

УДК 519.7:537.8

Е.О. Окунев

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков

## КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СЪЕМОК

*Существующие системы позиционирования кинокамеры являются мощными средствами для получения качественных комбинированных съемок. В настоящей статье предлагается новая система, которая учитывает все достоинства и недостатки существующих систем трекинга. Для определения местоположения объекта в пространстве предлагается использование фазового разностно-дальномерного метода определения расстояния.*

**Ключевые слова:** комбинированные съемки, спецэффекты, кинокамера, трекинг.

### Введение

Кинематограф является самым молодым и вместе с тем наиболее популярным из всех искусств. История развития спецэффектов тесно связана с трансформацией кинематографа из циркового развлечения в киноискусство. В XX веке никогда не останавливающийся технологический прогресс помог человечеству шагнуть далеко вперед. С развитием цифровых технологий и с постоянно возрастающей потребностью зрителей в новых кино-чудесах визуальные и специальные эффекты начали играть одну из главных ролей в развлекательном кинопроизведении.

Одним из первых, кто начал серьезно экспериментировать с камерой во время съемок и изобретать разные спецэффекты, был Жорж Мельес. В начале XX столетия кинематографисты в основном снимали окружающий мир таким, каким тот был на самом деле. Мельесу подобное было неинтересно, поэтому он придумывал свои собственные миры – ироничные, сумасбродные, но всегда эффектные. Так появилась сказка «Золушка» (1899) и фантастическая лента «Путешествие на Луну» (1902). В его режиссерском арсенале были следующие киноприемы: стоп-кадр, ускоренная и замедленная съемка, двойная экспозиция, а также технология разделения экрана [1]. К 1930 году кинематографисты изобрели блуждающую маску (travelling matte), позволяющую создавать точный трафарет для каждого кадра фильма. Это позволило актерам свободно двигаться по сцене. Это стало возможным благодаря созданию оптического принтера.

В восьмидесятых годах на съемках фильма «2001: Космическая одиссея» был впервые использован прототип системы контроля движения. Дело в том, что для создания кадров, в которых два корабля пролетали мимо камеры, двигаясь с разной скоростью, нужно было заснять отдельно оба корабля, отдельно звездное поле и отдельно – бортовые огни. Разработанная система запоминала все движения и

повторяла их идентично столько раз, сколько требуется. Этот механизм был комбинацией трех устройств: кинокамера, механический подвес и специализированный электронный прибор.

Дальнейший прогресс в этой области прямо связан с разработкой нового устройства, которое будет запоминать движение камеры без сложных механических систем.

### Обзор существующих технологий слежения

В настоящее время используется технология отслеживания трехмерного движения камеры в реальной сцене с помощью считывания информации с каждого кадра. Эти кадры сняты специальным образом. На заднем плане на съемочной площадке устанавливается синий экран, на котором расположены маркеры. Во время съемки камера находится в движении. Технология, которая отслеживает перемещение маркеров, называется трекингом (англ. tracking). Она предназначена для определения позиции и ориентации реального объекта в виртуальной среде, которая задается координатами ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) и углами ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\lambda$ ). Трекинг осуществляется при помощи специальных датчиков и маркеров. Датчики снимают сигнал с реального объекта при его перемещении и передают полученную информацию в компьютер [2].

Существуют различные системы трекинга, наиболее распространены оптический, электромагнитный и ультразвуковой трекинг [3]. Каждая система имеет свои достоинства и недостатки.

Работа систем оптического трекинга основана на том же принципе, что и стереоскопическое зрение человека. Поскольку человек видит двумя глазами, он способен определить, на каком расстоянии находится объект и как он ориентирован. Для построения оптической системы трекинга используют, как правило, не менее двух видеокамер, работающих в ИК-диапазоне, и пассивные ИК-отражатели (или активные ИК-маячки), располагаемые на объ-

ектах, положение и ориентацию которых нужно определить. Количество видеокамер выбирается исходя их размеров рабочей зоны.

К достоинствам систем оптического трекинга относятся: относительная простота и дешевизна; малые габариты и вес отражателей; возможность применения пассивных отражателей, не требующих электропитания.

К недостаткам систем оптического трекинга относятся: необходимость точной калибровки видеокамер. Чем больше рабочая зона, тем больше камер нужно установить и тем сложнее становится процедура калибровки; невысокая точность определения координат и углов; необходимость прямой видимости между камерами и отражателями; сложности в идентификации пассивных ИК-отражателей, расположенных на разных объектах.

При электромагнитном трекинге измеряется сила магнитного поля. Магнитное поле возникает в результате пропускания тока через три электромагнитные катушки, расположенные взаимно перпендикулярно друг другу. Эти катушки должны находиться в небольшом корпусе, закрепленном на движущемся объекте, положение которого нужно отслеживать.

Ток, проходящий через катушки, превращает их в электромагниты, что позволяет определить их позицию и ориентацию в пространстве. Такая система плохо работает вблизи любых металлических объектов и устройств, способных повлиять на электромагнитное поле.

К достоинствам систем электромагнитного трекинга относятся: хорошая точность измерения координат и углов; не требуется трудоемкая калибровка при наличии специально подготовленного помещения; работает в отсутствие прямой видимости.

К недостаткам систем электромагнитного трекинга относятся: необходимость построения специально подготовленного помещения (или сцены), не содержащего металлических элементов (даже винты и гвозди должны быть немагнитными); электромагнитный сенсор, устанавливаемый на движущемся объекте, не может быть сделан беспроводным ввиду большой потребляемой энергии.

