

Особенности отображения многоракурсных телевизионных изображений

Г. В. Мамчев

В статье определено необходимое количество воспроизводимых изображений различных ракурсов, обеспечивающее эффект плавного оглядывания наблюдаемых объектов. Для снижения скорости битового потока в системах отображения стереоизображений рассмотрены возможности многоракурсного видеокодирования. Сделан анализ конструктивных особенностей воспроизводящих устройств автостереоскопического типа.

Ключевые слова: число воспроизводимых изображений различных ракурсов, эффект оглядывания, статистический психологический эксперимент, автостереоскопический экран, оптический растр, жидкокристаллическая панель, видеопроектор, кодированное стереоизображение, многоракурсное видеокодирование.

1. Введение

В случаях, когда требуется создать условия рассматривания физического пространства, наиболее близкие к естественным, то есть обеспечить наибольшую выразительность отображения одновременно нескольким наблюдателям, целесообразно применить многоракурсные телевизионные системы, которые воспроизводят несколько изображений одного и того же объекта с разных точек зрения, за счет чего обеспечивается его эффект оглядывания.

Многоракурсное видео, сформированное синхронизированными видеокамерами, дает обширную 3-D-информацию о наблюдаемой сцене и расширяет зрительные впечатления по сравнению с традиционным стереоизображением. Многоракурсные системы иногда еще называют телевидением с произвольной точкой наблюдения (FVTV – Free View point TV), дающим возможность интерактивного выбора точек наблюдения и направления в пределах заданного диапазона углов обзора.

Одной из важнейших задач, которые встают при разработке многоракурсных телевизионных систем, является определение необходимого числа воспроизводимых изображений различных ракурсов, от величины которого зависят объем передаваемой информации по каналам связи, конструктивная сложность системы многоракурсного видео в целом.

Поэтому целью данной статьи являются: оценка числа отображаемых изображений наблюдаемого объекта в многоракурсном видео, обеспечивающего эффект плавного оглядывания воспринимаемого пространства; анализ особенностей видеокомпрессии многоракурсной последовательности изображений; рассмотрение конструктивных возможностей построения устройств воспроизведения многоракурсных телевизионных изображений.

2. Определение числа воспроизводимых изображений в многоракурсном телевидении

Зависимость между числом воспроизводимых изображений n_x и размером зоны стереовидения физического пространства, обеспечиваемой совокупностью используемых передающих камер, Φ выражается соотношением

$$n_x = \frac{\Phi}{\Delta\Phi}, \quad (1)$$

где $\Delta\Phi$ – допустимый угловой размер зоны видения одного ракурса, обусловленный оптической системой телевизионной передающей камеры.

Геометрически правильное отображение трехмерного пространства в многоракурсной телевизионной системе зависит от выполнения условия ортостереоскопии, которое с математической точки зрения описывается следующим соотношением:

$$\Gamma_{\text{угл}} = \frac{\Phi}{\alpha_{\Sigma}} = \frac{\Delta\Phi}{\alpha_{\text{дон}}} \approx 1,$$

где $\Gamma_{\text{угл}}$ – коэффициент углового стереоскопического увеличения многоракурсной системы; α_{Σ} – угловой размер зоны видения оптической модели объекта, отображаемой стереотелевизионной системой; $\alpha_{\text{дон}}$ – величина допустимого углового сдвига между соседними позициями наблюдения в многоракурсных телевизионных системах, при котором зрители не будут замечать дискретности переходов между изображениями соседних ракурсов одного и того же объекта.

В выражении (1) величина Φ должна быть равной $10^\circ \dots 30^\circ$, при этом возможные отклонения сидящих перед телевизионным стереозэкраном зрителей не будут выходить за пределы зоны стереовидения многоракурсных изображений. Для определения параметра n_x в статье непосредственно определяется допустимое значение величины $\alpha_{\text{дон}} (\Delta\Phi)$.

При рассматривании многоракурсных изображений зрители замечают как взаимные перекрытия одних деталей наблюдаемого объекта другими, так и изменения в глубинном расположении деталей. Поэтому оглядывание зрителем воспринимаемого пространственного образа будет плавным в том случае, если величина взаимного перекрытия деталей объекта, а также изменения глубинного расположения деталей в изображениях соседних ракурсов не будут превышать соответственно значений разрешающей силы глаза и порога глубинного зрения. Исходя из этих условий, в работе проводится теоретический расчет величины $\alpha_{\text{дон}}$.

