

14. Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу. -НД ТЗІ 2.5.-005 -99, ДСТСЗІ СБ України, Київ, 1999.

15. IT Baseline Protection Manual Bundesamt far Sicherheit in der Informationstechnik. 1998.

16. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. М. Мир.1973.

17. В.А. Жожикашвили, В.М.Вишневецький. Системы массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЕВМ. М., Радио и связь. 1988.

Надійшла 30.06.2005

УДК 681.3

І.Ю.Мануїлов

ТОНАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ВИЯВЛЕННЯ РАДІОМІКРОФОНІВ

Для напівавтоматичного й автоматичного виявлення радіозакладок у даний час широко застосовуються програмно-апаратні комплекси. У них реалізовані найбільш надійні принципи виявлення радіомікрофонів. До них відноситься просторово-тимчасова селекція, аналіз на гармоніки, перевірка на кореляцію акустичного сигналу усередині приміщення з прийнятим сигналом.

У даній статті розглядаються алгоритми виявлення радіомікрофонів, засновані на кореляції низькочастотних сигналів. Передбачається, що приймач апаратури виявлення побудований на радіосигнал і має відповідний тип детектора. Потрібно прийняти рішення про тім, є присутнім чи сигнал, випромінюваний усередині приміщення, у прийнятому радіосигналі чи ні. Для виявлення кореляції в апаратурі виявлення мається можливість формувати різні акустичні сигнали.

Розглянемо класичний алгоритм виявлення радіомікрофонів, застосовуваний у сучасних апаратно-програмних комплексах. Цей алгоритм був запозичений з теорії радіолокації і являє собою процедуру виявлення детермінованого сигналу з невідомою затримкою приходу і невідомим масштабним множником на тлі нормального гауссовського шуму невідомої інтенсивності [1, 2].

Постановка задачі для синтезу цього алгоритму припускає апіорну популярність форми сигналу, що виявляється. Це має місце тільки у випадку повної відсутності акустичних перекручувань. У результаті реверберації у акустичному середовищі з'являються додаткові спотворювання, що у даному алгоритмі не враховуються. Як тестовий сигнал звичайно вибирається сигнал з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ), тому що він володіє відмінною автокорреляційною функцією.

Передбачається, що заважаючий сигнал представлений у вигляді нормального гауссовського шуму. Нехай на вхід об'єкта надходить послідовність відліку сигналу $s(n)$,

де n - номер відліку сигналу $n = \overline{0, N}$. При справедливій гіпотезі H_0 вхідний сигнал являє собою шумову послідовність

$$S(n) = \xi_0(n),$$

де $\xi_0(n)$ - відлік шумового сигналу. При справедливій гіпотезі H_1 сигнал на вході об'єкта являє собою аддитивну суміш детермінованого тестового сигналу $a(n)$ і шуму

$$S(n) = ka(n) + \xi_1(n),$$

де k – масштабний коефіцієнт, обумовлений підсилювальними властивостями радіомікрофона, $\xi_1(n)$ – відліки шумового сигналу.

У даному випадку думаємо, що сигнал $a(n)$ є цілком відомим. У першому наближенні вибірки σ_0^2 і $\xi_1(n)$ можна прийняти за сукупність некорельованих гауссовських величин невідомої інтенсивності. Позначимо середні потужності шуму величинами σ_0^2 і σ_1^2 відповідно.

Задачу виявлення будемо вирішувати методом максимуму правдоподібності. У нашому випадку невідомими є параметри σ_0^2 , σ_1^2 і масштабний коефіцієнт k . З огляду на взаємну незалежність відліку сигналу $s(n)$, їхня спільна щільність розподілу імовірностей дорівнює добутку розподілів кожного відліку. Таким чином, ми одержуємо багатомірну щільність розподілу імовірностей випадкового вектора $X = (x_1, \dots, x_N)$

$$W_S(X | H_0) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_0)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_0^2} \sum_{n=1}^N x(n)^2\right),$$

$$W_S(X | H_1) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_1)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_{n=1}^N (x(n) - ka(n))^2\right).$$

Запишемо відношення функціоналів правдоподібності

$$I(S) = \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_1}\right)^N \frac{\exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_{n=1}^N (s(n) - ka(n))^2\right)}{\exp\left(-\frac{1}{2\sigma_0^2} \sum_{n=1}^N s(n)^2\right)}.$$

