

# Chapter 6

## CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

### 6.1 CONCLUSIONS

In this thesis, previous works on multi-rate optical CDMA communication systems are reviewed firstly. Both physical layer and data link layer of slotted OCDMA packet networks have been considered. By studying the basic concept of OCDMA system with two different type receivers, the effect of MAI, shot and thermal noise become considerable and thus, the throughput of these receivers is significantly reduced.

A physical star topology is used in OCDMA network. Compared to ring and bus topologies, star networks offer a better optical power budget and are easy to install, configure, manage, and troubleshoot. Two-dimensional optical orthogonal code is adopted to extend the cardinality to a larger set, 2D one-coincidence frequency hop code/ optical orthogonal code (2D OCFHC/OOC) is used, which supports very good cardinality and has excellent auto-correlation properties. Optical direct-detection CDMA and binary on-off keying (OOK) have been implemented at the physical layer.

In this work, two random access protocols are adapted for multi-rate OCDMA networks, where Multi-coding technique support several kinds of data with different bit rates: Each user is assigned a set of sequence codes. Total system throughput and average packet delay have been derived where the performance has been also examined for both correlation and chip-level receivers. The following concluding remarks can be extracted from results.

1. Using OCFHC/OOC is the best choice not only is it increasing the cardinality but also OCFHC/OOC slightly improves the throughput than OOC for Pro 2 just over 1 packets/slot in large user activity.
2. When using correlation receivers, the total throughput of the two protocols are closed to each other, although that of Pro 1 is better for most activities.

3. Significant improvements in the total throughput are obtained when using chip-level receivers along with Pro 2 over that of chip-level receivers with Pro 1; approximately 4 Packets/slot at  $A = 0.5$ , and over that of correlation receivers with any of the proposed protocols.
4. It seems that Pro 1 is the best choice for correlation receivers, whereas Pro 2 is the best choice for chip-level receivers.
5. Significant improvements in the average packet delays are obtained when using correlation receivers with Pro 2 over that with Pro 1 for most activities which approximately decreases by 1 slot in smaller activities.
6. It is clearly seen that Pro 2 is the best choice for one and two-class network while Pro 1 is the best in case of increasing the number of classes.
7. The effect of the shot-noise of chip-level receivers photodiode is negligible with respect to that of the multiple access interference. truly, the throughput immediately increases from zero to a maximum value, which is identical to the ideal case, by increasing the average received photons/bit from zero to a very small value approximately 15.
8. The effect of thermal noise will decrease by increasing the received power to  $-44 \text{ dBm}$ .
9. It can be seen that when the average laser power is large enough, the optimum threshold covers a wide range, as  $p_{av} = -46 \text{ dBm}$ , the optimum threshold range are approximately from 10000 to 14000.

## 6.2 FUTURE WORK

In the following, we suggest some research points (in the same scope of our thesis) that are recommended to be further investigated:

- Other protocols can be applied such as Channel load sensing protocols (CLSP) and packet avoidance collision (PAC)
- Using error correction codes (ECC) to improve the number of simultaneous users in the network.
- Using of power control, where it depends on the number of active users in the network. It may be used to compensate for the effect of thermal noise.
- The effect of beat noise can also be included.

# Bibliography

- [1] H. M. Shalaby, "Performance analysis of an optical CDMA random access protocol," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 22, no. 5, pp. 1233–1241, 2004.
- [2] A. Stok and E. H. Sargent, "System performance comparison of optical CDMA and WDMA in a broadcast local area network," *IEEE Communications Letters*, vol. 6, no. 9, pp. 409–411, 2002.
- [3] H. M. Shalaby, "Optical CDMA random access protocols with and without pretransmission coordination," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 21, no. 11, pp. 2455–2462, 2003.
- [4] J. A. Salehi and C. A. Brackett, "Code division multiple-access techniques in optical fiber networks. part II. Systems performance analysis," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 37, no. 8, pp. 834–842, 1989.
- [5] T. Ohtsuki, "Performance analysis of direct-detection optical asynchronous CDMA systems with double optical hard-limiters," in *ICC'97 Montreal, Towards the Knowledge Millennium. 1997 IEEE International Conference on Communications, 1997*, vol. 1. IEEE, 1997, pp. 121–125.
- [6] H. M. Shalaby, "Chip-level detection in optical code division multiple access," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 16, no. 6, pp. 1077–1087, 1998.
- [7] J. A. Salehi, "Code division multiple-access techniques in optical fiber networks. part I. Fundamental principles," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 37, no. 8, pp. 824–833, 1989.
- [8] F. Chung, J. A. Salehi, and V. K. Wei, "Optical orthogonal codes: design, analysis and applications," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 35, no. 3, pp. 595–604, 1989.
- [9] S. V. Maric, O. Moreno, and C. J. Corrada, "Multimedia transmission in fiber-optic LANs using optical CDMA," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 14, no. 10, pp. 2149–2153, 1996.
- [10] W. C. Kwong and G.-C. Yang, "Multiple-length extended carrier-hopping prime codes for optical CDMA systems supporting multirate multimedia services," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 23, no. 11, pp. 3653–3662, 2005.

