

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОТОКОЛІВ ОПТИЧНОЇ КОМУТАЦІЇ БЛОКІВ В ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

Klymash M.M., Kaidan M.V. Effectiveness of protocols optical burst switching in the transport network.

Analysis optical burst switching different protocols depending on the network workload this paper was conducted. When the network is overloaded almost TAW protocol appropriate to use at maximum load of packages in Burst was established. In order to minimize losses Burst are necessity of existence buffer places in the optical burst switching when used the protocol JET. For protocol INI proposed select separate optical channels of JET and TAW protocols. Depending on the size of Burst use different protocols in the proposed. In order to reduce losses, the optical buffer are full, to transfer data to the receiver core node in this paper was proposed. By using percolation theory to conduct research of effective optical burst switching different protocols was proposed. Research results allow to determine the optimal conditions for data transmission according to the probability of channels occupation for various number of core nodes

Keywords: OBS, TAW, JET, INI, core nodes, network workload, percolation.

Климаш М.М., Кайдан М.В. Ефективність протоколів оптичної комутації блоків в транспортній мережі.

В роботі проведено дослідження ефективності протоколів оптичної комутації блоків в залежності від завантаження мережі. Представлено ефективність використання протоколів сигналізації для передавання даних з різними розмірами блоків. Запропоновано не втрачати блоки, які надходять на переповнений оптичний буфер, а передавати на транзитний вузол. Проведено дослідження ефективності протоколів оптичної комутації блоків з використанням теорії перколяції.

Ключові слова: OBS, TAW, JET, INI, транзитні вузли, завантаженість мережі, перколяція.

Климаш М.Н., Кайдан Н.В. Эффективность протоколов оптической коммутации блоков в транспортной сети.

В работе проведено исследование эффективности протоколов оптической коммутации блоков в зависимости от загруженности сети. Представлена эффективность использования протоколов сигнализации для передачи данных с разными размерами блоков. Предложено не терять блоки, которые поступают на переполненный оптический буфер, а передавать на транзитный узел. Проведено исследование эффективности протоколов оптической коммутации блоков с использованием теории перколяции.

Ключевые слова: OBS, TAW, JET, INI, транзитные узлы, загруженность сети, перколяция.

Вступ

Постійний інтенсивний розвиток мережі, ставить високі вимоги до телекомунікаційної мережі [1]. Особлива увага є до оптичної транспортної мережі, яка повинна забезпечувати максимальну пропускну здатність і передавати різноманітне навантаження з великою швидкістю. Одним із способів вирішення поставлених проблем є Optical Burst Switching (OBS) [2-4]. В основі роботи OBS являється застосування часової оптичної комутації, як тільки сформується відповідний блок даних [5-6]. На сьогодні сформовані три основні протоколи сигналізації OBS: Just Enough Time (JET), Tell-and-Wait (TAW), чи Intermediate Node Initiation (INI), детальний опис, яких представлено в роботах [7-8]. Постає питання, який з існуючих протоколів (JET, TAW чи INI) можна ефективно використовувати в OBS. Наприклад, на сьогодні незрозуміло є для протоколу INI, до якого вузла ефективно використовувати TAW, а потім INI. Отже, метою цієї роботи визначити, можливість доцільного використання в оптичній транспортній мережі з OBS протоколів JET, TAW та INI.

1. Аналіз ефективності протоколів TAW та JET в залежності від завантаження мережі

В роботі проведено дослідження завантаження мережі ($\rho=\lambda/\mu$) в залежності від часу обслуговування, втрат, та очікування для різних протоколів. Обслуговування на вузлах (μ) є однаковим і постійним, а інтенсивність вхідного навантаження на вузлах (λ) змінювалась у залежності від дослідженого випадку для ρ , залежала від зовнішнього навантаження (коли вузол передає навантаження на інші вузли) і від навантаження, що проходить через вузол (вузол використовується як транзитний).

Зауважимо, що трафік службових даних найменшим є для протоколу JET, для протоколу TAW збільшується вдвічі, а для INI є проміжним і залежить від вибору граничного вузла. Тобто найшвидше передача даних буде протоколом JET, коли місць в буфері немає, але зростає кількість втрат особливо при $\rho>0,5$, тому для зменшення втрат для протоколу JET ефективно використовувати буферізацію [4].

