

УДК 621.39.001

Е.М. Сесин, В.М. Белов

Системы идентификации личности, основанные на интеграции нескольких биометрических характеристик человека

Рассмотрена проблема построения систем идентификации личности, основанных на интеграции множества физических или поведенческих характеристик человека. В качестве основного подхода к синтезу мультибиометрических моделей выбрана интеграция методов, построенных на одном биометрическом идентификаторе.

Ключевые слова: идентификация личности, мультибиометрия.

В последнее время постоянно растет интерес к использованию биометрических параметров для идентификации человека. Теоретические наработки в области биометрии внедряют в современные системы обеспечения безопасности – от защиты информации на персональном компьютере до таких государственных приложений, как биометрический паспорт и информационно-аналитические комплексы силовых ведомств. Количество биометрических приложений и систем продолжает увеличиваться. Это связано как с прикладным интересом к биометрической идентификации, так и с развитием аппаратных средств и стандартизации в области биометрических технологий [1].

Под мультибиометрической идентификацией понимают использование нескольких биометрических идентификаторов. Информация, которая содержится в нескольких биометрических параметрах, может быть интегрирована при помощи разных методов, на разных уровнях и в разном контексте. Помимо собственно мультибиометрических технологий, в один класс с ними принято объединять мультимодальные и многофакторные решения. В мультимодальных системах идентификаторы одного и того же типа (например, отпечатки пальцев) обрабатываются с помощью различных алгоритмов, главная цель – повышение надежности идентификации. В многофакторных системах наряду с биометрическими используются также и другие идентификаторы (PIN-код, пароль, смарт-карта и т.д.). Основные цели применения многофакторных систем – ускорение процесса идентификации и/или предоставление возможности распознавания без обращения к централизованной базе данных идентификаторов.

Первыми работами по мультибиометрической идентификации считают эксперименты 1976–1978 гг. [2, 3] по применению логических классификаторов для идентификации по нескольким биометрическим характеристикам. Первые попытки применить системный подход для методов мультибиометрической идентификации были сделаны в работах [4–6]. Основной идеей данных публикаций следует считать независимость процесса биометрической идентификации от используемых биометрических характеристик человека и конкретной реализации выбранного биометрического метода. В этой связи целесообразно синтезировать мультибиометрические методы на основе методов интеграции отдельных биометрических идентификаторов.

Методы интеграции

Существует множество разных источников информации, которые могут быть использованы для расширения возможностей биометрической системы. На сегодняшний момент выделяют [7] следующие уровни интеграции:

- различные биометрические характеристики (изображение лица и отпечаток пальца);
- множественные биометрические характеристики (отпечатки различных пальцев, радужная оболочка левого и правого глаза);
- различные способы получения биометрических образцов (изображение лица в видимом и инфракрасном диапазоне);
- различные сканеры (две фотокамеры);
- несколько образцов одной биометрической характеристики;
- несколько алгоритмов сравнения биометрических образцов.

Независимо от метода возможна сильная или слабая двусторонняя интеграция информации из различных источников. В первом случае исходящие от разных биометрических сенсоров сигналы могут быть использованы для создания более надежных и детальных входящих сигналов. При этом рассматриваются репрезентации, извлекаемые из разных биометрических сенсоров, решение принимается на основе объединения векторов их свойств. Интеграция на уровне сенсора или репрезентации предполагает сильную связь между входящими величинами и интеграционными схемами.

При слабой интеграции связь между входящими сигналами (например, лицо и отпечаток пальца) будет совсем небольшой или ее не будет вовсе. В этом случае интеграция происходит на уровне относительно автономных сенсоров, и каждое устройство независимо от других оценивает биометрический образец. Свойства и шаблоны, извлеченные одной биометрической системой, неприемлемы для другой системы, тогда как решения или величины персональных биометрических параметров поддаются интеграции. В системах идентификации личности интеграция нескольких биометрических характеристик происходит либо на уровне принятия решения, либо на уровне вычислений.

Описание модели мультибиометрической идентификации

Процесс биометрической идентификации состоит из комбинации вызовов двух базисных функций: создания биометрического шаблона $B' = \psi(\beta')$ из биометрического образца β' и сравнения с хранимым в базе шаблоном $B = \psi(\beta)$, результатом биометрического сравнения является величина сходства $s(B', B)$ [7]. При получении образцов биометрических характеристик необходимо учитывать воздействие внешних факторов, что приносит свои погрешности. Для моделирования неопределенности таких факторов целесообразно использовать вероятностно-статистические методы и считать выходной сигнал биометрического сравнения случайным. В большинстве случаев зависимость меры сходства от входных шаблонов и биометрических образцов детерминирована.

