

ДЕТЕКТУВАННЯ СИГНАЛІВ В ПРИЙМАЧАХ КАНАЛІВ МІМО

Головін В. А., к.т.н., доцент; Бернацький С. О., магістр
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Канали зв'язку, побудовані на основі МІМО, забезпечують високі швидкості передачі даних, ефективне використання частотного ресурсу. В одній смузі частот передаються декілька інформаційних потоків які розділяються в приймачі на основі просторових відмінностей за технологією V-BLAST.

Запишемо сигнал на вході приймача каналу МІМО з M антенами передавача та N антенами приймача:

$$r = H \cdot a + n, \quad (1)$$

де H — $N \times M$ матриця каналу; $a = (a_1, a_2, \dots, a_M)$ — комплексний вектор сигналів передавача; $r = (r_1, r_2, \dots, r_N)$ — комплексний вектор сигналів приймача; $n = (n_1, n_2, \dots, n_N)$ — вектор шуму.

Коваріаційна матриця шуму

$$R_{nn} = E \left\{ (nn^H) \right\} = \sigma_n^2 I, \quad (2)$$

де σ_n^2 — дисперсія шуму. Потоки даних кожної антени випадкові та незалежні і потужність між ними розподілена рівномірно та коваріаційна матриця має вигляд:

$$R_{aa} = E \left\{ (aa^H) \right\} = \sigma_a^2 I, \quad (3)$$

де σ_a^2 — середня потужність сигналу, який випромінює одна антена. Вона пов'язана з загальною потужністю передавача:

$$\sigma_a^2 = \frac{P}{M}. \quad (4)$$

Задача приймача мінімізувати вектор похибки по відомій матриці H , характеристиках шуму, апріорної та апостеріорної інформації переданого та прийнятого сигналу.

Існує багато методів детектування для просторового мультиплексування каналів МІМО. Розглянемо тільки декілька можливих алгоритмів V-BLAST [1, 2, 3] які використовують різну інформацію для вибору порядку виділення символів для детектування та мають різну складність обчислення.

Алгоритм V-BLAST/ZF [2] використовує значення елементів матриці H згідно (5.в).

Ініціалізація:

$$W_1 = H^+, \quad (5.a)$$

$$i = 1. \quad (5.б)$$

Рекурсія:

$$k_i = \arg \min_{j \notin \{k_1, \dots, k_{i-1}\}} \left\| (W_i)_j \right\|, \quad (5.в)$$

$$y_{k_i} = (W_i)_{k_i} r_i, \quad (5.г)$$

$$\hat{a}_{k_i} = Q(y_{k_i}), \quad (5.д)$$

$$r_{i+1} = r_i - \hat{a}(H)_{k_i}, \quad (5.е)$$

$$W_{i+1} = H_{k_i}^+, \quad (5.є)$$

$$i = i + 1, \quad (5.з)$$

де $H^+ = (H^H H)^{-1} H^H$ псевдообернена матриця; H^H — транспонована комплексно спряжена матриця.

Алгоритм V-BLAST-MAP [2] ідентичний VBLAST-ZF, за винятком порядку, в якому детектуються символи. Замість того, щоб вибирати наступний символ згідно (5.в), тут набір усіх рішень потенційних символів класифікується з урахуванням їх апостеріорній вірогідності, так як оцінюється P_{ij} (6.д), апроксимація того, наскільки вірогідним є те, що $s_{ij} = a_j$.

