

УДК 621.3

Д.В. Шматов, Н.С. Лесная

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

РАСПОЗНАВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ

В работе представлено исследование идентификации человека по радужной оболочке глаза на основе алгоритма Даугмана, использующего преобразование вейвлетов Габора, чтобы извлечь фазную структуру радужной оболочки глаза. Произведен анализ предметной области и был выбран наилучший метод для определения человека по радужной оболочке глаза. При построении кода радужной оболочки используется пространственно-частотная свертка изображения фильтрами Габора. Рассмотрено также предобработка изображений радужной оболочки глаза и метод определения ее областей, свободных от ресниц, век и бликов.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, идентификация по радужной оболочке глаза, алгоритм Даугмана.

Введение

В настоящее время в связи с возросшими требованиями к информационной безопасности получают широкое распространение методы биометрической верификации и идентификации личности. Особую остроту проблема идентификации личности пользователя приобретает в распределенных системах, особенно в системах высокой доступности. В частности, высокая доступность предполагает, что любой пользователь может получить доступ в рамках своих полномочий к необходимым ему ресурсам и сервисам за приемлемое для него время [1].

Использование парольной идентификации имеет известные недостатки: пароль легко забыть, пароли используются третьими лицами для несанкционированного доступа, восстановление пароля во многих случаях затруднено невозможностью дистанционной идентификации и последующей аутентификации человека, обращающегося к службе поддержки. Технологии, усиливающие парольную защиту обладанием некоторой вещью, например, SIM-картой, сопряжены с теми же неудобствами. Единственный на сегодняшний день идентификатор, который имеет почти нулевой риск утери, – биометрия [2].

Одной из недавно проявившихся перспективных технологий идентификации является распознавание по радужке глаза. Человеческая радужка имеет специфическую структуру и содержит много тек-

стурной информации. Пространственные структуры, наблюдаемые в радужке, уникальны для каждого индивида. Поскольку радужка открыта, идентификация по радужке неинвазивна, что является очень важным фактором для практических применений [3]. Исходя из этого, целью данной работы, стало написание системы идентификации человека по радужной оболочке глаза.

Изложение основного материала

Метод Даугмана распознает текстуру радужки, разбивая ее на фазы. Изображения, представленные в таком виде, не зависят от контрастности и освещения [1].

Для обеспечения стабильного высокого быстродействия при идентификации по радужке важно, чтобы используемые изображения соответствовали определенным минимальным требованиям [4].

Пространственное разрешение системы получения изображения должно быть как минимум 3,2 линий/мм при контрасте 60%. Цифровое изображение должно иметь разрешение как минимум 8 пикселей/мм. При этом гарантируется, что изображения свободны от артефактов, возникающих в результате недостаточной частоты дискретизации. Качество фокусировки должно сохранять заданное пространственное разрешение.

Изображение должно иметь динамический диапазон как минимум 256 бит, при этом как минимум 7 бит яркостной информации должны быть не

подвержены влиянию шума. Если на изображении присутствуют блики, то их яркость не должна превышать 255. Другие области глаза (зрачок, радужка, склера) должны иметь яркости в диапазоне 0–255.

Изображение радужки должно иметь как минимум 90 уровней, разделяющих радужку и склеру и как минимум 50 уровней, разделяющих радужку и зрачок для всех цветов глаз.

Масштаб изображения желательно должен быть таким, чтобы радужка, имеющая размер 10,7–13 мм, имела диаметр 160–300 пикселей. Изображение должно быть достаточно велико, чтобы расстояние между краем радужки и границей изображения было как минимум 70 пикселей.

Отношение сигнал/шум должно быть не менее 40 дБ, включая любые шумы, вносимые методами сжатия изображений.

Для достижения максимальной эффективности распознавания должны выполняться следующие требования:

- голова должна находиться в вертикальном положении, наклон не должен превышать 10°, система распознавания может измерять и компенсировать наклон головы;
- наблюдаемый глаз должен быть открыт как можно шире;
- очки должны быть сняты;
- жесткие контактные линзы и окрашенные мягкие контактные линзы должны быть удалены.

