Электронные выборы

Лекция N 3 курса
“Современные задачи криптографии”

Юрий Лифшиц
yura@logic.pdmi.ras.ru

СПбГУ — SPRINT Lab

Осень’2005

“...всеобщее голосование бессмысленно. ...Вы, вероятно, согласитесь со мной, что гениальные люди встречаются редко, не правда ли? Но будем щедры и допустим, что во Франции их сейчас имеется человек пять. Прибавим, с такой же щедростью, двести высокоталантливых людей, тысячу других, тоже талантливых, каждый в своей области, и десять тысяч человек так или иначе выдающихся. Вот вам генеральный штаб в одиннадцать тысяч двести пять умов. За ним идет армия посредственности, за которой следует вся масса дурачья. А так как посредственность и дураки всегда составляют огромное большинство, то немыслимо представить, чтобы они могли избрать разумное правительство."

Г. де Мопассан. “Обед и несколько мыслей”

План лекции

1. **Постановка задачи**
2. **Примитивы и идеи**
   - Криптографические примитивы
   - Идеи для электронных выборов
3. **Два протокола электронных выборов**
   - Протокол Шаума
   - FOO-схема для выборов

План лекции

1. **Постановка задачи**
2. Примитивы и идеи
   - Криптографические примитивы
   - Идеи для электронных выборов
3. Два протокола электронных выборов
   - Протокол Шаума
   - FOO-схема для выборов

Мотивация

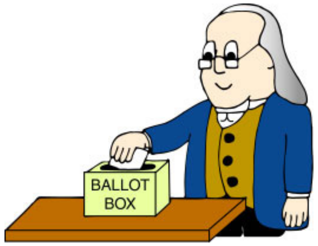
Ключевые преимущества

- Дешевые выборы
- Мобильность
- Проверяемость результатов

Возможное внедрение

- Штат Аризона
- Дания
- Эстония

Типы выборов



- Да / Нет
- "1 из L"
- "K из L"
- Упорядоченный вариант "K из L"
- "1-L-K" — выбрать K элементов из одного из L списков
- Открытый ответ

Фазы выборов

Инициализация

Объявляется вопрос
Создается список голосующих
Генерируются ключи для криптосистем

Голосование

Голосующие взаимодействуют с организаторами
В итоге организаторы получают "электронный контейнер" с голосом

Подсчет голосов

Организаторы вычисляют и публикуют результат выборов
Желающие проверяют честность выборов

Требования к схеме выборов

- **Контроль над избирателями:** только те, кто в списке; только один голос на человека
- **Тайна голосования:** нельзя узнать выбор конкретного избирателя
- **Индивидуальный контроль:** можно проверить, что твой голос посчитан
- **Универсальный контроль:** можно проверить что результат выборов верен
- **Устойчивость:** некорректные действия отдельных избирателей не могут сорвать выборы
- **Неподтверждаемость голоса:** после выборов нельзя доказать, что избиратель голосовал определенным образом

План лекции

1. Постановка задачи
2. **Примитивы и идеи**
   - Криптографические примитивы
   - Идеи для электронных выборов
3. Два протокола электронных выборов
   - Протокол Шаума
   - FOO-схема для выборов

Гомоморфное шифрование

Криптосистема с открытым ключом — пара алгоритмов E и D, таких что $D(E(x)) = x$ и, зная E, трудно построить D.

Криптосистему называют **гомоморфной относительно сложения**, если существует полиномиально вычислимая функция F, такая что $F(E(x_1), E(x_2)) = E(x_1 + x_2)$

Факт: есть криптосистема (основанные на трудности дискретного логарифмирования), обладающие этим свойством. В ней F — просто умножение.

Обладает ли криптосистема RSA какой-нибудь гомоморфностью?

Построить криптосистему, гомоморфную относительно и сложения, и умножения

Слепая подпись

Протокол слепой подписи — протокол обмена сообщениями между Алисой и Бобом, в результате которого Боб получит подпись Алисы на нужном ему сообщении, а Алиса не узнает, что она подписала.

Факт: протоколы слепой подписи уже разработаны (тоже основаны на дискретном логарифме)

Тайна голосования

Пусть мы отказываемся от тайны голосования.
Предложите схему для проведения выборов

Решение: Каждый избиратель присылает пару (свое имя, свой выбор) и подпись к этой паре.

Два пути к тайне голосования:

(1) Все видят голос, но никто не знает, чей он
Основной инструмент — анонимный канал
Проблема — контроль за избирателями

(2) Все видят, чей бюллетень, но никто не может расшифровать выбор
Основной инструмент — гомоморфное шифрование
Проблема — выборы по сложным вопросам

Псевдонимы

Как построить контроль за избирателями при использовании анонимного канала?