Оскільки інтенсивності шуму σ_1^2 , σ_0^2 , масштабний коефіцієнт k , обумовлений підсилювальними властивостями радіомікрофона, невідомі, доцільно використовувати їхні максимально правдоподібні оцінки

$$\sigma_0^{*2} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N s(n)^2,$$

$$\sigma_1^{*2} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (s(n) - ka(n))^2,$$

$$k^* = \frac{\sum_{n=1}^N s(n)a(n)}{\sum_{n=1}^N a(n)^2}.$$

Підставляючи замість невідомих величин у відношення функціоналів правдоподібності їх максимально правдоподібні оцінки і провівши ряд нескладних перетворень, одержимо

$$l(S) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\left(\sum_{n=1}^N s(n)a(n) \right)^2}{E_S E_A}} \right)^{\frac{N}{2}},$$

$$E_S = \sum_{n=1}^N s(n)^2,$$

де E_S – енергія сигналу $s(n)$,

$$E_A = \sum_{n=1}^N a(n)^2$$

E_A – енергія акустичного сигналу $a(n)$,

Звідси виразимо оптимальне правило ухвалення рішення про наявність радіомікрофона (справедливості гіпотези H_1)

$$\Lambda_0 < \left(\frac{1}{1 - \frac{\left(\sum_{n=1}^N s(n)a(n) \right)^2}{E_S E_A}} \right)^{\frac{N}{2}}.$$

Перетворимо нерівність до наступного виду:

$$\left| \frac{\sum_{n=1}^N s(n)a(n)}{\sqrt{E_S E_A}} \right| > \sqrt{1 - \Lambda_0^{-2/N}}$$

Права частина цієї нерівності є константою

$$Z_0 = \sqrt{1 - \Lambda_0^{-2/N}},$$

а оптимальне правило ухвалення рішення приймає вид $|Z(N)| > Z_0$, де

$$Z(N) = \frac{\sum_{n=1}^N s(n)a(n)}{\sqrt{E_S E_A}}$$

визначає кореляцію між сигналами $s(n)$ і $a(n)$.

У результаті акустичної реверберації випромінюваний сигнал сильно спотворюється, що погіршує характеристики алгоритму. Більш того, акустичне коливання приходить з деякою затримкою, обумовленою кінцевою швидкістю поширення звуку, що вимагає аналізу кореляції в часі. Тому для підвищення надійності виявлення пропонується змінити ідеологію

алгоритму і працювати не з імпульсними, а зі стаціонарними сигналами. Для цього в приміщенні випромінюється гармонійний сигнал, а на прийомній стороні аналізується стаціонарна його частина, тобто переключення на початковій і кінцевій ділянках, обумовлені перехідними акустичними процесами, не розглядаються. Час перехідних акустичних процесів визначається часом реверберації, що може бути обчислено чи виміряно відомим шляхом. Таким чином, задача виявлення радіомікрофона зводиться до задачі виявлення детермінованого гармонійного коливання з випадковою початковою фазою і невідомим масштабним множником на тлі нормального гауссовського шуму невідомої інтенсивності [1,2].

Синтез алгоритму можна провести аналогічно попередньому. У даному випадку акустичний сигнал $a(n)$ являє собою гармонійне коливання

$$a(n) = \cos(\omega n + \varphi), \quad \varphi \in [-\pi, \pi],$$

де ω - збільшення фази, φ - невідома початкова фаза

$$\omega = \frac{2\pi f}{F_s}$$

де f - частота гармонійного коливання, F_s - частота дискретизації.

Функціонали правдоподібності будуть мати вид

$$L_0(S) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_0)^N} \exp\left(-\frac{E_s}{2\sigma_0^2}\right),$$

$$L_1(S, \varphi) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_1)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2} \left(E_s - 2k \sum_{n=1}^N s(n) \cos(\omega n + \varphi) + k^2 E_a\right)\right).$$

У функціонала $L_1(S, \varphi)$ входить невідомий параметр φ . Щоб позбутися від цієї залежності, необхідно провести усереднення по φ .