Необхідно зазначити, що при формуванні блоків в OBS кількість пакетів [5,6] може бути максимально можливою 200 пакетів, ефективно 150 пакетів, або нормальному 100 пакетів при максимальному розмірі пакетів 65535 байт і мінімальному 512. Дослідження показали [5,6], що при використанні місця в буфері 200 пакетів по 65535 байт, протокол JET не ефективно використовувати у порівняно з протоколом TAW. А вже при ефективному використанні 150 пакетів у блок, протокол JET є ефективним.

При максимальному завантаженні пакетів у блок протокол TAW є гіршим, якщо $\rho<0,85$. На рис.1а, коли $\rho=0,8$ спостерігаємо, що протокол TAW є відчутно гірший по часу доставки навантаження від протоколу JET. Причому для JET не має відчутної різниці яка кількість місць є у буфері, але на рис.1б бачимо, що втрати спостерігаються лише коли буферного місця нема. При $\rho>0,85$ доцільно використовувати протокол TAW, оскільки час доставки для JET є гіршим рис.2 коли $\rho=0,999$ (за виключення, коли місць у буфері нема), а втрати зростають.

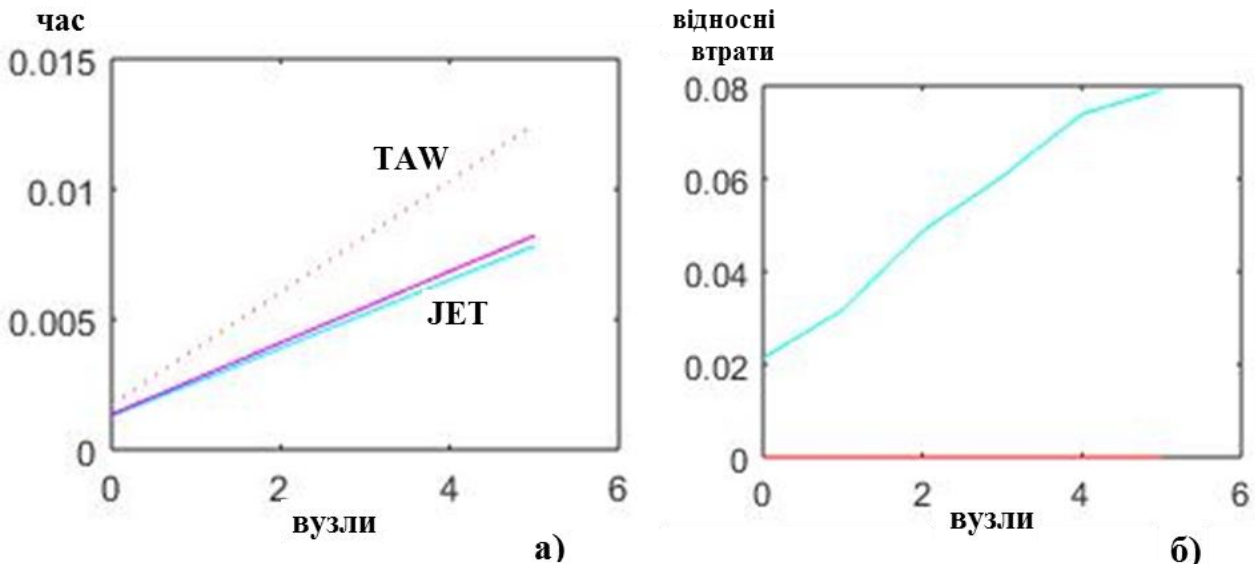


Рис.1. Графіки залежності кількості транзитних вузлів при максимальному завантаженні пакетів у блоках від: а) часу доставки даних; б) відносно втрат для протоколу JET

При ефективному завантаженні пакетів у блок протокол TAW не доцільно використовувати рис.3, коли $\rho=0,98$. Час доставки для протоколу JET майже однаковий, коли місць у буфері є більше двох (рис.3а), але втрати є малими (прямують до нуля) коли кількість місць є більше чотирьох рис.3б.

2. Дослідження ефективності процесу передавання пакетного трафіку у мережі OBS при використанні різних протоколів сигналізації

Головним завданням протоколу INI є максимальне використання переваг кожного з протоколів JET та TAW. Найпростіше принцип роботи протоколу INI пояснюється тим, що до певного вузла передача даних передається згідно протоколу TAW, а далі вже згідно протоколу JET. Отже необхідно визначити, при якій кількості транзитних вузлів ефективно використовувати протокол INI.

