Обнаружение вредоносного кода в зашифрованном с помощью TLS трафике (без дешифровки)

Руслан Иванов

Системный инженер-консультант

ruivanov@cisco.com

О чём этот доклад?

В докладе рассматривается работа группы исследователей компании Cisco, доказывающая применимость традиционных методов статистического и поведенческого анализа для обнаружения и атрибуции вредоносного ПО, использующего TLS в качестве метода шифрования каналов взаимодействия, без дешифровки или компрометации TLS-сессии.

Исследователи

Blake Anderson – Technical Leader

PhD in Computer Science (Machine Learning)

Работает в Cisco с 2015 года

David McGrew – Cisco Fellow

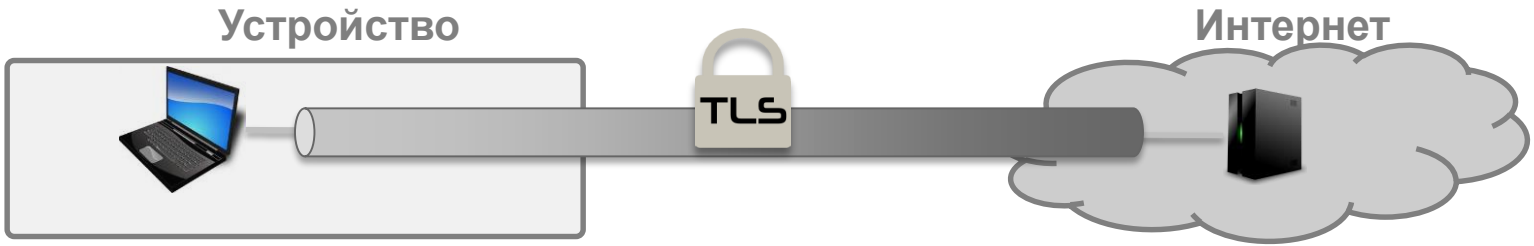
PhD in Physics (Chaos Theory)

Работает в Cisco в с 1998 года

Содержание

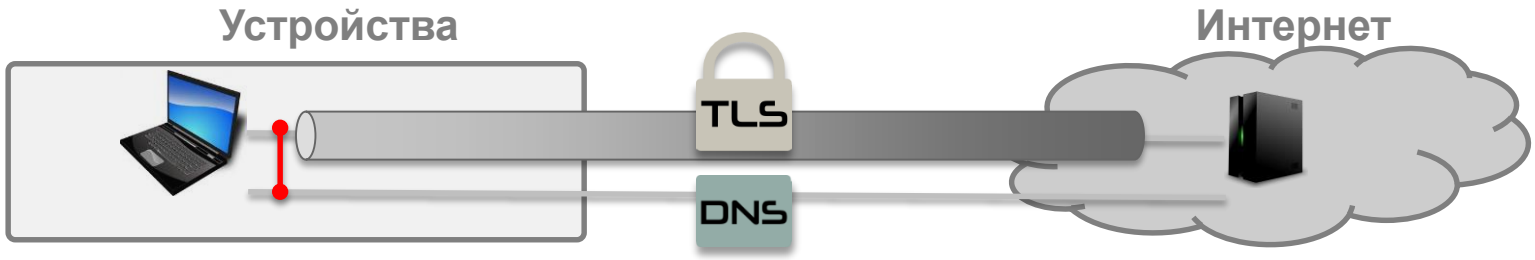
- Введение
- Набор данных
- Дерево принятия решений на основе правил
- Машинное обучение
- Достигнутые результаты
- Выводы

Проблема: зловредный код активно использует TLS-шифрование



- Шифрование с помощью TLS активно используется (само по себе это не плохо!)
- Решения, основанные на анализе строк, становятся менее эффективными
- Проблемы внедрения расшифровки (MITM) для анализа:
  - Приватность; юридические проблемы; внедрение; стоимость; отсутствие у клиентов желания сотрудничать

Наш подход: использовать все доступные данные



Netflow данные: SrcIP, DstIP, SrcPort, DstPort, Proto, #Bytes, #Packets

Intraflow данные: размеры пакетов & временные параметры, распределение байтов, …

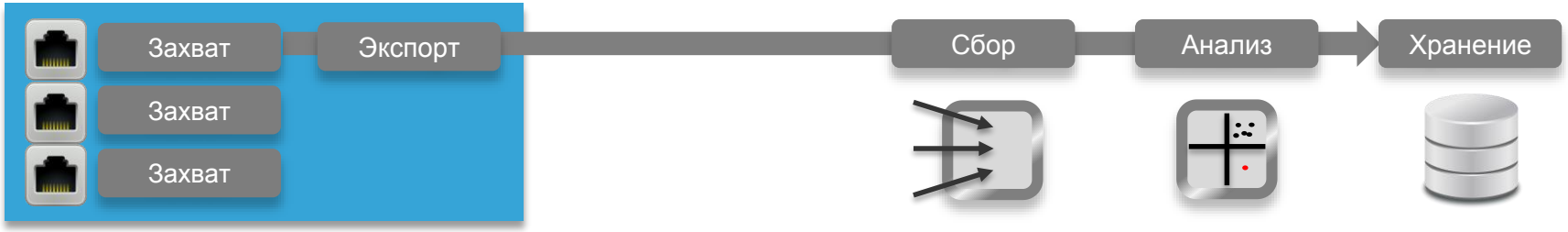
TLS метаданные: расширения, наборы шифров, SNI, поля сертификатов, …

DNS данные: имена, типы запросов, временные параметры запросов

HTTP данные: заголовки и сопутствующие поля, в том числе других http-запросов с этого же хоста