Ініціалізація:

$$i = 1, \quad (6.a)$$

$$W_i = \frac{\rho}{M} H_i^H \left(\frac{\rho}{M} H_i H_i^H + N_0 I_N \right). \quad (6.б)$$

Рекурсія:

$$y_i = W_i r_i, \quad (6.в)$$

$$s_i = Q(y_i), \quad (6.г)$$

$$P_{ij} = \frac{f_{ij}(y_{ij} | s_{ij})}{\sum_{s \in A} f_{ij}(y_{ij} | s)}, j \notin \{k_1, \dots, k_{i-1}\}, \quad (6.д)$$

$$k_i = \arg \min_{j \notin \{k_1, \dots, k_{i-1}\}} \{p_{ij}\}, \quad (6.е)$$

$$\bar{a}_{k_i} = s_{ik_i}, \quad (6.є)$$

$$r_{i+1} = r_i - \hat{a}(H_i)_{k_i}, \quad (6.ж)$$

$$W_{i+1} = \frac{\rho}{M} H_{k_i}^H \left(\frac{\rho}{M} H_{k_i} H_{k_i}^H + N_0 I_N \right), \quad (6.3)$$

$$i = i + 1. \quad (6.и)$$

В (6.д) функція щільності задається:

$$f_{ij}(y_{ij} | s_{ij}) = \frac{1}{\pi \sigma_j^2} \exp \left\{ -\frac{1}{\sigma_j^2} \|y_{ij} - s_{ij}\|^2 \right\}, \quad \sigma_j^2 = N_0 \|(W_i)_j\|^2. \quad (7)$$

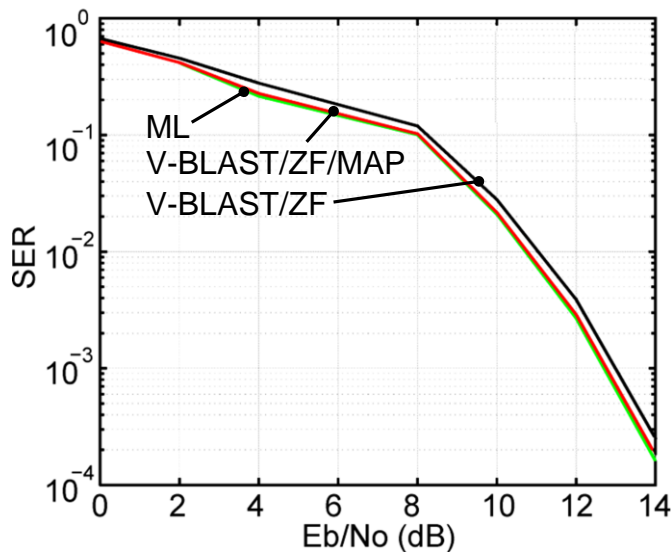


Рисунок 1. Імовірність символічної похибки для алгоритмів V-BLAST/ZF, V-BLAST/ZF/MAP

Складність обчислень в даному алгоритмі значно зростає. Для зменшення обчислювальних витрат заміною розрахунок оберненої матриці на рішення відповідної системи лінійних рівнянь, а для рішення системи використаємо ітераційні методи. Результати моделювання вказаних алгоритмів в MatLab показані на рис. 2 (M, N)=(4, 10).

Для порівняння алгоритмів також приведені результати моделювання методом максимальної правдоподібності.

Перелік посилань

1. Golden G. D., Foschini G. J., Valenzuela R. A., Wolniansky P. W. Detection algorithm and initially laboratory results using VBLAST space-time communication architecture // Electronics Letters. — 1999. — Vol. 35, № 1. — p. 14 – 15
2. В. Джиган. Алгоритмические основы технологии V-BLAST для беспроводной передачи даях // Первая миля. — 2007. — № 1. — с. 19 – 25.

Анотація

Розглянуті обчислювальні особливості алгоритмів детектування сигналів V-BLAST, приведені результати моделювання.

Ключові слова: MIMO, V-BLAST/ZF, V-BLAST/ZF/MAP.

Аннотация

Рассмотрены вычислительные особенности алгоритмов детектирования сигналов V-BLAST, приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: MIMO, V-BLAST/ZF, V-BLAST/ZF/MAP.

Abstract

The computational features of the algorithms for detecting the signal V-BLAST are considered, the simulation results are given.

Keywords: MIMO, V-BLAST/ZF, V-BLAST/ZF/MAP.