- [11] E. Inaty, H. M. Shalaby, P. Fortier, and L. A. Rusch, "Multirate optical fast frequency hopping CDMA system using power control," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 20, no. 2, pp. 166–177, 2002.
- [12] T. Ohtsuki, "Performance of multicode direct-detection optical CDMA systems," in *Global Telecommunications Conference, 1998. GLOBECOM 1998. The Bridge to Global Integration. IEEE*, vol. 6. IEEE, 1998, pp. 3227–3232.
- [13] M.-A. A. Mohamed, H. M. Shalaby, and E.-S. A. El-Badaway, "Optical code-division multiple-access protocol with selective retransmission," *Optical Engineering*, vol. 45, no. 5, pp. 055 007–055 007, 2006.
- [14] S. Shurong, H. Yin, Z. Wang, and A. Xu, "A new family of 2-D optical orthogonal codes and analysis of its performance in optical CDMA access networks," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 24, no. 4, pp. 1646–1653, 2006.
- [15] S. V. Maric and K. Lau, "Multirate fiber-optic CDMA: System design and performance analysis," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 16, no. 1, pp. 9–17, 1998.
- [16] A. R. Forouzan, M. Nasiri-Kenari, and N. Rezaee, "Frame time-hopping patterns in multirate optical CDMA networks using conventional and multicode schemes," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 53, no. 5, pp. 863–875, 2005.
- [17] E. Narimanov, W. C. Kwong, G.-C. Yang, and P. R. Prucnal, "Shifted carrier-hopping prime codes for multicode keying in wavelength-time O-CDMA," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 53, no. 12, pp. 2150–2156, 2005.
- [18] C.-Y. Chang, G.-C. Yang, and W. C. Kwong, "Wavelength-time codes with maximum cross-correlation function of two for multicode-keying optical CDMA," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 24, no. 3, pp. 1093–1100, 2006.
- [19] J. Vardakas, I. Moscholios, M. Logothetis, and V. Stylianakis, "Performance analysis of OCDMA PONs supporting multi-rate bursty traffic," 2013.
- [20] A. J. Mendez, J. L. Lambert, J.-M. Morookian, and R. M. Gagliardi, "Synthesis and demonstration of high speed, bandwidth efficient optical code division multiple access (CDMA) tested at 1 Gb/s throughput," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 6, no. 9, pp. 1146–1149, 1994.
- [21] J.-G. Zhang, "Design of a special family of optical CDMA address codes for fully asynchronous data communications," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 47, no. 7, pp. 967–973, 1999.
- [22] W. C. Kwong and G.-C. Yang, "Design of multilength optical orthogonal codes for optical CDMA multimedia networks," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 50, no. 8, pp. 1258–1265, 2002.
- [23] H. Yashima and T. Kobayashi, "Optical CDMA with time hopping and power control for multimedia networks," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 21, no. 3, p. 695, 2003.