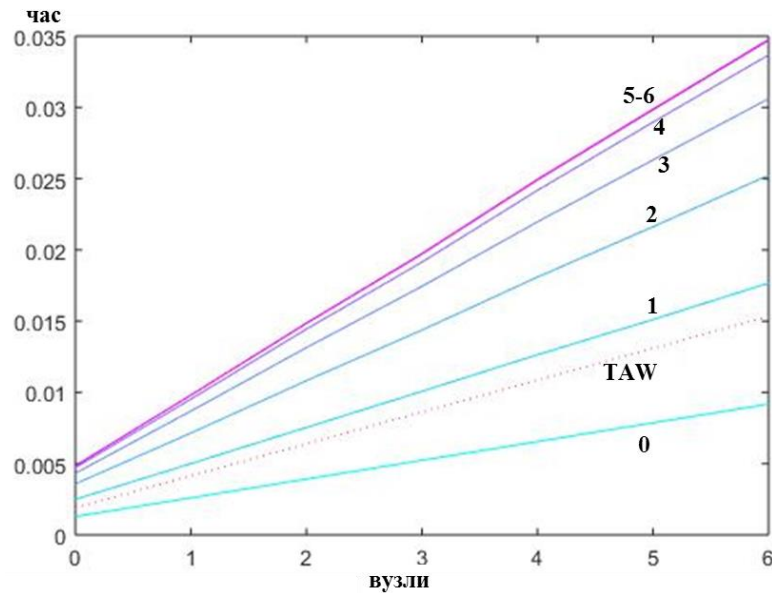


Рис.2. Графіки залежності кількості транзитних вузлів від часу доставки даних при максимальному завантаженні пакетів у блоках (числа відповідають кількості місць у буфері при протоколі JET)

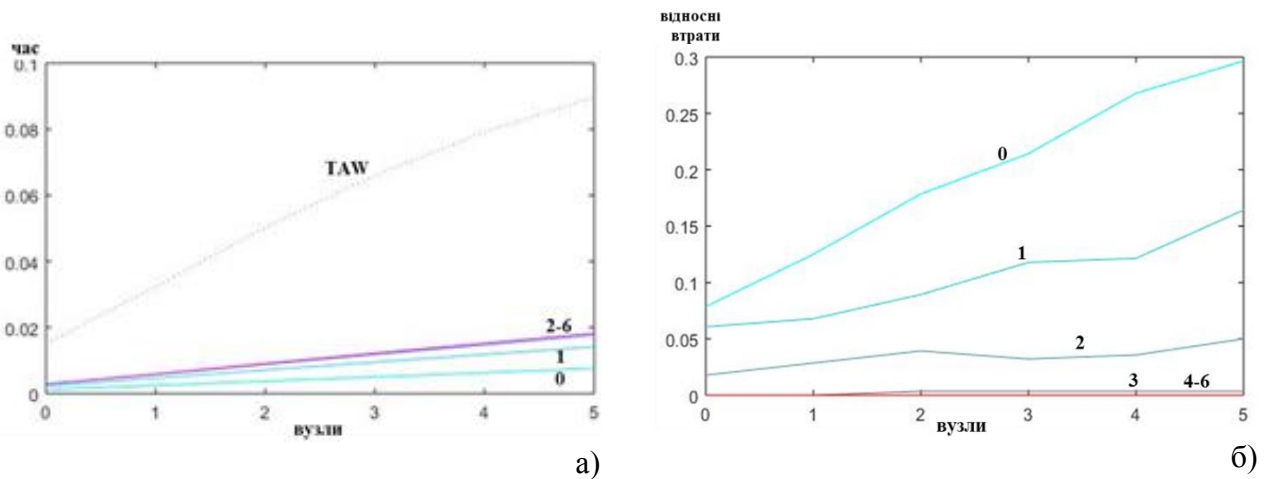


Рис.3. Графіки залежності кількості транзитних вузлів при ефективному завантаженні пакетів у блоки, від: а) часу доставки даних; б) відносно втрат для протоколу JET (числа позначено кількість місць у буфері при протоколі JET)

З представлених тут досліджень випливає, що для INI при максимальному завантаженні пакетів у блок, коли ρ прямує до повного завантаження мережі, доцільно протокол TAW передавати до середнього транзитного вузла. Отже, коли службові дані надійдуть до приймаючого вузла, то блоки можливо будуть перебувати вже на граничному транзитному

вузлі. У випадку коли граничного транзитного вузла нема, то з врахуванням рис.2 доцільно здійснювати передачу даних згідно протоколу TAW. Отримані результати представлено на рис.4, причому час передачі майже не залежить від, кількості місць у буфері. Водночас втрати є суттєвими тільки коли місць у буфері нема.