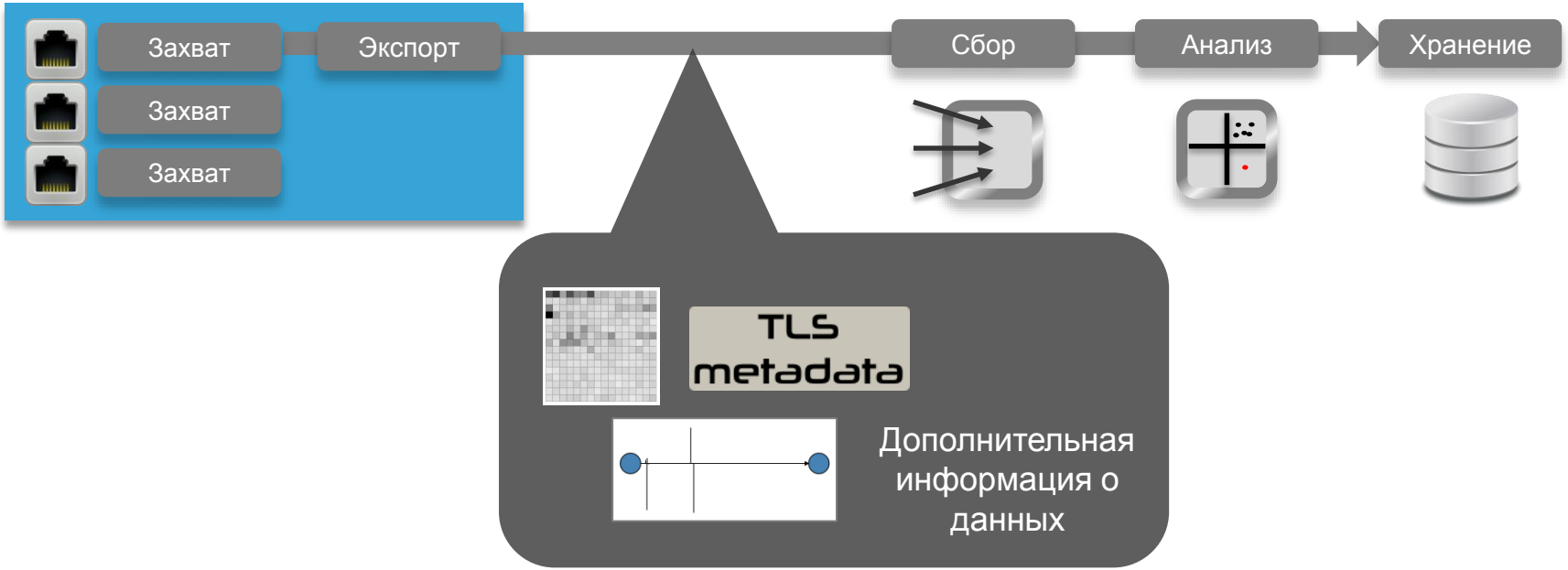
Традиционный анализ сетевых потоков

srcIP, dstIP, srcPort, dstPort, prot, startTime, stopTime, numBytes, numPackets



Сбор расширенной телеметрии

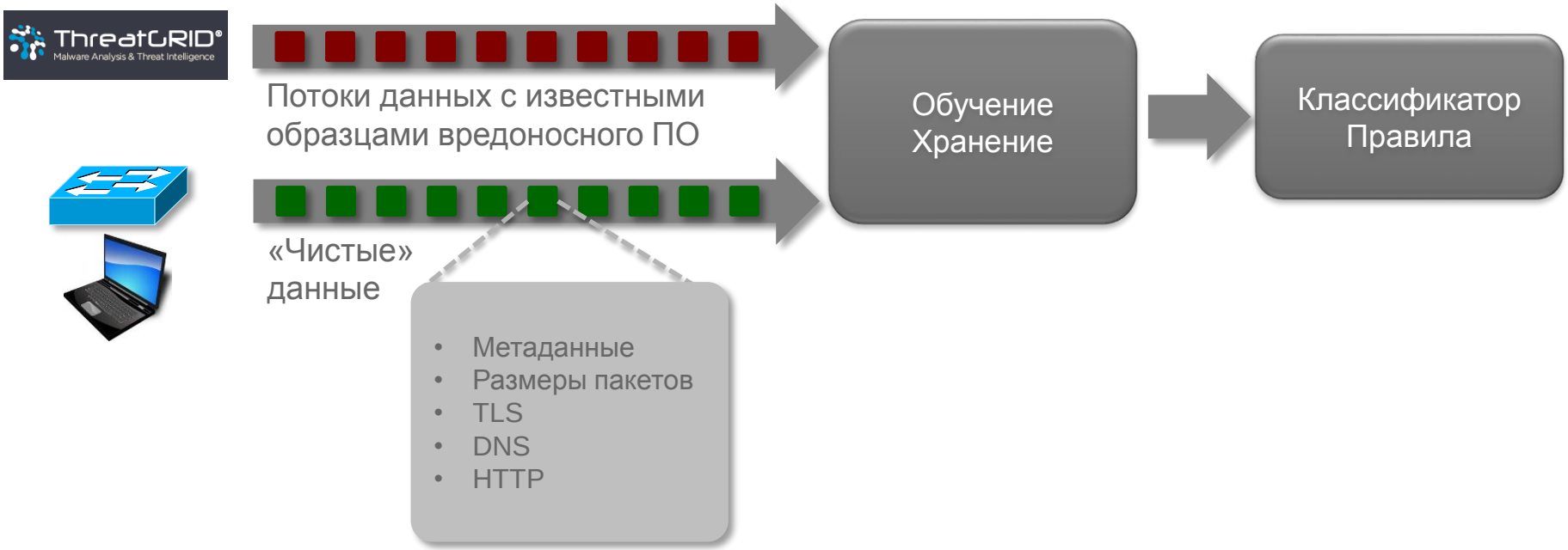
srcIP, dstIP, srcPort, dstPort, prot, startTime, stopTime, numBytes, numPackets