Для вывода аналитических выражений, требуемых для расчета $\alpha_{\text{дон}}$, рассмотрим процесс наблюдения многоракурсного изображения простейшего физического объекта, представляющего собой два вертикальных стержня O_1 и O_2 , расположенных на разном расстоянии от позиций наблюдения. Полученные при этом результаты будут верны и для более сложных физических объектов, так как наблюдение взаимного перекрытия их отдельных деталей аналогично рассматриванию простейшего объекта.

Чтобы получить аналитические выражения относительно величины $\alpha_{\text{дон}}$ в более простой форме, можно заменить процесс оглядывания зрителем пространственного образа физического объекта, воспринимаемого при рассматривании многоракурсного изображения, непосредственным наблюдением самого объекта из фиксированных позиций. Такая замена является вполне допустимой, так как при выполнении в многоракурсной системе условия ортостереоскопии угловые соотношения позиций наблюдения на передающей стороне системы относительно объекта равны угловым соотношениям позиций наблюдения зрителя относительно воспринимаемого пространственного образа на приемной стороне.

В первую очередь рассмотрим условия, обеспечивающие для зрителей восприятие плавности кажущегося взаимного перекрытия одних деталей объекта другими при его оглядывании из фиксированных позиций наблюдения. Для этой цели воспользуемся рис. 1, поясняю-

щим монокулярное наблюдение зрителем кажущегося взаимного перекрытия одних деталей объекта относительно других при его видении из различных позиций.

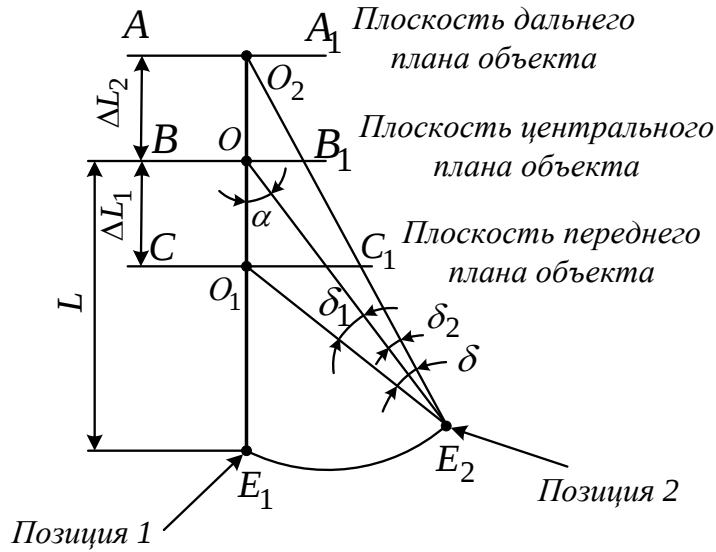


Рис. 1. К расчету угловой величины изменения позиции наблюдения при монокулярном рассматривании объекта

На рис. 1 видно, что в позиции E_1 глаз наблюдателя видит детали объекта O_1 , O_2 в направлении E_1O , а в позиции E_2 , смещенной на угол α относительно E_1 , детали O_1 и O_2 воспринимаются под углом $\delta = \delta_1 + \delta_2$. При этом условимся отсчет α вести от оси E_1O против часовой стрелки. Из ΔE_2OO_1 (рис. 1) следует, что

$$\frac{\Delta L_1}{\sin \delta_1} = \frac{L}{\sin [180^\circ - (\alpha + \delta_1)]}, \quad (2)$$

где L – расстояние рассматривания (от места наблюдения до центра объекта);

ΔL_1 – расстояние между плоскостями центрального и переднего планов объекта.

В процессе рассматривания многокурсовых изображений при восприятии эффекта оглядывания зрители в большинстве практических случаев меняют свою позицию по дуге относительно центра объекта наблюдения O , поэтому $E_2O \approx E_1O$, то есть равняется L .

Из ΔE_2OO_2 следует, что

$$\frac{\Delta L_2}{\sin \delta_2} = \frac{L}{\sin (\alpha - \delta_2)}, \quad (3)$$

где ΔL_2 – расстояние между плоскостями центрального и дальнего планов объекта.

Преобразуя выражения (2), (3) относительно δ_1 и δ_2 , определим величину воспринимаемого угла δ при переходе зрителя из позиции E_1 в E_2 .

$$\delta = \arctg \frac{\sin \alpha}{\frac{L}{\Delta L_1} - \cos \alpha} + \arctg \frac{\sin \alpha}{\frac{L}{\Delta L_2} + \cos \alpha}. \quad (4)$$

Кажущееся взаимное перекрытие деталей объекта, т.е. его оглядывание, будет восприниматься плавным в том случае, если только при переходе из позиции E_1 в E_2 $\delta = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{\text{раз}}$, равной разрешающей силе глаза. Для условий наблюдения телевизионных изображений, яркость которых может достигать 100 кд/м^2 , а контраст 100, разрешающая сила глаза в среднем оценивается углом $\delta_{\text{раз}} = 90''$ [1].

