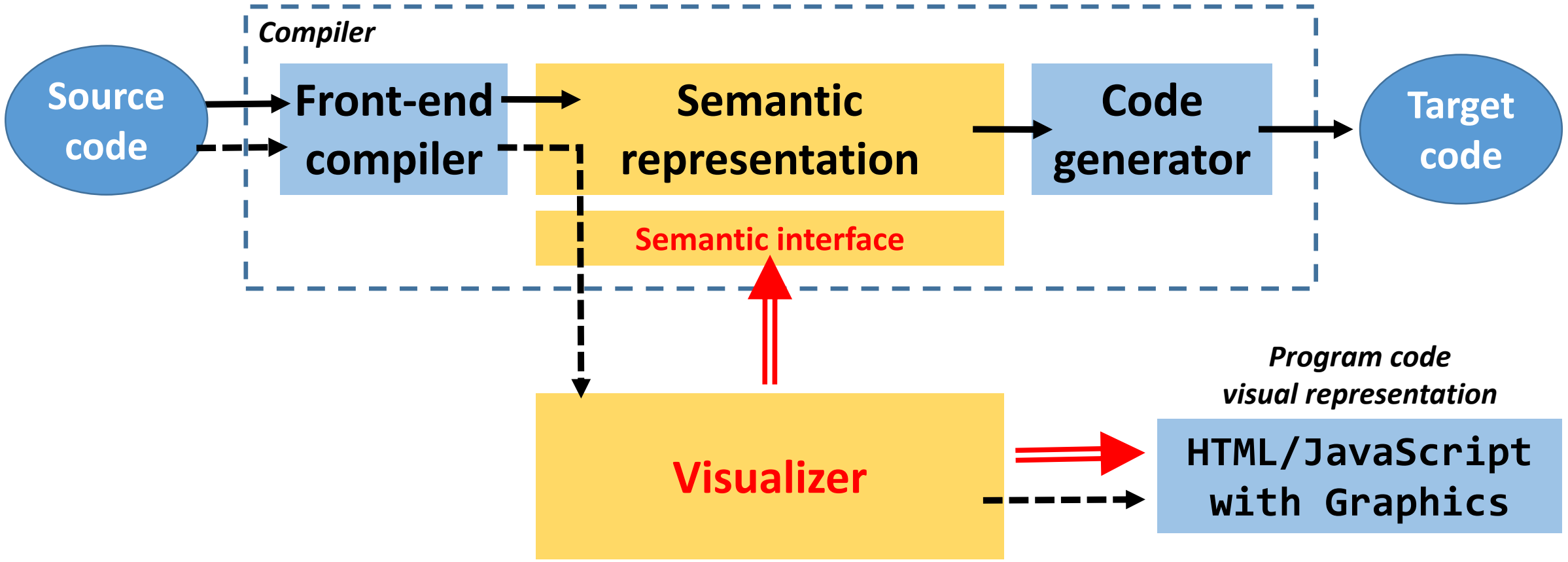
В каком виде отображать информацию?

- Общий ответ:
  В любом формате, который допускает реализацию требований полноты, отчуждаемости, мобильности, интерактивности, масштабируемости, см. слайд 3.

- Потенциальные кандидаты:
  HTML/CSS/JavaScript
  PDF
  RTF
  LaTex
  …

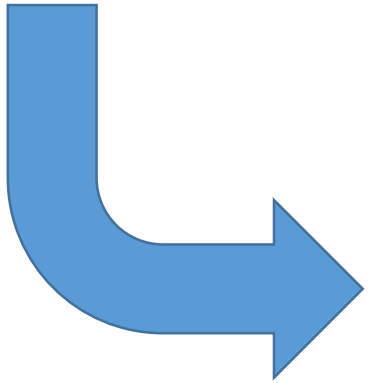
HTML
- Доступен на любой платформе
- Стандартный формат
- Поддержка навигации и других необходимых функций
- Поддержка графики
- Интерактивность

Visualization: The Implementation Scheme



Hidden Semantics: C++ Example 1

```
class C {
  public:
    int a, b;
    ...
};
```