- [24] J.-G. Zhang, "Flexible optical fiber CDMA networks using strict optical orthogonal codes for multimedia broadcasting and distribution applications," *IEEE Transactions Broadcasting*, vol. 45, no. 1, pp. 106–115, 1999.
- [25] T. Miyazawa and I. Sasase, "Multi-rate and multi-BEP transmission scheme using adaptive overlapping pulse-position modulator and power controller in optical CDMA systems," *Journal of Communications and Networks*, vol. 7, no. 4, pp. 462–470, 2005.
- [26] A. E. Farghal, H. M. Shalaby, and Z. Kawasaki, "Performance Analysis of Multirate Multiservice Optical CDMA Networks Adopting Overlapping PPM Signaling," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 32, no. 15, pp. 2649–2658, 2014.
- [27] D. Raychaudhuri, "Performance analysis of random access packet-switched code division multiple access systems," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 29, no. 6, pp. 895–901, 1981.
- [28] F. L. Lo, T. S. Ng, and T. T. Yuk, "Performance analysis of a fully-connected, full-duplex CDMA ALOHA network with channel sensing and collision detection," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 14, no. 9, pp. 1708–1716, 1996.
- [29] L. Kleinrock and S. Lam, "Packet switching in a multiaccess broadcast channel: Performance evaluation," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 23, no. 4, pp. 410–423, 1975.
- [30] G. N. Sudhakar, N. D. Georganas, and M. Kavehrad, "Slotted Aloha and Reservation Aloha protocols for very high-speed optical fiber local area networks using passive star topology," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 9, no. 10, pp. 1411–1422, 1991.
- [31] P. W. Dowd, "Random access protocols for high-speed interprocessor communication based on an optical passive star topology," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 799–808, 1991.
- [32] A. E. Farghal, H. M. Shalaby, and Z. Kawasaki, "Multirate Multiservice All-Optical Code Switched GMPLS Core Network Utilizing Multicode Variable-Weight Optical Code-Division Multiplexing," *Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 6, no. 8, pp. 670–683, 2014.
- [33] T. R. Raddo, A. L. Sanches, J. V. dos Reis, and B. Borges, "A new approach for evaluating the BER of a multirate, multiclass OFFH-CDMA system," *IEEE Communication Letters*, vol. 16, no. 2, pp. 259–261, 2012.
- [34] S. Zahedi and J. A. Salehi, "Analytical comparison of various fiber-optic CDMA receiver structures," *Journal of Lightwave Technol.*, vol. 18, no. 12, pp. 1718–1727, 2000.
- [35] Z. A. R. El-Sahn, "Random Access Protocols for Future Optical CDMA Networks," Master Thesis, Alexandria University, Egypt, April 2005.

- [36] H. M. Shalaby, “Complexities, error probabilities, and capacities of optical OOK-CDMA communication systems,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 50, no. 12, pp. 2009–2017, 2002.
- [37] M. Azizoglu, J. A. Salehi, and Y. Li, “Optical CDMA via temporal codes,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 40, no. 7, pp. 1162–1170, 1992.
- [38] Y.-F. Wang, H.-H. Chen, and T.-Y. Lin, “New non-blocking EOVSF codes for multi-rate WCDMA system,” in *Proceedings of the 2006 international conference on Wireless communications and mobile computing*. ACM, 2006, pp. 839–844.
- [39] R. Raad, E. Inaty, P. Fortier, and H. M. Shalaby, “Optical S-ALOHA/CDMA system for multirate applications: system architecture and performance evaluation,” in *Global Telecommunications Conference, 2005. GLOBECOM'05. IEEE*, vol. 4. IEEE, 2005, pp. 1936–1941.
- [40] I. Chih-Lin and R. D. Gitlin, “Multi-code CDMA wireless personal communications networks,” in *ICC'95 Seattle, 'Gateway to Globalization', 1995 IEEE International Conference on Communications, 1995*, vol. 2. IEEE, 1995, pp. 1060–1064.
- [41] P. Kamath, J. D. Touch, and J. A. Bannister, “The need for media access control in optical CDMA networks,” in *Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, INFOCOM 2004*, vol. 4. IEEE, 2004, pp. 2208–2219.
- [42] J. Müickenheim and D. Hampicke, “Protocols for optical CDMA local area networks,” *Broadband Access Networks*, vol. 1, pp. 255–262, 1997.
- [43] H. Takagi and L. Kleinrock, “Throughput analysis for persistent CSMA systems,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 33, no. 7, pp. 627–638, 1985.
- [44] A. M. Shata, S. A. Mohamed, A. A. Nabi, and H. M. Shalaby, “An optical CDMA random access protocol for multi-rate optical networks adopting multi-coding techniques,” in *16th International Conference Advanced Communication Technology (ICACT), 2014*. IEEE, 2014, pp. 1084–1088.
- [45] A. Sandouk, H. Okada, T. Yamazato, M. Kayayama, and A. Ogawa, “Throughput improvement of a dual-class multi-code CDMA ALOHA system with modified channel load sensing protocol,” in *ICC'99. IEEE International Conference on Communications, 1999*, vol. 2. IEEE, 1999, pp. 1079–1083.
- [46] Z. A. El-Sahn, Y. Abdelmalek, H. M. Shalaby, and E.-S. El-Badawy, “Performance of the  $R^3T$  random-access OCDMA protocol in noisy environment,” *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 13, no. 5, pp. 1396–1402, 2007.
- [47] J. Muckenheim and K. Iversen, “A new design method for optical CDMA computer networks,” in *Proceedings, Second IEEE Symposium on Computers and Communications, 1997*. IEEE, 1997, pp. 589–593.