Количество ошибок в системах биометрической идентификации определяется точностью, с которой внутреннее биометрическое устройство сопоставления сможет определить, какая из гипотез является истинной. Вводя биометрические образцы, мы можем построить две гипотезы: нулевую гипотезу $H_0: \beta' \equiv \beta$ и альтернативную гипотезу: $H_a: \beta' \neq \beta$.

Основные показатели эффективности биометрических систем: коэффициент ложного доступа (КЛД) – вероятность того, что система идентификации по ошибке признает подлинность пользователя, не зарегистрированного в системе (принятие гипотезы H_0 , хотя истинной является H_a); коэффициент ложного отказа доступа (КЛОД) – вероятность того, что система идентификации не признает подлинность зарегистрированного в ней пользователя (принятие гипотезы H_a , хотя истинной является H_0).

Биометрическое сравнение характеризуют двумя распределениями: меры сходства $g(s) = g(s|H_0)$, когда используются образцы биометрической характеристики одного человека, и меры различий $f(s) = f(s|H_a)$, когда сравнивают образцы характеристик различных людей. Ошибки идентификации в вероятностной интерпретации при фиксированном пороге t принятия решения

вычисляют по формулам: $\text{КЛД}(t) = \int_t^{+\infty} f(s) ds$, $\text{КЛОД}(t) = \int_{-\infty}^t g(s) ds$.

При мультибиометрической идентификации выходные сигналы биометрических сравнений интегрируют в мультибиометрической мере сходства λ , которую считают функцией L откликов биометрических сравнений, т.е. $\lambda = L(x_1, \dots, x_n)$, где x_i – результат i -го биометрического сравнения. Функция L должна быть скалярной, так как мультибиометрическая система подпадает под требования к биометрическим системам в целом. Соответственно при идентификации можно сравнивать λ с некоторым порогом и принимать решение об идентификации. Если входы мультибиометрического сравнения x_i , имеют стохастический характер, то это верно и для результата $\lambda = L(x_1, \dots, x_n)$. Мультибиометрическую идентификацию можно рассматривать как систему, где за входные сигналы принимают отклики биометрического сравнения, а выходные – результирующую меру сходства. Весовая функция L полностью определяет свойства такой модели.

Статистические свойства биометрических сравнений

Если распределения биометрических сравнений известны и определены совместными плотностями: $f(x_1, \dots, x_n)$ для образцов, принадлежащих разным людям, и $g(x_1, \dots, x_n)$ для образцов принадлежащих одному человеку, то статистика $\lambda = \ln g - \ln f$ дает мультибиометрическую меру сходства с минимальными ошибками идентификации. Соответственно λ также максимизирует произвольный функционал качества, монотонный по ошибкам первого и второго рода. Решение задачи находится следующим образом: $L(x_1, \dots, x_n) = \ln g(x_1, \dots, x_n) - \ln f(x_1, \dots, x_n)$.

Таким образом, задачу определения оптимальной меры сходства можно свести к задаче оценивания плотностей биометрических сравнений. Но на этапе обучения мультибиометрической системы (т.е. определения распределений биометрических сравнений) доступна довольно ограниченная информация для оценки статистических свойств биометрических систем.

Во-первых, при использовании эмпирических частот в качестве оценок истинных функций распределения наблюдают сильную зависимость от обучающей выборки и значительную дисперсию результатов обучения [8].

Во-вторых, даже при принятии определенных допущений о динамике ошибок распознавания дисперсия прогноза с уменьшением уровня КЛД растет неприемлемыми темпами. Аналогичную ситуацию наблюдают для большинства мультибиометрических технологий. Основная причина заключена в неспособности эмпирических плотностей к обобщению на генеральную совокупность. С уменьшением обучающей выборки доверительный интервал для плотностей расширяется. Соответственно, качество идентификации будет менее предсказуемым, что показано в работе [4].

В-третьих, следует учитывать, что мультибиометрические технологии применяют для построения систем идентификации с очень низким КЛД, поэтому существенной проблемой является верификация результатов. Существующих открытых баз данных недостаточно для исследования качества идентификации и обучения мультибиометрических систем, поэтому важной проблемой является использование обучающей информации по отдельным каналам, а также экстраполяция ошибок идентификации на значения, которые невозможно проверить в ходе операционных испытаний.

В-четвертых, использование эмпирических частот приводит к образованию непараметризуемого пространства правил принятия решений, что повышает вероятность неадекватного обучения [9].