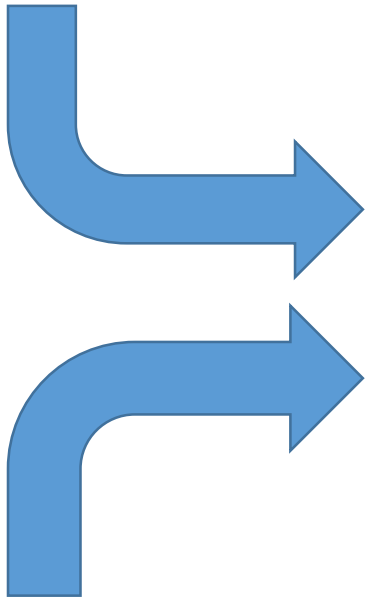
Automatically generated:

- Default constructor
- Copy constructor
- Move constructor
- Copy assignment operator
- Destructor
- …

```
class C {
  public:
    C() { a = 0; b = 0; }
    C(const C& c) { a = c.a; b = c.b; }
     ...
    int a, b;
    ...
};
```

Hidden Semantics: C++ Example 2

Constructor call



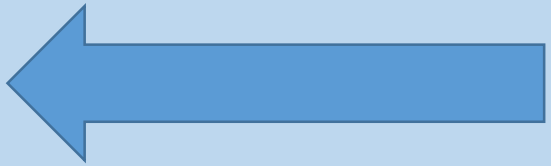
```
class C {
    ...
};
void f(int s)
{
    C c(s);  // Local object
    ...;
}
```

```
c.C::~C();
```

Destructor call

Hidden Semantics: C++ Example 3

```
class C {
    int m;
public:
    operator bool() { return m>0; }
    ...
};
...
void f(C& c)
{
    if ( c ) {
        ...
    }
}
```



```
if ( c.operator bool() )
```

Hidden Semantics: C++ Example 4

```
class C { ... };

void f()
{
    C c1;               // Default ctor
    C c2 = C(1);        // Two constructors
    C c3 = c1 + c2;     // Operator func + ctor

    int x = ...;
    double y = ...;
    int z = x + y;      // Two std conversions
}
```

Visualization-in-the small

The First Approach: The Go Language

snake_p2p

- cmd
- core
  - errors.go
  - game_events.go
- engine
  - console
    - game.go
    - gui.go
- protocol
- README.md
- discovery.go
- node.go

engine\console\game.go

```
17          "github.com/rs/zerolog/log"
18          //"github.com/sanit
19  )
20
21  type Snake struct {
22          Alive bool
23          Body  []core.Coord
24          Head  core.Coord
25          Style tcell.Style
26  }
27
28  type GameUI struct {
29          gi          *game.GameInstance
30          Snakes      map[peer.ID]*Snake
31          Food        map[int]core.Coord
32          bound       Boundary
33          moveNum     int
34          AliveSnakes int
35          foodLastID  int
36          Over        bool
37          Successful  bool
38          WinnerID    peer.ID
39          r           *rand.Rand
40  }
41
42  // add food every N moves
43  const N = 5
44
45  func NewGame(gi *game.GameInstance) *GameUI {
46          return &GameUI{
47                  gi:         gi,
48                  Food:       make(map[int]core.Coord),
49                  Snakes:     make(map[peer.ID]*Snake),
```

```
struct {
        done chan struct{}
        finishedCh c
        streams map[
        selfID ID
        Seed int64
        recv chan in
        moves chan playerMove
        mu Mutex
}
```

```
struct {
        ID ID
        Dir Direction
}
```

Visualization-in-the-small

The First Approach: The Go Language

snake_p2p

- cmd
- core
  - errors.go
  - game_events.go
- engine
  - console
    - game.go
    - gui.go
- protocol
- README.md
- discovery.go
- node.go

engine\console\gui.go

```
11          "os"
12          "strconv"
13          "time"
14  )
15
16  type GatherUI struct {
17          h *snake.Node
18          app *tview.Application
19          flex *tview.Flex
20          myGatherPoint *tview.TextView
21          gameList *tview.Table
22          createBtn *tview.Button
23          newGame *tview.InputField
24          maxPlayers int
25          gatherPoints map[string]*gather.Gather
26  }
27
28  func addRow(table *tview.Table, msg *gather.GatherPointMessage, row int, color tcell.Color) {
29          ID := msg.ConnectTo.ID.Pretty()
30          tableCell := tview.NewTableCell(ID).
31                  SetTextColor(color).
32                  SetAlign(tview.AlignCenter).
33                  SetExpansion(1)
34          table.SetCell(row, 0, tableCell)
```

```
struct {
        ID ID
        Addrs []Multiaddr
}
```

```
struct {
        ConnectTo AddrInfo
        TTL Duration
        DesiredPlayerCount uint
        CurrentPlayerCount uint
}
```