Обзор решения

Набор данных

Набор данных, использованный в исследовании



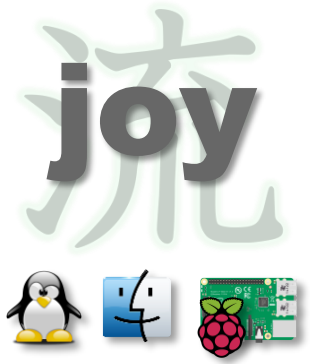
Потоки данных с известными образцами ВПО

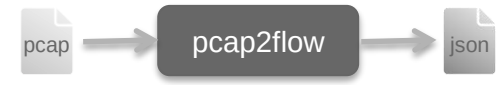
- Записи сетевого обмена из системы динамического анализа Cisco ThreatGRID (в формате pcap):
  - 5-ти минутные сессии анализа;
  - Образцы с Threat Score = 100/100;
- Миллионы pcap-файлов:
  - ~5,000-15,000 новых каждый день;
  - Сотни миллионов потоков

«Чистые» данные

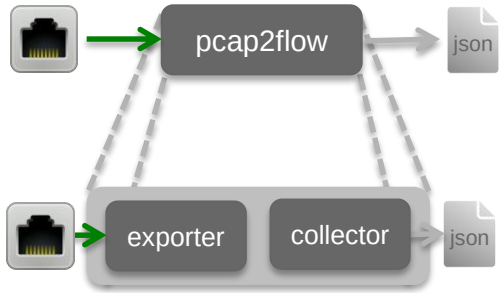
- Демилитаризованная зона сети крупной компании:
  - ~10-15 миллионов потоков в день;
  - ~500 пользователей
- IP-адреса анонимизированы.

Как сделать анализ потоков масштабируемым?





Offline



Online

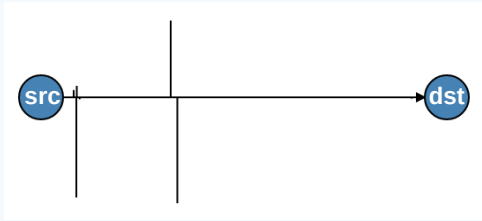
https://github.com/cisco/joy

Bill Hudson

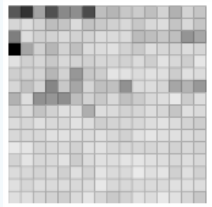
Philip Perricone

Типы данных, использованные из расширенной телеметрии

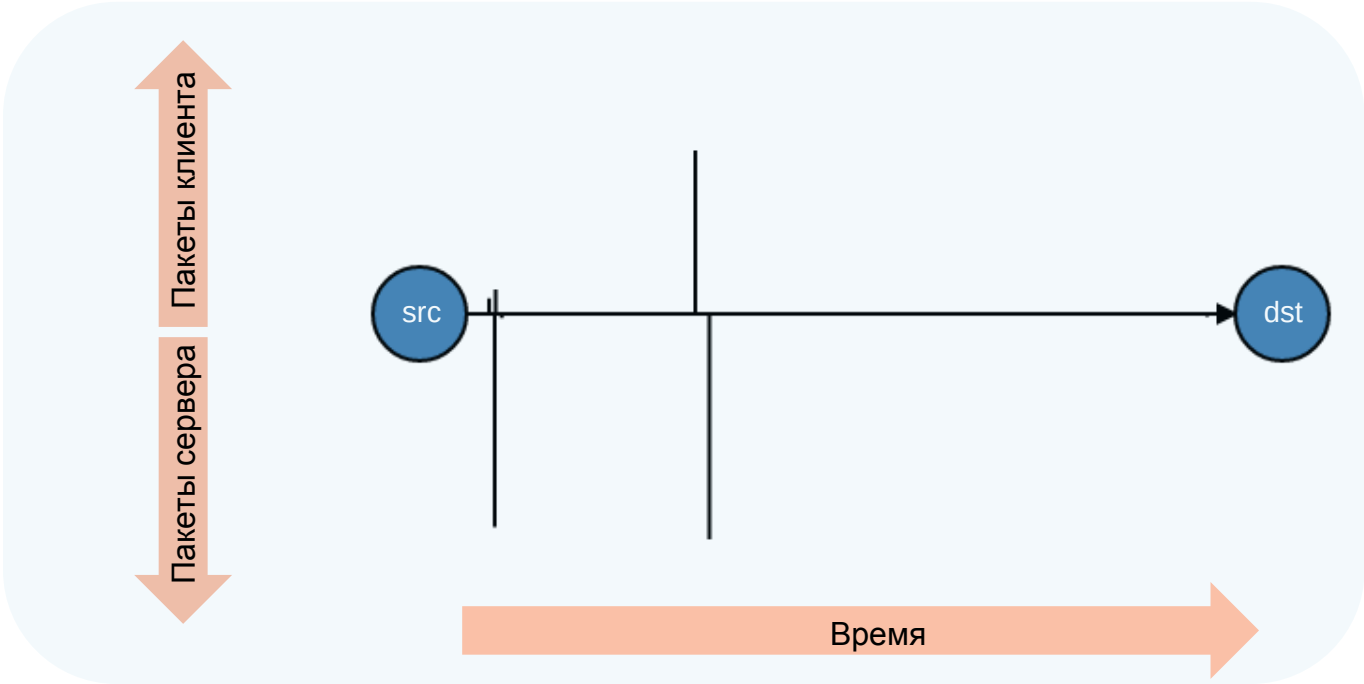
- **SPLT** – Sequence of Packet Lengths and Arrival Times, или распределение пакетов и их последовательностей с учётом временных интервалов



- **BD** - Byte Distribution или побайтное распределение
- **BE** - Byte Entropy или побайтная энтропия



SPLT - распределение пакетов и их последовательностей с учётом временных интервалов