## المستخلص

في هذه الرسالة نقدم لمحة عامة عن نظم الاتصالات ذات تقنية الوصولية المتعددة بالتقسيم الشفري. يتم التركيز نحو بروتوكولات الوصول العشوائي وبروتوكولات تحكم الوصولية الواسطية (MAC) لشبكات الضوئية المستقبلية ذات الوصولية المتعددة بالتقسيم الشفري وبروتوكول طبقة الوصلة الذي يدعم المعدل المتعدد للشبكات البصرية ذات الوصولية المتعددة بالتقسيم الشفري المقترحة تقوم على تقنيات الترميز المتعددة لتحسين أداء الشبكة.

هدفنا هو السماح للمستخدمين من معدلات البيانات المختلفة الوصول إلى الشبكة في وقت واحد دون تأثير أو الحد من أداء الشبكة. توقيع الرموز المتوالية (Signature sequences) تحققت بأستخدام OCFHC/OOC. في دراستنا أخذنا في الاعتبار بروتوكولين مختلفين من طبقة الوصلة. في البروتوكول الاول، يتم تعيين الرمز لمستخدم واحد. في البروتوكول الثاني، يسمح للرمز أن يعطى إلى عديد من المستخدمين بعد أن يحول بشكل دورى عشوائيا. إنتاجية النظام ومتوسط تأخير الحزمة يتم إثباتهم لنموذجين أستقبال، وهما المستقبل الارتباطى Correlation Receiver ومستقبل مستوى الجذاذة Chip-Level Receiver.

في دراستنا، أخذنا تأثير التداخل الوصولي المتعدد (MAI)، والضوضاء الحرارية وضوضاء الطلقة على نموذج الاستقبال. مستخدموا الشبكة صنفوا إلى فئتين بمعدلات نقل مختلفة. تكشف نتائجنا أن الشبكة المقترحة ذات المعدل المتعدد تتفوق على الشبكة ذات المعدل الواحد التقليدي سواء من حيث متوسط الإنتاجية (سرعة النقل) وحزمة التأخير. وعلاوة على ذلك نقوم بتعميم عدد الفئات (Classes) ونحن قادرون على إظهار أن أداء الشبكة افضل. نستنتج من ذلك أن شبكتنا المقترحة لا تسمح فقط للمستخدمين أن يطلبوا معدلات مختلفة لنقل البيانات بشكل موثوق ولكن أيضا تحسن من الأداء العام.

## الملخص العربي

التقنيات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري أعطيت اهتمام متزايد في العقد الماضى وذلك نتيجة للنطاق الترددى الواسع المقدم من قبل الألياف البصرية والسرعة العالية لمعالجة الاشارات البصرية التى تمنحها المكونات البصرية. هناك العديد من المعايير التى تميز التقنية البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري عن تقنيات الوصلية المتعددة الأخرى، وهو عدم ضرورة حدوث تزامن بين عمليتي الاتصال (الاستقبال والارسال)، إدارة الموارد الطيفية من الترددات المتاحة، سهولة عمل وتصميم بروتوكولات الأتصال مع أداءها بكفاءة، استخدام نطاق الطيف التردد كاملا طول الوقت من قبل كل المستخدمين، قابلية الشبكات التى تطبق هذه التقنية للتعديل و التحديث فى تصميمها بسهولة ويسر، والأمن ضد التصنت [1].

وفقا للدراسات المقدمة من stok و sargent، تقدم الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري CDMA سعة أعلى من الوصلية المتعددة بتقسيم الطول الموجي WDM لشبكات المناطق المحلية فى حالة أهمال الضوضاء. وعلاوة على ذلك الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري يمكن استخدامها بكفاءة عن طريق التعاون مع الوصلية المتعددة بتقسيم الطول الموجي فى شبكات اتصالات الوسائط المتعددة حيث ستدمج خدمات متعددة بمتطلبات حركة مرور مختلفة. ومع ذلك عند اخذ الضوضاء بعين الاعتبار، الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري تكون أكثر حساسية للأشارة الى نسبة الضوضاء من الوصلية المتعددة بتقسيم الطول الموجي [2]. وبالتالي فإنه ليس من الواضح ان المقارنة سوف تتأثر عندما نأخذ انواع اخرى من الضوضاء فى الاعتبار.