Visualization-in-the-small

Declaration of GatherPointMessage

protocol\gather\messages.go

```
18  type GatherPointMessage struct {
```

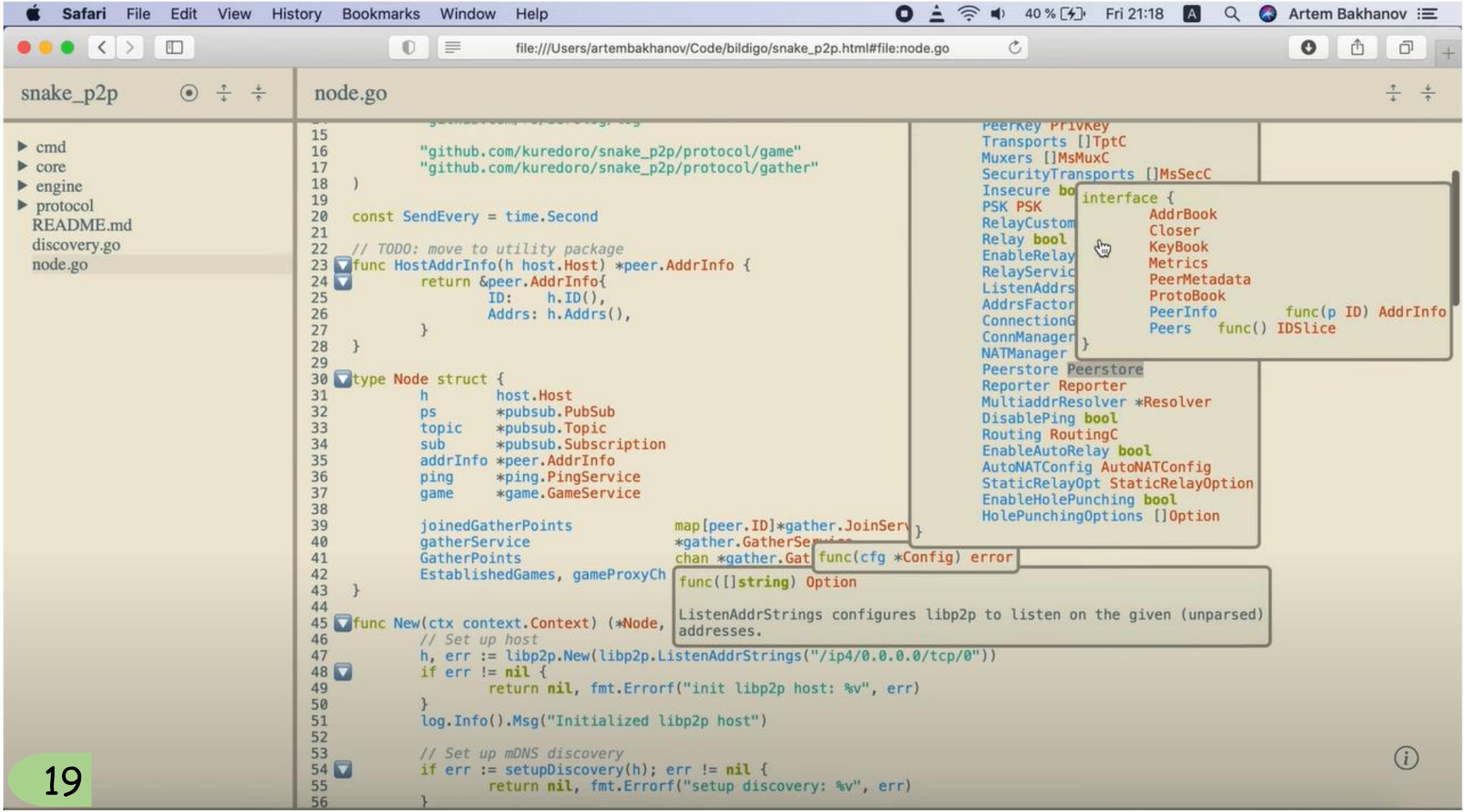
Usages of GatherPointMessage

engine\console\gui.go

```
25  gatherPoints map[string]*gather.GatherPointMessage
28  func addRow(table *tview.Table, msg *gather.GatherPointMessage, row int, color tcell.Color) {
52  g.gatherPoints = make(map[string]*gather.GatherPointMessage)
```