Величина $\alpha_{\text{дон}}$, обеспечивающая зрителям восприятие плавного кажущегося взаимного перекрытия деталей физического объекта при его оглядывании, может быть определена из соотношения (4) с учетом того, что величина δ примет значение $\delta_{\text{раз}} = 90''$. Для определения

α_{don} из выражения (4) предварительно преобразуем его относительно α_{don} и произведем его упрощение, учитывая малые значения углов α

$$\alpha_{don} = \frac{\delta_{раз}}{\frac{\Delta L_1}{L - \Delta L_1} + \frac{\Delta L_2}{L + \Delta L_2}}. \quad (5)$$

Согласно выражению (5) на рис. 2 представлена зависимость величины α_{don} от L при различных $\Delta L_{\Sigma} = \Delta L_1 + \Delta L_2$. При расчетах предполагалось, что $\Delta L_1 = \Delta L_2$.

Теперь определим условия, обеспечивающие для зрителей восприятие плавности в кажущемся изменении глубинного расположения деталей объекта при его оглядывании из фиксированных позиций наблюдения. Для этой цели воспользуемся рис. 3, поясняющим бинокулярное восприятие кажущихся изменений в глубинном расположении деталей объекта O_1 и O_2 при переходе зрителя из позиции $O_{Л}O_{П}$ в позицию $O'_{Л}O'_{П}$.

В соответствии с законами стереоскопии [2] зрительное обнаружение разноудаленности деталей объекта O_1O_2 , наблюдаемого бинокулярно, характеризуется величинами параллактических углов β_1 и β_2 . Из рис. 3 видно, что в позиции $O_{Л}O_{П}$ параллактические углы β_1 и β_2 соответственно равны:

$$\beta_1 \approx 2 \arctg \frac{b_0}{2(L - \Delta L_1)}, \quad (6)$$

$$\beta_2 \approx 2 \arctg \frac{b_0}{2(L + \Delta L_2)}, \quad (7)$$

где b_0 – величина глазного базиса, в среднем равная 65 мм. Причем $b_0 \ll L$.

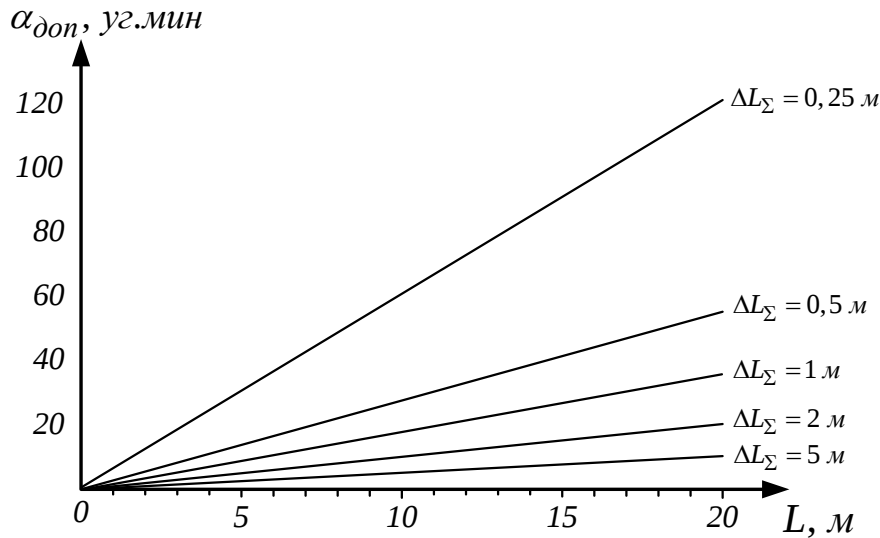


Рис. 2. Зависимость допустимого углового сдвига между соседними позициями наблюдения от ΔL_{Σ} и L в случае восприятия плавного взаимного перекрытия деталей объекта при его оглядывании

При рассматривании объекта из позиции $O'_{Л}O'_{П}$, смещенной по отношению к позиции наблюдения $O_{Л}O_{П}$ относительно центра объекта O на угол α , зрители будут видеть детали O_1 и O_2 под другими параллактическими углами β'_1 и β'_2 , что может привести к восприятию кажущегося сдвига в глубинном расположении деталей объекта, если только величины $|\beta_1 - \beta'_1|$ или $|\beta_2 - \beta'_2|$ превысят порог глубинного зрения.