Всего на сегодня зарегистрировано более двадцати методов биометрической идентификации. Очевидно, что большинство биометрических характеристик человека независимы, например: отпечаток пальца и радужная оболочка глаза, термограмма лица и форма руки и т.д. В этом случае биометрические сравнения также должны быть независимыми, поэтому плотности распределений можно факторизовать следующим образом: $g(x) = g_1(x_1) \dots g_n(x_n)$; $f(x) = f_1(x_1) \dots f_n(x_n)$.

Таким образом, итоговую меру сходства можно вычислить через функцию, зависящую только от свойств ровно одного биометрического сравнения:

$$L(x) = \ln g(x) - \ln f(x) = \sum_{i=1}^n (\ln g_i(x_i) - \ln f_i(x_i)) = \sum_{i=1}^n l_i(x_i).$$

Для статистически зависимых биометрических характеристик можно использовать методы оценивания плотностей распределений, которые оперируют с многомерным пространством результатов сравнений, в зависимости от уровня интеграции биометрических технологий. Статистические зависимости биометрических тестов на уровне характеристик объясняются следующими причинами: одна биометрика включает другую биометрику (форма и термограмма лица, отпечатки пальцев и отпечаток ладони), парный орган (радужка правого и левого глаза). При зависимости на уровне образцов биометрической характеристики качество распознавания может быть улучшено с ростом числа образцов, взятых при обучении, так как при этом компенсируется влияние искажающих факторов [10].

Наиболее распространенным случаем интеграции зависимых технологий является использование нескольких алгоритмов сравнений с целью улучшения качества распознавания и повышения надежности системы идентификации. Полученный комбинированный алгоритм можно рассматривать как новую одномодальную биометрическую технологию, что устраняет проблемы с верификацией результатов, так как обучение и испытания можно провести на доступных массивах по отдельным биометрическим характеристикам.

Для анализа возможностей интеграции нескольких биометрических характеристик рассмотрены данные публичных испытаний современных систем идентификации по изображению лица и отпечатку пальцев. В качестве исходных данных использовались результаты NIST Biometric Scores Set Release 1 [8] при случайном делении на обучающую и тестовую совокупность. В базе доступны данные сравнения биометрических характеристик: отпечатков правого и левого указательного пальца для 6000 человек, лица двумя алгоритмами для 3000 человек, лица двумя алгоритмами и пары отпечатков пальцев для 517 человек. Особенностью базы является то, что в ней хранятся результаты вызова функций сравнения, а не исходные биометрические данные.

Идентификация по отпечаткам пальцев и изображению лица является наиболее востребованной комбинацией биометрических характеристик для различных государственных приложений, так как очевидным образом совмещает практику использования данных полицейских дактилоскопических учетов и традиционной идентификации личности по фотографии. Сравнительный анализ в сопоставимой шкале эффектов от интеграции на различных уровнях (независимых модальностей, зависимых модальностей и алгоритмов) приведен на рис. 1.