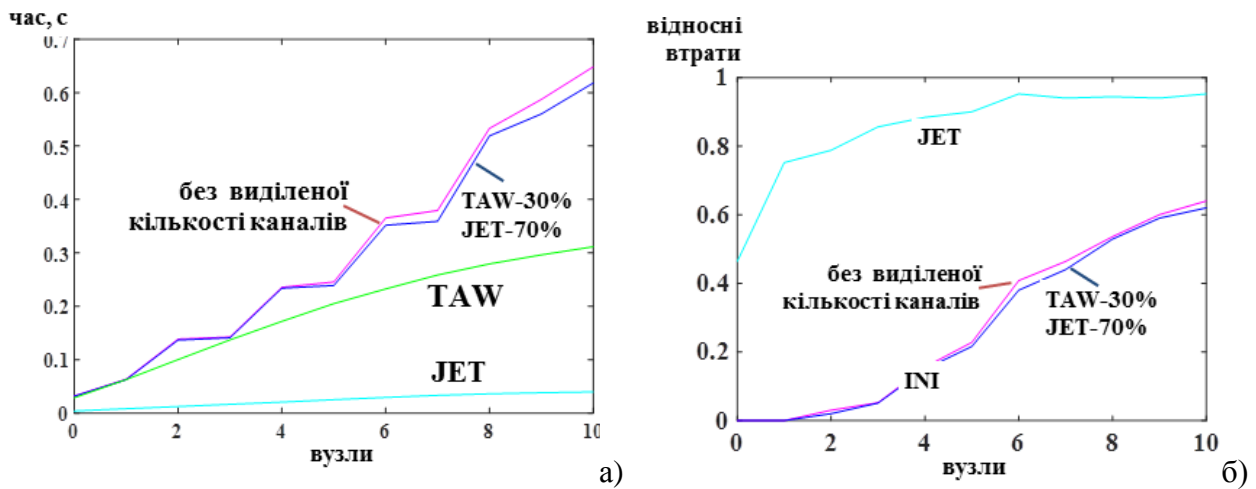


Рис.4. Графіки залежності кількості транзитних вузлів при максимальному завантаженні пакетів у блок, для TAW, JET та INI і граничний вузол є середній транзитний вузол при двох місць у буфері з виділеним і без виділеною кількістю оптичних каналів від: а) часу доставки даних; б) відносних втрат

Аналізуючи на рис.4, коли $\rho=0,999$ спостерігаємо, що для протоколу INI, графік залежності не є лінійний. Оскільки, вибір середнього вузла є строгим коли кількість транзитних вузлів є непарна, тобто рівна кількість вузлів працює згідно протоколам TAW та JET. Коли кількість вузлів є парною, то необхідно ставити умову вибору з двох можливих середніх вузлів в якості граничного вузла, а саме випадок коли граничний вузол вибирається ближчий до приймача (рис.4), або до передавача. В кожному з можливих випадків на один вузол довше працює протокол TAW (перший варіант) або JET (другий).

Видається доцільним розглянути для протоколу INI можливість виділити окремо оптичні канали для протоколу JET і для протоколу TAW. Для визначення ефективного співвідношення кількості у відсотках каналів виділено для протоколу TAW, а іншої для JET проведено дослідження в залежності від часу передачі даних і їх втрат (рис.5, коли $\rho=0,98$ та рис.6, коли $\rho=0,999$) при різній кількості транзитних вузлів.

При малій кількості каналів від 5% до 15% для протоколу JET або TAW, час передачі збільшується різко. Важливими результатами згідно рис.5б та рис.6б є виникнення втрат в залежності від кількості каналів, що використовуються для протоколів JET і TAW. Майже від 20% до 60 % при використанні каналів протоколом TAW втрат немає, коли середня завантаженість мережі є $\rho=0,98$ (рис.5б). При майже повному завантаженні мережі (рис.6б), втрати є мінімальні, коли біля 20-30 % оптичного каналу використовується протоколом TAW.

На рис. 4. для протоколу INI представлено залежність, коли 30% каналів виділено для протоколу TAW, а інша для JET.