Для определения допустимой величины углового смещения соседних позиций наблюдения α_{don} достаточно рассмотреть только изменение угла β_1 , так как ввиду меньшего рассто-

яния между деталями объекта O_1 , O и позициями наблюдения по сравнению с деталью O_2 приращение угла $|\beta_1 - \beta'_1|$ при одном и том же α будет превышать приращение угла $|\beta_2 - \beta'_2|$.

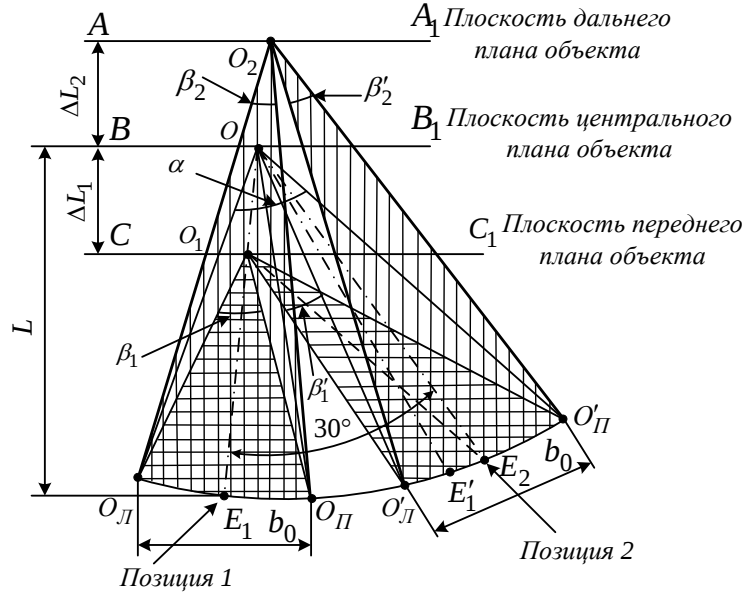


Рис. 3. К расчету угловой величины изменения позиции наблюдения при бинокулярном рассматривании объекта

Из рис. 3 видно, что

$$\beta'_1 = |O'_Л O_1 O| - |O'_П O_1 O|. \quad (8)$$

Из рассмотрения $\Delta O'_Л O_1 O$ и $\Delta O'_П O_1 O$ следует, что

$$\operatorname{tg} |O'_Л O_1 O| = \frac{L \sin \left(\alpha - \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}{\Delta L_1 - L \cos \left(\alpha - \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}, \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} |O'_П O_1 O| = \frac{L \sin \left(\alpha + \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}{\Delta L_1 - L \cos \left(\alpha + \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}. \quad (10)$$

Учитывая соотношения (8), (9), (10), получаем

$$\beta'_1 \approx \operatorname{arctg} \frac{L \sin \left(\alpha - \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}{\Delta L_1 - L \cos \left(\alpha - \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)} - \operatorname{arctg} \frac{L \sin \left(\alpha + \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}{\Delta L_1 - L \cos \left(\alpha + \operatorname{arctg} \frac{b_0}{2L} \right)}. \quad (11)$$

В процессе бинокулярного видения зрительный аппарат человека оценивает разность параллактических углов β_1 и β'_1 при условии, что глубинные размеры наблюдаемых объектов ΔL_1 и ΔL_2 соизмеримы с расстоянием рассматривания L , а расстояние $E_1 O_1$ в общем случае не равно $E_2 O_1$. Следовательно, $\beta_1 \neq \beta'_1$.

Восприятие плавности в кажущемся изменении глубинного расположения деталей объекта при его оглядывании из фиксированных позиций наблюдения будет в том случае, если

$$|\beta_1 - \beta'_1| = \Delta \beta \leq \delta_{\text{пор. глуб}}, \quad (12)$$

где $\delta_{\text{пор. глуб}}$ – порог глубинного зрения, равный $10''$.

Согласно соотношению (12) на рис. 4 представлена зависимость $\alpha_{дон}$ от L при различных ΔL_1 и при условии, что $\delta_{нор.глуб} = 10''$.