الاياف البصرية لديها سعة نقل ضخمة ومن ناحية أخرى التكنولوجيا البصرية لا تزال فى مهدها، والتحويلات بين البيئة الكهربية والبصرية بطيئة نسبيا مقارنة بسعة الارسال. قدرة المعالجة فى الشبكات البصرية هو عامل التقييد بدلا من عرض النطاق الترددى. وبالتالي فإن متطلبات بروتوكولات تحكم الوصلية الوسائطية (MAC) مختلفة فى الشبكات البصرية عن الشبكات الالكترونية التقليدية. فى هذا العمل ركزنا بشكل رئيسى على بروتوكولين للوصول العشوائى لمعدل المتعدد الشبكات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري. فى بروتوكول 1 (Pro 1) نفترض ان كافة الرموز (الاكواد) فى صندوق، وعندما يريد المستخدم ارسال بياناته الى جهاز الاستقبال، يتم تعيين رمز عشوائى اليه. ثم تتم ازالة هذا الرمز من الصندوق ولم يعد متاحا لأحد خلال تلك الفترة الزمنية. بروتوكول 2 (Pro 2) يشبه بروتوكول 1 (Pro 1) ولكن لا يتم ازالة الرمز من الصندوق. ولهذا يمكن لأى مستخدم نشط دائما العثور على رمز لنقل بياناته، وذلك يؤدى الى المزيد من التداخل حيث أن الرمز يمكن استخدامه أكثر من مرة، وبالتالي فإن حركة البيانات (فى فترة زمنية محددة) قد تكون أعلى من الحالة السابقة. احتمالية التداخل بين مختلف المستخدمين يمكن تقليلها عن طريق إدارة الرمز عشوائيا حول نفسه بمجرد اختياره [3].

ذكرت العديد من نماذج الاستقبال فى هذه الرسالة ، اكثرها شهرة هو مستقبل الارتباطى [4]، مستقبل الارتباطى مع محددات الصلبة المزدوجة [5]، ومستقبل مستوى الجاذبة [6]. والفرق الرئيسى بين المستقبل الارتباطى ومستقبل مستوى الجاذبة هو انه فى الاخير، اتخاذ القرار يعتمد على الطاقة البصرية فى كل علامة من الرمز المعطى، فى حين انه فى السابق، يعتمد على مجموع الطاقة البصرية فى جميع العلامات.

التقنيات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري، فى الأغلب يعطى للمستخدم رمز محدد (يحقق خواص ارتباط جيدة [7,8]) للمساعدة فى نقل البيانات وتحديد نفسها. فى هذا العمل نعتمد على رموز ضوئية متعامدة ثنائية الابعاد لزيادة عدد الرموز ، حيث أن تقنية متعدد الترميز تدعم عدة أنواع من البيانات مع معدلات بت (bit) مختلفة حيث كل مستخدم يتم تعيين له مجموعة من الرموز المتسلسلة. الرموز

البصرية المتعامدة ثنائية الابعاد (تزيد عدد الرموز حيث أنها مازالت تمتلك خصائص ارتباط جيدة) مقترحة عن طريق ادخال بعدا آخر (الطول الموجي) على أساس رمز ضوئي متعامد أحادي البعد. أكواد متعامدة ثنائية البعد كرمز OCFHC/OOC يحتوي على خصائص مثالية حيث OCFHC/OOC يأخذ مزايا كل من OCFHC و رموز ضوئية متعامدة للحصول على خصائص ارتباط ممتازة، وكذلك عدد الرموز تحقق الحد الأقصى من الناحية النظرية. ولذلك فإن OCFHC/OOC هو الامثل للرموز البصرية المتعامدة ثنائية البعد.

نظراً للاهتمام المتزايد في تطبيقات الوسائط المتعددة والشبكات الداعمة للحركة الغير متجانسة، على سبيل المثال، البيانات عالية ومنخفضة السرعة (نص، صورة، صوت، فيديو) مع انواع مختلفة من متطلبات جودة الخدمة و الحركة التي أصبحت لا غنى عنها. أقرحت تقنيات مختلفة لدعم توفير خدمات متعددة المعدل في شبكات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري، كتغير طول الرمز [9,10]، اعتماد التنقل السريع للتردد الضوئي [11]، و نظم متعددة الترميز فهم أكثر التقنيات الشعبية المستخدمة لتقديم خدمة متعددة المعدل في شبكات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري، لذلك نطبق معدل متعدد على شبكات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري معتمدين على تقنيات تشفير متعددة ودراسة أداء الشبكة.