Враховуючи попередні проведені дослідження пропонується передавати блоки з використанням OBS, в залежності від розміру блоків. Для випадку при ефективному чи нормальному завантаженні пакетів у блок передавати згідно протоколу JET, а вже при більшому завантаженні (при максимальному) пакетів у блок використовувати TAW.

Проводячи аналіз отриманих результатів спостерігаємо, що коли місць у буфері немає, то час затримки фактично співпадає, як при передачі даних згідно протоколу JET. Водночас, час затримки є меншими, коли передача даних здійснюється протоколом JET або TAW в залежності від розміру блоку, коли є певна кількість місць буфері в OBS. Зокрема, для прикладу на рис.7 представлено випадок коли є два місця у буфері, коли $\rho=0.98$.

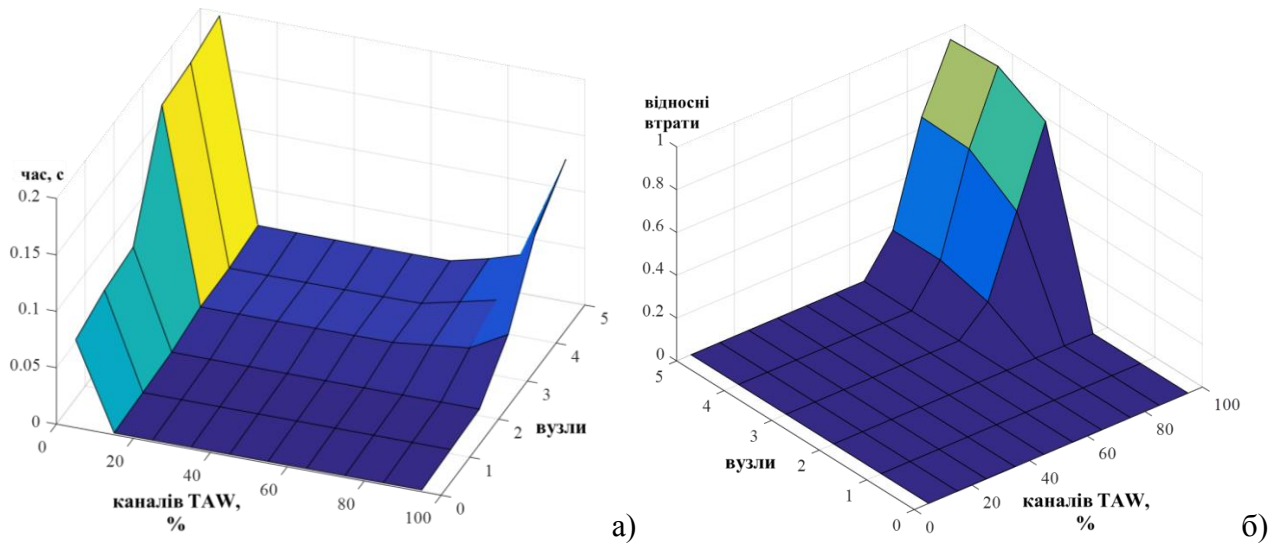


Рис.5. Діаграма для протоколу INI в залежності кількості транзитних вузлів та частки каналів протоколу TAW при максимальному завантаженні пакетів у блок від: а) часу доставки даних; б) частки втрат