Сравнение рис. 2 и 4 с точки зрения определения допустимых величин изменения позиции рассматривания как для случая восприятия зрителем плавного взаимного перекрытия деталей наблюдаемого объекта, так и фиксации едва заметных глубинных сдвигов отдельных элементов в объекте позволяет сделать следующий вывод. При относительно небольших значениях угла оглядывания α (в пределах нескольких десятков угловых минут и более) при одинаковых L , ΔL_1 и ΔL_2 допустимая величина углового изменения позиции наблюдения при заметности зрителем плавного взаимного перекрытия деталей рассматриваемого объекта приблизительно в 5 раз меньше по сравнению с величиной $\alpha_{дон}$, обеспечивающей плавность фиксируемых зрителем глубинных сдвигов деталей объекта. Другими словами, при восприятии эффекта оглядывания зрители сначала замечают взаимные перекрытия деталей рассматриваемых объектов, а затем уже оценивают глубинные сдвиги. При этом возможные отклонения зрителей, сидящих перед телеэкраном, в процессе оглядывания могут достигать 30 и более градусов.

Однако величина $\delta_{нор.глуб}$, которая определялась различными исследователями, имеет значительный разброс. Приводимые в литературе данные отличаются в несколько раз как в большую, так и в меньшую сторону от величины $\delta_{нор.глуб} = 10''$, используемой в теоретическом расчете $\alpha_{дон}$. Кроме того, известно, что при оглядывании острота глубинного зрения может повышаться в 3 и более раз [2].

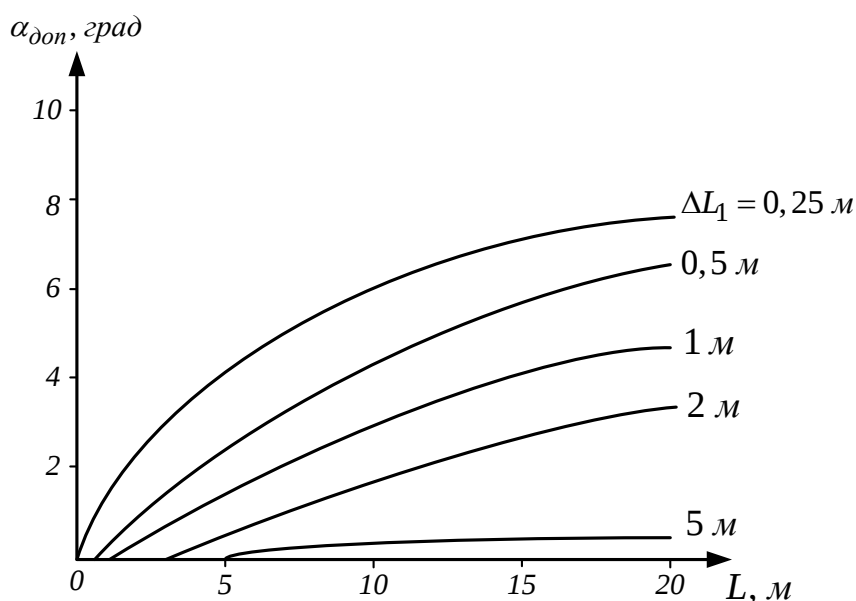


Рис. 4. Зависимость допустимого углового сдвига передающих камер соседних ракурсов от ΔL_1 и L в случае восприятия плавного изменения в глубинном расположении деталей объекта при его оглядывании

Следовательно, аналитически практически невозможно в полной мере оценить психофизиологические особенности бинокулярного зрения человека. Поэтому число воспроизводимых изображений различных ракурсов n_x , определенное теоретически, является приближенным. В полной мере оценить особенности бинокулярного зрения человека при определении величины $\alpha_{дон}$ в многоракурсных системах можно только путем проведения статистического психологического эксперимента, в процессе которого наблюдатели выскажут по заранее установленной шкале оценок свое мнение о качестве воспроизводимого трехмерного образа при различных значениях α .

Под руководством и при непосредственном участии автора статьи подобный эксперимент был проведен, в нём использовалось 6 тестовых изображений, в качестве которых использовались сюжеты как с крупным планом объектов, так и со средним и с мелкими планами. Рассматриваемые объекты имели разные значения параметров $L, \Delta L_{\Sigma}$. Эксперимент проводился на оптической модели многоракурсного телевизионного устройства. Для оценки качества многоракурсных изображений использовалась четырехградационная шкала (оценки «5», «4», «3», «2») как наиболее удобная и простая. Результат эксперимента определялся как среднее арифметическое соответствующей статической совокупности оценок:

$$Q_i = 5p_5 + 4p_4 + 3p_3 + 2p_2,$$

где p_5, p_4, p_3, p_2 – относительная частота оценок, определяемая следующими выражениями:

$$p_5 = q_5/m_0, p_4 = q_4/m_0, p_3 = q_3/m_0, p_2 = q_2/m_0,$$

где q_5, q_4, q_3, q_2 – количество отличных, хороших, удовлетворительных и неудовлетворительных оценок;

m_0 – общее количество оценок, выставленное экспертами при одном значении исследуемого параметра α .

