

УДК 004.9-519.6

Луцків А.М. доц., к.т.н., Пасіка Д.Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ СИСТЕМ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ГОЛОСОМ

Lutskiv A. M. Assoc. Prof, Ph.D., Pasika D.R., group CIм-51

VOICE AUTHENTICATION SYSTEMS ALGORITHMS AND METHODS ANALYSIS

Аутентифікація людини за голосом все частіше використовується у широкодоступних мобільних та веб-сервісах, багато провідних компаній ведуть активні розробки в даній сфері, наприклад: Nuance Communications (Apple Siri, Dragon Go, Barclays Voice security), Microsoft (Microsoft Cognitive Services), Google (Cloud Speech API) та інші. Таку поширеність аутентифікації за голосом та розпізнавання мовлення легко пояснити поширеністю пристроїв отримання аутентифікаційних ознак, більшість комп'ютерних систем та периферії обладнані мікрофонами, що робить біометричну аутентифікацію за голосом універсальним методом біометричної аутентифікації.

Системи аутентифікації особи за голосом працюють у режимах реєстрації (ідентифікації) та аутентифікації. Основними етапами роботи системи аутентифікації в режимі реєстрації є:

- 1) відбір голосових даних з пристрою введення (мікрофону);
- 2) дискретизація вхідних даних.
- 3) попередня фільтрація отриманого сигналу;
- 4) мінімізація діагностичних характеристик шляхом розкладу в «ряди» (отримання коефіцієнтів розкладу)
- 5) формування біометричного еталону на основі кількаразового повтору особою ключової фрази (голосового паролю).

На етапі 5 система повинна визначити стабільність еталону: якщо коридор допустимих значень (який може визначатись на основі дисперсії) буде надто великим, то процедура реєстрація має бути проведена повторно.

До основних етапів роботи системи аутентифікації за голосом людини належать:

- 1) відбір голосових даних з пристрою введення (мікрофону);
- 2) дискретизація
- 3) попередня фільтрація отриманого сигналу;
- 4) мінімізація діагностичних характеристик шляхом розкладу в «ряди» (отримання коефіцієнтів розкладу)
- 5) порівняння набору отриманих коефіцієнтів з еталонними коефіцієнтами в рамках допустимого коридору значень зареєстрованої особи – процес аутентифікації.

Етапи 1-4 в режимах аутентифікації та реєстрації є ідентичними.

Перший та другий етапи є очевидними й передбачають отримання та оцифрування голосових даних, перехід від неперервної до дискретної форми сигналу. В системах голосової аутентифікації пристроями введення є мікрофони різних типів: конденсаторні, динамічні та стрічкові. Найпоширенішими є конденсаторні та динамічні, конденсаторні мікрофони мають доволі рівномірну амплітудно-частотну характеристику, проте потребують додаткового живлення, примхливі до кліматичних умов та мають значно більшу вартість ніж динамічні. Динамічні мікрофони менше залежать від кліматичних умов, мають нижчу вартість та легші, а це дає змогу використовувати їх в портативних пристроях. В комп'ютерній системі аналоговий

сигнал оцифровується за допомогою блоку аналогового-цифрового перетворювача, цей пристрій перетворює електричну напругу в двійковий код.

Третій етап полягає у відкиданні шумів та завад на основі цифрових фільтрів. Отримавши спектральне подання сигналу його потрібно очистити від шумів. Людський голос володіє відомими характеристиками, і тому ті області спектру сигналу, які не характеризують голос потрібно усунути. Для цього використовується функція, яка отримала назву «вікно Кайзера».

$$w(n) = \frac{I_0\left(\beta \sqrt{1 - \left(\frac{2n-N+1}{N-1}\right)^2}\right)}{I_0(\beta)},$$

де I_0 - модифікована функція Бесселя першого роду нульового порядку; β – коефіцієнт що визначає долю енергії, зібрану в головній пелюстці спектру віконної функції. Чим більше β тим більша доля енергії і ширша головна пелюстка, і менший рівень бокових пелюсток. На практиці використовують значення від 4 до 9.

Четвертий етап полягає у використанні одного з методів розкладу в ряди: вейвлет-перетворення, швидке перетворення Фур'є, перетворення Хаара. Найуживанішими є вейвлет-перетворення та швидке перетворення Фур'є.

П'ятий етап може бути реалізований на основі використання апарату математичної статистики, штучних нейронних мереж, або поєднання обох підходів. Стан нейрону нейромережі можна визначити за формулою: $S = \sum_{i=1}^n x_i w_i$, де n - кількість входів нейрону, x_i - значення i -го входу нейрону, w_i - вага i -го синапсу. Значення аксону нейрону визначається відповідно до: $Y = f(S)$, де f – функція активації. Найчастіше активаційною функцією виступає т.з. сигмоїд: $f(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}}$. Основна перевага цієї функції в тому, що вона диференційована на всій осі абсцис і має дуже просту похідну: $f'(x) = af(x)(1 - f(x))$, при зменшенні параметра a сигмоїд стає більш пологим, перетворюючись в горизонтальну лінію на рівні 0,5 при $a = 0$. При збільшенні a графік функції сигмоїду стає схожим до графіку функції одиничного стрибка. Якщо $X[1..N]$ і $Y[1..N]$ масиви чисел, однакового розміру N , що містять значення спектральної потужності першого та другого фрагментів відповідно. Тоді міра співпадіння між ними обчислюється за $f_{xy} = \frac{M_x M_y}{M_{xy}}$, де M_x і M_y математичне сподівання для масивів $X[1..N]$ і $Y[1..N]$ відповідно. Даний спосіб обчислення міри схожості двох фрагментів представлених у вигляді спектра є найоптимальнішим для задачі ідентифікації людини по голосу.

Системи аутентифікації характеризуються помилками першого (недопуск законного власника в систему) та другого роду (пропуск зловмисника), які оцінюються емпірично.

Література

1. Drew T. The Current State Of Authentication: We Have A Password Problem [Електронний ресурс] / Thomas Drew – Режим доступу до ресурсу: <https://www.smashingmagazine.com/2016/06/the-current-state-of-authentication-we-have-a-password-problem/>.
2. Цифровая обработка сигналов [Електронний ресурс] / кафедра АЭИ – Режим доступу до ресурсу: <http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=21619>.
3. О. В. Капшій. Вейвлет-перетворення у компресії та попередній обробці зображень / О. В. Капшій, О. І. Коваль, Б. П. Русин. – Львів: СПОЛОМ, 2008. – 208 с.
4. Желтов А. Идентификация пользователя по голосу [Електронний ресурс] / Антон Желтов. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/144580/>.