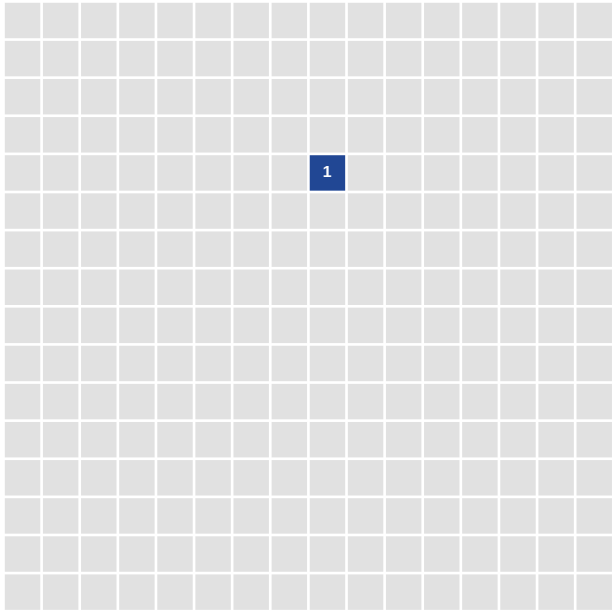
BD - побайтное распределение

```
H  T  T  P  /  1  .  1     2  0  0     O  K
```

```
48 54 54 50 2f 31 2e 31 20 32 30 30 20 4f 4b
```

BD - побайтное распределение

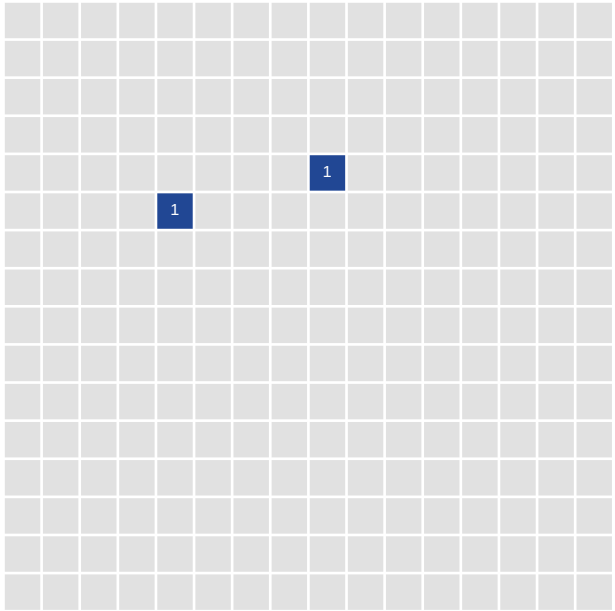
H	T	T	P	/	1	.	1		2	0	0		O	K
48	54	54	50	2f	31	2e	31	20	32	30	30	20	4f	4b



BD - побайтное распределение

```
H  T  T  P  /  1  .  1     2  0  0     O  K
```

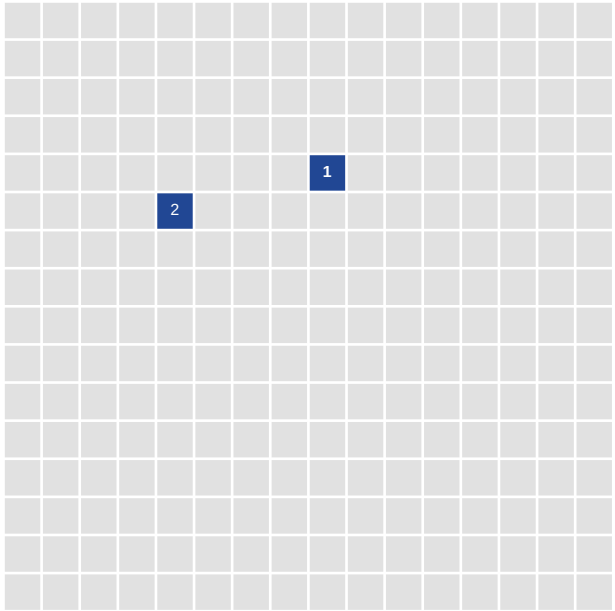
```
48 54 54 50 2f 31 2e 31 20 32 30 30 20 4f 4b
```



BD - побайтное распределение

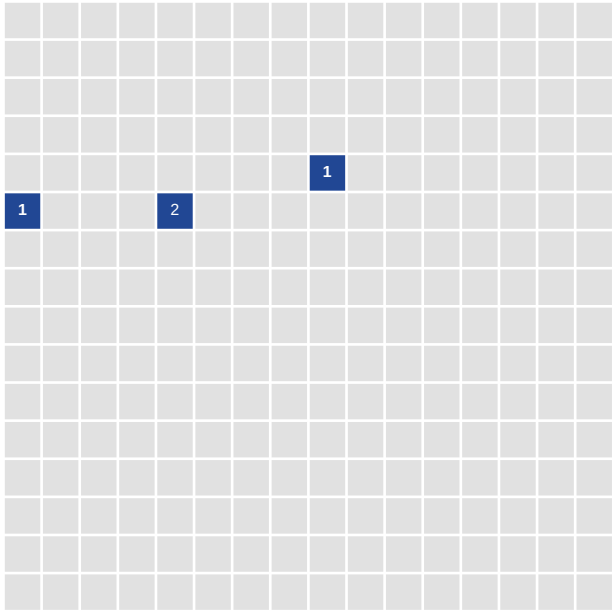
```
H  T  T  P  /  1  .  1     2  0  0     O  K
```

```
48 54 54 50 2f 31 2e 31 20 32 30 30 20 4f 4b
```