Точность полученных результатов статистического эксперимента определяется величиной доверительного интервала $\pm\Delta$, то есть той допустимой разницей между истинным значением оценки Q и Q_i , вычисленной по данным эксперимента. Надежность результатов статистического эксперимента определяется доверительной вероятностью P , то есть вероятностью того, что величина Q_i , полученная в результате усреднения минимально необходимого количества оценок, будет отличаться от величин Q не более, чем на заданную величину Δ . Соответствие закона распределения оценок экспертов при проведении данного эксперимента нормальному закону, установленное на основании предварительных пилот-испытаний, позволило установить объем основного эксперимента. Число экспертопоказаний было выбрано с учетом значений доверительного интервала $\Delta = 0.1$ и доверительной вероятности $P = 0.9$. Выбор данных значений Δ и P является общепринятым в телевизионной метрике при субъективной оценке качественных показателей телевизионных изображений. Всего в процессе эксперимента было выставлено более 1500 оценок. Результаты статистического эксперимента приведены на рис. 5.

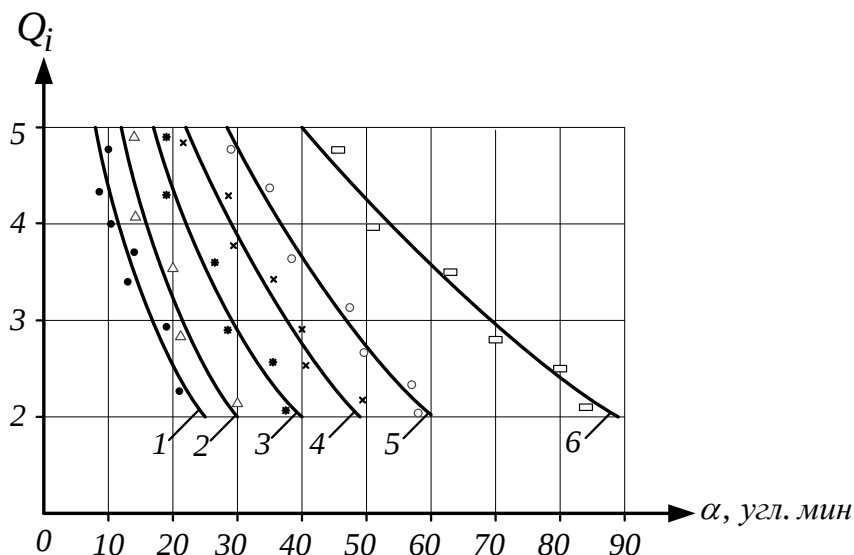


Рис. 5. Зависимости оценок степени плавности оглядывания многоракурсных изображений от параметра α :

- 1 – $L = 0,5м, \Delta L_{\Sigma} = 0,25м$; 2 – $L = 10м, \Delta L_{\Sigma} = 5м$; 3 – $L = 1м, \Delta L_{\Sigma} = 0,25м$;
4 – $L = 1,5м, \Delta L_{\Sigma} = 0,25м$; 5 – $L = 30м, \Delta L_{\Sigma} = 5м$; 6 – $L = 10м, \Delta L_{\Sigma} = 1м$

Сравнение данных статистического эксперимента и теоретических расчетов позволило сделать следующий вывод.

Величина допустимого углового сдвига $\alpha_{доп}$ между дискретными позициями наблюдения в многоракурсных системах, обеспечивающая зрителям восприятие плавного эффекта оглядывания пространственного образа физических объектов, должна определяться только из одного условия: наблюдения зрителем плавного взаимного перекрытия одних деталей объекта другими при оглядывании. В этом случае при ширине зоны стереовидения в $10^\circ \dots 30^\circ$ величина n_x , определенная по соотношению (1), достигает $15 \dots 40$.

3. Многоракурсное видеокодирование

Реализация на практике многоракурсных телевизионных систем требует передачи огромного объема данных, пропорционального числу используемых видеокамер, который должен быть компрессирован до такой степени, чтобы его можно было передавать в пределах возможности сетей связи.

