

## АНАЛОГОВИЙ ФІЛЬТР БЛУМА

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*У роботі проведено огляд принципу дії фільтра Блума та його застосування в реальних цифрових системах передачі даних. Отримано результати оброблення аналогових сигналів за допомогою фільтра Блума з параметрами  $m=18$  і  $k=3$ .*

**Ключові слова:** аналоговий сигнал, цифровий сигнал, фільтр Блума, шум.

### **Abstract**

*The paper reviews the principle of the Bloom filter and its application in real digital data transmission systems. The results of processing analog signals using a Bloom filter with parameters  $m = 18$  and  $k = 3$  are obtained.*

**Keywords:** analog signal, digital signal, Bloom filter, noise.

### **Вступ**

В сучасному світі розвиток технологій дозволяє оцифровувати вхідні аналогові сигнали з високою частотою дискретизації. При цьому часто виникає необхідність додаткової обробки вхідних сигналів [1]. Більшість пристроїв не має можливості зберегти потокові дані за великий проміжок часу для їх аналізу. Тому актуальною є структура фільтра Блума, яка дозволяє аналізувати великий потік вхідних даних з низькими накладними витратами.

Метою роботи є огляд принципу дії фільтра Блума та його застосування в реальних цифрових системах передачі даних.

### **Результати дослідження**

Фільтр Блума є імовірнісною структурою даних, яку можна використовувати, щоб побачити, чи не додавався елемент раніше.

Фільтри Блума працюють, обробляючи елемент за допомогою функції швидкого хешування, вибираючи біти з цього хешу та встановлюючи їх від 0 до 1 через певний інтервал у бітовому полі. Для того, щоб перевірити наявність елемента, вибираються ті самі біти. Багато елементів можуть мати біти, які перекриваються, але оскільки функція хешування дає унікальні ідентифікатори, якщо один біт з хешу все ще дорівнює 0, то ми знаємо, що він раніше не додавався.

Приклад фільтра Блума з  $m=18$  і  $k=3$ , який зберігає безліч  $\{x, y, z\}$ . Кольорові стрілки вказують на місця в бітовому масиві, що відповідають кожному елементу множині. Цей фільтр "Блума" може визначити, що елемент не входить у безліч, так як один з відповідних йому бітів рівний нулю (рис. 1).

У статті [2] описаний аналоговий фільтр Блума (ABF), який базується на алгоритмі описаному вище. Ключова відмінністю аналогового фільтра Блума полягає в тому ABF обробляє аналогові сигнали, які піддаються випадковим шумам і затримкам, тому в багатьох аспектах є більш складними. Також пропонуються методи одночасних запитів для бездротових мереж, які дозволяють точці доступу мережі збирати ключову керуючу інформацію від активних вузлів мережі з низькими накладними витратами.

Розглянемо кодування запиту ABF. На основі випадкового початкового значення, оголошеного точкою доступу та її ідентифікатора, кожен вузол вибирає  $K$  піднесучих. Активний вузол в основному передає однакову потужність на кожній обраній піднесучій. Якщо бути більш конкретним, він передає один символ OFDM, якому передують циклічний префікс відповідної довжини, і модулює вибрані піднесучі з одиничною амплітудою.

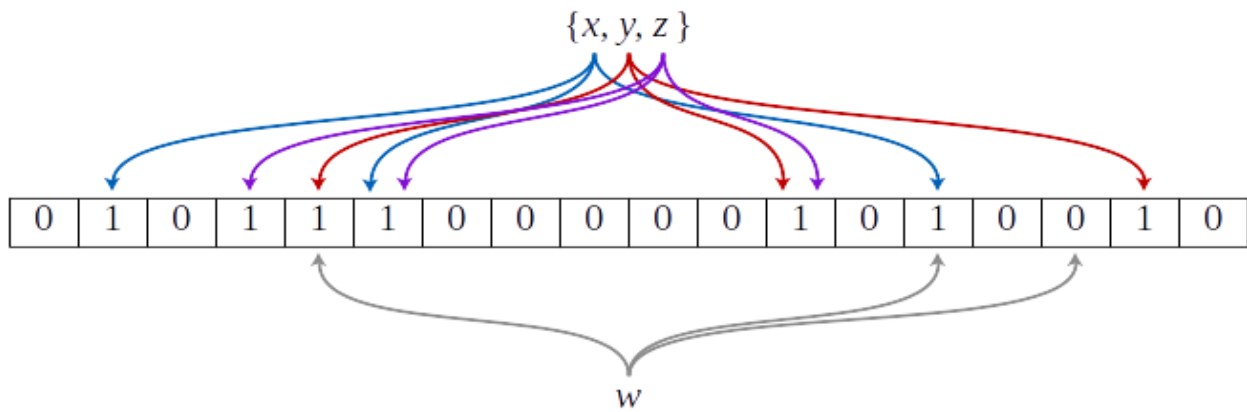


Рис. 1. Фільтр Блума з параметрами  $m=18$  і  $k=3$

За допомогою ABF вузол може відповісти точці доступу в одному біті. Якщо відповідь «1», вузол вважається активним, а в іншому випадку неактивним. Кожному вузлу в мережі призначається випадковий набір піднесучих. Активний вузол може передавати сигнали на призначених піднесучих на тому ж рівні потужності, що й для передачі даних, тобто активувати ці піднесучі. Непрацюючий вузол мовчить. Сигнали від усіх активних вузлів сумуються і приймаються точкою доступу. Точка доступу знає про призначення піднесучих і перевіряє потужності сигналу на піднесучих, щоб визначити ідентичність активних вузлів [3].