Первая фаза: создание псевдонима

- Избиратель общается с организаторами и в итоге создает специальное сообщение (псевдоним)
- Организаторы не знают этот псевдоним
- Избиратель может создать только один псевдоним

Вторая фаза: голосование

- Избиратель по анонимному каналу посылает пару (псевдоним, голос)
- По завершении времени выборов суммируются голоса с корректными псевдонимами

План лекции

Протокол Шаума [1981]

- N организаторов, у каждого своя криптосистема E_i, D_i
- Общая память ("доска бюллетеней") у всех участников выборов

Протокол:

1. Каждый участник i посылает на доску $E_1(E_2(\ldots E_N(K_i)))$, где K_i — его зашифрованный голос
2. Организаторы по-очереди снимают свое шифрование и переставляют сообщения местами
3. После всех N раундов получается список из голосов многократно переставленных между собой
4. Участники проверяют, что их голос есть в списке Каждый участник
5. Теперь участник i посылает на доску $E_1(E_2(\ldots E_N(K_i^{-1}||K_i)))$

Недостатки схемы Шаума

Какие недостатки видите вы?

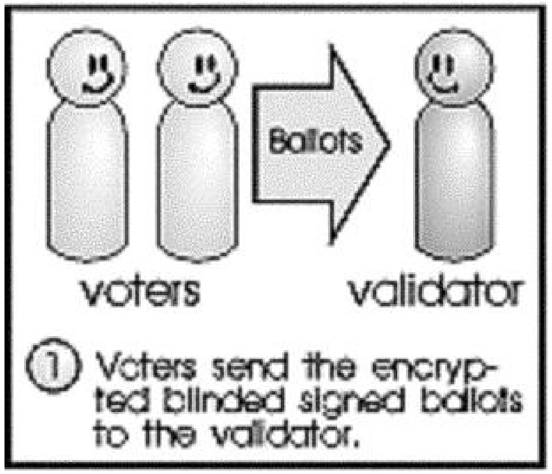
- Если обнаружены ошибки — нужно проводить голосование заново, а информация о голосах уже раскрыта
- Объединившись, организаторы могут узнать кто как голосовал
- Свойство неподтверждаемости не выполнено
- Можно скопировать чужой голос

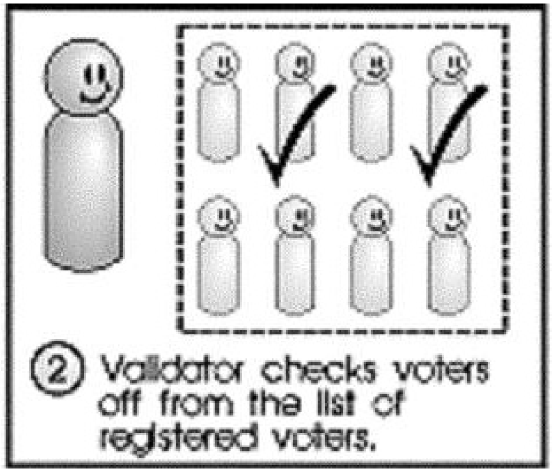
FOO-схема

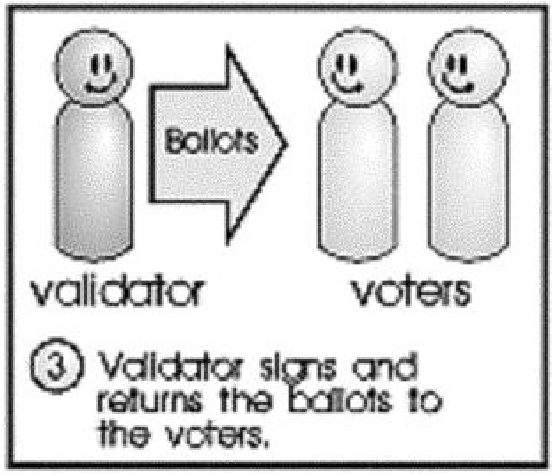
Организаторы: “Раздающий бюллетени” и “Считающий голоса”