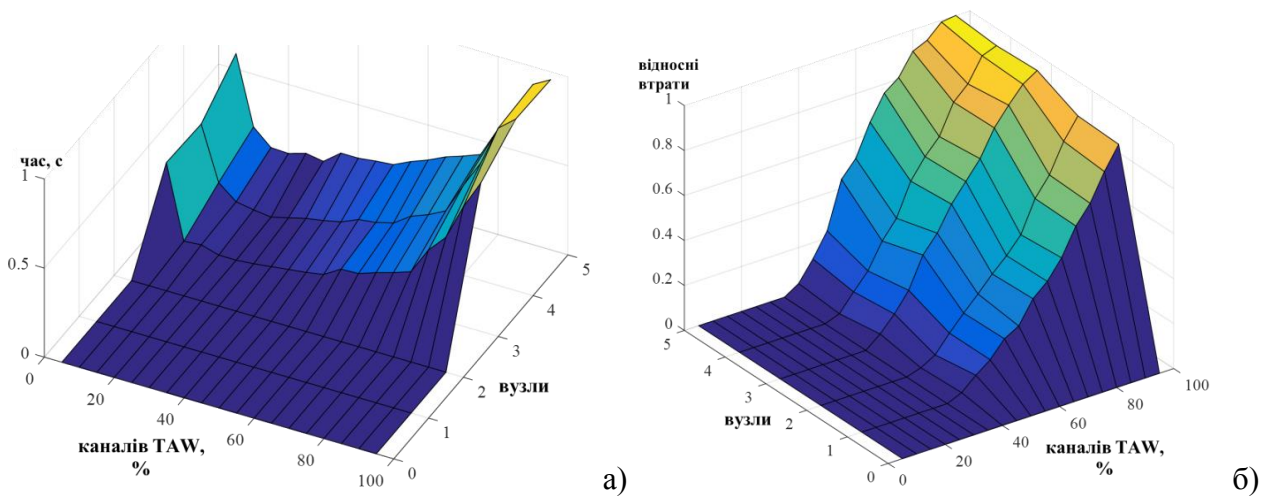


Рис.6. Діаграма для протоколу INI в залежності кількості транзитних вузлів та частки каналів протоколу TAW при максимальному завантаженні пакетів у блок від: а) часу доставки даних; б) частки втрат

Для протоколів JET та INI пропонуємо не втрачати блоки, які надходять на переповнений оптичний буфер, а передавати їх на приймач транзитного вузла та здійснювати перетворення сигналу в електричний. Можливість зайняти вільне місце в оптичному буфері, або передавати дані у вільному каналі має блок, що найдовше знаходиться в транзитному вузлі, який перетворюється в оптичний сигнал. Найнижчий пріоритет має блок даних, що найпізніше надходить на даний транзитний вузол.

Отримані результати показали, що при перевантаженні мережі час доставки даних не є гіршим (рис.8, коли $\rho=0,98$), але втрата блоків майже відсутня. Втрати, якщо і виникають, то у тих рідких випадках коли час перебування в мережі даних є більшим згідно вимог існуючих стандартів.

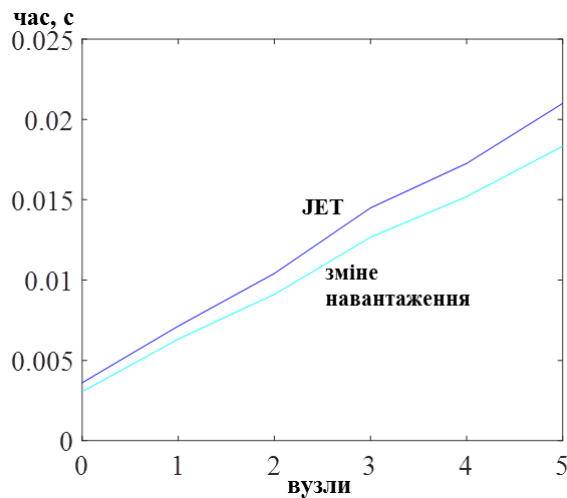


Рис.7. Графіки залежності часу доставки даних при змінному завантаженні пакетів у блок протокол JET і в залежності від розміру блоків

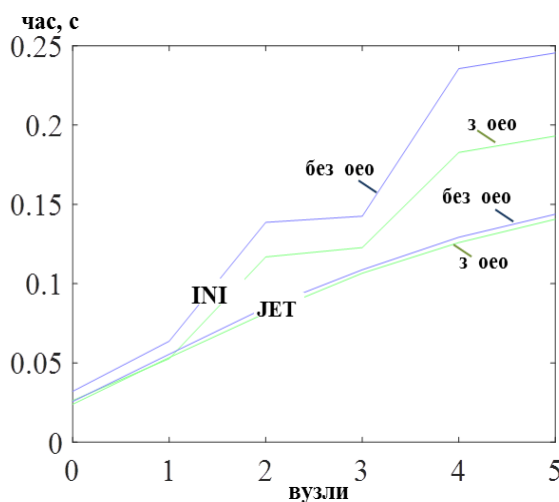


Рис.8. Графіки залежності часу доставки даних при максимальному завантаженні пакетів у блоків з можливим оптоелектронним (оео) і без перетворенням для протоколів JET та INI

3. Ефективність протоколів OBS в оптичній транспортній мережі в залежності від зайнятості каналів

Для глибинного аналізу ефективного використання OBS в оптичній транспортній мережі пропонується використати теорію перколяції [10].

