

ОЦІНКА ШВИДКОСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЇ VDSL2-VECTORING В УМОВАХ ПЕРЕХІДНИХ ЗАВАД

Носков В.І.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КІІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
e-mail: nvi2010@ukr.net*

ESTIMATION OF SPEED CHARACTERISTICS FOR VDSL2-VECTORING TECHNOLOGY UNDER CROSS TALKING INTERFERENCE CONDITION

VDSL2-vectoring technology is an improvement of the widely known VDSL2 technology, which is used as the "last inch" for fiber optic broadband access networks in FTTC (Fiber To The Curb/Cab) and FTTB (Fiber To The Building) architectures to provide a variety of multimedia services, including IPTV, OTT and others. VDSL2-vectoring technology allows you to compensate a cross talking interference at the far end of the cable (FEXT) and, thus, significantly increase the transmission speed in the section from the access point to the customer premises. Since FEXT depends on the cable length, it is interesting to determine the range of distances at which it is appropriate to use VDSL2-vectoring technology.

Технологія VDSL2-vectoring є вдосконаленням поширеної технології VDSL2, яка використовується у якості «останнього дюйму» в оптоволоконних широкосмугових мережах доступу в архітектурі FTTC (Fiber To The Curb/Cab) та FTTB (Fiber To The Building) для надання різноманітних мультимедійних послуг, включаючи IPTV, OTT та інших. Технологія VDSL2-vectoring дозволяє компенсувати вплив перехідних завад на дальньому кінці кабелю (FEXT) і, таким чином, значно збільшити швидкість передачі на ділянці від точки доступу до приміщень користувачів. Так як FEXT залежить від довжини кабелю, то цікавим є визначення діапазону відстаней, на яких доцільно використовувати технологію VDSL2-vectoring.

Технологія VDSL2 (ITU-T G.993.2) є високошвидкісною технологією, що використовується на останній ділянці оптоволоконної мережі доступу, довжина якої не перевищує 1 км.

Технологія VDSL2 працює по мідному кабелю, використовує лінійний сигнал DMT (Discrete Multi Tone) з кількістю несучих до 8192 (профілі 35a та 35b) і кроком несучих у 4,3125 кГц. Частотні канали, утворені за рахунок QAM-модуляції несучих, поділяються на дві групи, які використовуються у напрямках Downstream (від DSLAM до користувачів) та Upstream (у зворотному напрямку). Таким чином, смуги частот передачі і прийому не пересікаються і при організації багатьох ліній VDSL2 у спільному кабелі між ними мають місце тільки перехідні завади на дальньому кінці кабелю, які визначаються коефіцієнтом перехідних завад FEXT (Far End Cross Talking). Перехідні завади на дальньому кінці кабелю залежать від його довжини та частоти сигналу. Для оцінки впливу перехідних завад на дальньому кінці кабелю використовують таке поняття як захищеність на дальньому кінці кабелю, яке є відношенням потужності сигналу до потужності перехідної

завади на дальньому кінці кабелю і позначається як ELFEXT (Equal Level FEXT). Для оцінки ELFEXT в поширеному на мережах кабелю типу ТПП пучкової скрутки існує наступна емпірична формула [3]:

$$ELFEXT(f, l, m) = 56 - 6 \lg(m - 1) - 20 \lg\left(\frac{f}{300}\right) + 10 \lg\left(\frac{l}{280}\right), \quad (1)$$

де: f – частота, кГц; l – довжина кабелю, м; m – кількість пар, що використовуються в кабелі для організації VDSL2-ліній; 56 дБ – відповідає мінімально допустимому значенню захищеності на дальньому кінці лише для двох взаємо-впливаючих пар в елементарному пучку кабелю завдовжки 1 км на частоті 300 кГц; 280 – довжина кабелю в метрах, для якої були визначені компоненти формули.

Перехідна завада на дальньому кінці кабелю є адитивною до сигналу DMT. В результаті DMT-символи в точці прийому змінюють амплітуду і фазу. Це проявляється у відхиленні координат сигнальної точки прийнятого символу від того, що очікується (рис. 1).

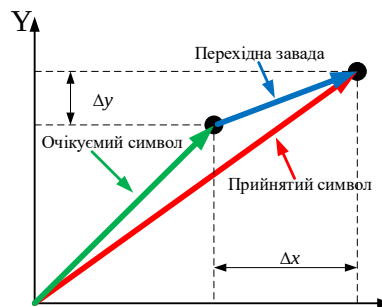


Рис. 1. Результат впливу перехідної завади на прийом символів.