Уведемо перемінну $Z = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$, де

$$z_1 = \sum_{n=1}^N s(n) \cos(\omega n), \quad z_2 = \sum_{n=1}^N s(n) \sin(\omega n)$$

тоді неважко показати, що

$$L_1(S, \varphi) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_1)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2} (E_s - 2kZ \cos(\varphi + \theta) + k^2 E_a)\right),$$

де

$$\theta = \arctan\left(\frac{z_2}{z_1}\right)$$

Усереднім функціонал правдоподібності $L_1(S, \varphi)$ по φ

$$L_1(S, \varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_1)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2} (E_s - 2kZ \cos(\varphi + \theta) + k^2 E_a)\right) d\varphi,$$

$$L_1(S, \rho) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_1)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2}(E_s + k^2 E_a)\right) I_0\left(\frac{kZ}{\sigma_1^2}\right),$$

де $I_0(x)$ – функція Бесселя чисто мнимого аргументу першого роду нульового порядку. Далі думасмо, що відношення сигнал/шум на виході корелятора обгинаючої велике

$$\frac{kZ}{\sigma_1^2} \gg 1$$

тоді буде справедлива наступна наближена рівність

$$L_1(S, \rho) \approx \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_1)^N} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_1^2}(E_s - 2kZ + k^2 E_a)\right)$$

Знайдемо максимально правдоподібні оцінки величин σ_1^2 і σ_0^2

$$\sigma_0^{*2} = \frac{E_s}{N},$$

$$\sigma_1^{*2} = \frac{E_s + k^2 E_a - 2kZ}{N}$$

Після заміни невідомих значень параметрів σ_1^2 і σ_0^2 їх максимально правдоподібними оцінками і виконання ряду простих перетворень відношення функціоналів правдоподібності прийме вигляд

$$l(S) = \frac{L_1(S)}{L_0(S)} = \left(\frac{E_s}{E_s + k^2 E_a - 2kZ}\right)^{\frac{N}{2}}$$

Максимально правдоподібна оцінка величини k дорівнює

$$k^* = \frac{Z}{E_A}$$

Підставляючи замість невідомої величини k у відношення функціоналів правдоподібності її максимально правдоподібну оцінку провівши ряд нескладних перетворень, одержимо

$$l(S) = \left(\frac{1}{1 - \frac{Z^2}{E_S E_A}}\right)^{\frac{N}{2}}$$

Звідси виразимо оптимальне прийняття рішення про наявність радіомікрофона

$$\Lambda_0 < \left(\frac{1}{1 - \frac{Z^2}{E_S E_A}}\right)^{\frac{N}{2}}$$

Перетворимо нерівність у наступний вид

$$\frac{Z^2}{E_S E_A} > \sqrt{1 - \Lambda_0^{-2/N}}$$

Права частина цієї нерівності є константою

$$Z_0 > \sqrt{1 - \Lambda_0^{-2/N}}$$

а оптимальне правило ухвалення рішення приймає вид

$$Z(N) > Z_0$$

де $Z(N)$ - кореляція огибаючої вхідного коливання

$$Z(N) = \frac{\sqrt{\left(\sum_{n=1}^N s(n)\sin(\omega n)\right)^2 + \left(\sum_{n=1}^N s(n)\cos(\omega n)\right)^2}}{\sqrt{E_S E_A}}$$

Ми отримали оптимальні правила рішення для обох алгоритмів і тепер необхідно порівняти їхні якісні показники в умовах акустичної реверберації. Оскільки акустичні спотворювання неможливо врахувати аналітично, то для оцінки якості виявлення варто скористатися наближеною акустичною моделлю приміщення і досліджувати якісні показники алгоритму методом статистичного моделювання.

На основі геометричної теорії акустики приміщень [3] можна побудувати спрощену акустичну модель, що враховує відбиття звукових коливань усередині приміщення. У [3] приведений ряд формул, що дозволяють розрахувати енергію і затримку приходу променів від будь-якого джерела звуку в припущенні, що мікрофон і дійсне джерело звуку розташовані в будь-яких місцях простору. Це досить складні формули з безліччю ступенів волі. У нашому випадку ми можемо зафіксувати розташування джерела тестового сигналу в будь-якій конкретній точці, наприклад, у геометричному центрі приміщення. І якщо ввести декартову систему координат з початком у геометричному центрі приміщення, то формула для обчислення відстані d між мікрофоном і мнимим джерелом звуку спроститься і прийме вид

$$d_{lmn} = \sqrt{(x \pm lX)^2 + (y \pm lY)^2 + (z \pm lZ)^2}$$

де l, m, n - індекси мних джерел звуку $\in [0, \infty]$ (випадок, коли $l=m=n=0$ - відповідає дійсному джерелу звуку),

x, y, z - координати мікрофона,

X, Y, Z - лінійні розміри приміщення.