cmd\gather_test\main.go

Demo: https://youtu.be/l0lMkok6kHI


Safari File Edit View History Bookmarks Window Help
40 % Fri 21:18 Artem Bakhanov
file:///Users/artembakhanov/Code/bildigo/snake_p2p.html#file:node.go
snake_p2p
node.go
cmd
core
engine
protocol
README.md
discovery.go
node.go
"github.com/kuredoro/snake_p2p/protocol/game"
"github.com/kuredoro/snake_p2p/protocol/gather"
const SendEvery = time.Second
// TODO: move to utility package
func HostAddrInfo(h host.Host) *peer.AddrInfo {
return &peer.AddrInfo{
ID: h.ID(),
Addrs: h.Addrs(),
}
}
type Node struct {
h host.Host
ps *pubsub.PubSub
topic *pubsub.Topic
sub *pubsub.Subscription
addrInfo *peer.AddrInfo
ping *ping.PingService
game *game.GameService
joinedGatherPoints map[peer.ID]*gather.JoinServ
gatherService *gather.GatherSe
GatherPoints chan *gather.Gat
EstablishedGames, gameProxyCh
}
func New(ctx context.Context) (*Node,
// Set up host
h, err := libp2p.New(libp2p.ListenAddrStrings("/ip4/0.0.0.0/tcp/0"))
if err != nil {
return nil, fmt.Errorf("init libp2p host: %v", err)
}
log.Info().Msg("Initialized libp2p host")
// Set up mDNS discovery
if err := setupDiscovery(h); err != nil {
return nil, fmt.Errorf("setup discovery: %v", err)
}
PeerKey PrivKey
Transports []TptC
Muxers []MsMuxC
SecurityTransports []MsSecC
Insecure bo
PSK PSK
RelayCustom
Relay bool
EnableRelay
RelayServic
ListenAddrs
AddrsFactor
ConnectionG
ConnManager
NATManager
Peerstore Peerstore
Reporter Reporter
MultiaddrResolver *Resolver
DisablePing bool
Routing RoutingC
EnableAutoRelay bool
AutoNATConfig AutoNATConfig
StaticRelayOpt StaticRelayOption
EnableHolePunching bool
HolePunchingOptions []Option
}
interface {
AddrBook
Closer
KeyBook
Metrics
PeerMetadata
ProtoBook
PeerInfo func(p ID) AddrInfo
Peers func() IDSlice
}
func(cfg *Config) error
func([]string) Option
ListenAddrStrings configures libp2p to listen on the given (unparsed) addresses.