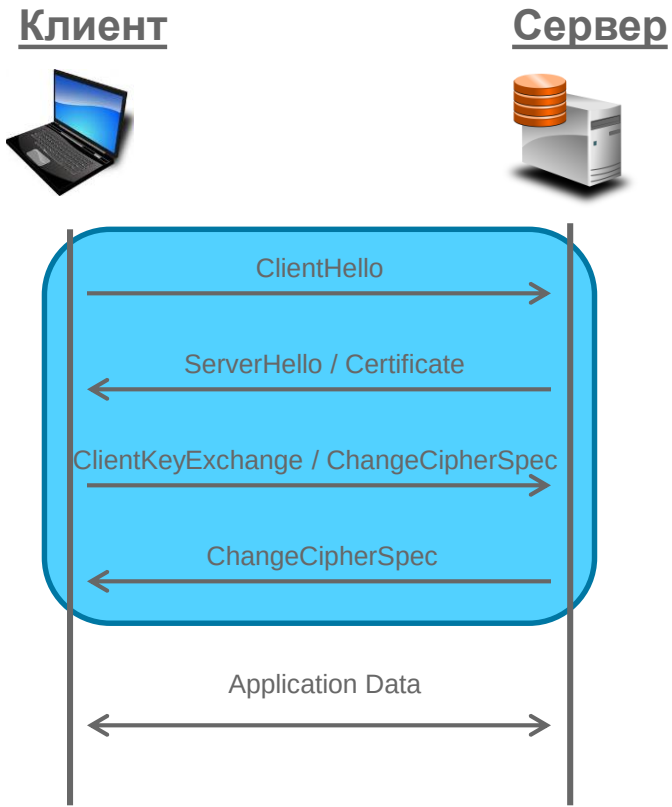


BD - побайтное распределение

H	T	T	P	/	1	.	1		2	0	0		O	K
48	54	54	50	2f	31	2e	31	20	32	30	30	20	4f	4b



Установка TLS-соединения



TLS-клиенты

- Наиболее популярные TLS-клиенты:
  - IE 8/11*, Tor, Opera

- Большой разброс в количестве и типе предлагаемых наборов шифров
  - Некоторое ВПО всегда использует один набор, некоторое – сотни вариантов наборов

- 2048-bit DHE_RSA наиболее распространённый размер и алгоритм для публичного ключа

TLS-серверы

- Наиболее распространённые серверы (по информации из сертификатов):
  - Кошельки крипто-валюты Bitcoin (block.io);
  - Файлообменные сервисы (dropbox.com);
  - Рекламные платформы (criteo.com);
  - Поисковые движки (google.com, baidu.com);
  - Поля Subject в сертификатах очень часто используют имена, похожие на имена, полученные с использованием алгоритмов генерации доменных имён (DGA);
- 0.7% (по сравнению с 0.09% в корпоративной сети) используют самоподписанные сертификаты;
- TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA наиболее часто выбираемый шифр-набор;
- Набор всех этих функций очень сильно зависит от принадлежности к тому или иному семейству вредоносного ПО

HTTP-заголовки

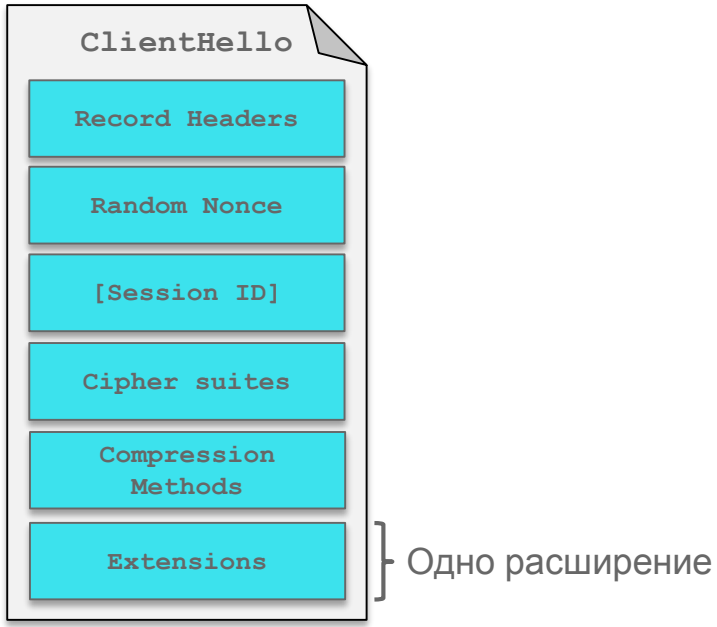
- Различное использование Заглавных и прописных БУКВ (иногда с опечатками):
  - User-Agent vs user-agent vs User-agent vs USER-AGENT vs User-AgEnt
- Сохранение порядка следования заголовков;
- Наличие или отсутствие HTTP-заголовков, несущих информацию об окружении:
  - via, x-imforwards
- Распространённые значения User-Agent:
  - Opera/9.50(WindowsNT6.0;U;en)
  - Mozilla/5.0(Windows;U;WindowsNT5.1;en-US;rv:1.9.2.3)Gecko/20100401Firefox/3.6.1(.NETCLR3.5.30731)
  - Mozilla/5.0(WindowsNT6.3;WOW64;Trident/7.0;Touch;rv:11.0)likeGecko

Информация о DNS-запросах

- Наиболее распространённые значения TTL:
  - 100 > 300 > 60 > 3600
- Количество IP в запросе:
  - 1 > 4 > 11 > 2 > 6
- Наиболее часто встречающиеся доменные суффиксы:
  - com > net > pl > eu > org
- ~95% доменов отсутствует в списке Alexa top-1,000,000

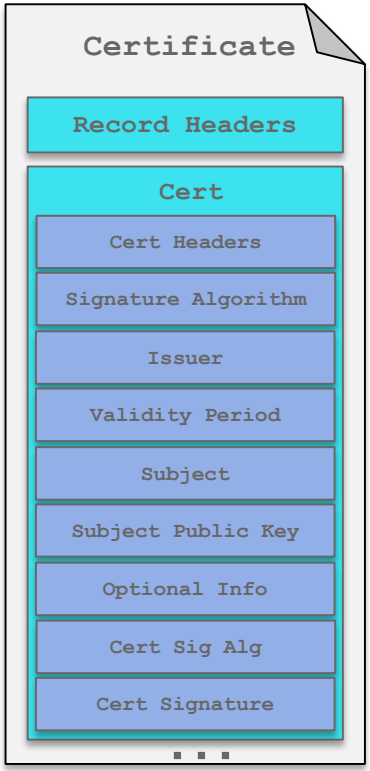
Дерево принятия решений на основе правил

