

СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ SCREEN-CAMERA

Беляков Н.А. (Университет ИТМО), Козырева О.А. (Университет ИТМО),
Научный руководитель – д.ф.-м.н., проф. Бугров В.Е.
(Университет ИТМО)

Были разработаны комплекс программ и протокол передачи данных от экрана смартфона на веб-камеру – система Screen-Camera Link (SCL), которая является одной из реализаций технологий передачи данных через поток видимого излучения (VLC). Исследована зависимость количества ошибок при передаче небольших файлов от параметра «баланс белого» камеры.

Введение. Технология VLC активно развивается в настоящее время, находя все большее количество применений. Особый интерес представляет использование данной технологии со смартфонами. Растет и спрос на веб-камеры, а с наступлением пандемии COVID-19 и массовым переводом сотрудников на удаленную работу, расширение функционала веб-камер для передачи данных является перспективным направлением исследований. Компании обеспокоены вопросами безопасности доступа в корпоративные сети при удаленной работе, и использование технологии VLC со смартфоном и веб-камерой открывает большие возможности по созданию систем безопасного доступа сотрудников. SCL система, по сути, предлагает использовать динамический, цветной матричный штрих-код на экране смартфона, а в качестве приемника сигнала использовать веб-камеру, что позволяет существенно увеличить объем передаваемых данных по сравнению с обычными QR-кодами, а также намного повысить защищенность передаваемой информации.

Основная часть. В качестве передатчика использовался экран смартфона Samsung S10e, а в качестве приемника – веб-камера Logitech C920. Для отправки информации разработанное для смартфона приложение формирует на экране изображения, состоящие из квадратных элементов различных цветов. При кодировании используется RGB пространство цветов: цвет является совокупностью трех цветовых каналов: красный, зеленый и синий. Каждый из них может иметь значение от 0 до 255. Приложение на смартфоне получает в качестве входного параметра «глубину цвета» C – количество бит, которое должен кодировать один элемент. Исходя из этого числа вычисляется количество используемых при передаче цветов и вариаций значения каждого цветового канала. Полученные значения каналов комбинируются между собой, составляя палитру из соответствующего числа цветов. Передача начинается со стартового экрана, основную часть которого занимает калибровочная палитра со всеми используемыми цветами; кроме того, на стартовом экране содержится информация о разрешении, то есть количестве элементов по высоте и ширине, глубине цвета, минимальной продолжительности одного кадра, размере и имени файла. Алгоритм приемника считывает информацию со стартового экрана, генерирует палитру по аналогичному алгоритму и вычисляет среднее значение каждого цвета, с которым впоследствии сравнивает значение, полученное при передаче, для определения реального цвета элемента. Отправка данных осуществляется один раз. В ходе эксперимента варьировался «баланс белого» камеры. Баланс белого – это настройка, компенсирующая разницу цветовой температуры в окружающем свете, т.е. параметр цветокоррекции, исходя из значения которого объекты, которые глаз видит как белые, будут показаны белыми при съемке. Благодаря этому, цифровые камеры могут адаптироваться в соответствии с цветовой температурой источника освещения. При измерениях количества ошибок при передаче передавался файл размером 2 мегабайта, сгенерированный из псевдослучайной двоичной последовательности. Разрешение модулируемого изображения составляло 64×36 элементов, из которых 1680 элементов – информативные, глубина цвета – 3, соответственно в палитре

использовались 8 цветов (в скобках указаны значения цветового канала RGB: красного, зеленого, синего): Черный (0, 0, 0), Синий (0, 0, 255), Зеленый (0,255,0), Бирюзовый (0, 255, 255), Красный (255,0,0), Малиновый (255,0,255), Желтый (255, 255, 0), Белый (255, 255, 255). Частота смены модулируемых изображений – 10 Гц. Таким образом, пропускная способность системы составляла 50,4 кбит/с. При стартовом экране автоматический алгоритм, встроенный в камеру, не мог зафиксировать значение параметра «баланс белого», постоянно меняя его в пределах от 3000 К до 6150 К. Это связано с тем, что доминирующий цвет излучения от основного источника света (экрана смартфона) отсутствовал, так как стартовый экран содержит палитру со всеми используемыми цветами в равном количестве, а излучение от внешнего источника освещения практически не попадало в камеру, так как смартфон был расположен на расстоянии 8 см от камеры, занимая практически всю область обзора. Эксперимент проводился при внешнем источнике освещения с цветовой температурой 3000 К; в силу малого расстояния между смартфоном и камерой, влияние цветовой температуры внешнего источника освещения на параметр цветокоррекции камеры минимизировано и в данной работе не рассматривалось. Были получены проценты возникновения ошибок в определении каждого цвета для различных значений баланса белого, устанавливаемого на камере: от 2000 К до 6000 К. Так, при 2000 К процент ошибочно принятых символов составлял 15%, при 4000 К – 7.8%, при 6000 К- 4.2%. При этом, от всего процента ошибок, для 2000 К – 45.2% ошибок было на зеленом цвете, а 52.7% - на желтом; для 6000 К – 76.7% от всех ошибок было на желтом цвете, а 11.3% - на бирюзовом. При выставлении низкого значения баланса белого, рассчитанного на источники, в излучении которых преобладают красные оттенки, камера преобразует цвета, увеличивая значение синего канала RGB цвета: изначально зеленый цвет при добавлении синего представляет собой бирюзовый, а желтый, являясь смесью красного и зеленого, при добавлении синего переходит в белый. При увеличении значения баланса белого, излучение «эталонного» источника смещается в сторону синих оттенков, что компенсируется камерой добавлением значения в красный канал RGB цвета. В результате бирюзовый цвет переходит в белый. Эта же закономерность наблюдалась по ошибкам определения черного и белого цветов, несмотря на их малое количество (не более 0.05% для белого цвета и не более 1.3% для черного, при всех значениях цветовой температуры). При низком значении баланса белого черный цвет ошибочно в большинстве случаев воспринимается как синий, что также говорит о добавлении значения синего канала. С увеличением значения баланса белого начинали преобладать ошибки, при которых черный неверно определяется как красный. Белый цвет при 2000 К ошибочно воспринимался бирюзовым, являющимся смесью синего и зеленого. Снижаясь на 3000 К, такая ошибка практически исчезала при 4000 К, где начинало преобладать и расти с увеличением значения баланса белого ошибочное восприятие белого как желтого, являющегося комбинацией зеленого и красного.

Выводы. Для цветов, выбранных в разработанном протоколе, увеличение баланса белого позволяет существенно снизить ошибки (на величину до 12 %), возникающие при передаче данных. Как и ожидалось, черный и белый – наиболее легко различимы в силу высокой контрастности, и как следствие, ошибки на этих цветах – минимальны. При низком балансе белого почти все ошибки происходят на зеленом и желтом цвете, а при высоком балансе белого - большая часть на желтом, и небольшая на бирюзовом. Дальнейшим направлением исследования является подбор цветовой палитры для передачи с меньшим числом ошибок и создание алгоритма формирования рисунка, сводящего к минимуму ситуации слияния соседних в рисунке цветов.