Visualization-in-the-large

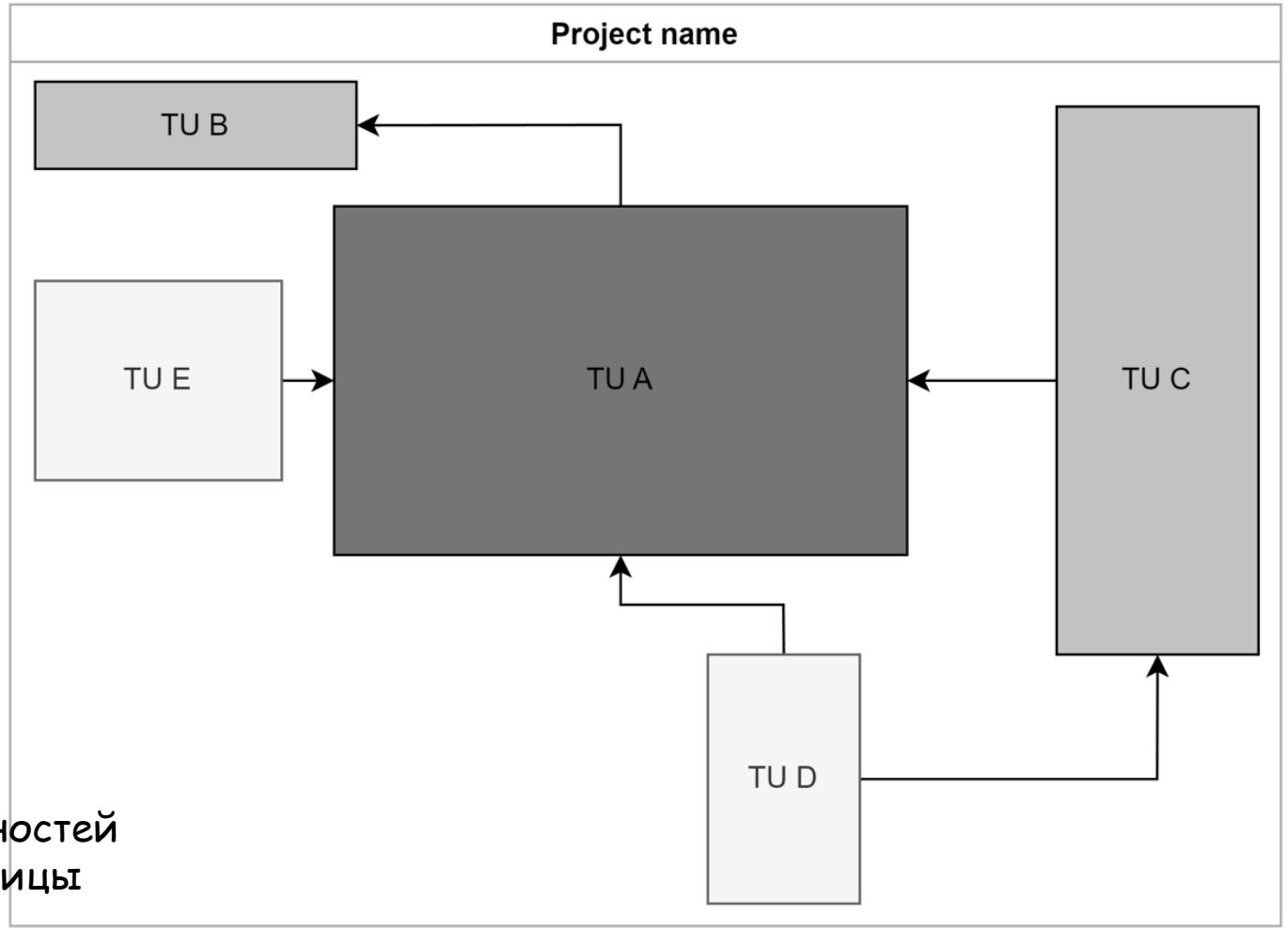
The Second Approach: The C++ Language (1)

Представление системы

Высота: общее количество сущностей в единице трансляции (пространства имен, классы, методы, глобальные переменные)

Ширина: количество строк кода в ЕТ.

Таким образом, можно сразу представить средний размер сущностей внутри ЕТ: вытянутые в ширину содержат некоторое количество "объемных" сущностей (на картинке - TU B), вытянутые в высоту - большое количество мелких сущностей (на картинке - TU C). Чем ближе форма к квадрату, тем более "сбалансированной" является единица трансляции.



Интенсивность цвета: частота использования сущностей (количество обращений к сущностям) данной единицы трансляции в других ЕТ.

Стрелки показывают **отношение использования**. ЕТ, из которой выходит стрелка, использует внутри себя сущности ЕТ, в которую стрелка входит.

Относительное расположение элементов несущественно.

The Second Approach: The C++ Language (2)