تعتبر تقنيات الترميز المتعددة محظوظة حيث طرحت في [12] لنظم البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري. في هذه التقنيات، يتم دمج تدفقات الحركة مع معدلات النقل مختلفة في بنية موحدة. المستخدمون ذوي المعدلات المرتفعة يأخذوا عدد من الرموز على اساس العلاقة بين المعدلات المطلوبة والمعدل الاساسي للنظام.

## الهدف من الرسالة

في هذه الرسالة، قمنا بدراسة معدل المتعدد على الشبكة البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري بأعتماد على تقنيات الترميز المتعدد و تطبيقها على اثنين بروتوكول مختلفين من بروتوكولات الوصول العشوائي في طبقة الوصلة كما قمنا بتعديل العلاقات الرياضية الخاصة بها وفقا الى تقنيات الترميز المتعددة.

هدفنا هو السماح للمستخدمين ذوي المعدلات المختلفة استخدام الشبكة في وقت واحد دون التأثير أو الحد من أداء الشبكة، حيث يتم تقييم أداء تلك البروتوكولات في الشبكة باستخدام متوسط الانتاجية للنظام (الشبكة) في حزمة لكل فترة زمنية، الذي يخبرنا عن متوسط عدد الحزم البصرية المستقبلية بنجاح في الفترة الزمنية المحددة. والآخر هو متوسط تأخير الحزمة بالفترة الزمنية، وهو يخبرنا بعد كم فترة زمنية (من الارسال) متوسط الحزمة الذي سوف يستقبل بنجاح. معظم الدراسات في تقنيات البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري تستخدم نماذج لقناه اتصال بسيطة حيث يتم أهمل الضوضاء. واحد من الاهداف الرئيسية لهذا العمل هو اضافة تأثير الضوضاء الحرارية و Shot ونرى كيف يمكن ان تؤثر في اداء النظام بالكامل.

علاوة على ذلك يتم تقسيم الاداء المذكور عدديا لشبكات كل من الدرجة الثانية والدرجة العامة تحت عدة معايير تصميم، يتم مقارنة النواتج لشبكات فئة الواحدة (single class). وتشير نتائجنا الى أن معدل الشبكة المتعددة تؤدي بشكل أفضل من شبكة المعدل الواحد تحت بروتوكولات المتقدمة.

## تنظيم الرسالة

بعد المقدمة في الباب الأول، يكون ترتيب الرسالة كالاتي:

**الباب الثاني:** جهود بعض العلماء والباحثين في استخدام تقنيات متعددة الترميز مع الانظمة البصرية ذات الوصلية المتعددة بالتقسيم الشفري.

**الباب الثالث:** يقدم الخلفية والمعلومات الأساسية للاتصالات البصرية بما في ذلك مقدمة حول الوصلية البصرية المتعددة بالتقسيم الشفري، مفهوم الاكواد البصرية المتعامدة، مختلف نماذج الاستقبال البصرية مع تحليلهم، والحاجة إلى انتقال معدل متعددة، مراجعة قصير عن ثلاثة أنواع أساسية من تقنيات متعددة معدل، ومفهوم الاكواد ثنائية الابعاد.

**الباب الرابع:** يمكن اعتبار الجزء الأكبر من الرسالة. ويعرض النموذج الأساسي والتحليل، والتي تستخدم اثنين من البروتوكولات البصرية ذات الوصلية العشوائية في الشبكة البصرية المتعددة بالتقسيم الشفري. اقترح في [3] لمستخدمي معدل واحد لتكون مناسبة للمستخدمين معدل متعددة وتأثير مضيء الضوضاء لتدخل الوصول المتعدد.

**الباب الخامس:** تمثل النتائج التي تم الحصول عليها والمناقشات

**الباب السادس:** يعطي الاستنتاجات الرئيسية لهذا العمل، وتوصي المواضيع للبحث في المستقبل في نفس نطاق الرسالة، تليها قائمة المراجع المستخدمة بالرسالة. وتختتم الرسالة بملخص باللغة العربية.