При кожнім відображенні енергія акустичного сигналу зменшується в $1 - \alpha$ раз, де α - коефіцієнт звукового поглинання поверхонь. Таким чином, коливання, що впливає на мікрофон, прийме вид

$$a(t) = \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (1 - \alpha)^{(l+m+n)/2} a_N(t - d_{lmn}/C)$$

де $a_N(t)$ - сигнал джерела звуку,

C - швидкість поширення звуку в повітрі.

Коефіцієнт поглинання можна приблизно розрахувати виходячи з часу реверберації по формулі Сэбина [3,4]

$$\alpha = \frac{0.164V}{St_R}$$

де V - обсяг приміщення,
 S - площа поверхонь приміщення,
 t - час реверберації.

Дана модель вірна в припущенні, що мікрофон і джерело звуку ненаправлені, а приміщення досконале порожнє з формою паралелепіпеда і всієї його поверхні мають однаковий коефіцієнт поглинання. Також не враховуються втрати при поширенні звуку в повітрі, що для частот менш 4000 Гц дуже малі. Звичайно, така модель не претендує на повноту опису акустичної картини, але вона дозволяє якісно оцінити вплив акустичних перекручувань на форму прийнятого сигналу.

Проведемо статистичну оцінку якості виявлення для обох алгоритмів. Найбільш наявною є оцінка якості-за допомогою кривих виявлення, що відображають залежність між відношенням сигнал/шум γ_i імовірністю правильного виявлення D . Для кращої сприятливості ми будемо використовувати відношення сигнал/шум по потужності в логарифмічному масштабі γ , виражене в дБ (відношення потужності випроміненого акустичного сигналу до рівня шуму, приведену до входу об'єкта). Для моделювання акустичних властивостей приміщення скористаємося описаною моделлю. Як параметри моделі виберемо лінійні розміри приміщення рівні 4x6x10 м, час реверберації 0.53 і стандартну частоту дискретизації 8000 Гц.

На Рис.1 зображено криві виявлення для ЛЧМ алгоритму. У якості тестового використаний сигнал з лінійною частотною модуляцією 300-3400 Гц, тривалістю 1024 відліку. Кожна крива побудована по 11 точкам. Кожна точка є результат проведення 100000 досвідів. Для побудови графіка між крапками використовується сплайнова апроксимація. На кожному малюнку зображено чотири криві, що відповідають різним значенням імовірності помилкової тривоги $F=10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$ і відповідні значення граничних рівнів l_1, l_2, l_3, l_4 . Як показано в , границі розбірливості мови відповідає рівень -5 дБ. Таким чином, якість алгоритмів варто оцінювати при співвідношенні сигнал/шум у районі -15 дБ і вище.

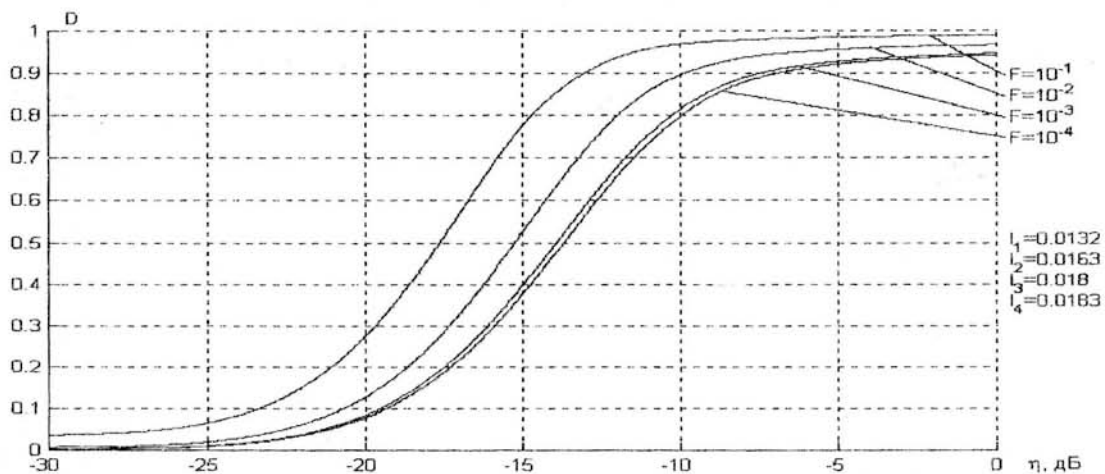


Рис.1. Криві виявлення для ЛЧМ алгоритму $N=1024$

На Рис.2 зображені криві виявлення для тонального алгоритму при тій же тривалості тестового сигналу.