Представление **пространства имен**

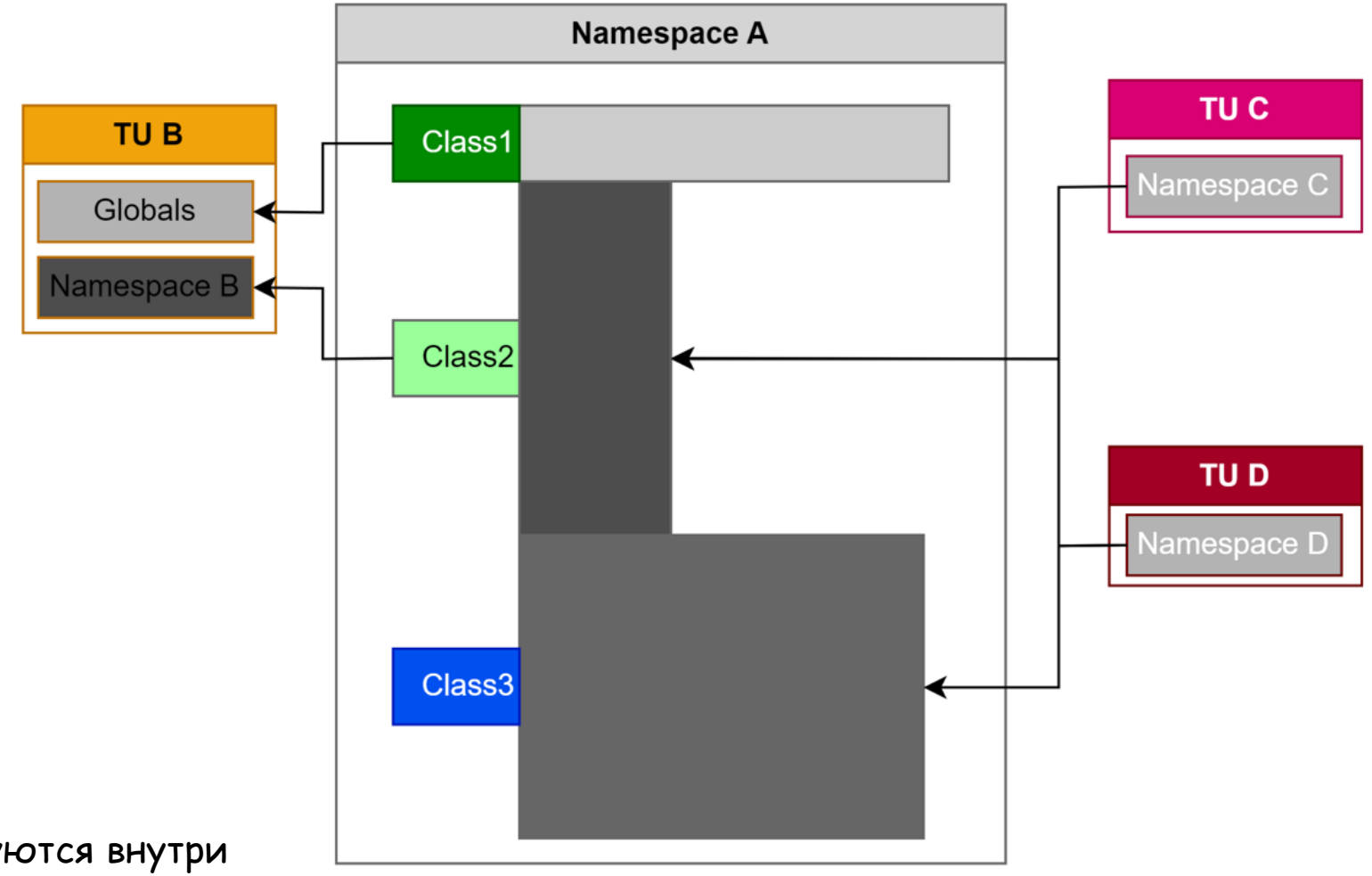
Ширина диаграмм: количество строк кода.

Высота диаграмм: количество методов и переменных внутри класса.

Цвет диаграмм: частота использования класса вне пространства имен.

Цвет имени: «родство» классов. Наследники окрашены градиентами родительских классов (множественное наследование?): Class2 является наследником Class1, Class3 не связан с Class1 или Class2 отношением наследования.

Цвета других ET используются для упрощения группировки и их различения.