В начале уточняется центр зрачка и границы радужной оболочки. При этом ищется максимальный скачок производной сглаженной средней интенсивности по круговому контуру:

$$\max_{r, x_0, y_0} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|,$$

где $I(x, y)$ – изображение в пространственных координатах, r – радиус, (x_0, y_0) – возможные координаты центра зрачка, символ $*$ обозначает свертку двух функций, осуществляющую сглаживание функции интенсивности. $G_{\sigma}(r)$ – функция Гаусса с параметром σ (ширина гауссиана бралась равной 2 пикселям для внутренней границы радужной оболочки и 5 – для внешней), $r \in [r_{\min}, r_{\max}]$ – возможные радиусы границы радужной оболочки.

Для вычисления внешней границы радужной оболочки рассматривается часть кругового контура, выделенная на рис. 1.

Границы века были определены путем изменения контура с кругового на дуговой. Радужная оболочка, координаты которой $I(x, y)$, была нормализована в полярную систему координат, используя $I(x(r, \theta), y(r, \theta)) - I(r, \theta)$, где r расположена на единичном отрезке $[0, 1]$ и θ является угловой величиной находящейся в диапазоне $[0, 2\pi]$. Текстура ра-

дужной оболочки была кватернирована по фазам и записана в виде бинарного кода, и отфильтрована используя квадратурные 2D Габор вейвлеты на четыре уровня. Каждый пиксель нормированной радужной оболочки соответствует двум битам информации в маске радужной оболочки. В общей сложности маска состоит из 2,048 бит, и равное количество битов маски создаются для того, чтобы восстановить поврежденные области в пределах радужной оболочки. Это создает компактную маску из 256 байт, которая пригодна для хранения и сравнения радужной оболочки и имеет запатентованное название IrisCode (рис. 2). IrisCodes различны для каждого из глаз человека.

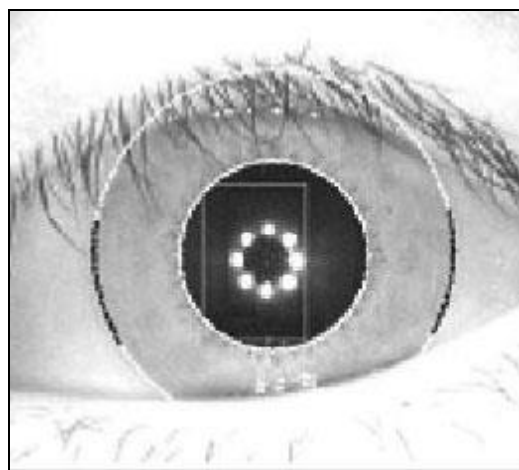


Рис. 1. Изображение с выделенной радужной оболочкой



Рис. 2. Изображение с выделенной радужной оболочкой

В качестве метрики сравнения изображений радужных оболочек используется расстояние Хэмминга между соответствующими прореженными матрицами радужных оболочек ($\text{Ham}(L)$), равное количеству несовпадающих значений в матрицах.

По значениям

$$\text{Ham}(L_{1,0}) + \text{Ham}(L_{2,0}) \quad \text{и} \quad \text{Ham}(L_{1,0}) + \text{Ham}(L_{2,1})$$

происходит сортировка изображений из базы данных по расстоянию до рассматриваемого верифицируемого изображения. По каждому из этих двух значений в базе данных ищется обладатель ближайшей радужной оболочки. В случае совпадения обладателей алгоритм считает, что сравнение успешно закончено. В случае несовпадения обладателей считается, что метод не может корректно провести верификацию и пользователю предлагается еще раз сделать снимок глаза для идентификации.

Актуальные направления исследований

В области биометрической идентификации по радужной оболочке глаза можно определить пять основных направлений.