Указание имени сервера - Server Name Indication



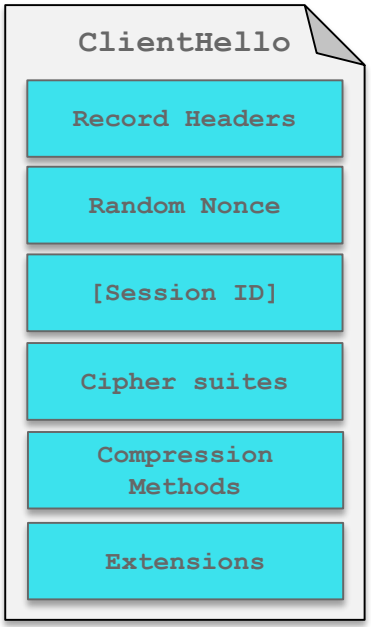
- Extension type: server_name (0x0000)
- Клиент явно запрашивает определённое имя хоста у сервера, с которым устанавливает соединение

Информация из полей сертификата



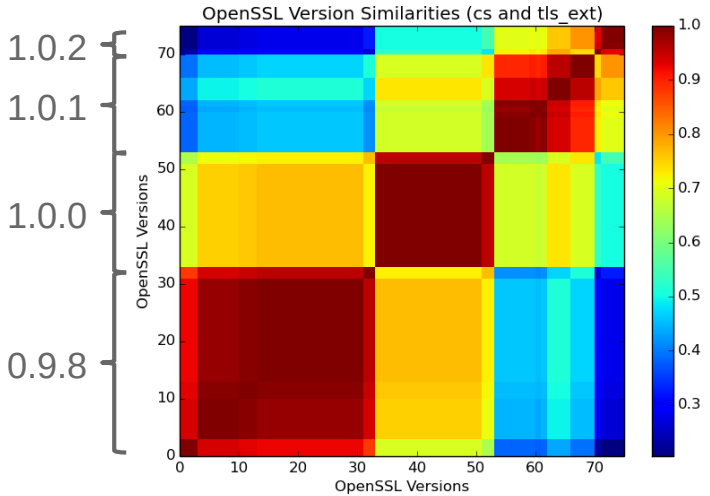
- Проверка на самоподписанный сертификат:
  - Issuer == Subject
- Проверка сертификатов на валидность (время жизни уже закончилось или ещё не началось);
- Проверка расхождений в поле SubjectAltName (опциональные расширения и имя сервера в server_name расширении)