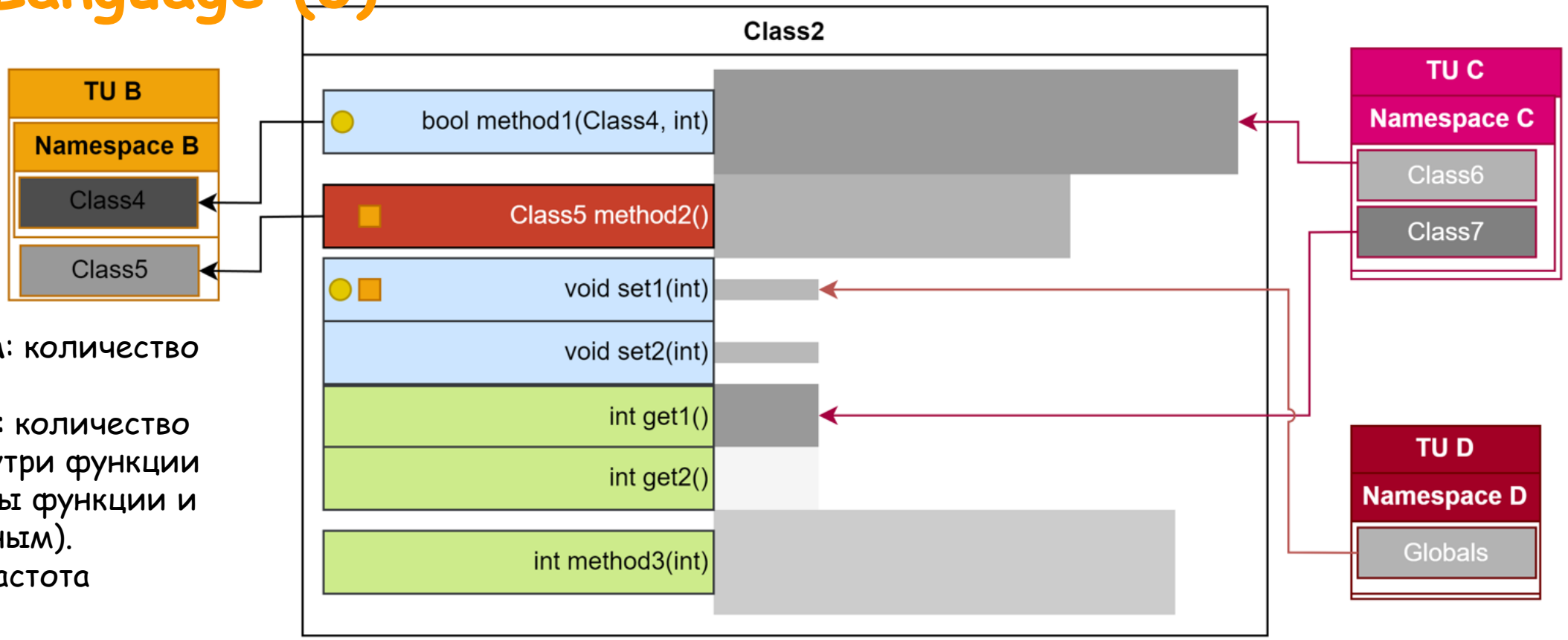
Слева: пространства имен, которые используются внутри сущностей рассматриваемого пространства имен.

Справа: те, которые используют эти сущности.

Стрелки: отношение использования.

The Second Approach: The C++ Language (3)

Представление класса



Ширина диаграмм: количество строк кода.
Высота диаграмм: количество используемых внутри функции обращений (вызовы функции и доступ к переменным).
Цвет диаграмм: частота использования.
Цвет методов: модификаторы доступа (зеленый - public, синий - protected, красный - private).
Дополнительные маркеры:
круг: виртуальный метод
квадрат: метод бросает исключение.

Слева: классы, которые используются (в качестве типов возврата/ аргументов, использование внутри методов и т.д.) внутри классов.
Справа: классы, использующие этот класс.
Стрелки: отношение использования.

The Second Approach: The C++ Language (4)

Цвет метода: модификаторы доступа (зеленый - public, синий - protected, красный - private).