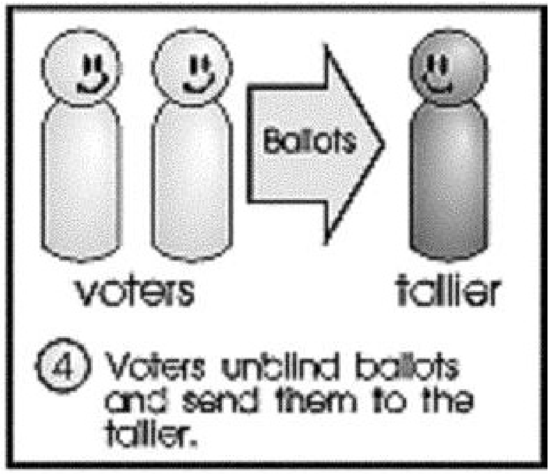
Протокол

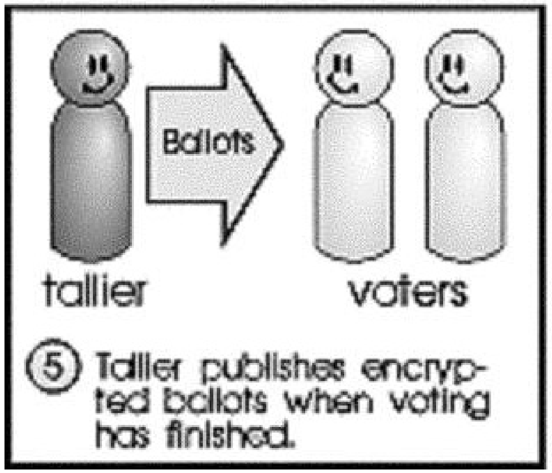
1. Каждый избиратель шифрует свой голос своим ключом
2. Избиратели вслепую подписывают свой шифрованный голос у “раздающего”
3. Они анонимно посылают подписанный голос “считающему”, он публикует список полученных голосов
4. Избиратели проверяют, что их голос есть в списке
5. Теперь Избиратели анонимно высылают ключи для расшифровки голосов
6. Голоса расшифровываются, публикуются и подсчитываются

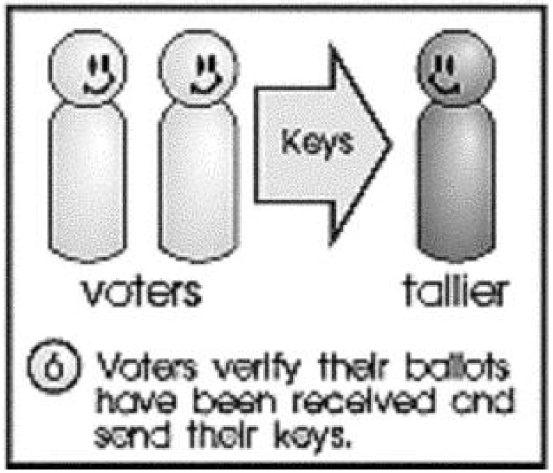


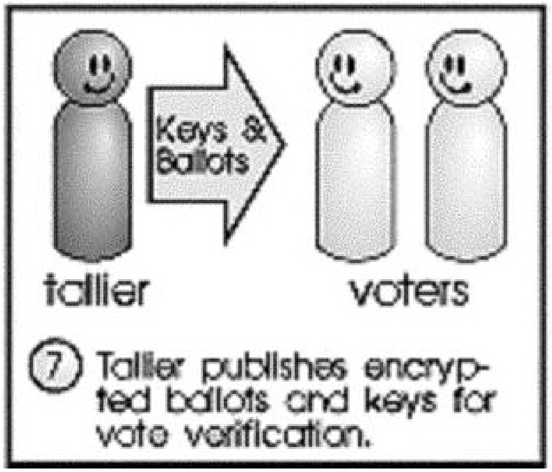





Ballots
voters
tallier
4 Voters unblind ballots and send them to the tallier.


Ballots
tallier
voters
5 Tallier publishes encryp-ted ballots when voting has finished.


Keys
voters
tallier
6 Voters verify their ballots have been received and send their keys.


Keys & Ballots
tallier
voters
7 Tallier publishes encryp-ted ballots and keys for vote verification.

Анализ FOO-схемы

Выполнены требования:

- Контроль за избирателями
- Тайна голоса
- Индивидуальный контроль
- Результаты открываются только после окончания выборов

Не выполнены требования:

- Универсальный контроль
- Неподтверждаемость

Последний слайд

Если не запомните ничего другого:

- Требования к выборам: контроль за избирателями, тайна голосования, контроль за подсчетом голосов, устойчивость, неподтверждаемость
- Основные идеи: гомоморфное шифрование, анонимный канал, псевдонимы
- Протокол, удовлетворяющий ВСЕМ требованиям, пока не найден

Вопросы?