«Отпечатки пальцев» TLS-клиентов



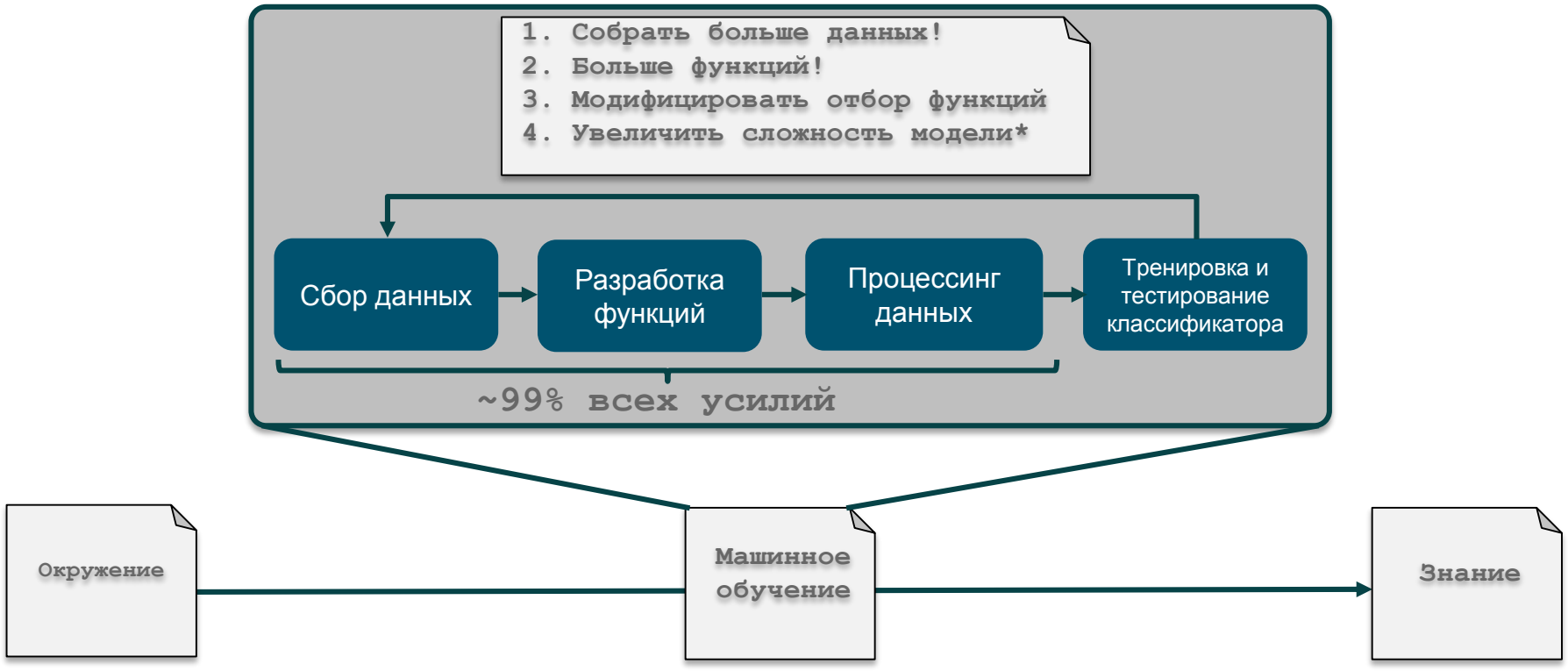
Используется для снятия отпечатков

OpenSSL Versions



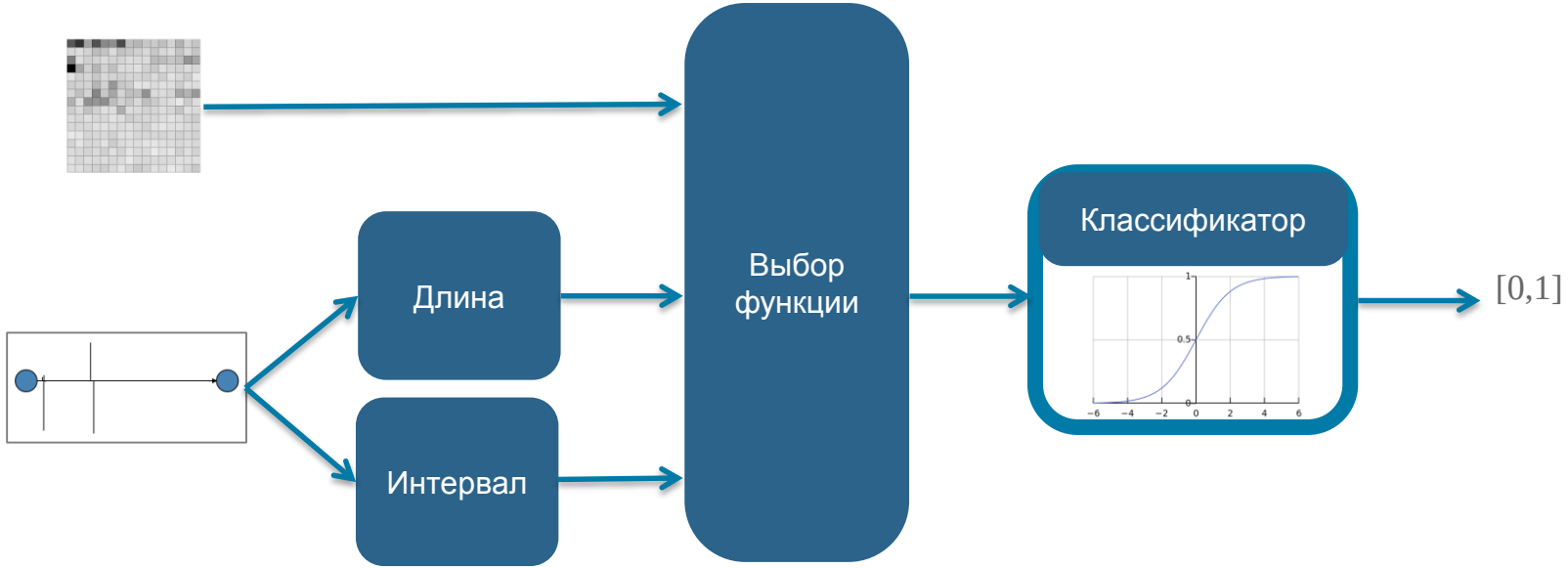
Машинное обучение

Управляемое данными обучение



* Если больше ничего не помогает

Модель обучение для SPLT и BD



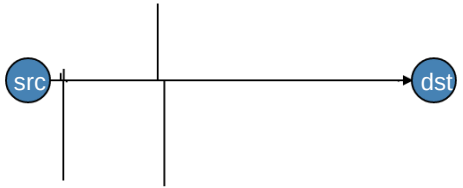
Достигнутые результаты

Тестовый набор данных

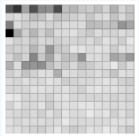
- Вредоносный код
  - Записи сетевого обмена (pcap) с августа 2015 по май 2016 из Cisco ThreatGRID;
  - Трафик TLS (443), больше 100 байт на вход и выход;
  - 225,740 потоков; сетевая телеметрия обогащалась информацией о TLS-extensions, шифр-наборах, и размерах публичных ключей;
- «Хороший трафик»
  - Трафик взят из DMZ крупной компании
  - Трафик TLS (443), больше 100 байт на вход и выход;
  - 225,000 потоков; сетевая телеметрия обогащалась информацией о TLS-extensions, шифр-наборах, и размерах публичных ключей;
- 10-кратная перекрёстная проверка данных

Междупоточные характеристики

- Длины пакетов и временные интервалы моделировались с использованием цепей Маркова



- Учитывалась вероятность найти определённые значения байтов



- Использовался бинарный вектор из предложенных наборов шифров, расширений, и размеров публичных ключей

Результаты классификации по семействам ВПО

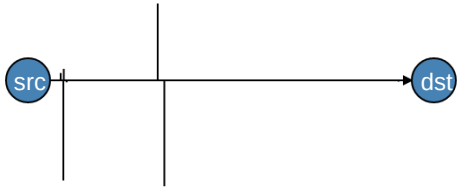
Malware Family	Meta+SPLT+BD	Meta+SPLT+BD+TLS
Bergat*	100.0%	100.0%
Sality*	95.0%	97.7%
Dridex	16.5%	78.5%
Skeeyah	95.9%	98.6%
Virlock	100.0%	100.0%

Тестовый набор данных №2

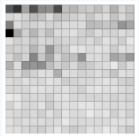
- Вредоносный код
  - Записи сетевого обмена (pcap) с августа 2015 по май 2016 из Cisco ThreatGRID;
  - Трафик TLS (443), больше 100 байт на вход и выход;
  - 13,542 потоков со всеми доступными данными (~63.2% зловредных TLS-потоков);
- «Хороший трафик»
  - Трафик взят из DMZ крупной компании;
  - Трафик TLS (443), больше 100 байт на вход и выход;
  - 42,927 потоков (~3.8% от общего числа «чистых» TLS-потоков);
- 10-кратная перекрёстная проверка данных.