Во-первых, остается актуальным развитие и совершенствование базовых средств идентификации по радужной оболочке глаза: локализация, кодирование, идентификация.

Особенно востребованы средства для распознавания радужной оболочки глаза в видимом диапазоне и низком разрешении, а также в некооперативных сценариях, когда радужная оболочка видна под углом.

Во-вторых, прогресс в области идентификации по радужной оболочке глаза может быть достигнут за счет совершенствования сенсоров. Наиболее актуальным является получение пригодного для идентификации изображения в движении и на расстоянии более одного метра. Перспективным является использование изображений в видимом диапазоне. В ходе исследований было доказано, что использование для идентификации других участков спектра совместно с ближним ИК может улучшить точность идентификации.

В-третьих, актуальным является поиск новых признаков, отличных от фазовой информации. Были предложены новые признаки (ключевые точки), которые оперируют с локальными особенностями текстуры радужной оболочки глаза.

В-четвертых, точность идентификации по радужной оболочке глаза может быть увеличена за счет использования информации об области глаз (periocular biometrics).

В-пятых, высокая точность идентификации по радужной оболочке глаза делает привлекательным ее использование в приложениях, связанных с криптографией и защищенной идентификацией [3].

Выводы

Идентификация по радужной оболочке глаза остается одной из самых перспективных технологий биометрической идентификации личности. Особенно востребованным является реализация потенциала радужной оболочки глаза для применения в некооперативных сценариях идентификации совместно с изображением лица и возможно другими бесконтактными биометрическими идентификаторами. Поэтому наиболее актуальными направлениями исследований является улучшение распознавания в некооперативных сценариях за счет совершенствования сенсоров, совершенствования системы информативных признаков, а также за счет интеграции с другими модальностями.

При тестировании алгоритма Даумана эксперименты показывают высокое качество идентификации, сравнимое с средними промышленными результатами. В частности, ошибка второго рода 0,12% при ошибке 1-го рода менее 0,01%.

Список литературы

1. Daugman John. High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence / John Daugman // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – November 1993. – Vol. 15, no. 11. – P. 1148-1161.
2. Синуцын И.Н. Метрологические и биометрические технологии и системы / И.Н. Синуцын, А.В. Губин, О.С. Уймаев // История науки и техники. – 2008. – №7. – С. 41-44.
3. Daugman J. New Method sin Iris Recognition / J. Daugman // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. – Part B. – 2007. – Vol. 37, no.5. – P. 1167-1175.
4. Flom L., Safir A. Iris Recognition System. – U.S. Patent: 4,641,349,3 February 1987.

Поступила в редколлегию 18.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.П. Путятин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ ЗА РАЙДУЖНОЮ ОБОЛОНКОЮ

Д.В. Шматов, Н.С. Лесна

В роботі представлені дослідження ідентифікації людини по райдужній оболонці ока на основі алгоритму Даугмана, що використовує перетворення вейвлетів Габора, щоб отримати фазну структуру райдужної оболонки ока. Проведено аналіз предметної області і був обраний найкращий метод для розпізнання людини за райдужною оболонкою ока. При побудові коду райдужної оболонки використовується просторово-частотна зортка зображення фільтрами Габора. Розглянуто також попередню обробку зображень райдужної оболонки ока і метод визначення її областей, вільних від вій, повік і відблисків.

Ключові слова: біометрична ідентифікація, ідентифікація по райдужній оболонці ока, алгоритм Даугмана.

HUMAN DETECTION BY IRIS RECOGNITION

D.V. Shmatov, N.S. Lesnaya

In this work presents the study of human identification by iris recognition based on Daugman algorithm that is uses a Gabor wavelet transform to extract the phase structure of the iris. The analysis of the subject area and was chosen as the best method for determining human by iris recognition. In the construction of the iris code is used spatial-frequency Gabor convolution of image filters. We also consider the pre-processing of images of the iris and the method for the determination of areas free of eyelashes, eyelids, and glare.

Keywords: Biometric identification, identification of the iris, Daugman algorithm.