Вважатимемо, що канал вважається зайнятим, коли повністю блок не можна передати, оскільки або в цей момент часу з врахуванням певного проміжку часу. Оскільки, коли даний блок буде передаватися і не повинен надійти інший блок на цей канал, який міг бути зарезервоване завчасно.

Для визначення можливості передачі між вузлами використовувалась модель тензорного аналізу та транспортна задача лінійного програмування [11].

Аналіз результатів показав, що час доставки збільшується при ймовірності завантаження каналів від 0,8 і вище для протоколу INI, коли граничний вузол є середнім (рис.9,а). Водночас втрати блоків залежать від кількості транзитних вузлів (рис.9,б). При два і менше транзитних вузлів, то втрати є незначними навіть при великій ймовірності завантаження каналів (0,9-0,95). При чотирьох або п'яти транзитних вузлах втрати не суттєві лише при 0,15-0,2 ймовірності завантаження каналів. Таким чином, коли передавати блоків є доцільним при малій кількості транзитних вузлів і лише при 0,15 ймовірності завантаження каналів для великої кількості транзитних вузлів.

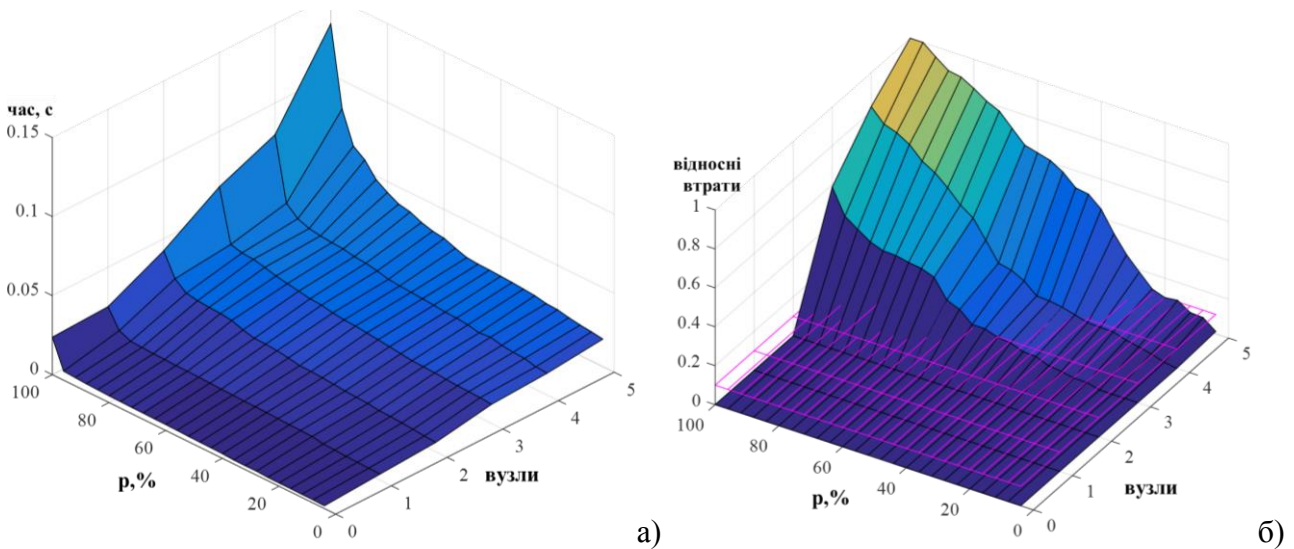


Рис. 9 Діаграми для протоколу INI в залежності кількості транзитних вузлів та ймовірності зайнятості каналів (р) при максимальному завантаженні пакетів у блоки, при $\rho=0,999$ від:
а) часу доставки даних; б) відносних втрат

Висновки

Проведено аналіз ефективності різних протоколів OBS в залежності від завантаження мережі. Визначено, що протокол TAW доцільно використовувати при максимальному завантаженні пакетів у блоки, коли мережа є майже перенавантажена. Для протоколу JET є необхідність існування буферних місць в OBS, що мінімізує втрати блоків.

Запропоновано для гібридного протоколу INI виділити оптичні канали окремо при передачі даних для протоколів JET і TAW. З проведених досліджень встановлено, що ефективно 30% каналів виділяти для передачі даних згідно протоколу TAW, а іншу кількість каналів надати – при передачі даних відповідно протоколу JET.