Междупоточные характеристики

- Длины пакетов и временные интервалы моделировались с использованием цепей Маркова



- Учитывалась вероятность найти определённые значения байтов

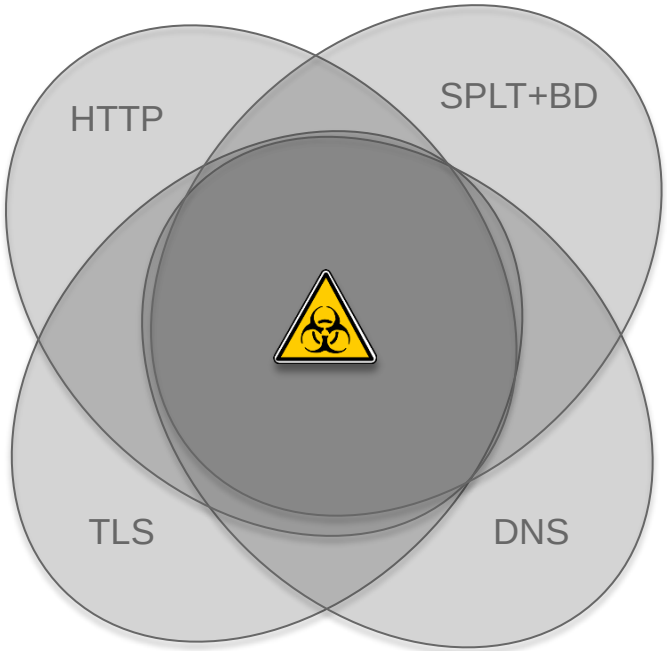


- Использовался бинарный вектор из предложенных наборов шифров, расширений, и размеров публичных ключей

Добавлена контекстная информация

- DNS
  - Alexa Lists
  - Lengths of DN and FQDN
  - Suffix
  - TTL
  - % Numerical Characters
  - % Non-alphanumeric Chars
- HTTP
  - Outbound/inbound header fields
  - Content-Type
  - User-Agent
  - Accept-Language
  - Server
  - code

Обнаружение зашифрованного ВПО



	Acc.	0.00% FDR
SPLT+BD+TLS+HTTP+DNS	99.993%	99.978%
SPLT+BD+TLS+HTTP	99.983%	99.956%
SPLT+BD+TLS+DNS	99.968%	98.043%
SPLT+BD+TLS	99.933%	70.351%
HTTP+DNS	99.985%	99.956%
TLS+HTTP	99.955%	99.660%
TLS+DNS	99.883%	96.551%
HTTP	99.945%	98.996%
DNS	99.496%	94.654%
TLS	94.836%	50.406%

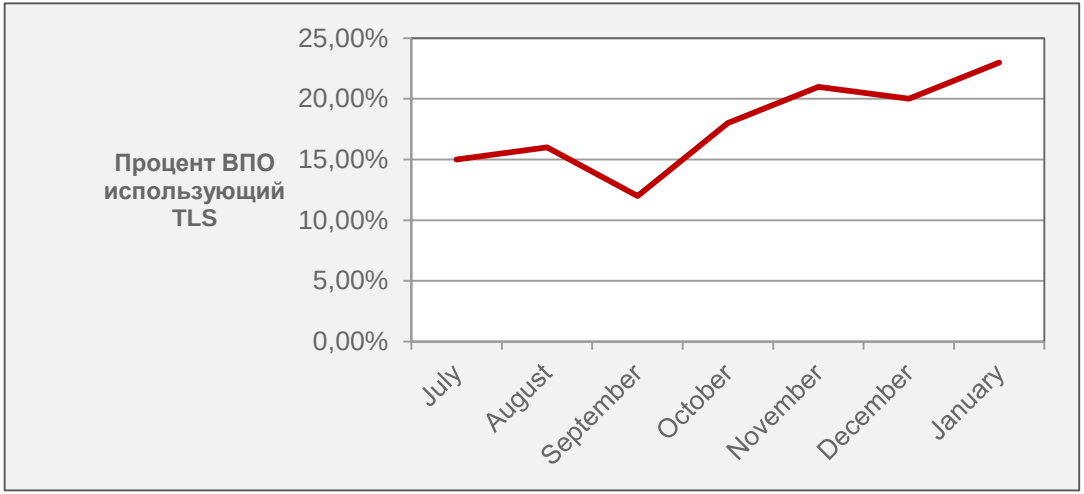
Интересные факты:

- Зловреды наиболее часто используют:
  - DNS Suffix: org
  - DNS TTL: 3600
  - TLS_RSA_WITH_RC4_128_SHA
  - HTTP Field: location
  - DNS Alexa: Not Found
  - HTTP Server: nginx
  - HTTP Code: 404

- Легитимный трафик наиболее часто использует:
  - TLS Ext: extended_master_secret
  - Content type: application/octet-stream
  - TLS_DHE_RSA_WITH_DES_CBC_SHA
  - HTTP Server: Microsoft-IIS/8.5
  - DNS Alexa: top-1,000,000
  - HTTP User-Agent: Microsoft-CryptoAPI/6.1

Выводы

- Использование TLS вредоносным трафиком растёт;
- Данная работа хорошо дополняет ранее известные методы обнаружения ВПО;
- Рассмотренные методы машинного обучения и классификаторы могут применяться для пассивного обнаружения коммуникаций ВПО;
- https://github.com/cisco/joy
  - Напишите авторам, чтобы получить хорошо натренированные классификаторы ;)



Исследователи

Blake Anderson – Technical Leader

PhD in Computer Science (Machine Learning)

Работает в Cisco с 2015 года

David McGrew – Cisco Fellow

PhD in Physics (Chaos Theory)

Работает в Cisco в с 1998 года

Препринт статьи, на основе которой сделана данная презентация, доступен по адресу:

https://arxiv.org/abs/1607.01639

Название:

«Deciphering Malware's use of TLS (without Decryption)»

Авторы:

Blake Anderson, Subharthi Paul, David McGrew