Як видно з графіків, в умовах акустичних перевідображень тональний алгоритм має значно кращі якісні показники в порівнянні з алгоритмом, що використовує імпульсний сигнал. Наприклад, при відношенні сигнал/шум -15 дБ і імовірності помилкової тривоги 10^{-3} , тональний алгоритм забезпечує імовірність правильного виявлення близько 0.98, у той час як ЛЧМ алгоритм фактично не працює (імовірність правильного виявлення близько 0.4).

Крім того, тональний алгоритм має значно меншу обчислювальну складність у порівнянні з ЛЧМ алгоритмом, де час приходу сигналу невідомо.

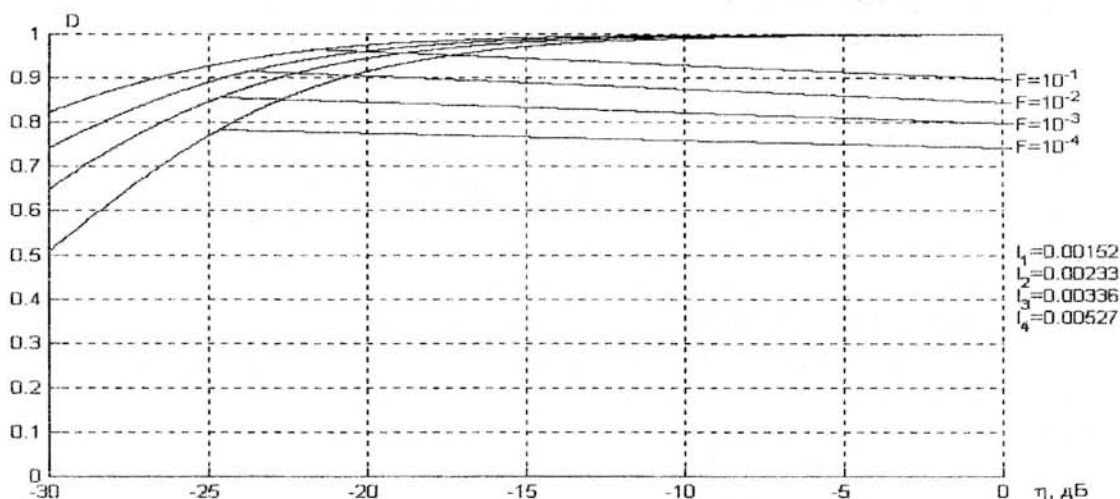


Рис.2. Криві виявлення для тонального алгоритму $N=1024$

Список літератури

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. - 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1989. -656 с.: ил. - ISBN 5-256-00264-3.
2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника М.: Советское радио, 1966 г
3. Маньковский В.С. Акустика студий и залов для звуковоспроизведения. - М.: Искусство, 1966. -376 с.
4. Акустика: Справочник / А.П. Ефимов, А.В. Никонов, М.А. Сапожков, В.И. Шоров; Под ред. М.А. Сапожкова. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь

Надійшла 18.08.2005
Після доробки 15.09.2005

УДК 004.415.2 (045)

В.І. Мазур, В.Ф.Сураєв, О.В.Іванкевич, Л.І.Моржова

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВВЕДЕННЯ БЛАНКІВ СУВОРОЇ ЗВІТНОСТІ ДО КОРПОРАТИВНОЇ БАЗИ ДАНИХ

Організація та використання систем управління електронним документообігом

Сучасні системи управління електронними документами формують нове покоління систем автоматизації підприємств. Основними об'єктами автоматизації в таких системах виступають документи (в найбільш широкому їх розумінні - від звичайних паперових до електронних будь-якого формату і структури) і бізнес-процеси, подані як рух документів і їх обробка. Такий підхід до автоматизації підприємств є водночас і конструктивним і універсальним, забезпечуючи автоматизацію документообігу і всіх бізнес-процесів підприємства в рамках єдиної концепції і єдиного програмного інструментарію.

Прийнявши документ за основну одиницю інформації на підприємстві, адміністратори і користувачі зможуть наглядно уявити собі функцію інформаційного менеджменту. Вони стають його активними учасниками. Тому система, яка впроваджується, повинна бути достатньо гнучкою, щоб дозволити підприємству почати процес вдосконалення бізнес-процесів. Якщо на підприємстві реалізовано електронний документообіг і співробітники