В роботі запропоновано використовувати різні протоколи в залежності від розміру блоків. Виявлено, що при ефективному чи нормальному завантаженні пакетів у блоки доцільно передавати дані відповідно протоколу JET, а вже при максимальному завантаженні використовувати TAW.

Для протоколів JET та INI запропоновано не втрачати блоки, які надходять на переповнений оптичний буфер, а надсилати на приймач транзитного вузла. Аналіз результатів показав, що у такому випадку час доставки даних є допустимим, але втрата блоків є мінімальною.

Для визначення ефективності використання протоколів OBS запропоновано проводити дослідження з використанням теорії перколяції. Проведені дослідження дозволили визначити сприятливі умови передачі даних у залежності від ймовірності зайнятості каналів для різної кількості транзитних вузлів.

Література

1. Marom D.M. Switching solutions for WDM-SDM optical networks / D.M.Marom, M. Blau // IEEE Communications, - Feb. 2015- vol. 53, no. 2. - P. 60-68
2. Aldwairi M. Switch architecture for optical burst switching networks/ M.Aldwairi, M.Guled, M. Cassada, M.Pratt, D.Stevenson, P. Franzon // In proceedings of the first workshop on Optical Burst Switching, OPTICOMM. Dallas, Oct 03.
3. Battestilli T. An introduction to optical burst switching/ T. Battestilli, H. Perros // IEEE Optical Communications - August 2003. –V. 41, № 8 - P. S10-S15
4. Klymash M. Performance analysis of optical burst switching networks for different signaling protocols / M. Klymash , M.Kaidan, S.Dumych , Т.Максимюк // Smart Computing Review-October 31, 2015.- vol.5, no.5.- P.378-387
5. Думич С.С. Дослідження процесу агрегації трафіку в оптичних транспортних мережах з комутацією блоків/ С.С.Думич, Д.С.Жуковська, Т.А. Максимюк // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації – 2015. -№.818. – С. 130-136.
6. Корецький О.В. Моделі та алгоритми підвищення ефективності комутації інформаційних потоків у повністю оптичних телекомунікаційних системах/ О.В.Корецький, С.С.Думич // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації – 2013. – №. 766. – С. 96-103.
7. Chen Y. Optical Burst Switching: A New Area in Optical Networking Research/ Y.Chen, C.Qiao, X.Yu // IEEE Network Magazine, - 2004.- P.16-23
8. Balamurugan A.M Optical burst switching issues and its features/ A.M. Balamurugan, A.Sivasubramanian // International Journal of Emerging Trends & Technology in computer Science (IJETTCS). – 2013. – V.2, №3. – P. 306-315
9. Jus J.P. Optical Burst Switched Networks/ Jus J.P., Vokkarane V.M. - Springer, Optical Networks Series, 2005. -147 p.
10. Klymash M. Algorithm of optical transport network modeling based on percolation theory / M.Klymash, M.Kaidan, V.Koval //Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science- Proceeding of the XIIIth International Conference TCSET-2014, February 23–26, 2014, Lviv-Slavske, Ukraine – P.674-676.
11. Климаш М.М. Оптимізація багат шарової структури транспортної мережі на основі технологій IP/MPLS/DWDM за допомогою методу діакоптики / М.М.Климаш, М.В.Кайдан, М.І.Бешлей, А.В. Редька // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2015. – №3(37) – С. 32-42

Автори статті

Климаш Михайло Миколайович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри “Телекомунікації”, завідувач кафедри “Телекомунікації”, Директор Навчально-технічного центру мережевих технологій, Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна. Тел. +38 050 431 98 07. E-mail: mklimash@lp.edu.ua

Кайдан Микола Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри “Телекомунікації”, Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна. Тел. +38 098 263 15 34. E-mail: kaidan_k@mail.ru

Authors of the article

Klymash Mykhailo Mykolayovych – doctor of Science (technic), professor, Professor of Telecommunication Department, Head of Department of Telecommunication, director training and technical center of network technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. Tel. +38 050 431 98 07. E-mail: mklimash@lp.edu.ua

Kaidan Mykola Volodymyrovych – candidate of Science (technic), assistant professor, assistant professor of telecommunication chair, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. Tel. +38 098 263 15 34. E-mail: kaidan_k@mail.ru

Дата надходження в редакцію: 28.07.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В.А. Дружинін