В самом простом случае допускается использование независимой передачи сигналов изображений отдельных ракурсов. При этом сжатые в соответствии со стандартом MPEG-4/AVC (H.264) видеоданные поступают на мультиплексор, который формирует транспортный поток многоракурсной программы для передачи по каналам связи. Например, при $n_x = 15 \dots 40$ необходимо обеспечить передачу информационного потока в канале связи со скоростью, практически равной $30 \dots 80$ Мбит/с. Очевидным недостатком такого варианта кодирования является избыточность передаваемой информации, так как изображения отдельных ракурсов обычно имеют незначительные отличия.

Повысить эффективность видеокодирования позволяет использование корреляции между изображениями отдельных ракурсов. При этом можно предложить три способа компрессии:

- передача сигнала изображения одного ракурса и совокупности разностных сигналов;
- передача сигнала изображения одного ракурса и группы сигналов векторов параллакса, формируемых способом фазовой корреляции;
- передача сигнала изображения одного ракурса и нескольких сигналов карт глубины, несущих в себе информацию о глубине объектов сцены.

Самым простым в реализации из трех вышеназванных является первый способ сжатия. В этом случае скорость цифрового потока в системах многоракурсного видео может быть снижена до $15 \dots 40$ Мбит/с.

Начиная с 2001 г. с целью эффективного кодирования, то есть минимизации неотъемлемой избыточности видеопоследовательности, полученной одновременно несколькими телевизионными камерами, специальная группа MPEG 3DAV (3D-аудио-визуальные системы) занималась исследованиями тематики MVC (Multiview Video Coding), то есть многоракурсным видеокодированием. По результатам выполненных работ в стандарт компрессии H.264 для кодирования сигналов нескольких изображений, полученных с разных ракурсов, был добавлен новый профиль Multiview High Profile (MVHP), допускающий широкий диапазон совместно применяемых структур временного и межракурсного предсказания (inter-view prediction) для устранения межракурсной статистической избыточности. Этим достигается компромисс между эффективностью кодирования и сложностью декодирования, включая управление задержкой и буфером декодированного изображения.

Ключевым аспектом технологии MVC является то, что поток данных, полученный в результате сжатия многоракурсной видеопоследовательности, содержит данные так называемого базового, или основного, ракурса (base view), который кодируется независимо от всех остальных ракурсов, что обеспечивает совместимость с декодерами, которые могут работать только с обычным двумерным изображением. При этом данные о соседних ракурсах являются дополнительной информацией.

Исходя из требования совместимости, закодированные данные MVC, как и в случае обычного функционирования кодера H.264, организуются в блоки (или единицы) NAL (Network Abstraction Layer). Причем видеoinформация, относящаяся к базовому ракурсу, инкапсулируется в обычные блоки NAL, описываемые стандартом H.264, а информация о дополнительных (non-base view) ракурсах инкапсулируется в расширенный тип блоков NAL. Для распознавания различных типов данных используются указатели типа блока NAL (NUT – NAL unit type). Таким образом, поток MVC является обратно совместимым с H.264/AVC, что позволяет декодировать видеосигнал, игнорируя дополнительную информацию о различных ракурсах [3].

Расширение стандарта H.264 за счет MVHR позволяет эффективно кодировать многоракурсные видеопоследовательности, за счет чего требуемая скорость битового потока в тракте передачи при $n_x = 15 \dots 40$ становится равной $5 \dots 12$ Мбит/с.

4. Реализация воспроизводящих многоракурсных телевизионных устройств

Практическое воплощение систем многоракурсного видео требует разработки воспроизводящих устройств специальной конструкции. Поэтому для отображения многоракурсных телевизионных изображений рядом зарубежных фирм в последнее время стали выпускаться 3D-телевизоры нового (автостереоскопического) типа, не требующие индивидуальных очков для наблюдения стереоэффекта. Функционирование подобных моделей телевизоров основано на использовании оптического растра лентичулярного типа, состоящего из 960 миниатюрных цилиндрических линз, расположенных вертикально. В случае отображения многоракурсных телевизионных изображений относительно небольших размеров (с диагональю до 1...1.5 м) целесообразно использовать жидкокристаллический экран (ЖКЭ) с горизонтальным расположением чередующихся полосок цветных фильтров основных цветов R, G, B. При этом оптический растр устанавливается таким способом, чтобы плоскость, в которой формируются изображения, состоящие из совокупности субпикселей ЖК-панели, оказалась в фокальной плоскости вертикально расположенных линз. Если на участке ЖКЭ, находящемся под одной линзочкой лентичулярного растра, будет размещено несколько субпикселей, то рассматривая экран под различными углами, наблюдатель будет видеть различные группы субпикселей, каждая из которых образует изображение отдельного ракурса. Применение ЖК-панели, воспроизводящей 1920 пикселей (5760 субпикселей) по горизонтали и 1080 пикселей по вертикали, позволяет отобразить 6 ракурсов объекта с разрешением 960 пикселей по горизонтали и 360 пикселей по вертикали. Для воспроизведения большего количества изображений разных ракурсов требуется в разы увеличить разрешающую способность ЖКЭ.