В системе ультразвукового трекинга передатчики расположены на движущемся реальном объекте, а приемники образуют антенну (в некоторых системах передатчики и приемники меняются местами). Всякий раз, когда передатчик посылает сигнал, его принимают статические сенсоры, измеряющие время между отправлением и приемом сигнала. По времени задержки рассчитываются расстояния между излучателями и приемниками. По полученным расстояниям вычисляются трехмерные координаты объекта в системе. Ориентация объекта опре-

деляется с помощью связки из трех жестко закрепленных передатчиков.

К достоинствам систем ультразвукового трекинга относятся: хорошая точность измерения координат и углов; возможность построения практически любой рабочей зоны.

К недостаткам систем ультразвукового трекинга относятся: необходимость прямой видимости между излучателями и приемниками; низкая скорость ультразвука; необходимость точной калибровки приемников; снижение точности при изменении температуры и при порывах ветра.

## **Основная часть**

Как показано выше, существующие технологии основаны на восстановлении трехмерных объектов (сцены и траектории движения камеры в ней) по совокупности двумерных изображений. Эта задача является обратной и некорректной. Решение таких задач сопряжено со сложными математическими расчетами даже для современного уровня развития компьютерных технологий.

Предлагается использовать триангуляционный метод позиционирования с помощью радиотехнической системы. Для реализации измерения дальности можно использовать один из известных дальномерных методов.

Для определения местоположения объекта в системах локального позиционирования может быть использовано несколько способов:

1. Угловой метод. При этом методе определяется направление прихода сигнала. Для этого используются антенны с узкими диаграммами направленности, изменяющие свое положение в пространстве.

2. Временной метод основан на измерении времени хода радиоволны (или разности времен от двух источников при разностно-дальномерном методе). Зная время, определяется расстояние до объекта. Таким образом, вычислив расстояния до, как минимум, трех базовых станций, можно вычислить относительно них и координаты объекта.

3. Фазовый метод. Этот метод основан на измерении разности фаз двух сигналов (посланного запросчиком и переданного обратно ответчиком, либо от двух станций при разностно-дальномерном способе). Зная длину волны, можно определить расстояние. Однако определение расстояния неоднозначно. Однозначное измерение будет, если расстояние не превышает длины волны.

Для определения местоположения в локальных системах позиционирования использование углового метода вызывает трудности из-за использования довольно сложных антенн. При использовании метода подсчета времени хода сигнала возникают трудности точного измерения времени.

Поэтому удобнее всего будет использование фазового разностно-дальномерного метода определения расстояния с разрешением многозначности при помощи временного метода.

В классическом варианте фазового разностно-дальномерного устройства типа Н сигнал радиостанции А выделяется приемником прямого усиления ведомой радиостанции В и после трансформации частоты излучается в эфир.

На устройстве пользователя принимаются оба сигнала и после обратной трансформации измеряется разность фаз.

Находим разность фаз как

$$\phi_{1,2} = \frac{\omega_1}{c}(R_2 - R_1) + \gamma, \quad (1)$$

где  $\gamma$  — разность сдвигов фаз по двум радиоканалам, которая учитывает сдвиги фаз в приемниках, передатчиках, сдвиги при трансформации и т.д.

Представляя полный сдвиг фаз в виде целого числа циклов и некоторой добавки, решаем уравнение (1) относительно неизвестной разности расстояний

$$2\pi Z + \psi = \frac{\omega_1}{c}(R_2 - R_1) = \frac{2\pi}{\lambda_1}(R_2 - R_1), \quad (2)$$

где  $\psi = \phi - \gamma$ ;  $\phi$  — показания фазометра.

Полученное выражение есть основное уравнение, которое связывает разность расстояний с измеряемой разностью фаз.

Измерения многозначны. Условие однозначности  $Z=0$ . Пространство, в пределах которого измеряемая разность фаз изменяется от 0 до  $2\pi$ , будет зоной однозначного отсчета [4].

Многозначность можно исключить с помощью грубого измерения расстояния временным методом. Точность определения должна быть не меньше половины длины волны.

## Выводы

Были рассмотрены существующие системы для трекинга.

Учитывая все достоинства и недостатки данных систем, была предложена новая система, не требующая присутствия маркеров в прямой видимости передатчиков, больших мощностей и устойчивая к изменениям температуры.

## Список литературы

1. Мееров К. Исторический экскурс во вселенную спецэффектов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cinefex.ru/articles/detail.php?ID=4352>.
2. Matveyev S.V. Göbel M. The optical tweezers: multiple-point interaction technique (англ.) / S.V. Matveyev, M. Göbel // Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, Osaka, Japan. — New York, NY, USA: ACM, 2003. — С. 184—187.
3. Холодкова В. Виртуальная реальность: общие понятия, системы трекинга [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.publish.ru/pcworld/1072598/text/5175003.html>.
4. Белавин О.В. Основы радионавигации / О.В. Белавин — М.: Советское радио, 1967. — 466 с.

Поступила в редколлегию 27.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.М. Порошин, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

## КОНЦЕПЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КОМБІНОВАНИХ ЗЙОМОК

Є.О. Окунев

Існуючі системи позиціонування кінокамери є потужними засобами для отримання якісних комбінованих зйомок. У статті пропонується нова система, яка враховує всі переваги і недоліки існуючих систем трекінгу. Для визначення місця розташування об'єкту в просторі пропонується використання фазового різницево-далекомірною методу визначення відстані.

**Ключові слова:** комбіновані зйомки, спецэффекти, кінокамера, трекінг.

## CONCEPT OF AUTOMATED COMPLEX FOR TRICK PHOTOGRAPHY

Y.O. Okunev

Existing camera positioning systems cameras are powerful tools for qualitative combined shooting. In this paper we propose a new system that takes into account the strengths and weaknesses of existing tracking systems. To determine the location of the object in space the use of phase range differential method is proposed.

**Keywords:** trick photography, special effects, camera, tracking.