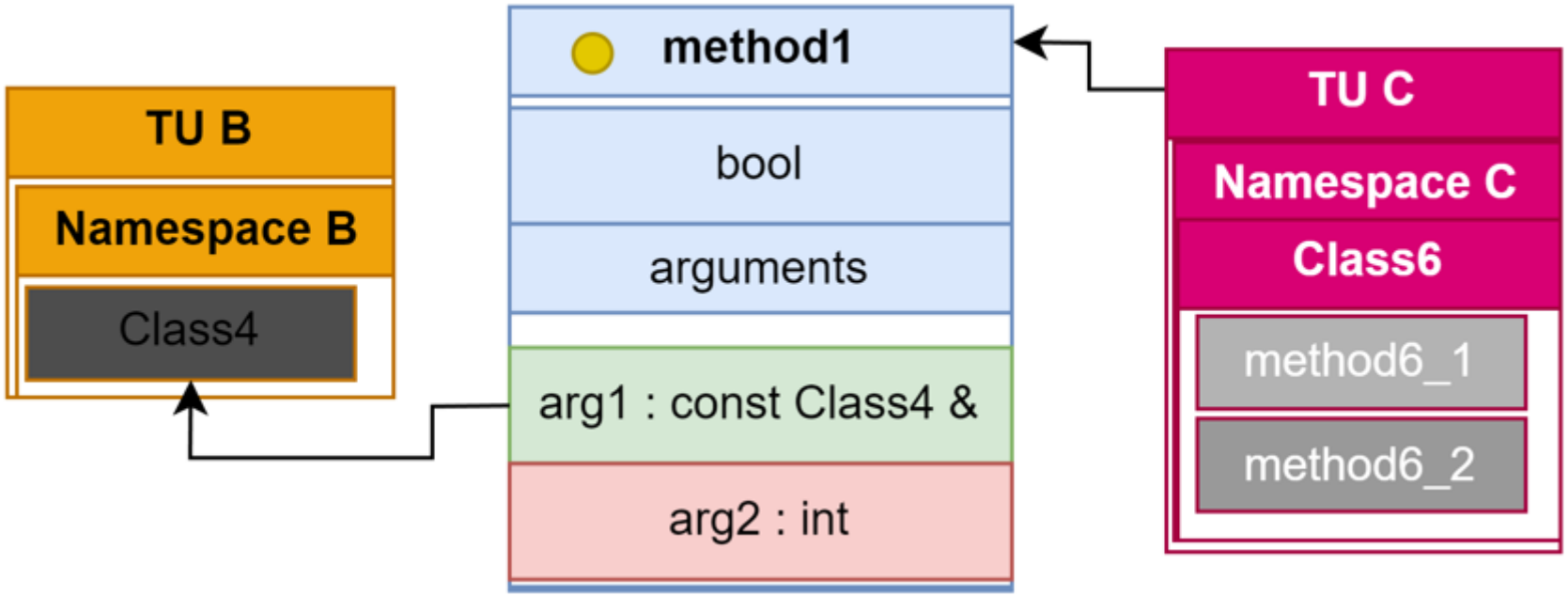
Цвет параметров: способ передачи (зеленый - константная ссылка, красный – копирование etc.)

Слева: классы, которые используются (в качестве возврата/аргументов и т.д.) внутри метода.

Справа: классы и их методы, использующие этот метод.

Стрелки: отношение использования.

Представление метода



Current & Future Research: Four Dimensions

- (Вширь)

  Как наиболее адекватно, наглядно и единообразно представить типичные свойства и конструкции ЯП.

  Разрабатываем прототипные реализации visualization-in-the-small для различных ЯП.

- (Вглубь)

  Как наглядно представить архитектуру программы

  Для некоторых языков (C++) проводится более глубокий анализ форм и способов визуального представления in-the-large.

- (Вбок)

  Как унифицировать принципы генерации визуального представления, сделав единый интерфейс генерации.

- (Вверх)

  Интеграция двух форм представления – «small» и «large»

The Whole Project Configuration

Language	Visualization		Status	Contributors
	In-the-small	In-the-large		
Go	+		Completed	Артем Баханов Михаил Кусков Альфия Муссабекова
Go		Co-programming	In progress	Владимир Гордеев
Swift		Program structure	In progress	Игорь Белов Роман Набиуллин
Dart	+		In progress	Тимур Нугаев
Rust	+		In progress	Лев Лимаренко
C	+		In progress	Антон Доспехов
C++	**+**	**Program architecture**	**In progress**	**Алексей Степанов**
C#	+		In progress	Владимир Калабухов

Заключение

- **Основная задача проекта**
  Выявить семантику программы: как ее компонентов, так и архитектуры системы в целом и представить ее в форме, удобной для анализа
- **Важнейшие требования**
  Полнота, отчуждаемость, мобильность, интерактивность, масштабируемость
- **Основной принцип реализации**
  Использовать результаты семантического анализа программ, выполняемых современными компиляторами
- **Существенный недостаток проекта**
  Отсутствие требования модифицируемости визуального представления

Contacts

Евгений Зуев

Telegram: @zouev
Email: e.zuev@Innopolis.ru

Алексей Степанов

Telegram: @K4rss
Email: a.stepanov@innopolis.ru

Thank you!