Появление ЖК-телевизоров с более высокой разрешающей способностью по сравнению с широко используемым стандартом телевидения высокой четкости 2K ожидается уже в самом ближайшем будущем. Например, японский производитель электроники Sharp и телерадиовещательная корпорация NHK разработали и анонсировали на международных выставках первый в мире телевизор стандарта Super Hi-Vision, то есть 8K с ультравысоким разрешением изображения 7680x4220 пикселей размером 1.8x1.05 м. Это в 16 раз выше четкости изображения стандарта Full HD, обусловленной воспроизведением 1920x1080 пикселей. Использование ЖКЭ с разрешением Super Hi-Vision в стереотелевизионном устройстве позволяет воспроизводить 12-ракурсное стереоизображение с 1920 пикселями по горизонтали или 24-ракурсные изображения с горизонтальным разрешением в 960 пикселей. При этом по вертикали будет отображаться 1440 цветных пикселей.

Формирование многоракурсных телевизионных изображений большого размера, площадь которых может достигать 12 м^2 , осуществляется с помощью видеопроекторов с разрешением 8K (7680x4320 пикселей), которые выпускаются фирмой Sony на основе матриц типа LCoS (Liquid Crystal on Silicon – ЖК-матрица, изготовленная на кремниевой подложке). В этом случае видеопроектор проецирует кодированное стереоизображение, составленное из вшитых друг в друга, то есть чередующихся, штриховых изображений различных ракурсов объекта наблюдения, непосредственно на просветный экран, совмещенный с оптическим растром. При этом многоракурсные изображения рассматриваются со стороны, противоположной местоположению видеопроектора [4].

Использование видеопроекторов с разрешением 8K также обеспечивает отображение 24-ракурсных изображений с воспроизведением 960 пикселей в горизонтальном направлении.

5. Выводы

Для воспроизведения многоракурсных телевизионных изображений с плавным оглядыванием воспринимаемого пространства в пределах $10^\circ \dots 30^\circ$ требуется отображение от 15 до 40 изображений отдельных ракурсов. Расширение стандарта видеокомпрессии H.264 за счет дополнительного профиля многоракурсного видеокодирования позволяет снизить скорость битового потока в системах многоракурсного видео до величины $5 \dots 12 \text{ Мбит/с}$. Доказана возможность отображения многоракурсных телевизионных изображений с воспроизведением эффекта оглядывания с помощью ЖКЭ с вертикальным чередованием субпикселей основных цветов в сочетании с лентичулярным оптическим растром. Воспроизведение многоракурсных телевизионных изображений большого размера осуществляется с помощью видеопроекторов с высоким разрешением, проецирующих кодированное стереоизображение в плоскость просветного экрана, совмещенного с оптическим растром. Из-за конструктивной сложности устройства отображения многоракурсного видео в первую очередь найдут практическое использование в видеоинформационных системах.

Литература

1. Мамчев Г. В. Основы радиосвязи и телевидения. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 416 с.
2. Мамчев Г. В. Стереоскопическое телевидение. Монография. Новосибирск: СибГУТИ, 2011. 98 с.
3. Кабинетский М. Возможности стандарта H.264/AVC для кодирования стереоскопических и многоракурсных изображений // ТЕЛЕ-Спутник. 2012. № 11. С. 86–87.
4. Асмаков С. 3D-дисплей: воплощение мечты // Компьютер Пресс. 2004. № 8. С. 80–81.

*Статья поступила в редакцию: 02.11.2016;
Переработанный вариант: 11.01.2017*

Мамчев Геннадий Владимирович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиовещания и телевидения СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. (383) 269-82-62, e-mail: mamtchev@sibsutis.ru.

Peculiarities of multiview television images display**G.V. Mamtchev**

In this article, the required number of reproducing images of different views providing a smooth observation effect of examined objects are defined. To reduce bitstream speed in stereotelevision systems, multiview video encoding capabilities are considered. Constructional peculiarities of autostereoscopic displays are analyzed.

Keywords: a number of representative images of different views, observation effect, statistical psychological experiment, autostereoscopic screen, optical raster, liquid crystal panel, video projector, coding stereoimage, multiview video coding.