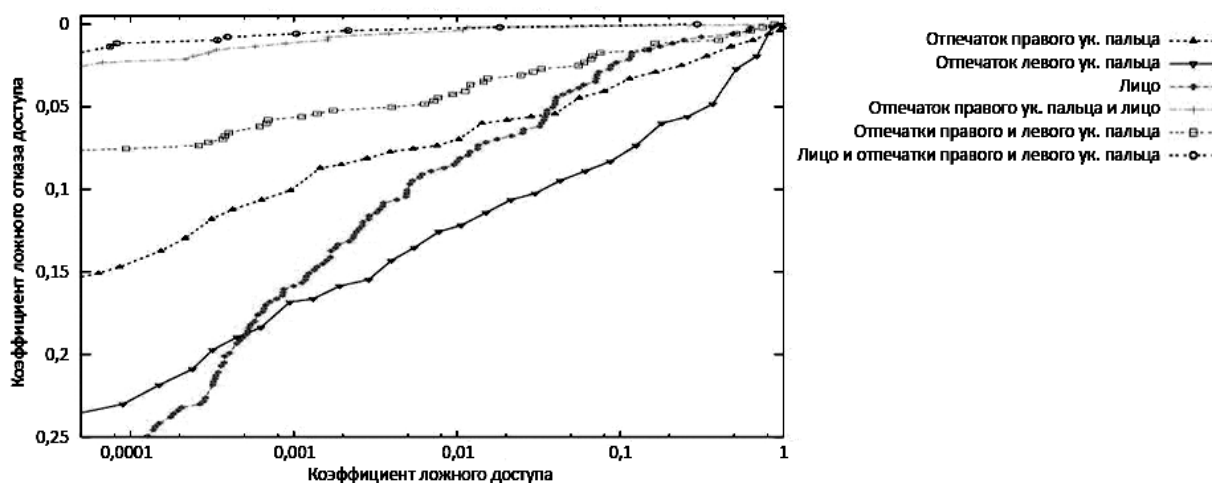


Рис. 1. Ошибки идентификации по изображению лица и отпечаткам пальцев

Соотношения времени и ошибок идентификации по базе данных NIST BSSR1 представлены в табл. 1. Из таблицы видно, что использование различных способов интеграции позволяет расширить диапазон эксплуатационных характеристик биометрической системы, добавление новых идентификаторов значительно снижает уровень ошибок идентификации. Применение различных стратегий идентификации, позволяет снизить скорость сравнения биометрических образцов и значительно сократить нагрузку на систему без потери качества распознавания.

Технологические показатели системы идентификации

Идентификатор	Число сравнений в секунду	КЛОД, КЛД 10^{-3}	КЛОД, КЛД 10^{-4}
Лицо	32000	0,185	0,262
Отпечаток левого указательного пальца	1900	0,131	0,166
Отпечаток правого указательного пальца	1900	0,127	0,165
Отпечатки правого и левого указательного пальца	От 950 до 1900	0,067	0,078
Отпечаток правого указательного пальца и лицо	От 1900 до 32000	0,024	0,032
Лицо и отпечатки правого и левого указательного пальца	От 950 до 32000	0,008	0,009

Заключение

Идентификация, основанная на использовании множества физических или поведенческих характеристик человека, является одним из перспективных направлений развития биометрических технологий. Основным преимуществом интеграции нескольких параметров является повышение надежности и качества распознавания, а также ускорение процесса идентификации, что позволяет значительно увеличить производительность биометрической системы.

Литература

1. Перспективные направления развития российской отрасли информационно-коммуникационных технологий (Долгосрочный технологический прогноз. Российский ИТ Foresight) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apkit.ru/>, свободный (дата обращения: 12.01.2012).
2. Haberman W. Automatic ID of personnel through speaker and signature verification – System description and testing / W. Haberman, A. Fejfar // Carnahan Conference on Crime Countermeasures. – 1976. – P. 23–30.
3. Fejfar A. Combining techniques for improve security in automated entry control. Carnahan Conf. On Crime Countermeasures, Mitre Corp., 1978. – 191 p.
4. Сеницын И.Н. Развитие технологий интеграции биометрической информации / И.Н. Сеницын, С.О. Новиков, О.С. Урмаев // Системы и средства информатики. – 2004. – Вып. 14. – С. 5–36.
5. . Expert conciliation for multimodal person authentication systems using Baycsian statistics / E. Bigun, J. Bigun, B. Due, S. Fischer // Proceedings of the International Conference on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication (AVBPA). – Vol. LNCS 1206. – Springer, 1997. – P. 291–300.
6. Griffin P. Topics for multi-biometric research // MMUA. – 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mmuaxs.ucsb.edu/>, свободный (дата обращения: 20.01.2012).
7. Руководство по биометрии / Руд М. Болл, Джонатан Х Коннел., Шарат Панканти и др. – М.: Техносфера, 2007 – 368 с.
8. NIST; Biometric Scores Set – Release 1 (BSSR1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nist.gov/biometricscores/>, свободный (дата обращения: 12.01.2012).
9. Сесин Е.М. Построение моделей идентификации личности, основанных на сравнении множества физических или поведенческих характеристик человека / Е.М. Сесин, В.М. Белов. – Вестник СибГУТИ. – 2011. – № 4 (16). – С. 41–49.
10. Facial recognition vendor test 2002 / P. Phillips, P. Grother, R. Micheals et al. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.frvt.org/>, свободный (дата обращения: 10.03.2012).

Сесин Евгений Михайлович

Аспирант каф. безопасности и управления в телекоммуникациях СибГУТИ, г. Новосибирск

Тел.: +7 (923) 644-88-42

Эл. почта: e.m.sesin@gmail.com

Белов Виктор Матвеевич

Д-р техн. наук, проф. каф. безопасности и управления в телекоммуникациях СибГУТИ

Тел.: +7(906) 963-84-83

Эл. почта: vmbelov@mail.ru

Sesin E.M., Belov V.M.

Personal identification system based on integration organization of several biometric characteristics of the person

The paper considers the problem of constructing systems of identification based on the integration of multiple physical or behavioral characteristics of humans. The main approach to the synthesis of this biometric model chosen integration methods based on single biometric identifier.

Keywords: personal identification, multibiometric.