Відхилення вектору символу призводить до помилки в прийнятті рішення про поточний символ. Для компенсації впливу перехідних завад на дальньому кінці кабелю була запропонована технологія «векторингу» (ITU-T G.993.5) як вдосконалення стандарту VDSL2. Технологія «векторингу» використовує корекцію амплітуди та фази символів DMT так, щоб на приймальній стороні після впливу перехідних завад їх амплітуда та фаза відповідали правильним значенням (рис. 2).

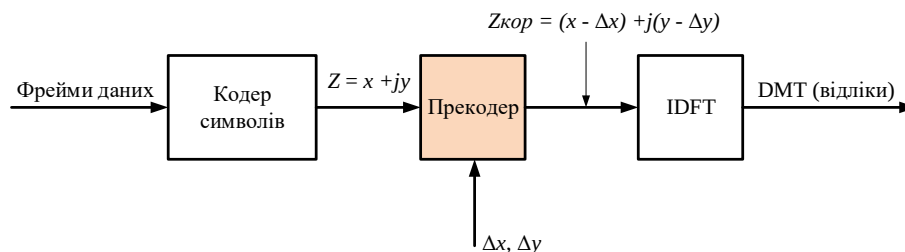


Рис 2унок. Коригування координат сигнальних точок при «векторингу».

Функціональний вузол керування «векторингом» в модемі користувача вираховує відхилення по двом координатам сигнальної точки (Δx та Δy) для символів пілотних послідовностей і надсилає повідомлення в DSLAM.

Прийнявши це повідомлення, DSLAM в спеціальному прекодері віднімає від координат сформованих сигнальних точок значення відхилень, тобто корегує їх положення. Треба зауважити, що сигнали передачі повідомлень про відхилення координат сигнальних точок самі по собі створюють перехідні завади. Таким чином, повністю компенсувати перехідні завади неможливо. Для оцінки ступеню компенсації FEXT вводиться коефіцієнт компенсації (K_{FEXT}) [3], який визначається відношенням потужності перехідних завад в будь-якій парі без застосування «векторингу» до потужності перехідних завад з використанням «векторингу». Як зазначено в [3], цей коефіцієнт при умові однакової потужності передавачів (практично завжди виконується), $m \geq 2$ та однакового значенні FEXT між будь-якими парами можна записати наступним чином:

$$K_{FEXT}(\text{дБ}) = ELFEXT(m, f, l) - 10\lg(m - 1) \quad (2)$$

За допомогою програми xDSLcalc розраховані залежності швидкості передачі в кабелі ТПП 20х2х0,4 пучкової скрутки від довжини кабелю як без «векторингу», так і з «векторингом», враховуючи, що ELFEXT для такого кабелю на частоті 1000 кГц та довжині 1 км становить орієнтовно 41 дБ [3]. Результати розрахунків залежності швидкості передачі від відстані з використанням векторингу та без нього наведені на рис. 3.

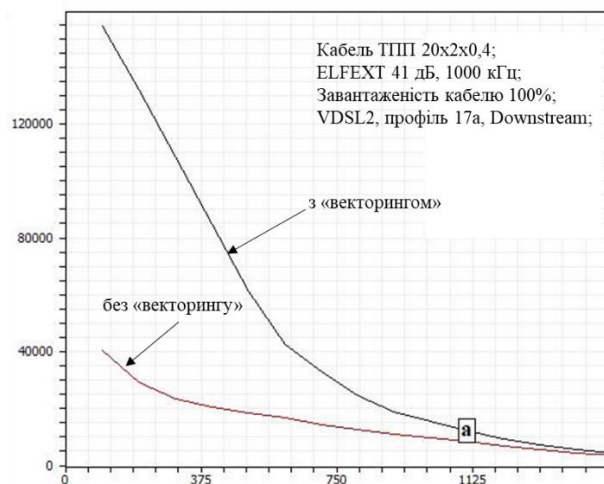


Рис. 3. Залежності швидкості передачі від відстані з використанням «векторингу» та без.

З отриманих результатів (рис. 3) слідує, що технологія VDSL2 vectoring суттєво збільшує швидкість передачі навіть при 100% завантаженні кабелю на відстанях до 1 км. На більших відстанях, внаслідок зниження рівня перехідних завад на дальньому кінці кабелю, використання VDSL2 vectoring практично не дає ніякого ефекту в плані збільшення пропускної здатності лінії VDSL2.

Література

1. ITU-T Recommendation G.993.2, 2019
2. ITU-T Recommendation G.993.5, 2019
3. Balashov V.O., Lyakhovetskiy L.M., Oreshkov V.I. "Broadband access features by VDSL2 technology using crosstalk compensation system «vectoring»." SWorld Scientific Issue №3 (2015). Volume 3: 186-193.