Точка доступу знає про призначення піднесучих і перевіряє потужності сигналу на піднесучих, щоб визначити ідентичність активних вузлів. На рис. 2 показаний простий приклад, де піднесучі (70, 150, 200) мають спостережувані потужності і є піднесучими, призначеними для вузла А, тому точка доступу може визначити, що вузол А є активним. На практиці проблема полягає в тому, щоб впоратися з колізією та нервною загасанням при низькій складності без інформації про стан каналу [4, 5]. Через випадкове призначення може статися зіткнення, тобто піднесуча призначається кільком вузлам. На рис. 2 вузли, відмінні від вузла А, є неактивними вузлами, з призначенням піднесучих одному непрацюючому вузлу, вузлу В, показано у вигляді чорних пунктирних ліній. Існує колізія на піднесучій 150, яка призначена як вузлу А, так і вузлу В, але точка доступу може вирішити колізію, оскільки бачить, що інші 2 піднесучі, призначені вузлу В, мають низьку потужність, і, отже, може визначити, що вузол В є фактично не активний. З нерівномірним загасанням потужності сигналу на різних піднесучих з одного вузла може змінюватися. Пунктирна крива, показана на рис. 2 для вузла А. Точка доступу має справлятися зі слабкими сигналами на деяких піднесучих, таких як піднесуча 70 для вузла А.

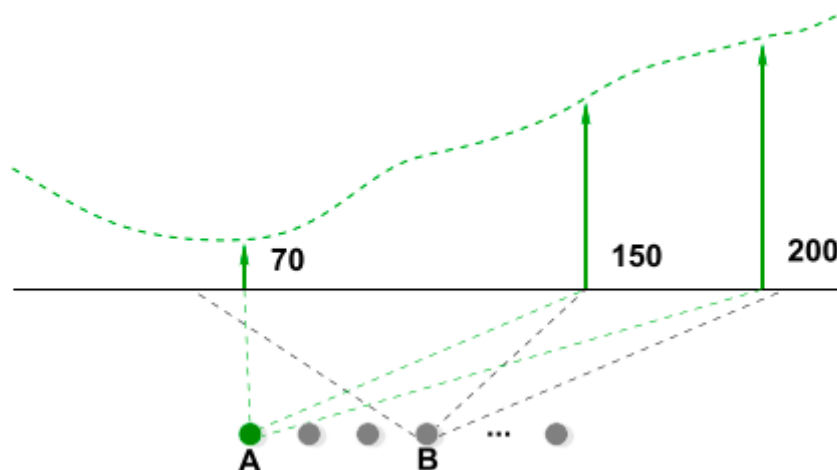


Рис. 2. Приклад ABF сигналу

## Висновки

Експериментальні результати показують, що після видалення деяких очевидних накладних витрат, характерних для тестового стенда, пропускна здатність рівня MAC становить понад 75% швидкості даних фізичного рівня навіть у дуже складних умовах трафіку [2].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. G. Cormode, T. Johnson, F. Korn, S. Muthukrishnan, O. Spatscheck, D. Srivastava. Holistic UDAFs at streaming speeds. In Proceedings of the 2004 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pages 35–46, 2004.
2. Zhenghao Zhang. Analog Bloom Filter and Contention-Free Multi-Bit Simultaneous Query for Centralized Wireless Networks, Oct. 2017, pp. 2916-2929, vol. 25
3. D. Havrilov, S. Baraban, A. Volovyk, O. Zviahin, A. Semenov A. Savytskyi. Real-Time Video Processing System based on Field Programmable Gate Array. 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2019, pp. 192-196, doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929758.
4. Mohammed Al-Maitah, Olena O. Semenova, Andriy O. Semenov, Pavel I. Kulakov, Volodymyr Yu. Kucheruk. A Hybrid Approach to Call Admission Control in 5G Networks. Advances in Fuzzy Systems, Volume 2018, Article ID 2535127. <https://doi.org/10.1155/2018/2535127>
5. Рудик А.В., Дрючин О.О., Семенов А.О. До визначення точності результатів вимірювань. Матеріали VIII МНПК “Наука і освіта ’2005”. Том 62. Техніка. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С.35-37.

**Козін Дмитро Олегович** — аспірант, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [dimakoua@gmail.com](mailto:dimakoua@gmail.com)

**Куляс Роман Олексійович** — аспірант, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [romakulyas94@gmail.com](mailto:romakulyas94@gmail.com)

**Семенов Андрій Олександрович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [semenov.a.o@vntu.edu.ua](mailto:semenov.a.o@vntu.edu.ua)

**Kozin Dmytro Olehovych** — PhD student, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [dimakoua@gmail.com](mailto:dimakoua@gmail.com)

**Kulias Roman Oleksiiovych** — PhD student, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [romakulyas94@gmail.com](mailto:romakulyas94@gmail.com)

**Semenov Andriy Oleksandrovych** — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Chair of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [semenov.a.o@vntu.edu.ua](mailto:semenov.a.o@vntu.edu.ua)